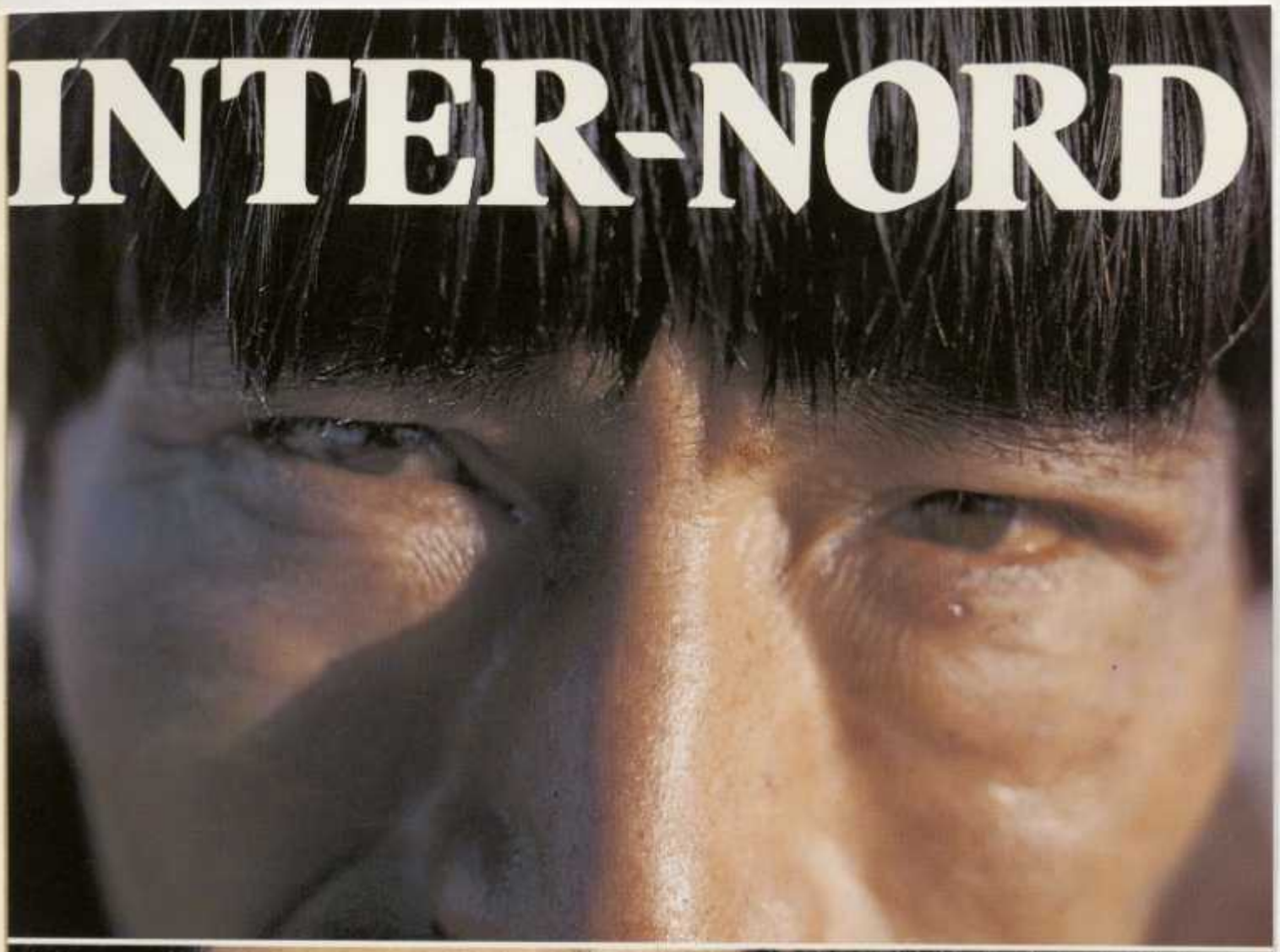
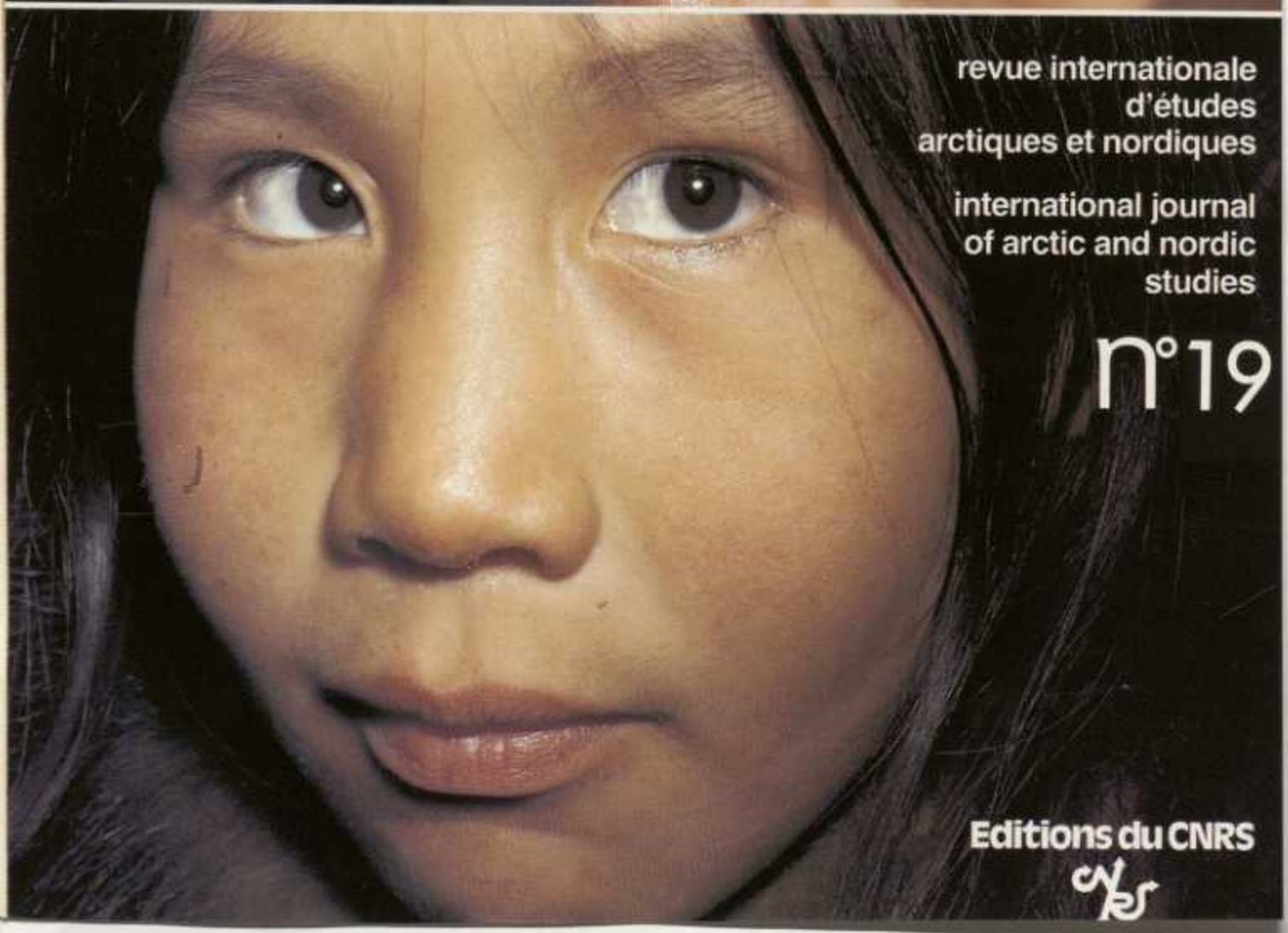
INTER-NORD





revue internationale
d'études
arctiques et nordiques

international journal
of arctic and nordic
studies

n°19

Editions du CNRS

INTER-NORD

Revue internationale d'études arctiques
du Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS)
Publiée par les éditions
du Centre National de la Recherche Scientifique

International Journal of Arctic Studies,
Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS)
Published by
the Centre National de la Recherche Scientifique

Les manuscrits, les ouvrages (articles, livres) et toute correspondance doivent être adressés à :
Manuscripts, publications and correspondence should be sent to :

INTER-NORD
Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS)
19, rue Amélie
75007 PARIS

Secrétariat de Rédaction — *Editorial Secretary :* Elisabeth CARDIN

ABONNEMENTS ET VENTE AU NUMÉRO — *SUBSCRIPTIONS AND PURCHASE OF SINGLE COPIES :*
PRESSES DU CNRS, 20-22, rue Saint-Amand, 75015 PARIS
Tél. : 45.33.16.00 — Télex 200356F
PRIX — *PRICE* (N° 19) : 580 FF

INTER-NORD

revue internationale d'études arctiques
international journal of arctic studies

19

Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique
15, quai Anatole-France, 75700 Paris
1991

Couverture : maquette réalisée par Ateliers Image In, Paris.
Photos Jean MALAURIE.

ISBN 2-2222-04346-8
ISSN 0074-1035

TABLE DES MATIÈRES/*CONTENTS*

ÉDITORIAL / *EDITORIAL*

ÉTUDES ET DÉBATS

I. — SCIENCES DE LA TERRE ET DES OCÉANS / *EARTH SCIENCES AND OCEANOGRAPHY*

II. — SCIENCES HISTORIQUES / *HISTORY*

III. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR / *ENGINEERING*

IV. — PROFILS DE PERSONNALITÉS ARCTIQUES / *ARCTIC PERSONALITIES*

V. — SCIENCES DE LA VIE / *BIOLOGICAL SCIENCES*

VI. — SCIENCES SOCIALES / *SOCIAL SCIENCES*

a) Sociétés traditionnelles / *Traditional societies*

b) Temps contemporain / *Current evolution*

VII. — POLLUTION, ENVIRONNEMENT / *POLLUTION, ENVIRONMENT*

VIII. — PHOTOGRAPHIES ET FILMOLOGIE ARCTIQUES / *ARCTIC PHOTOGRAPHY AND FILMOLOGY*

IX. — BIBLIOGRAPHIES / *BIBLIOGRAPHIES*

X. — INSTITUTS DE RECHERCHE ARCTIQUE / *INSTITUTES OF ARCTIC RESEARCH*

XI. — MÉDAILLES / *MEDALS*

CAHIER SPÉCIAL /SPECIAL SECTION

Svalbard, Sciences de la Terre : les principaux résultats du GDR Etudes Arctiques 1980-1989/***Svalbard, Earth Sciences : the main results of the GDR Arctic Studies 1980-1989***

INDEX INTER-NORD (n° 1 à 19)

EDITORIAL

EMPOWERING VULNERABLE GROUPS

Looking at matters through the eyes of an *inuk*, two ground-swells fill the picture of contemporary history : the ecological movement and the rise of the 4th world consciousness.

The magnitude of environmental problems world-wide do not go unnoticed in the Arctic. The rainforest degradation and its influence on the great hydrological cycles; the desertification, and great droughts said to be the first signs of the greenhouse effect; the ozon layer problem; the slow but steady rise of ocean levels predicted by a majority of climatologists; the general toxification of the environment... etc. The fact is there : we are in the process of undercutting the major life systems of this planet, for all we know the only inhabited one in existence.

We are entering an age where the north-south tension, and the east-west conflicts, will be overshadowed by the one big anxiety besetting more and more people : the dreadful apprehension which arises from an entirely new kind of uncertainty : is humankind going to survive at all ?

In the Inuit world, this concern is being dealt with in the formal context of the World Conservation Strategy. National, regional and in the end trans-national conservation strategies are growing out of the tundra and the fiords these years. The overshadowing question concerning the right balance between development and conservation is being dealt with through expert analyses and filtered through grass-root evaluation, the last word resting with the latter.

From the point of view of the aboriginal inhabitants of the Arctic, there is no doubt; the concern about how to save our pristine lands and unpolluted waters, and all that they contain, from industrial abuse ... that concern overrides everything else. Ruin our land, water and air, and we have nothing left, not even — as seems to be the case in the great nations of the temperate regions — the illusion of being able to do without.

There exists, in contemporary history, another ground-swell claiming the attention of an *inuk*, and that is the 4th world movement. There is a growing awareness among aboriginal peoples, trapped in power structures alien to them, that their predicament is often both intolerable and — at least in part — unnecessary. This awareness, originating in the 60'ies as an internationally noticeable phenomenon, and picking up momentum in the 70'ies, seems to be a logical consequence of the emancipation of the 3rd world, so characteristic of the post-World War II decades. The Indians of the Americas, the Saami of Scandinavia, the Maori of New Zealand, the Kanaki of New Caledonia etc. etc., all of these peoples have heard of civil rights campaigns and of the universal declaration on human rigths. Also the Inuit are in this category, and their basic ambitions are quite clear : they want as much autonomy as possible.

Inuit want to manage their own affairs, and eventually they will. The 4th world is gaining momentum on the international scene. Northern natives' organizations like the Inuit Circumpolar Conference (an UN-NGO) and Indigenous Survival International (will become an UN-NGO shortly) are coming more and more to the fore such places as in the International Whaling Commission (IWC), the Washington Convention for international trade in products stemming from endangered species (CITES), the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) and United Nations Environmental Programme (UNEP). Also the Brundtland Commission Report has a chapter on indigenous native peoples (entitled "Empowering vulnerable groups"). The thinking of the World Commission on Environment and Development is clearly : time has come to take indigenous people into the political decision process.

There are at least three good reasons for that :

Firstly, common decency requires that the rethoric about ending colonialism apply not only outside the boundaries of the nation-state, but inside as well.

Secondly, politically it doesn't pay to do otherwise, since the alternative is growing unrest and an embarrasing attention from the outside; and

Thirdly, because many aboriginal peoples possess a traditional knowledge of nature that is of undeniable value to modern-day ecologists, a knowledge which stands to get lost if these people are not empowered politically.

Objectively speaking, the first of the two ground-swells of contemporary history described above is clearly of much greater importance than the second. Global survival means more than the fate of one sub-species of humankind. But when it comes to the Arctic, it makes good sense to wiew the two waves as merging into one. Safeguarding the aboriginal cultures of the Arctic means in actual fact saving the Arctic ecosystem(s). The greatest of all dangers threatening pristine nature and the wildlife of the Arctic is without a doubt habitat destruction. But then again, the securest way to keep the Arctic lands the way they are is to support the stewardship of these lands as it has been exercised for centuries — even millenia — by the inhabitants of those lands : in other words, bestowing political power upon the aboriginal peoples of the Arctic.

Finn LYNGE(1)

(1) Finn Lynge is consultant for the ministry of foreign affairs in Copenhagen (Denmark).

I. — SCIENCES DE LA TERRE ET DES OCÉANS

EARTH SCIENCES AND OCEANOGRAPHY

ÉTUDES ET DÉBATS

STUDIES AND DEBATES

I. — SCIENCES DE LA TERRE ET DES OCÉANS

EARTH SCIENCES AND OCEANOGRAPHY

METEORITES IN GREENLAND

by Vagn F. BUCHWALD

Department of Metallurgy, Technical University, Lyngby, Denmark

ABSTRACT. — In spite of the very large area of Greenland only two meteorites are known from this vast island. One is an iron meteorite from Cape York in the Melville Bay. It comprises at least nine fragments, totalling 58 tons. The first, small fragments were found by Eskimos long ago. They were beaten into coinsized cutting edges and were for generations used as arrow heads, knives and harpoons. Later, other and larger fragments have been found by systematic searching, and the paper describes particularly the expedition work for excavation and removing to Denmark the 20 t. fragment, called Agpalilik, found in 1963. The only other meteorite from Greenland is a stony meteorite, a chondrite of 5,7 kg, which was found in 1971 on Ella Island on the East Coast. Finally some thoughts are given as to chances of recovering meteorites from the icecap.

Key-words : Greenland — Iron meteorites — Meteorites — Icecap — Ancient Eskimo iron tools — Expedition work on Greenland.

RÉSUMÉ. — **Météorites au Groenland.** *Malgré la vaste étendue du Groenland, deux météorites seulement ont été reconnues sur cette île. L'une est en fer météorite du cap York dans la baie de Melville. Elle comprend neuf fragments au moins et totalise 58 tonnes. Les premiers petits éclats furent trouvés par les Esquimaux il y a longtemps. Ils étaient réduits par percussion en morceaux coupants de la taille d'une pièce de monnaie et servirent pendant des générations comme tête de flèches, couteaux et harpons. Plus tard, des fragments plus importants ont été trouvés lors d'une recherche systématique et l'article décrit en particulier l'expédition de travail qui a extrait et transporté vers le Danemark un fragment de 20 t, appelé Agpalilik et trouvé en 1963. La seule autre météorite groenlandaise est en pierre, une chondrite de 5,7 kg, trouvée en 1971 sur l'île Ella, côte est. Enfin, on pense avoir la chance de retrouver quelques météorites dans l'inlandsis.*

Mots-clés : *Groenland — Fer météoritique — Météorites — Inlandsis — Outils en fer des anciens Esquimaux — Expédition au Groenland.*

Greenland is a large island stretching from 60°N to 83°N and measuring about 2,2 mio km² of which only 342 000 km², an area very similar to that of Finland, is free of permanent ice. On these ice-free, but far from snow-free, have been found at various times some iron and stone fragments, which are quite different from the natural rocks of Greenland and must represent debris from foreign bodies in our planetary system. They apparently come from small planets, where the concentration of water and oxygen is very much lower than upon the surface of the earth, and they have a composition and structure, which deviate radically from that of known terrestrial rocks. This means, on the one hand, that it should be possible to distinguish the material as meteorites even if they have not been observed falling, on the other hand, that once fallen they will have a rather short life-time on the surface before they disintegrate into miserable fragments, hardly recognizable as meteorites. This deterioration may require anything from thousand to hundred housands of years, according to the local environment, where no doubt porosity of the soil, and access to water and sodium chloride are the most important factors.

Fig. 1. Greenland, a large island with only 50.000 inhabitants. The arrow points to the Melville Bay, where the iron meteorites are found.

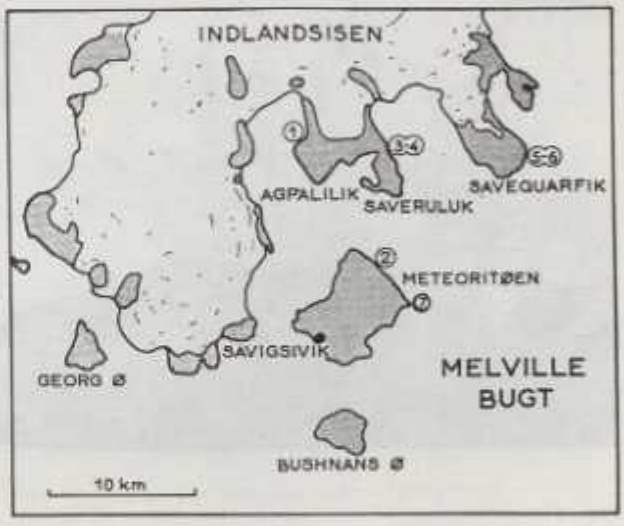


Fig. 2. Map of the meteoritic strewnfield, showing the places of find. 1. Agpalilik. 2. Ahnighito. 3. Woman. 4. Dog. 5. Savik I. 6. Savik II. 7. Qaammat.

THE CAPE YORK IRON METEORITES

Meteorites are usually named after the place they were found : a prominent landmark or a nearby town or village. In the case of the famous iron meteorites from Northwest Greenland they have been named after the peninsula Cape York which protrudes into the Melville Bay about 50 km west of the location of the largest meteorite fragment.

There is no other meteorite which has been so important to man as the Cape York one. We now know that the shower of iron meteorites which in the distant past fell over the Melville Bay is the biggest one on record, and we suppose that it fell before the area was invaded from Canada of the Dorset-Thule tribes in the first centuries of the christian era. This supposition is based upon the general state of preservation of the surface of the meteorites and on the absence of any tales on meteorite falls within the eskimo tradition. The folklore of the Polar Eskimos has been thoroughly studied by Knud Rasmussen in the first quarter of this century, and he nowhere reports any evidence of observed meteorite falls.

THE HISTORY OF THE CAPE YORK IRON METEORITES

The existence of the Polar Eskimos was first mentioned when Captain John Ross in 1818 sailed through the northern part of Baffin Bay in order to discover the Northwest passage. Many names on the map were coined during this expedition, and a certain prominent cape was named in honour of the Duke of York, because the expedition passed the promontory on the birthday of the Duke. When the two ships of the expedition were stopped by heavy ice near Bushnan Island, the surprised Englishmen were visited several times by the Polar Eskimos. Narwhale tusks and seal furs were exchanged for mirrors, textiles and ironhoops. In addition, the British officers, Ross and Sabine, acquired a few knives and harpoonheads with iron edges. Curious to know the origin of the iron, the Englishmen were told that it came from "Sowallick", however, due to weather this place could neither be visited, nor be verified. In the expedition report Sowallick was translated into The Iron Mountain, but, a close reading of the text shows that the Eskimos rather intended a place where it was possible to collect pieces of iron for the production of cutting tools. When the expedition turned back home, the iron was examined by competent analysts such as Wollaston, who found over 3 % nickel and correctly concluded that the iron of the Polar Eskimos was of meteoritic origin.

In the 19th century many expeditions went out from Denmark, Sweden, England and USA with instructions of charting the northern parts of the Baffin Bay and the Canadian archipelago. Usually the ships also carried subsidiary orders for searching Sowallick. However, apart from some scant information transmitted by Hayes, who in 1861 acquired a few slivers of iron from Savigsivik, no real progress took place before Peary entered the scene.

Robert E. Peary began in 1891 his arctic travels with the purpose of reaching the North Pole. He had to cooperate with the Polar Eskimos in order to reach his goal; in due time they told him about Sowallick, and he was led to the place. The Eskimos knew about three huge

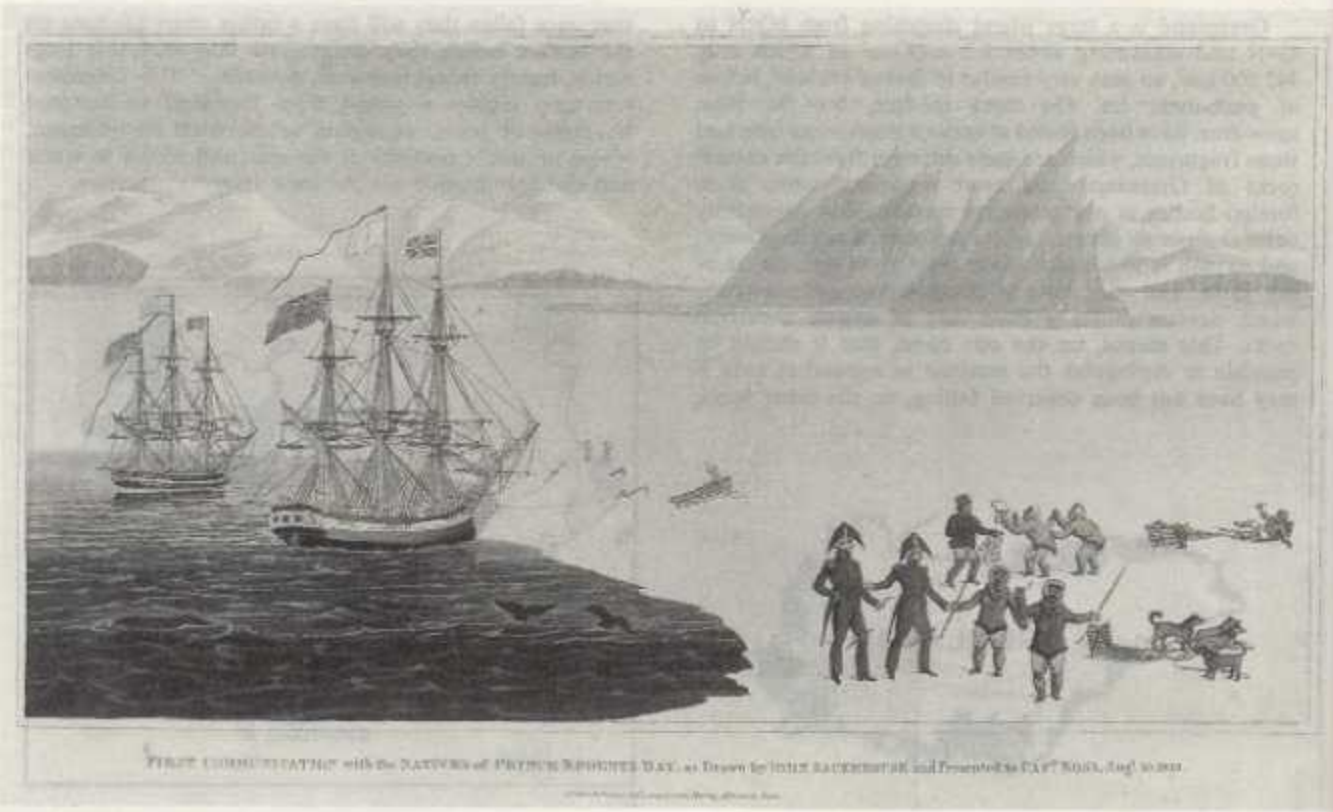


Fig. 3. HMS "Isabella" and "Alexander" secured by ice anchors about 10 km south of Bushnan Island, when Captain John Ross in 1818 was stopped by ice. Shirts, necklaces and mirrors are traded for narwhale tusks and tools with cutting edges of meteoritic iron. The West Greenland Eskimo Zachaeus made the water colour for the expedition report (Ross 1819).

Fig. 4. Stamp emission of 1978, celebrating the centenary of The Commission for Scientific Research in Greenland. The ulo, made from walrus tusk and meteoritic iron, is placed on top of an etched piece of Cape York, displaying Widmanstätten structure (Buchwald & Mosdal 1985).

iron meteorites : "Ahnighitô" was on an island (later called Meteorite Island), while "Woman" and "Dog" lay close together further 10 km north on a peninsula. Peary realized that these meteorites were important to science, and he made great efforts to excavate them and bring them to New York in the years 1894-97. When they arrived at the port of New York they weighed 31,3 and 0,4 tons. No wonder that the captain had trouble with his magnetic compass while navigating the ice-filled waters of Baffin Bay. The narrative of the discovery of the iron meteorites is brilliantly told by Peary himself in the book "Northward over the Great Ice", 1898.

Later, when Knud Rasmussen travelled in the same area, he was led to a fourth iron meteorite, also known by the local population, but located on a different peninsula 10 km to the east. This meteorite was in 1925 hauled across the ice-covered sounds to a safe place for transfering to a ship. The haulage was carried out by 175 dogs in a hazardous experiment that fortunately succeeded, despite the complications with the numerous dog-lines. When weighed in Copenhagen the new meteorite, which was called Savik, turned out to be as massive as "Woman" and "Dog" together, 3,4 tons.

THE EXPEDITIONS OF VAGN F. BUCHWALD

During the study of old records and literature on the meteorites of the Melville Bay, the author became interested in the Cape York meteorites. Laboratory work, comprising analytical and metallographic examinations, suggested that all four iron meteorites were of the same kind, that is a so-called medium octahedrite with about 8 % nickel and a beautiful Widmanstätten pattern which could be developed when etching a polished surface with nitric acid diluted by ethylalcohol. However, the major part of the fall was in New York and had never been adequately studied, so it was difficult to reach any final conclusions. It appeared that the four big fragments once had been part of the same large body. It might then have split when hammered into the surface of the earth, or rather the surface of the glaciers. The distance between the individual blocks, which was only known in approximate terms, could then be explained by differential transport of the glaciers, that finally, when the climate improved slightly, melted and deposited the iron chunks between the large gneissic boulders of the area.

Another possibility was that the meteorite parent body broke in many parts in the atmosphere, so that individual fragments landed many kilometers apart. Under this hypothesis it was expected that the distribution of large and small fragments might indicate the trajectory, because large fragments will be decelerated less by the atmosphere than small ones, and therefore should be found at the head of the so-called shower ellipse.

Unfortunately, Peary's book had no precise maps, and a search through the Rasmussen reports fared no better, so it was decided that the best way to solve the many questions would be to make an expedition to the remote area. The author knew moreover from the study of other meteorite falls, such as Cranbourne, Gibeon, Santa Rosa and Campo del Cielo, that meteorite showers sometimes comprise dozens of fragments, so in optimistic moments it was deemed possible that another small fragment could be found and thus help to elucidate the mysteries.

In 1961 the area around Wolstenholme Fjord was thoroughly examined, largely covered on foot, singly or accompanied by geologists or soldiers, with visual relay. Any iron meteorite was expected to appear rustbrown or blackish brown and would stand in sharp contrast to the light-yellow or red gneissic boulders that covered most of the Cape York area. Of course, a major part of the terrain was covered by glaciers and no attempt was done in searching on permanent ice. While no new material was recovered I was encouraged when I heard that an American soldier at the Thule Air Base a few years earlier had found an iron meteorite of about 50 kg. Unfortunately, to the best of my knowledge, it was sliced into many small segments and given or sold away as curios, and I never succeeded in meeting the finder in order to obtain more precise information.

In 1963 a new attempt was made. By assistance of the US Air Force, stationed at Thule Air Base, I was moved by helicopter to the remote Saveqarfik peninsula where I established a tent camp and searched the area on foot for 8 days. The place, where Knud Rasmussen in 1925 had found "Savik", had been marked by a cairn and could now be plotted on a modern aerial photograph. A new, small meteorite of 8 kg was found by hunting eskimos. As it was located only about 1/2 km east of Savik, it was called Savik II.

Other areas were reached by a small motorboat, rented from the Eskimo settlement Savigsivik. The location of Ahnighito on the north side of Meteorite Island was visited and plotted on aerial photographs; several nails from Peary's 1896 camp were also collected. Although lying close to the sea shore for over 60 years little corrosion had taken place. Evidently the corrosion rate is low so high north because of the arid climate and the low temperatures. There are many summers which are so cold that the winter snow has only just melted, when the new snow appears.

Finally, camp was erected on a peninsula, later called Agpalilik, which did not appear at all on the available maps of the Melville Bay. The reason was apparently that the mapping had been done by sledging parties, mainly Lauge Koch in about 1916, and poor visibility had prevented him from seing this part of the land. While the maps were poor, the modern aerial photographs were of invaluable help, and the promontory was criss-crossed systematically in a grid with a mask-opening of 100-300 m. The positions of "Woman" and "Dog" were found and the surprising mounts of hammerstones that already Peary

Fig. 5. Around the meteorite "Woman" an enormous pile, about 8 m in diameter and counting about 10.000 hammer stones, had grown during the visits of countless generations of Eskimos.

Fig. 6. A few days after I had discovered the new 20 tons Agpalilik iron meteorite, a small group of Eskimos visited the site. The author is sitting number three from the left on the meteorite before its excavation. August 1963.

had noted were measured and photographed. I estimated the number of hammerstones to be about 10.000. It appears that the Eskimos for countless generations have travelled to the place in order to collect suitable material for their tools. As the iron meteorites turned out to be ductile and tough, but not exceedingly hard, about 250 HV on the Vickers hardness scale, the Eskimos found that it was necessary to bring along proper hammer stones. The gneissic boulders adjacent to the meteorite were far too fragile to be of any help, so instead they carried 2-10 kg heavy trap stones, basalt and diabase boulders, from dikes they passed on their sledge travels to the site. Both "Woman" and "Dog", and to a much smaller extent Ahnighito and Savik, exhibit scarred faces because of the immense drudgery made by the eskimos, resulting no doubt in only few and insignificant, coin-sized slivers for their cutting edges.

The continued systematic search resulted in the discovery of a new, large iron meteorite near a promontory, where thousands of small auks, nested. Consequently the place was named Agpalilik, meaning the place rich in auks. The meteorite lay on a slope between large gneissic boulders. There were no crater and no hammerstones, and when I later told the Eskimos about the new iron meteorite they were highly surprised. They were also very happy, because I was happy, and they assisted me in performing the first steps of an excavation. We had, however, to stop after a few hours' work, because the large stones required drilling machines and dynamite and because the gravel around the meteorite was frozen into a concrete-like mass. There was no vegetation, not even lichens, no doubt because the slope, facing northwest, was covered by snow most of the year. This was confirmed later when studying series of aerial photographs of the region.

EXCAVATION AND TRANSPORT OF AGPALILIK.

Funds from the Carlsberg Foundation and from the Geological Museum in Copenhagen made it possible that an earnest attempt of excavation and transporting the Agpalilik meteorite could be carried out. From the preliminary excavation in 1963 it was estimated that the mass could be anything between 15 and 25 tons; gear, lifting rigs and ships were therefore calculated on the assumption of a maximum weight of 25 tons. The head of the Department of Greenland, Eske Brun, became highly interested and instructed the Greenland Technical Organization to assist. The final plan consisted of 1) clearing/digging a trench around the meteorite, 2) lifting the meteorite up by heavy jacks, 3) assembling a sledge of precut iron profiles under the jacked-up meteorite, 4) pulling the meteorite along a timber-railroad down the slope, towards the beach approximately 600 m away, 5) transferring the meteorite to a LCM, a landing craft of the type known from D-Day, and finally, 6) lifting the meteorite from the LCM to a ship for the transport to Copenhagen.

This plan was set to work in 1964 and a modest group of people started by ship to Savigsivik. However, the ice was awkward, our ship froze in, and when finally, set loose

Fig. 7. The polar bear did not have a chance to escape the eager Eskimo hunters. Here it is secured to the dinghy before being pulled up upon the solid ice foot.

by the assistance of the US Coastguard ship "Westwind", we realized that nothing could be done this summer, we turned back home.

In 1965, the situation was not much more promising. The tents and the equipment of the expedition had been unloaded at Savigsivik, but the inner fjord system was icebound and the gear could not be moved to the site of the Agpalilik meteorite. Thanks to the US Air Force at Thule Air Base, it became, however, possible — just before we had to abandon the plan for the summer — to establish an airbridge with two helicopters that flew between Savigsivik and the site and moved men and material in the course of a day. That was August 19 and after camp had been established the eight men immediately started work of clearing and excavation. Since we had 24 hours of day light the work went on smoothly and according to the plan. Our small boat, which was expected to come up from Upernavik with extra provisions and a radio set, finally found its way through the ice floes to the camp site.

During the work we had a rather unpleasant visit of a large, male polar bear, which had smelt the raw meat of the seals shot by our 5 Eskimo workmen. The Eskimos loved this opportunity of big game hunting, left the excavation in a hurry and took their rifles. The bear tried to swim away and disappear in the ice pack, but the Eskimos did not give it a chance. Without the heavy gear and winches for the meteorite work, however, we would never have been able to haul the 600 kg dead body up on the ice. The bear was skinned and cut into pieces, and the Eskimo who first saw the bear had first choice : he selected the back of the neck where the bear has a beautiful long and dense fur.

On August 28 we were through. The meteorite had been hauled to a horizontal part of the slope, where rocks were exposed, and where we knew it could be left safely, without being covered by snow or sinking in, until some future summer a LCM and a ship could penetrate the ice and pick it up. We left the site and with our small cutter we worked our way south through the new ice, until we were suddenly and unexpectedly stopped by screw-ice, up to 50 cm thick. With the rest of our dynamite we blew our way through. Small dynamite sticks were placed into holes in the ice and the entire series was blown up by electric ignition from the ship. Step by step we moved forward, again and again laying out a series of dynamite sticks, until after 8 hours we reached again open water. In Savigsivik we celebrated the summer's work, the polar bear hunt and the narrow escape with dance and coffee-milk for several days.

In 1966 the weather and the ice situation looked promising. However, on its way to Savigsivik the LCM met some rough sea and was damaged at a vital point : the front-opening could not operate. Before that could be repaired, the summer was over. Finally, late in August 1967 Captain Leo Hansen succeeded in penetrating the ice-filled and uncharted waters of the fjords and in a hectic 48 hours operation managed to haul the meteorite sledge the last meters to the "beach", where a deep cut had been made into the 6 m thick ice foot. Through this channel the meteorite was hauled onto the landing boat

Fig. 8. With gasoline driven drills and with dynamite sticks a trench was excavated around the Agpalilik meteorite. The jacks can be seen under the meteorite.

and a few hours later it was swung over the railing of the M/S Edith Nielsen. In September the ship arrived in Copenhagen and under the eyes of science and press the meteorite, still on its sledge, was unloaded and weighed. The mass was 20,1 tons, making it the biggest in Europe, and between the five largest in the world.

CUTTING A LARGE IRON METEORITE.

A meteorite of this size, 2,1 x 2,0 x 1,5 m, had never been cut before. On the other hand, it might be extremely important to examine such a large body from interplanetary space in detail, so it was decided to study earnestly the problem of cutting massive iron. As we did not want to destroy the structure, any method evolving heat was excluded from the beginning. We would not use a rotating cutting wheel either, partly because it was rather expensive in these sizes, partly because we feared that it might jam while cutting.

The solution turned out to be the wire-saw, known from ancient times as a cutting method for marble and granite. The two strands of the twisted wire were made of spring steel of a Vickers hardness of 450. The wire was 100 m long, and for every 25 m its twisting was reversed. This can be compared to the teeth of a normal saw; they have to bend alternately to the right and the left, otherwise a straight cut cannot be produced. The wire does not cut itself, but bring along the fine carborundum grit that in a continuous slurry is led to the cutting slit. Agpalilik was in this way divided into a 15 t block and numerous slices and sections which have been used for museum display, exchanges and scientific study. The largest slice is 180 x 130 x 5 cm and weighs 560 kg. It is highly polished and etched and presently exhibited in the Geological Museum, Copenhagen. The average cutting velocity with the wire saw was about 1,6 cm^2 per minute. The method has later been applied in cutting large Australian, Brazilian and American iron meteorites.

SOME SCIENTIFIC RESULTS.

The chemical investigation of the individual fragments of the Cape York shower has shown that the average composition is 8 % nickel, 0,5 % cobalt, 1,3 % sulfur, 0,2 % phosphorous and 90,0 % iron. In addition, another twenty elements of the periodical system are present, but in small amounts, each less than 50 ppm. The structure as seen on a polished and etched section is octahedral; two phases, a low nickel α-phase and a high-nickel γ-phase, alternate regularly and delineate the (111) planes of a regular octahedron. The large cuts have shown that the orientation is the same everywhere, and we have thus proved the existence of a unique, large iron-nickel single crystal, formed at high temperature and weighing more than 20 tons. For comparison, iron-nickel crystals in technological alloys rarely exceed 1 mm and a weight of 0,01 g. These results suggest that the iron meteorite must once have been situated at some depth on a small planet where the temperature transiently was 1200-1600°, after which it decreased very slowly, over millions of years, to "room temperature". Evidently, "the meteorite-to-be" must have been buried at some depth, so that the thermal insulation secured a small cooling-rate.

An examination and comparison of all known iron meteorites shows that nickel and cobalt are always present. Iron meteorites with less than 5 % Ni and 0,3 % Co are unknown, and the average composition is very close to that of Cape York. We believe that the ratios of iron to nickel and cobalt reflect conditions in the astrophysical settings when the heavy elements were created aeons ago. Somehow the iron meteorites have truly preserved this "fossil" record.

Sulfur and phosphorus are almost always present in the iron meteorites. On the big cuts through the Agpalilik fragment we see a unique picture. Troilite, which is an iron sulfide, forms large and parallel inclusions, that are unevenly spred over the sections. This phenomenon is unknown from terrestrial rocks and so far rather puzzling. Our working hypothesis is that the sulfides have been trapped in the present positions after having moved some distance towards the hot end of the material, a phenomenon which has been termed thermal migration, but hitherto has only been described from experimental systems in the laboratory.

If true, we will have an opportunity to orient our meteorite up-down in its original location and possibly gain additional information about the cooling-rate and gravitational forces on the site where it was formed more than 4 x 10^9 years ago.

THE SLEEPING DOG

In September 1984 we received in Copenhagen a telex from the manager of the small settlement Savigsivik, which is located on the southern shore of Meteorite Island. The telex reported the find by Jeremias Petersen of a new iron meteorite at Tunorput on the northeastern shoreline. The meteorite was, in fact, inundated and only visible at low tide. Excited we telexed the question back "How large ?" and got the answer "As a sleeping dog" !

When summer arrived it was shipped to Copenhagen for cutting and examination. The "Sleeping Dog" turned out to measure 65 x 45 x 30 cm and weigh 235 kg. The massive iron chunk is presently being cut with the wire saw technique, and our preliminary examinations show that the iron has the same composition and structure as the Cape York meteorite and thus is still another fragment of the large shower. After cutting and examination, the meteorite will be returned to Greenland, where it, no

The Cape York iron meteorite shower

Name	Date of find	Weight, kg	Distance to the sea, meters
Ahnighito	1894	30.880	100
Woman	1894	3.000	500
Dog	1894	407	500
Savik I	1913	3.402	1000
Akpohon	1914	1,7	—
Northumberland	1928	0,3	—
Savik II	1961	7,8	10
Agpalilik	1963	20.100	600
Tunorput	1984	235	0
Total weight		58 tons	

Fig. 9. The sledge of profile irons has been assembled under the meteorite, and it is now being pulled towards the beach by hand-operated winches. August 1965.

Fig. 10. A shot taken at midnight when the sun is directly north above the distant glacier. The 15 m long "rail-road" of heavy timbers was dissolved when the meteorite had passed and reconstructed in front of it saving a lot of material.

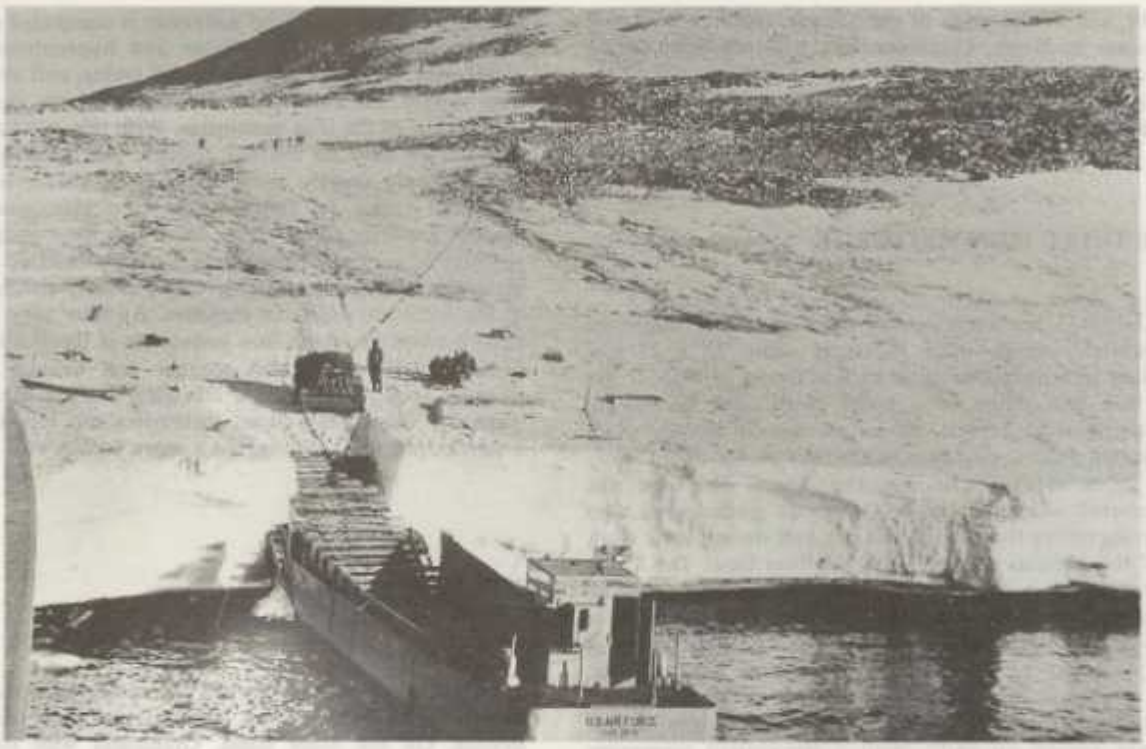


Fig. 11. In 1967 finally, a LCM from the US Air Force in Thule took the meteorite on board through a deep cut in the ice foot.

Fig. 12. In 1971 the Agpalilik meteorite was cut by the wire-saw technique. The large plate is 5 cm thick and weighs 560 kg. It was later polished and etched.

doubt, will be the pride of the Science exhibit of the new Museum at Nuuk, Godthåb. This will, we hope, make good publicity and remind the modern Greenlander of his own history and of the opportunity of finding more meteorites in his native country.

THE THULE IRON METEORITE

Only 125 km northwest of the Cape York meteorite strewnfield, which itself measures some 20 x 25 km, another iron meteorite of 49 kg was found in 1955. It has the size and shape of a goose, with neck and head. Meteorites can achieve the most curious shapes while penetrating the atmosphere where they ablate significantly and often break up into smaller pieces. This one was discovered on a nunatak by American glaciologists who were surveying the Moltke Glacier and during their work used the nunatak for their triangulation base. The Thule meteorite has a structure and composition that come so close to Cape York ones that they can be confused. It is in fact an open question whether the Thule meteorite is not just another fragment of the huge Cape York shower, that landed in the extreme northwestern end. If this can be proved, the Cape York shower will be the largest shower known on earth, with a strewnfield measuring 125 x 25 km and with a total recovered weight of over 58 tons. And as anybody will guess, we have probably only found a part of all the meteorite fragments. The land is thoroughly cut by fjords and sounds, and the inland ice covers most of the strewnfield, and we can be sure that major fragments are still, no doubt, hidden by snow, ice and sea.

THE STONE METEORITE FROM ELLA ISLAND

The only stone meteorite known from Greenland, was discovered in 1971 by American geologists on Ella Island on the east coast of Greenland. It was first described by Americans so it received the english name of the small island in Kong Oscars Fjord, an island which for 40 years had been used as a geological base. It shows how difficult it is to recognize stony meteorites. They are usually small, and they mix readily with the rocks of the landscape. If picked up, the keen eye may distinguish rust stains on a broken surface or, perhaps, note the peculiar structure. The chondritic stone meteorites often display a number of mm-sized crystalline globules, that are embedded in a much more fine-grained matrix. No doubt, summer after summer, many expedition members did walk from the nearby camp center across the place and missed the unusual stone fragments. But when the first small piece finally was picked up by a mere coincidence and shown to others, a number of searching parties combed the site and finally found over ten fragments totalling 5,7 kg. A close study has shown that all fragments belong to the same stone meteorite, a so-called olivine-hypersthene chondrite of type L6, and that it landed on snow or ice centuries ago, and later disintegrated by the action of wind and shifting ice and thaw. The age is proved by, among other things, the growth of lichens on several of the fragments. The Ella Island meteorite is composed of 85 % silicate minerals, mainly olivine and hypersthene, 10 % nickel iron, dispersed into very small grains, and about 5 % iron sulfide, the same troilite which we have seen as a component of the iron meteorites. With this mineralogical mixture we have an average specific gravity of about 3, which is only slightly above the specific gravity of many terrestrial rocks. In contrast, the iron meteorites have specific gravities about 7,6 – 7,8, which most people will perceive as very surprising, so that once picked up an iron meteorite is certainly recognized and usually also reported to the local university or museum. Another very characteristic property of the iron meteorites is the ferromagnetism : a common pocket magnet will usually adhere strongly even to the rough, corroded surface of an iron meteorite. Also many stony meteorites can interact with a pocket magnet, although in a more feeble way.

THE INLAND ICE

We suppose that meteorites fall rather evenly all over the globe, wherefore about 70 % will end their life in the oceans. On the other hand, Greenland with its large, ice-covered surface must also have received its significant share of the meteoritic influx of both stone and iron meteorites. However, so far we never had a report of any meteorite recovered from the inland ice, despite the interior has been crossed by many expeditions, and extensive drilling programs have been carried out both in the North and the Central parts of the ice. We must therefore conclude that any fallen meteorite will be rapidly covered by new or blowing snow and that it becomes an integral part of the ice and takes part in the slow movement towards the edges. We can therefore expect an accumulation of old meteorites just in front of the ice, both in front of the landglaciers and in the fjords. It will probably be very awkward and expensive to search such areas, however promising, and so far no systematic searching attempt has been done.

In the Antarctic a large number of meteorites have been found since Japanese scientists in 1969 by a mere coincidence picked up the first few stones on the Blue Ice. Every summer in the following years, small search teams have been organized and sent out from Japanese and American base camps on the Antarctic coast. Penetrating by helicopter and motor scooters the so-called Blue Ice fields, they have been able to pick up pieces ranging from nut size to roughly football size and bring them back for laboratory examination. It turns out that some of these meteorites are very old and laid in the ice for hundreds and thousands of years. We believe that, once landed far inside the Antarctic continent, they have slowly moved towards the edge. Simultaneously the surface of the ice has been steadily evaporating because of the strong katabatic winds. So in due time, what was once deeply buried will be disclosed again on the surface. The favourable combination of climatic conditions and, no doubt, subglacial topography is restricted to a number of areas which have been called The Blue Ice Fields. Here on snow scooter one may run from stone to stone and pick them up, since they stand out as easily recognizable, black spots on the dazzling, bluish-white ice.

It is hardly possible that similar favourable conditions are to be identified in Greenland. It seems to require a large continent of the Antarctic type to develop extensive Blue Ice fields, but on the other hand, it can not be ruled out that there could be found a local Blue Ice field in Greenland with somewhat similar chances of finding a meteorite. Meteorites that, under more humid and warm climates, will rather rapidly disintegrate, may under Greenlandic and Antarctic conditions survive much longer, and they will be interesting as space probes of long ago and thus carry information of the remote past.

REFERENCES

BUCHWALD (V.F.), 1975. *Handbook of Iron Meteorites*. University of California Press, Berkeley.

BUCHWALD (V.F.), MOSDAL (G.), 1985. *Meteoritic Iron, Telluric Iron and Wrought Iron in Greenland*. Meddelelser om Grønland, Man and Society, n° 9

MAURETTE (M.), HAMMER (C.), 1985. Les étoiles filantes. *La Recherche*, n° 168, juillet-août, p. 852-863

PEARY (R.E.), 1898. *Northward over the Great Ice*. New York.

ROSS (John), 1819. *A Voyage of Discovery Exploring Baffin's Bay and a North-West Passage*. London.

ARCTIC OCEAN CLIMATE : AN ASSESSMENT OF OUR PRESENT UNDERSTANDING BASED ON RECENT STUDIES

by Roger G. BARRY

Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences and Department of Geography, University of Colorado, Boulder

ABSTRACT. — The controls on Arctic climate exerted by the annual energy cycle, exchanges at the ice-covered ocean surface, and by the large-scale atmospheric circulation are examined in the light of recent data. The climatic regime and evidence of its variability are summarized.

Key-words : Arctic Ocean — Arctic climate — Arctic sea ice — Climatic variability in the Arctic.

RÉSUMÉ. — **Le climat de l'Océan Arctique : une présentation de nos connaissances actuelles d'après des études récentes.** *Les contrôles effectués sur le climat arctique résultant du cycle d'énergie annuel, des échanges à la surface de l'océan englacé, et de la circulation atmosphérique à grande échelle, sont examinés à la lumière des données récentes. Le régime climatique et la preuve de sa variabilité sont résumés ci-dessous.*

Mots-clés : *Océan Arctique — Climat arctique — Banquise — Variabilité climatique dans l'Arctique.*

INTRODUCTION

The climate of the north polar region is dominated by the year-round presence of the Arctic pack ice, which largely insulates the overlying atmosphere from the Arctic Ocean below. In many respects, the surface exchanges are more important than the seasonal contrast of polar night and day. The large-scale atmospheric circulation, which is basically driven by the equator to pole gradient between low latitude heat sources and polar heat sinks, also plays a significant role in the Arctic climatic regime through its contribution to the energy balance. This paper examines the relative role of these three elements — surface exchanges, annual cycle, and large-scale circulation — in shaping the present climate of the Arctic Ocean.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE ARCTIC OCEAN ICE

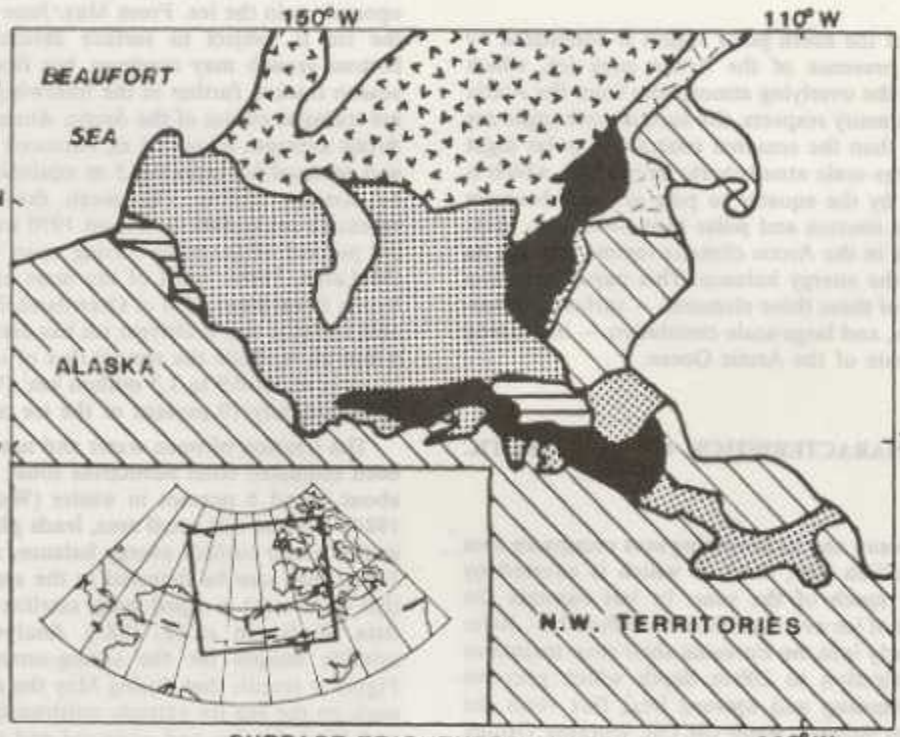
The Arctic Ocean and its bordering seas occupy an area of almost 14 million km^2, most of which is covered by floating ice for much of the year. In late summer the minimum extent of ice averages about 7 million km^2. River runoff, particularly into the Eurasian shelf seas, maintains a density stratification to 200 m depth which prevents convective overturning and upward heat flux from the underlying warm Atlantic water (SCOR Working Group, 1979). In addition, the top 30-50 m layer has a strong salinity stratification in summer as a result of snow and ice melt.

The pack ice is a variable mixture of young and old floes. Over the course of a full winter growth season, first year ice can attain a thickness of about 2 m with a further 40 cm or so of winter snow accumulation on level ice. Ice motion, due to wind and ocean currents, causes ridging and fracturing of floes through pile-up, deformation and shear. In winter, new ice forms rapidly in leads that are opened up in the ice. From May/June to early September the ice is subject to surface ablation, although some bottom growth may continue, but floes that survive this season thicken further in the following winter unless they are transported out of the Arctic. Annual ice growth in the Arctic averages about 1.1 m, balanced by ablation (0.6 m) and removal by export (0.5 m equivalent) from estimates by Kœrner (1973). The mean draft of the ice from extensive sonar data in August 1970 was about 3.0 m with 3-4 percent of the basin having open water/ice < 30 cm (McLaren, 1986). Most of the mass exchange is handled by the Fram Strait, east of Greenland. Sonar studies in this area indicate that multiyear ice has drafts ranging between 4 and 16 m, while the annual flux of ice area through the Strait is about 0.9 to 1.3 million km^2 (Wadhams, 1983), or approximately 10 percent of the ice in the basin.

The fraction of open water and newly frozen leads has been estimated from submarine sonar data to be between about 1 and 6 percent in winter (Wadhams and Horne, 1980). Despite this small area, leads play a significant role in the winter surface energy balance, as discussed below. Initial melt can be detected in the seasonal sea ice zone (the shelf seas) in April using satellite passive microwave data (Anderson *et al.*, 1985). Analysis of visible band satellite images for the spring-summer transition (see Figure 1) reveals that during May the melting of the snow pack on the sea ice extends northward from the Beaufort and Chukchi seas and eastward and northward from the Barents and Kara seas (Robinson *et al.*, 1986B). The melt onset and progression appears to be influenced by synoptic events (Crane *et al.*, 1982). The end of stable snow cover occurs at the end of May in the East Siberian Sea, 5-15 June in the Laptev Sea, and not until the end of June in the Franz Josef Archipelago and Severnaya Zemlya. In the central Arctic snow melt begins around 10 June at latitude 80°N and about 30 June near the Pole, with melt

puddles beginning to form about 10 days later, according to observations at Soviet "North Pole" drifting stations (Yanes, 1966). Melt ponds reach an average maximum of 25 percent of the area in mid-July (Nazintsev, 1964; Barry, 1983) and these data accord with recent estimates from passive microwave data by Carsey (1985). Chukanin (1954) reports that extensive melt ponds 70-80 cm deep form on the surface in mid-July when most of the snow has gone. By the end of summer, the extent of open water in the ice-covered part of the Arctic Ocean amounts to about 25-30 percent of the area (Carsey, 1982). This combination of open water and melt ponds significantly lowers the albedo of the ice surface, which decreases to a seasonal minimum in late July-early August of about 40 percent, for the Arctic Basin (Robinson *et al.*, 1986B).

Fig. 1. — (a) Defense Meteorological Satellite Program high resolution (0.6 km) visible band image of snow melt progression in the Beaufort Sea, 11 June 1977 (courtesy National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder) and (b) manually constructed surface brightness chart showing categories of snow melt.



SURFACE BRIGHTNESS CLASSES

- Incipient Melt
- 50–90% Snow Covered
- 10–50% Snow Covered
- <10% Snow Covered
- Open Water
- Cloud Covered
- Land Areas

TABLE 1

Mean monthly energy fluxes (W m^{-2}) at two drifting stations (Makshtas, 1984). Positive values are towards the surface. December-February averages.

Station	Dates	Ln	H	G	LE
NP-23 (76-77°N)	1976/77	-22.1	6.3	11.0	—
NP-4 (85°N)	1956/57	-20.7	9.6	12.4	-0.9

ATMOSPHERIC CIRCULATION AND THE POLAR ENERGY BUDGET

The Arctic atmosphere has an annual deficit of net radiation although, remarkably, at the surface the annual net radiation is close to zero (Barry and Hare, 1974). The annual radiation balance for the earth-atmosphere system is approximately -120Wm^{-2} (equivalent to a cooling of 1.0°K day^{-1}), with greater/lesser values in winter/summer, respectively. This deficit is offset principally by horizontal fluxes in the atmosphere. About 80 percent of the horizontal transport is in the form of sensible heat on an annual basis, although in summer moisture transport accounts for one-third of the total. Most of these horizontal fluxes are caused by travelling disturbances (cyclonic and wave systems). Ocean heat transport plays a minor role. It accounts for about 8 Wm^{-2}; over half of this in the West Spitsbergen Current (SCOR, 1979) and this calculation is in reasonable agreement with the independent estimates of surface fluxes to the atmosphere (Vowinckel and Orvig, 1970)).

Assessments of the surface energy budget are limited by the discontinuous nature of the measurements and the problem of spatial representativeness. Most drifting stations have been located on multiyear ice (or ice islands in the case of T-3). Winter values at two Soviet stations (Table 1) show the dominance of the infrared radiation emission by the surface (Ln). The heat conduction term (G) includes latent heat of fusion released by freezing of sea water. These results do not indicate the role of turbulent heat transfer through thin ice. Maykut (1978, 1982) estimates that half of the annual turbulent heat flux to the atmosphere in the Beaufort Sea occurs through ice 20-60 cm thick. However, it appears that most of this is relayed back to the surface in the immediate downwind area by condensation and sensible heat transfer. This process is facilitated by the presence of enhanced surface temperature inversions in these locations. Figure 2, based on Maykut's data for the Beaufort Sea (Maykut, 1986), shows that the deficit of net radiation in winter is offset by conductive heat flux from the ocean to the ice surface, and by downward sensible heat transfer. In summer, there is a large positive excess of net radiation. The maximum is in July, when the surface albedo is lower due to melt ponds and leads. The available energy goes first into snowmelt (about 27 percent of the melt term) and warming the ice. Almost half of the summer total goes into temporary storage in thick ice, the ocean beneath the ice, and in leads. As figure 2 shows, relatively small amounts of energy go into turbulent fluxes. Latent heat flux accounts for 21 percent of the available energy during May through October.

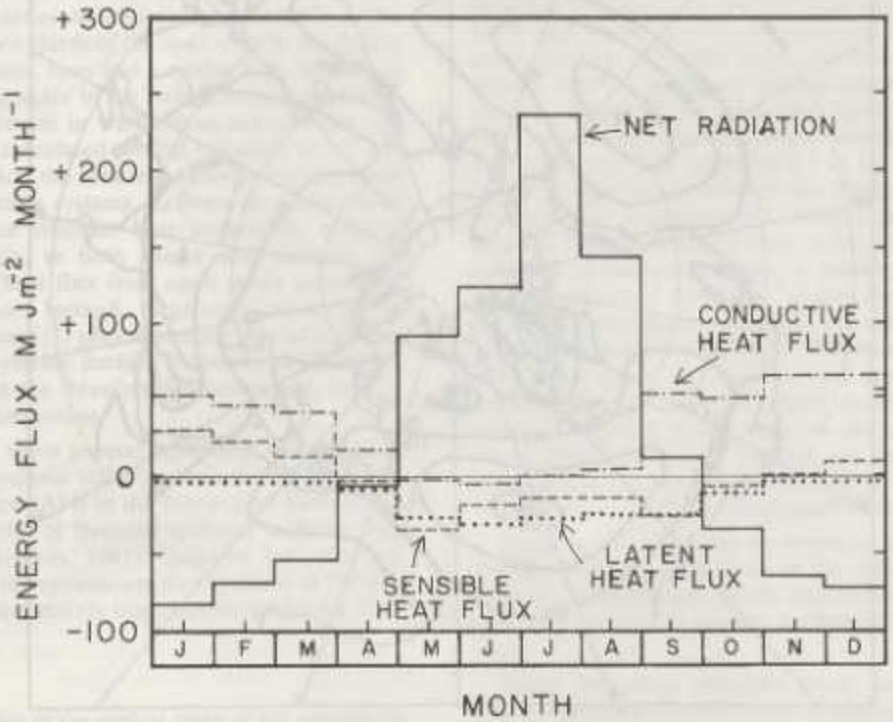


Fig. 2. — Area-averaged energy fluxes over the Beaufort Sea (MJ m^{-2} month^{-1}) (after Maykut, 1983 from Barry *et al.*, 1984).

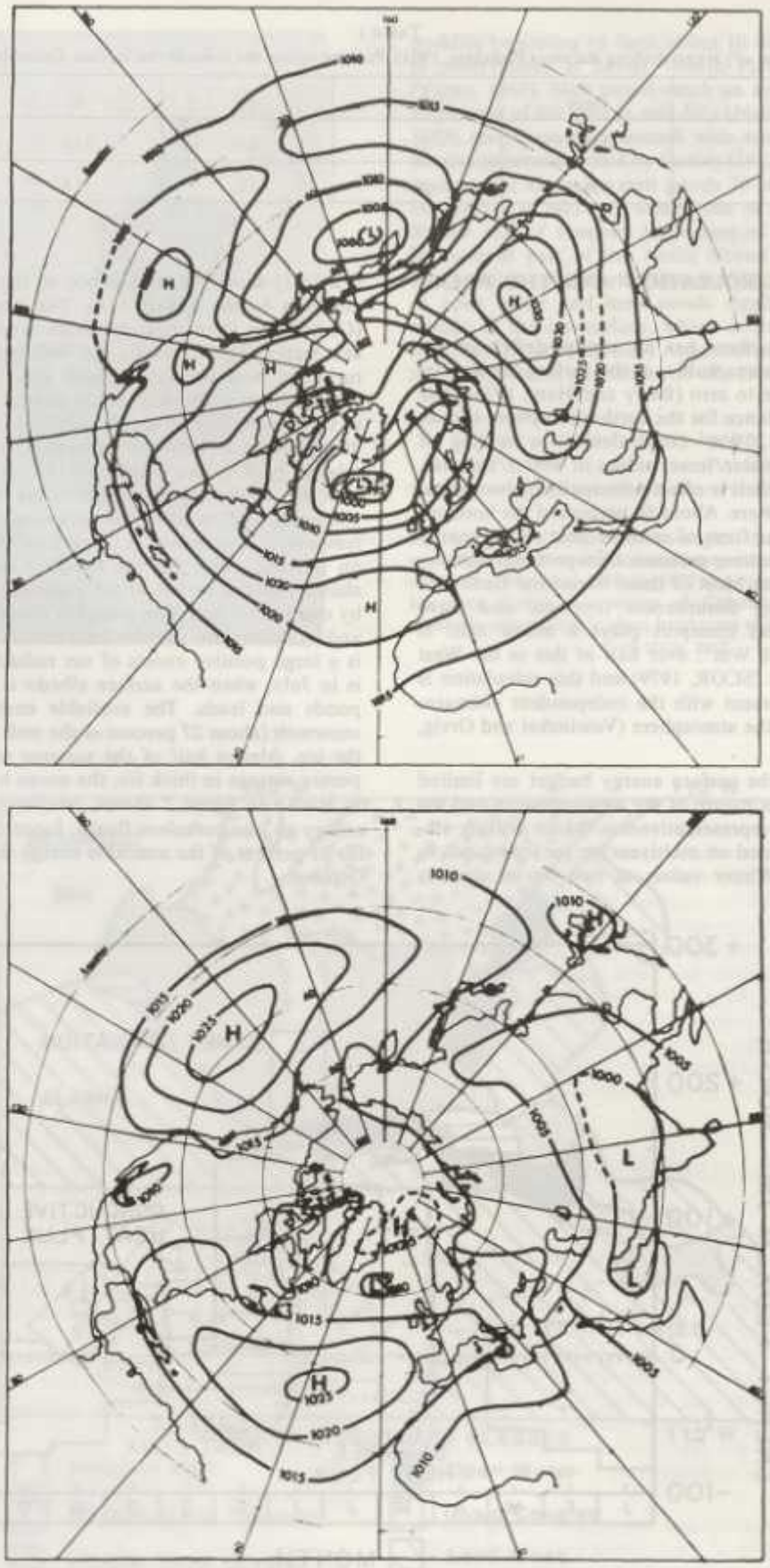


Fig. 3. — Mean MSL pressure (mb) field for the northern hemisphere, 1950-59 (a) January (b) July (after O'Connor, 1961).

ATMOSPHERIC CIRCULATION OVER THE ARCTIC

In the middle and upper troposphere, between about 3 and 10 km, the circulation in high latitudes is dominated by a circumpolar cyclonic vortex (Barry and Hare, 1974). The general westerly air circulation around this cold-cored low pressure area is a result of the large-scale equator to pole temperature gradient and the earth's rotation. Even at sea level, low pressure centers have a greater than 2 :1 frequency over high centers, in contrast to the traditional idea of persistent polar anticyclone. The latter exists as a climatological feature with pressures of ~ 1016 mb only in March-June and in September when high pressure is centered over or west of the Canadian Arctic Archipelago (Markham, 1981). Knox and Hay (1985) identify frequent blocking in the Arctic from about 90°W westward to 40°E. The annual mean pressure field for 1979-82, based on buoy data, shows a mean high over the Beaufort Sea (Colony and Thorndike, 1984) reflecting this tendency, and the dominance of a ridge of high pressure in winter months between Alaska and Siberia across the Beaufort and East Siberian seas (Figure 3A). In summer, the mean pressure gradients are slack and generally indeterminate (Figure 3B).

Analysis of synoptic pressure maps for January, April, July and October 1958-1977 indicates the occurrence of approximately one cyclone per 5° latitude and 10° longitude box per month over the Arctic (Whittaker and Horn, 1984). However, cyclones were not counted in the same box more than once and this survey, therefore, does not allow for the persistence tendency of large-scale pressure patterns in the Arctic which is especially apparent from December through May.

LeDrew (1983, 1985), in an analysis of National Meteorological Center daily height grids at 850 mb for January-March and June-August 1975 and 1976 for the Asiatic and North American sectors of the Arctic, finds a 2.5 :1 ratio of cyclones to anticyclonic features in the summer months. Two thirds of the lows were in the Asiatic sector. For the winters, lows had a similar high frequency, with most occurring again in the Asiatic sector. Interestingly, the lows are deeper in winter than summer, but less intense in terms of calculated vertical velocities at 850 mb. This result contradicts the idea that summer cyclones tend to be weak, stagnating systems. LeDrew also considered the role of surface diabatic heat sources in cyclonic activity. Surprisingly, in both winter and summer, the effects of sensible heat flux from open water areas were found to be minor. Instead, large-scale advection of vorticity and thickness (1) play the major role in both low and high pressure systems. Surface friction is an additional factor, especially in the Beaufort Sea sector and, locally, orography is also important.

Various sources show general agreement that the main zone of sea-level cyclonic activity within the higher latitudes in winter (Figure 4A) is in the Norwegian-Barents Sea with a separate center of frequent cyclones in Baffin Bay (Keegan, 1958; Gaigerov, 1967). Gaigerov indicates that in both these areas the systems are also cyclonic at 500 mb, implying that they are mainly tropospheric cold lows. Low pressure systems from southwest Greenland often rejuvenate and enter the Norwegian Sea, whereas those in the North Pacific less frequently enter the Arctic Basin via the Bering Strait in winter. Typical Arctic cold lows exhibit much less cloud and precipitation in winter than summer (Reed, 1962), in line with the diagnostic analysis of LeDrew (1985).

In summer, there is more divergence between the Soviet data and the map of Reed and Kunkel (1960) for summers of 1952-56. The latter show frequent sea-level cyclones in the central Arctic (80-85°N, 180°W), over the Kara Sea, and in Baffin Bay, whereas Gaigerov (1967) shows maxima only along the Norwegian coast and in the Bering Sea. The Kara Sea is shown as being equally anticyclonic and cyclonic on the sea-level map of Gaigerov. He notes that in summer 1955, nearly all cyclones (84 percent) were upper level systems and his 5-year average July map for the 500 mb level shows maximum frequencies of lows from Ellesmere Island to the pole, over northern Hudson Bay, and in the Norwegian Sea.

For August-October 1974-79, LeDrew (1984) traced major cyclones in the Asiatic and North American (Beaufort Sea) section of the Arctic Ocean to their entry points. For 30 systems noted in the Asiatic sector, 50 percent entered from the North Atlantic and 40 percent from the USSR. During the same interval, there were 47 systems in the Beaufort Sea sector of which 75 percent entered via Alaska, 15 percent via the Bering Strait and 10 percent via eastern Canada (cf. Figure 4B). The mean minimum pressure of the Asiatic systems was 995 mb, compared with 1002 mb for the Beaufort Sea systems.

CLIMATIC CHARACTERISTICS

The climatic character of the Arctic Ocean is shaped primarily by the annual cycle of solar radiation, on the one hand, and by the year-round presence of sea ice, on the other. During the polar night, radiative cooling of the surface forms a persistent surface-based temperature inversion, capped by an isothermal layer, with typically a 10°C contrast between the surface and the inversion base. This is located at a height of 0.5 to 1.5 km according to Bilello (1966), and Vowinckel and Orvig (1967), although acoustic radar measurements indicate the inversion base between 100 and 400 m (Carsey, 1978). The strength of the inversion varies considerably; it weakens in response to winds in excess of 10-12 ms^{-1} and to the radiative effects of "warm" medium-level clouds associated with cyclone systems from middle latitudes. However, frontal systems often move above the inversion and surface temperature changes depend more on cloud cover and associated infrared radiation fluxes than on changes of air mass. Under cloudless skies in January, the net surface IR flux in the central Arctic is about -60 W m^{-2}, compared with -32 W m^{-2} for actual cloud conditions (Herman, 1980).

Heat flux through the ice prevents the occurrence of extreme temperature minima in the Arctic such as those recorded in Siberia and on the Antarctic Plateau. Only 5 % of hourly readings in January are below -40°C (Hastings, 1961).

Daily short-wave radiation totals increase rapidly in spring, especially as cloudiness remains quite low, but the high surface albedo (0.8-0.9) of the snow-covered ice permits little absorption. This factor is much more signifi-

(1) Thickness refers to the vertical depth of the atmospheric layer between two surfaces of constant pressure; it is proportional to the mean temperature of the layer.

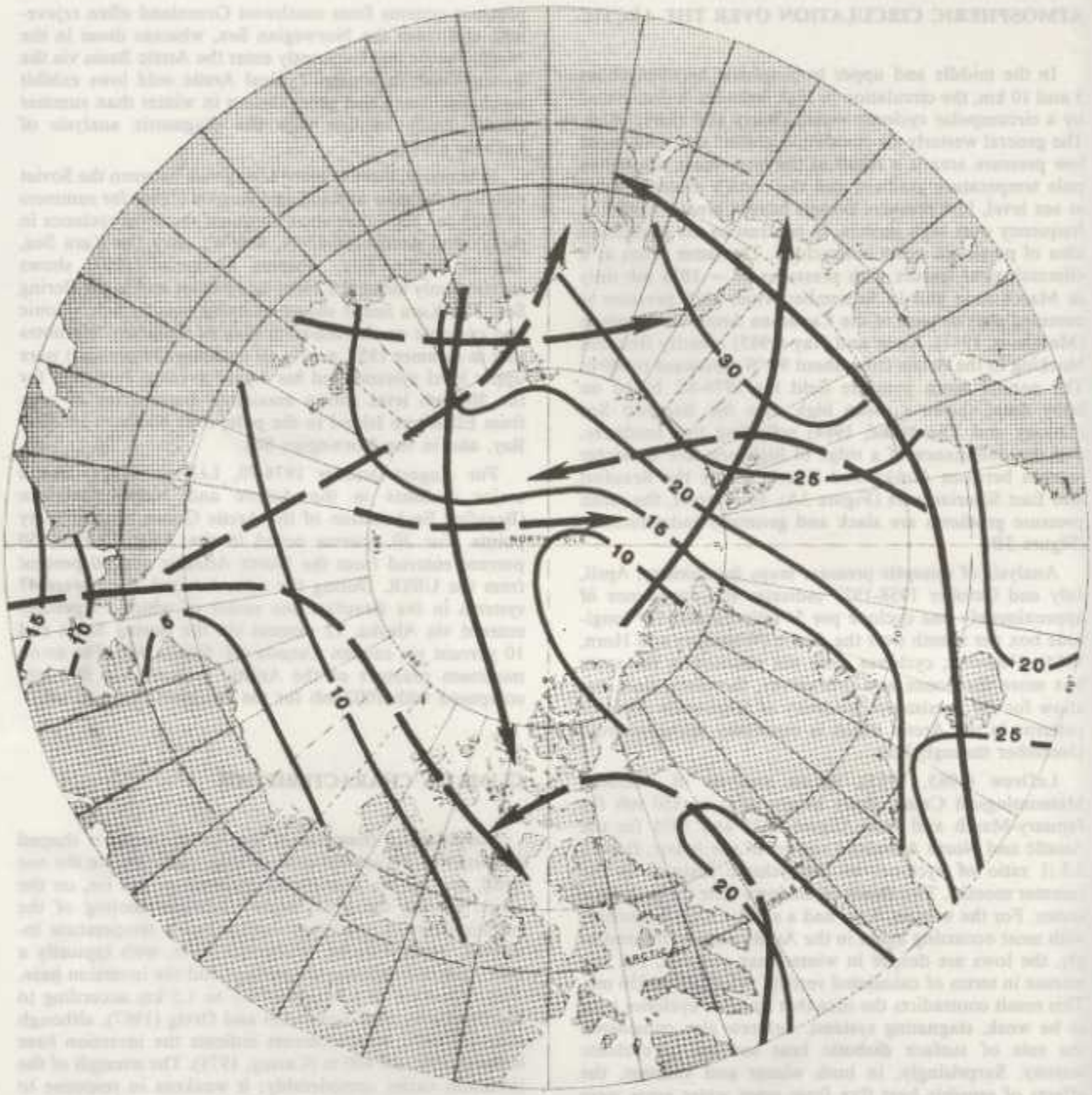
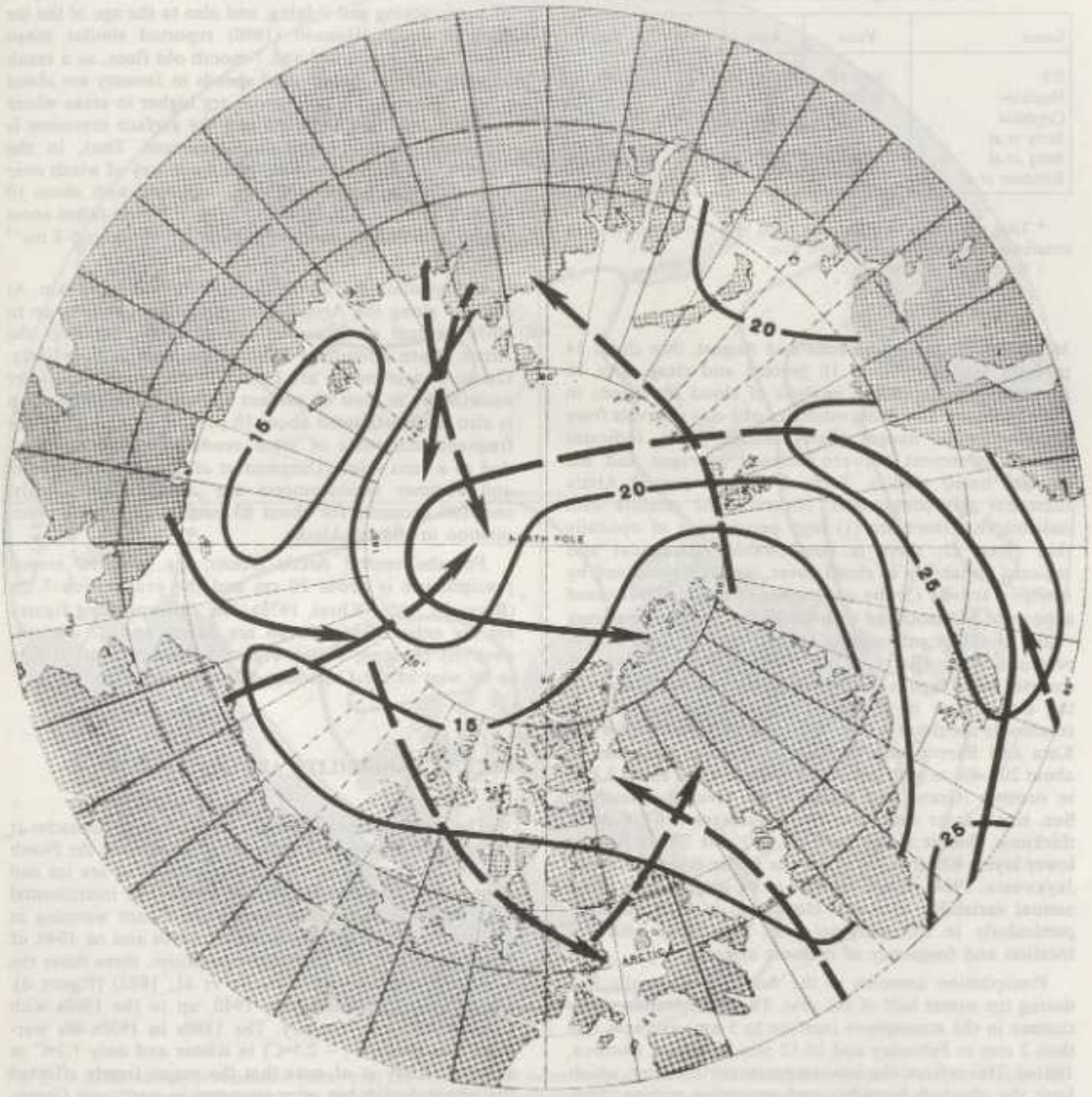


Fig. 4. — Cyclonic activity over the Arctic Ocean (a) January (b) July isolines of cyclone frequency (percent), major tracks, more than 2/month (solid line), subsidiary tracks, <2/month (broken lines) (after Gorshkov, 1983).

cant for the delayed temperature rise than the commonly-cited effect of the long slant path through the atmosphere (large optical depth) traversed by the solar beam in high latitudes. The low atmospheric vapor content, amounting to only 4 mm of precipitable water in April (Burova, 1981b) further limits the atmospheric absorption of outgoing infrared radiation from the surface.

The diurnal temperature amplitude is characteristically small in winter and midsummer, but reaches a maximum in April. This so-called "Fram" type of seasonal trend of diurnal temperature amplitude is attributable primarily to the large diurnal range of absorbed solar radiation, relative to the damping introduced by the turbulent heat fluxes between surface and atmosphere (Ohmura, 1984). In April only sensible heat flux is involved, whereas in summer the increased amplitude of absorbed solar radiation is offset in part by increases in the daily range of turbulent heat fluxes related to melting. A further contribution to smaller amplitudes in summer arises through the $(T)^{-4}$ term in the Stefan-Boltzmann equation because mean temperatures (T) are higher.

Cloudiness over the Arctic Ocean increases considerably in May (Huschke, 1969), mainly as a result of increased large-scale advection; there is little melt or



breakup in the central Arctic until late June. The cloud cover counteracts the seasonal increase in incoming solar radiation to a high degree. It is a striking fact that the total clear sky solar radiation as a percent of the extraterrestrial value is about the same from May through August at 90°N as at 70°N, whereas the fraction actually absorbed at the surface is substantially smaller at the pole (Doronin, 1970, p. 29). This absence of a latitudinal gradient of potential radiation arises because the day length effect offsets the solar altitude factor. At 90°N, the calculated values of absorbed solar radiation at the surface remain virtually constant from May through August as a fraction of extraterrestrial radiation.

As noted earlier, significant melting of the snow cover and the development of puddle formation on ice take place in May-June in coastal areas and in the seasonal sea ice zone, but not until early July in the central Arctic. The increase in surface evaporation and turbulent mixing creates a surface mixed layer, or isothermal structure, although a weak elevated advection inversion is still present about 40 percent of the time and surface inversions have a 15-20 percent frequency (Vowinckel and Orvig, 1967).

Conventional surface observations indicate that cloud cover averages 70-80 percent during July-August (Huschke, 1969), but analysis of satellite imagery for summers 1977 and 1979 by Robinson *et al.* (1986) shows episodes of clear skies over the Arctic in June and less frequent thick stratus than earlier sources. For the central Arctic, north of 80°N, thick, multi-layered cloud averaged

TABLE 2

Total cloud cover (percent) for the central Arctic in spring

Source	Years	April	May	June
T-3	1952-54	65	82	85
Huschke	1955-58	47	72	83
Gorshkov		53	75	90
Barry *et al.*	1979	52*	73	92
Barry *et al.*	1980	49*	82	86
Robinson *et al.*	1979	—	(83)†	82

* Total calulated by weighting low cloud by 0.5 to correct for interpretational bias believed due to Arctic haze.

† Second half of May 1979.

36 percent frequency for June-mid August, thin cloud 34 percent, very thin cloud 10 percent and clear skies 16 percent. An independent analysis of cloud conditions in spring months, also using estimates of 3-day intervals from DMSP satellite images (Barry, *et al.*, 1987), indicates general agreement between climatic averages and the satellite based studies. Table 2 for the central Arctic illustrates this comparison. However, the satellite data indicate that there are (1) high percentages of optically thin cloud (2) there is considerable interannual and regional variability in cloud cover, largely determined by synoptic activity (3) the occurrence of middle level cloud appears to be associated with the surface pressure patterns - little cloud in anticyclonic areas, large amounts in low pressure areas (Barry *et al.*, 1987). The predominant summer cloud type is stratocumulus and stratus. However, the cloud base is generally below the inversion and commonly the cloud is thin. Soviet aircraft studies over the Kara and Barents seas indicate an average thickness of about 200-400 m with greatest thickness, up to about 2 km, in summer (Crane and Barry, 1984). Over the Beaufort Sea, single layer stratiform cloud averages 250-300 m in thickness, double layers between 100 and 700 m for the lower layer, 400 and 700 m for the upper layer (Tsay and Jayaweera, 1984). There appears to be considerable interannual variability in Arctic cloudiness in early summer, particularly in the marginal seas, associated with the location and frequency of cyclonic systems.

Precipitation amounts in the Arctic are typically low during the winter half of the year. The precipitation water content in the atmosphere (surface to 5 km) averages less than 2 mm in February and 10-12 mm in August (Burova, 1981a). This reflects the low temperatures in winter, which limit the absolute humidity and saturation mixing ratio, and also the relatively infrequent advection of moisture by cyclonic activity. Over the Queen Elisabeth Islands in summer, the low rainfall is determined by the few occasions when the lower troposphere is near saturation (Jackson, 1961) which in turn depends on the occurrence of active frontal cyclones and associated vertical motion. A stable snow cover is established by 10-15 September, on average, in the Franz Josef Archipelago and Severnaya Zemlya, 20-30 September in the Kara Sea, Taimyr peninsula, Laptev and East Siberian seas (Dolgin, 1959).

In the Central Arctic, about 20 cm of snow accumulates in the autumn, followed by a slower increase to 30 cm by February and 40 cm by early May (Loshchilov, 1964). On relatively level ice surfaces in the Kara Sea there is a snowpack of 30-35 cm by April-May, but amounts diminish eastward to 14-22 cm in the Laptev-east Siberian seas (Buzuev *et al.*, 1979). According to these authors, depths vary considerably on a local scale in relation to the degree of hummocking and ridging, and also to the age of the ice floes, although Hanson (1980) reported similar mean depths on 3-month old and 7-month old floes, as a result of wind drifting. Mean wind speeds in January are about 6 ms^{-1} (Burova, 1981a). Speeds are higher in areas where cyclones are more frequent and the surface inversion is accordingly less intense and persistent. Thus, in the Barents Sea, there is a 40 percent frequency of winds over 11 ms^{-1} in December-February, compared with about 10 percent over the pole (Hastings, 1961). Newly-fallen snow begins to drift with winds of 2-3 ms^{-1}, and above 5-8 ms^{-1} snow is lifted off the ground.

Precipitation in July-August generally falls as rain. At stations along the Arctic coasts rainfall represents up to 40-50 percent of measured annual totals, but over the Arctic Ocean a figure of 20-25 percent seems more likely. Gauge measurements are known to underestimate winter snowfall by at least 60 percent and summer precipitation is also underestimated about 10 percent as a result of the frequent occurrence of 'trace' readings, which are recorded as a zero value (Dingmen *et al.*, 1980). When winter and summer measurements are adjusted accordingly, snowfall accounts for about 65 percent of annual precipitation in coastal Alaska.

For the central Arctic Ocean, the adjusted annual precipitation is about 20 cm and the evaporation 7 cm (Bryazgin, 1976; Khrol, 1976). The corresponding figures for the entire Arctic Ocean are 36 cm and 22 cm, respectively (Burova, 1981a). Figure 5 shows the driest area to be west of the Canadian Arctic Archipelago.

RECENT VARIABILITY ARCTIC CLIMATE

The observational record in high northern latitudes is very limited although in some locations around the North Atlantic there are long term proxy records of sea ice and atmospheric parameters from ice cores. The instrumental data from the land areas show a significant warming in high northern latitudes between the 1890s and *ca.* 1940, of the order of 2°C for annual temperatures, three times the hemisphere mean values (Kelly *et al.*, 1982) (Figure 6). Temperatures declined after 1940, up to the 1960s with some subsequent recovery. The 1880s to 1930s-40s warming was greatest (~ 2.5°C) in winter and only 1.3°C in summer. Kelly *et al.* note that the major trends affected the whole Arctic, but were strongest in northwest Greenland and the Kara-Barents Sea whereas short-period fluctuations were most pronounced near major sectors of sea-ice growth/decay in the western North American Arctic, the Siberian Arctic and the Barents Sea.

Correlation analysis of the August ice area (Zakharov, 1981) with summer temperatures for 65°-85°N (Kelly and Jones, 1981), where both series were smoothed by a 5-year binomially-weighted moving average, shows an r-value of −0.81 for 1951-80, but the correlation for the full record, 1924-80, is only −0.13 (Barry, 1983). It is not clear whether this breakdown of the close inverse association evident over the last 30 years is solely a result of data inadequacies pre-1935 or is a manifestation of some independent underlying factor such as oceanic changes. The range in minimum summer ice extent is about 10^6 km^2 (~ 15 percent of the mean value), corresponding ap-

Fig. 5. — Mean annual precipitation (mm) over the Arctic Ocean (after Bryazgin, 1976). The minimum over the Canadian Archipelago is probably too low by 50-100 percent due to observational bias in gauge measurements of snowfall.

proximately to a 1°C change in summer temperature, although temperatures and ice extent in individual years show little correlation. The strongest tendency for ice anomalies to respond to atmospheric forcing, with lags of up to several months, is apparent between late February and late July (Walsh and Johnson, 1979). Anomalies of ice extent in spring appear to be primarily regional in extent and driven by anomalies in atmospheric circulation. Soviet workers, for example, have long recognized a tendency for antiphase relationships between ice in the Barents-Kara seas and the Chukchi-East Siberian seas (Barry, 1983).

Long-term records for the East Greenland ice off Iceland, originally analyzed by Koch (1945), have been re-examined by Ogilvie (1984). She reconstructs the sea-ice record, selecting the most reliable historical data from Iceland, and compares decadal ice indices with a winter/spring thermal index of cold/mild seasons. There was a mild period between 1640 and 1670, and severe conditions in the 1630s and 1730s (which were also cold). Also, from 1701-10 there was heavy ice, although the climate seems to have been mild. Consequently, severe temperature conditions do not necessarily appear to indicate the occurrence of extensive ice. As confirmation of this, Kelly *et al.* (1986) show by an analysis of the severe and light ice years versus winter mean sea level pressure values for 1900-1972, that the Icelandic ice index is a reasonable

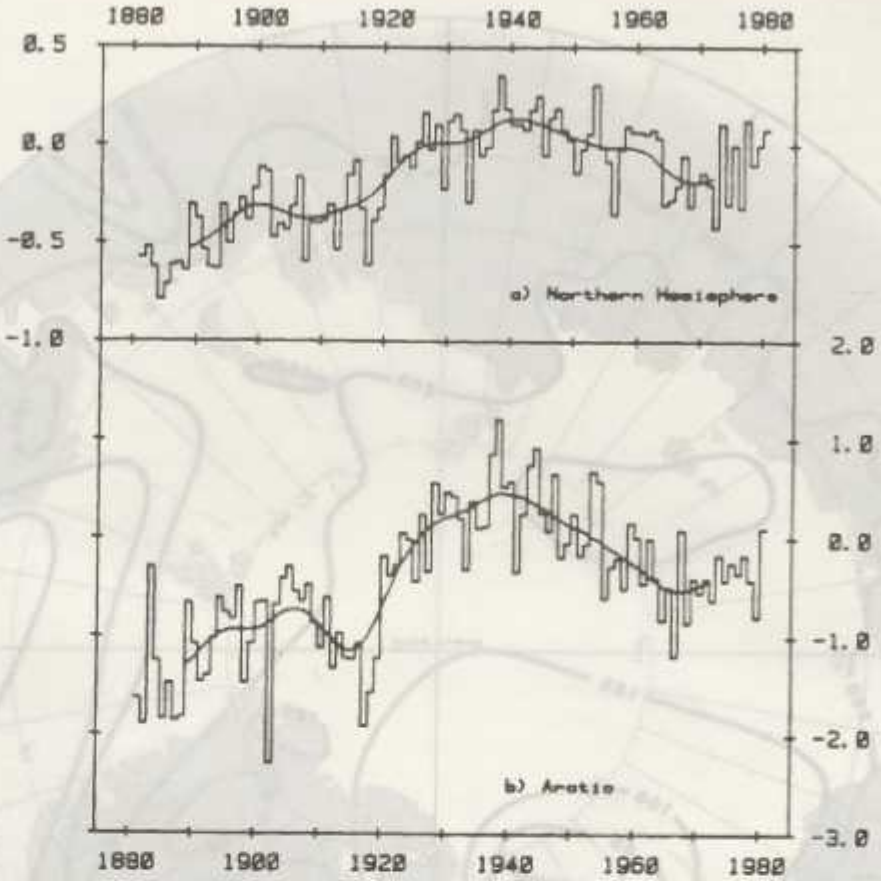


Fig. 6. — Annual temperatures (°C) as departures from the 1946-60 averages for (a) the northern hemisphere and (b) the Arctic, 65°-85°N (from Kelly *et al.*, 1982).

indicator of winds and ocean transport north of Iceland but not of large-scale processes.

CONCLUDING REMARKS

Knowledge of the climatic conditions over the Arctic Ocean is still insufficient to define the overall surface energy and ice mass budget regimes with necessary precision. Cloud conditions are poorly known due to the inadequacy of present remote sensing techniques for discriminating clouds over snow or ice, and data on sea ice thickness distribution are meagre. Recently, progress has been made in determining the timing and spatial distribution of snow melt. This may become an important parameter to monitor in future, in light of the postulated effects of anthropogenic-induced warming in high latitudes. This includes not only the widely recognized CO_2-induced effects on climate (MacCracken and Luther, 1985) and the cryosphere (Barry, 1985), but also the increasing levels of aerosols over the Arctic Basin, particularly in spring due to industrial activity in middle latitudes (Barrie, 1986). Apart from the direct heating effect on the atmosphere resulting from radiative absorption, there is the further contribution to snow melt due to the reduction of surface albedo by soot deposition (Clarke and Noone, 1985).

The possible consequences of these perturbations on Arctic climate and especially the long-term stability of the present sea ice cover are poorly defined. There is a large margin of uncertainty in existing model experiments which will only be resolved with a higher order of coupled ice-ocean-atmosphere models and improved input and validation data. In view of the possible consequences of a more open Arctic Ocean on hemispheric climate, there is an urgency to finding solutions to the unanswered questions outlined in this overview.

Acknowledgments

This work was supported in part by National Science Foundation grant DPP 8520883 and the Office of Naval Research under University Research Initiative grant N00014-86-K-0695. Thanks are due to Margaret Strauch for word processing support and T. Wiselogel, Department of Geography for drafting.

REFERENCES CITED

BARRIE (L.A.), 1986. — Arctic air pollution : An overview of current knowledge. *Atmos. Environ.*, V. 20, p. 643-663.

BARRY (R.G.), 1983. — Arctic Ocean ice and climate : Perspectives on a century of polar research. *Annals Assoc. Amer. Geogr.*, V. 73, p. 485-501.

BARRY (R.G.), 1985. — The cryosphere and climate change. *In* : M.C. MacCracken and F.M. Luther, eds., *Detecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide*. DOE/ER-0235, U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., p. 109-148.

BARRY (R.G.) and HARE (F.K.), 1974. — Arctic climate. *In* : Ives, J.D. and Barry, R.G., eds., *Arctic and Alpine Environments*. Methuen, London. p. 17-54.

BARRY (R.G.), CRANE (R.G.), SCHWEIGER (A.) and NEWELL (J.), 1987. — Arctic cloudiness in spring from satellite imagery. *J. Climatol.*, V. 7, p. 423-451.

BILELLO (M.A.), 1966. — Survey of Arctic and subarctic temperature inversions. *U.S. Army. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Technical Report* 161, Hanover, N.H.

BRYAZGIN (N.N.), 1976. — Srednegodovoe kolichestvo osadkov v Arktike s uchetom pogreshnostev osadkomerov. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauch.-Issled. Inst.* No. 323, p. 40-74.

BUROVA (L.P.), 1981A. — Vodnye resursy atmosfery nad Arkticheskim basseinom. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauch.-Issled. Inst.*, No. 370, p. 91-110.

BUROVA (L.P.), 1981B. — Vlagosoderzhanie inversionnyx sloev atmosfery v Arktike. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauch.-Issled. Inst.*. No. 370, p. 111-130.

BUZUEV (A. Ya.), ROMANOV (I.P.) and FEDYAKOV (V.E.), 1979. — Variability of snow distribution on Arctic Ocean ice. *Soviet Met. and Hydrol.*, V. 9, p. 957-964.

CARSEY (F.J.), 1982. — Arctic sea ice distribution at end of summer 1973-1976 from satellite microwave data. *J. Geophys. Res.*, V. 87, p. 5809-5835.

CARSEY (F.J), 1985. — Summer arctic sea ice character from satellite microwave data. *J. Geophys. Res.*, V.90(C3), p. 5015-5034.

CHUKANIN (K.I.), 1954. — Aerometeorology, Volume III, Section 8, 217 p. *In* : Somov, M.M., ed., *Observational Data of the Scientific-Research Drifting Station of 1950-1951*. Vols. I-III. (Izdat. Morskoi Transport, Leningrad), American Meteorological Society translation by E.R. Hope (NTIS Document AD-117 139).

CLARKE (A.D.) and NOONE (S.), 1985. — Measurements of soot aerosols in Arctic snow. *Atmos. Environ.*, V.19, p. 2045-2054.

COLONY R. and THORNDIKE (A.S.), 1984. — An estimate of the mean field of Arctic ice motion. *J. Geophys. Res.*, V.89(C6), p. 10, 623-10, 629.

CRANE (R.G), BARRY (R.G.), 1984. — The influence of clouds on climate with a focus on high latitude interactions. *J. Climatol.*, V.4, p. 71-93.

CRANE (R.G.), BARRY (R.G.), and ZWALLY (H.J.), 1982. — Analysis of atmosphere-sea ice interaction in the Arctic basin using ESMR microwave data. *Internat. J. Remote Sensing*, V.3, p. 259-276.

DINGMAN (S.L.), BARRY (R.G.), WELLER (G.), BENSON (C.), LEDREW (E.F.) and GOODWIN (C.W.), 1980. — Climate, snow cover, microclimate and hydrology. *In* : Brown, J., Miller, P.C., Tieszen, L.L. and Bunnell, F.L. (eds.) *An Arctic Ecosystem : The Coastal Tundra at Barrow. Alaska*. Dowden, Huchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, p. 30-65.

DOLGIN (I.M.) (editor), 1959. — Rezultaty nablyudeniy nad snezhnym pokrovom na polyarnykh stantsiyakh 1936/37-1953/54 gg. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauch.-Issled. Inst.*, No. 227, p. 1-167.

DORONIN (Yu.P.), 1970. — *Thermal Interaction of the Atmosphere and the Hydrosphere in the Arctic*. Israel program for Scientific Translations, Jerusalem, 244 p.

GAIGEROV (S.G.), 1967. — *Aerology of the Polar Regions*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem (Gidrometeoizdat, Moscow, 1964), 280 p.

GORSHKO (S.G.), (editor-in-chief), 1983. — *World Ocean Atlas. Vol.3. Arctic Ocean*. Pergamon Press, Oxford, 184 plates (Department of Navigation and Oceanography, Ministry of Defence, USSR, 1980).

HANSON (A.M.), 1980. — The snow cover of Arctic sea ice during the Arctic Ice Dynamics Joint Experiment, 1975 to 1976. *Arct. Alp. Res.*, V. 12, p. 215-226.

HERMAN (G.F.), 1980. — Thermal radiation in Arctic stratus clouds. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, V.106, p. 771-780.

HUSCHKE (R.E.), 1969. — Arctic cloud statistics from 'air-calibrated' surface weather observations. RAND Corporation Memorandum RM-6173, Santa Monica, CA, 79 p.

JACKSON (C.I.), 1961. — Summer precipitation in the Queen Elizabeth Islands. *Folia Geogra. Danica*, V. 9, p. 140-153.

KEEGAN (T.J.), 1958. — Arctic synoptic activity in winter. *J. Met.*, V. 15, p. 513-521.

KELLY (P.M.) and JONES (P.D.), 1981. — Summer temperatures in the Arctic, 1881-1981. *Climate Monitor* (Univ. of East Anglia, Climatic Research Unit), V.10, p. 66-67.

KELLY (P.M.), JONES (P.D.), SEAR (C.B.), CHERRY (B.S.G.) and TAVAKOL (R.K.), 1982. — Variations in surface air temperatures : Part 2, Arctic regions, 1881-1980. *Mon. Wea. Rev.*, V. 110, p. 71-83.

KELLY (P.M.), GOODESS (C.M.) and CHERRY (B.S.G.), 1986. — The Icelandic sea ice record. *Climate Monitor*, V.15, p. 11-17.

KHROL (V.P.), 1976. — Isparenie s poverkhnosti Severnogo Ledovitogo okeana. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauch-Issled. Inst.*, No. 323, p. 148-155.

KNOX (J.L.) and HAY (J.E.), 1985. — Blocking signatures in the Northern Hemisphere: Frequency distribution and interpretation. *J. Climatol.*, V.5, p. 1-16.

KOCH (L.), 1945. — The East Greenland ice. *Meddelelser om Gronland*, V. 130(3), p. 1-374.

KOERNER (R.M.), 1973. — The mass balance of the sea ice of the Arctic Ocean. *J. Glaciol.*, V. 12 (65), p. 173-185.

LEDREW (E.F.), 1983. — The dynamic climatology of the Beaufort to Laptev sector of the Polar Basin for the summer of 1975 and 1976. *J. Climatol.*, V.3, p. 335-359.

LEDREW (E.F.), 1984. — The role of local heat sources in synoptic activity within the Polar Basin. *Atmosphere-Ocean*, V. 22, p. 309-327.

LEDREW (E.F.), 1985. — The dynamic climatology of the Beaufort to Laptev sector of the Polar Basin for the winters of 1975 and 1976. *J. Climatol.*, V. 5, p. 253-272.

LOSHCHILOV (V.S.), 1964. — Snezhnyi pokrov na l'dakh tsentral'noi Arktiki. *Problemy Arktiki i Antarktiki*, V.17, p. 36-45.

MACCRACKEN (M.C) and LUTHER (F.M.), 1985. — *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide*, DOE/ER-0237. U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., 381 p.

MARKHAM (W.E.), 1981. — *Ice Atlas. Canadian Arctic Waterways*. Atmospheric Environment Service, Environment Canada, 198 p.

MAYKUT (G.A.), 1978. — Energy exchange over young sea ice in the central Arctic. *J. Geophys. Res.*, V. 83, p. 3466-3458.

MAYKUT (G.A.), 1982. — Large-scale heat exchange and ice production in the central Arctic. *J. Geophys. Res.*, V. 87, p. 7971-7984.

MAYKUT (G.A.), 1986. — Surface heat and mass balance. *In* : N. Untersteiner, ed. *The Geophysics of Sea Ice*. Plenum Press, New York, p. 395-463.

MCLAREN (A.S.), 1986. — The under-ice topography of the Arctic Basin as recorded in 1958 and 1970 : A comparison. *EOS*, V. 67 (44), p. 1015.

NAZINTSEV (Yu.L.), 1964. — Teplovoi balans poverkhnosti mnogoletnego ledianogo pokrova v tsentral'noi Arktike. *Trudy Arkt. Antarkt. Nauchno-Issled. Inst.* No. 267, p. 110-126.

O'CONNOR (J.F.), 1961. — Mean circulation patterns based on 12 years of recent northern hemispheric data. *Mon. Wea. Rev.* 89, p. 211-228.

OHMURA (A.), 1984. — On the cause of 'Fram' type seasonal change in diurnal amplitude of air temperature in polar regions. *J. Climatol.*, V. 4, p. 325-338.

OGILVIE (A.E.J.), 1984. — The past climate and sea-ice record from Iceland. Part I: Data to A.D. 1780. *Climatic Change*, V. 6, p. 131-152.

REED (R.J.), 1962. — *Arctic Forecast Guide*. U.S. Navy Weather Research Facility, NWRF-16-0462-048, Norfolk, Virginia.

REED (R.J.) and KUNKEL (B.A.), 1960. — The arctic circulation in summer. *J. Met.*, V.17, p. 489-506.

ROBINSON (D.A.), KUKLA (G.J.) and SERREZE (M.C.), 1986A. — Arctic summer cloudiness. *Proc. Sixth Conf. on Atmospheric Radiation*. Amer. Met. Soc., Boston, p. 176-179.

ROBINSON (D.A.), SCHARFEN (G.), SERREZE (M.C.), KUKLA (G.) and BARRY (R.G.), 1986B. — Snow melt and surface albedo in the Arctic Basin. *Geophys. Res. Lett.*, V. 13 (9), p. 945-948.

SCOR, Working Group 58, 1979. — *The Arctic Ocean Heat Budget*. Univ. of Bergen, Geophys. Inst., Rep. No. 52, p. 98.

VOWINCKEL (E.) and ORVIG (S.), 1967. — The inversion over the Polar Ocean. World Meteorological Organization, Geneva, Technical Note 87, p. 39-59.

VOWINCKEL (E.) and ORVIG (S.), 1970. — The climate of the North Polar basin. *In* : Orvig. S., ed., *Climates of the Polar Regions. World Survey of Climatology, Vol. 14*, Landsberg, H.E., Editor-in-Chief. Elsevier, Amsterdam, p. 129-252.

WADHAMS (P.), 1983. — Sea ice thickness distribution in Fram Strait. *Nature*. V.305, p. 108-111.

WHITTAKER (L.M.) and HORN (L.H.), 1984. — Northern Hemisphere extratropical cyclone activity for four mid-season months. *J. Climatol.*, V. 4, p. 297-310.

YANES (A.V.), 1966. — Melting of snow and ice in the central Arctic. *In* : N.A. Ostenso, ed. *Problems of the Arctic and Antarctic*. No. 11. Arctic Institute of North America, p. 1-13.

ZAKHAROV (V.F.), 1981. — *L'ydy Arktiki i Sovremennie Prirodnye Protsessy*. Gidrometeoizdat. Leningrad.

L'EXPÉDITION « LAC BLEU » AU GROENLAND SUR LES MICROMÉTÉORITES ET SES PROLONGEMENTS EN ANTARCTIQUE

par Michel MAURETTE

Laboratoire René Bernas, Faculté d'Orsay

et Claus HAMMER

Institut de Géophysique, Université de Copenhague

RÉSUMÉ. — On donne les principales motivations qui poussent les chercheurs à recueillir des grains de poussière cosmique dans les sédiments terrestres. Puis on montre que les sédiments noirs prélevés en Juillet 1984, sur le fond d'un lac « bleu » formé sur la zone d'ablation ouest de la calotte glaciaire groenlandaise, constituent la mine de matière extra-terrestre la plus riche et la mieux préservée connue à ce jour. Finalement on présente un projet d'expédition sur une zone de glace bleue ancienne en Antarctique, qui devrait permettre de mieux comprendre les limitations inévitables de nouvelle collection très prometteuse de poussière cosmique groenlandaise.

Mots-clés : Micrométéorites — Poussière cosmique — Ablation — Système solaire — Sédiments — Glaciologie.

ABSTRACT. — **The "Blue Lake" expedition in Greenland and its extension in Antarctica.** *We discuss the motivations underlaying the search for cosmic dust grains in terrestrial sediments. We show that the patches of dark sediments collected in July 1984 on the bottom of a "blue" lake on the melt zone of the west Greenland ice cap, constitute the richest and best preserved mine of cosmic dust grains found on the Earth yet. We finally outline a project of expedition on an old blue ice field in Antarctica, that is mostly intended to check the limitations of the very promising new collection of Greenland cosmic dust.*

Key-words : *Micrometeorites — Cosmic dust — Ablation — Solar system — Sediments — Glaciology — Bacterial mining.*

UNE COURSE AUX « GROSSES » POUSSIÈRES COSMIQUES

Les scientifiques se sont intéressés depuis près d'une centaine d'années à la poussière cosmique capturée par la Terre lors de son voyage annuel autour du soleil. Paul Hodges a magnifiquement résumé dans un livre [1] cette étonnante course à la poussière cosmique où certains scientifiques se sont égarés en collectant dans différents sédiments terrestres de la poussière « cosmique », qui n'était en fait qu'une poussière terrestre présentant l'anomalie de montrer à la fois une forme de sphérule et un caractère magnétique.

Le taux d'accrétion de matière extra-terrestre par la Terre au cours de son voyage annuel autour du Soleil est voisin de 10 000 tonnes par an pour toute la surface de la Terre. Il s'agit là d'une estimation sûre, qui a été obtenue en recoupant des mesures très différentes, telles que celles concernant la contamination du sol lunaire en matière « extra lunaire », et les données recueillies automatiquement par les détecteurs de micrométéorites embarqués à bord de satellites depuis une quinzaine d'années. Cette matière extra-terrestre est regroupée dans deux familles distinctes comprenant les météorites et des objets de beaucoup plus petites tailles (quelques mm au plus), qui constituent le flux de micrométéorites.

La poussière cosmique déposée dans des sédiments terrestres favorables, comme les glaces *polaires* et les sédiments marins de grande profondeur, représente a priori les résidus plus ou moins brûlés de ces deux familles de « corps parents », lorsqu'ils sont capturés par la Terre en subissant un freinage brutal dans l'atmosphère. Ce freinage augmente brusquement leur température au-dessus des températures de fusion et produit leur « ablation » plus ou moins superficielle, qui conduit à la formation des poussières cosmiques retombant dans les sédiments terrestres, et au phénomène d'étoiles filantes pour les plus grosses d'entre elles.

Les estimations effectuées au moyen de détecteurs automatiques embarqués à bord de satellites montrent de plus que la masse totale des micrométéorites au niveau de la Terre est environ 1 000 fois plus élevée que celle des météorites beaucoup plus grosses (cette estimation est uniquement valable en dehors de périodes cataclysmiques très rares, où une météorite géante bombarde la Terre). On peut donc s'attendre a priori à ce que la poussière cosmique recueillie sur Terre soit dominée par le flux de micrométéorites. Il est étonnant de constater que cette conclusion déduite de cet argument très simple n'a été admise que très récemment par la majorité des planétologues, qui s'abritaient derrière des modèles théoriques d'ablation de micrométéorites.

Ces modèles, cités encore très récemment dans la littérature, indiquaient que les micrométéorites dont les dimensions étaient supérieures à 0,1 mm devaient être « entièrement » détruites lors de leur ablation. Par conséquent, la poussière cosmique accrétée par la Terre repré-

senterait essentiellement les produits d'ablation des météorites, bien moins intéressants à étudier que les météorites elles-mêmes, dont environ 10 000 fragments sont rassemblés dans les collections terrestres. Cependant ces modèles sont trop simplifiés. Ils ne tiennent pas compte de données récentes montrant en particulier que les micrométéorites sont des objets de faible densité, probablement constituées *d'aggrégats poreux* bourrés de matière organique volatile. Il semble que le dégazage de tels aggrégats lors de leur capture par la Terre, induit probablement les microexplosions qui ont été observées récemment le long des trajectoires d'étoiles filantes, sur des photographies prises au moyen de caméras disposant de vitesses d'obturation très élevées. Ces explosions induiraient alors une fragmentation « en vol » plus ou moins partielle, qui pourrait survenir avant la fusion complète des micrométéorites.

Depuis quelques années un heureux concours de circonstances nous a encouragés à rechercher les plus gros grains de poussière cosmique dans des glaces polaires de grande pureté. On sait tout d'abord bien mieux prévoir les difficultés associées à la contamination terrestre, qui dilue considérablement la poussière cosmique piégée dans les sédiments. De plus, depuis le travail de nos collègues Raisbeck et Yiou du laboratoire René Bernas (voir section « Les éléments en trace ») on dispose maintenant de critères très sûrs, qui permettent à la fois de démontrer l'origine extra-terrestre d'un gros grain de poussière (taille supérieure à 0,4 mm), et de préciser si son « corps parent » avait des dimensions compatibles avec celles des micrométéorites (inférieures à 1 cm), ou celles des météorites beaucoup plus grosses. Comme nous le verrons plus en détail dans la section suivante, cette différence de taille des corps parents a de profondes implications sur l'intérêt de leur étude, car on considère que les grosses micrométéorites, *qui seules laissent des trajectoires visibles dans l'atmosphère terrestre (phénomène d'étoile filante) permettant de préciser leur origine*, seraient essentiellement des débris de comètes plus primitifs que la matière constitutive des météorites. Ensuite le récent retour de la comète de Halley après un voyage de 76 ans aux confins du système solaire, et qui a donné lieu à plusieurs missions spatiales, a réveillé l'intérêt des scientifiques, en les décidant à consacrer des efforts prioritaires à l'étude des noyaux cométaires, et de leurs relations avec la matière constitutive des micrométéorites et des météorites.

Nous avons déjà résumé dans un autre article de vulgarisation [2] les efforts que de nombreux scientifiques avaient effectués depuis une centaine d'années pour recueillir la poussière cosmique accrétée par la Terre. Nous y rappelions que ces efforts ont été dominés depuis 1970 par le travail de pionnier de notre collègue D.E. Brownlee du Département d'Astronomie de l'Université de Washington à Seattle [3, 4]. Brownlee a collecté à la fois des petites particules extra-terrestres dans la stratosphère avec des moyens aéroportés, et de plus grosses sphérules cosmiques par draguage magnétique de sédiments marins de grande profondeur, au large du Pacifique. Dans cet article nous nous contenterons donc de décrire notre propre tentative, en développant tout d'abord les raisons spécifiques qui nous ont amenés à organiser l'expédition groenlandaise. Puis nous résumerons les principaux résultats obtenus à ce jour sur l'étude du gisement de poussière cosmique extrêmement riche que nous avons découvert sur le fond d'un lac bleu de la calotte glaciaire groenlandaise. Enfin, après avoir brièvement présenté certains avantages uniques des glaces polaires considérées comme un gigantesque collecteur naturel de poussière cosmique, nous décrirons un nouveau projet de collecte de cette poussière, que nous espérons réaliser au cours des deux prochaines années en Antarctique, et dont l'un des objectifs principaux est de préciser les limitations inévitables de notre collecte groenlandaise.

DES GLACES COMÉTAIRES AUX GLACES POLAIRES

Le succès très récent des missions spatiales Giotto et Véga vers la comète Halley [5] a permis de confirmer définitivement le modèle de noyau cométaire proposé par Whipple [6] et selon lequel ce noyau serait constitué pour l'essentiel par un agglomérat de glaces solides (H_2O, CO), dans lesquelles se trouvent piégés des grains de matière non volatile. Une évaluation très préliminaire du rapport relatif de la masse des poussières à celle de ces glaces donne une valeur de 20 %. De plus l'émission gazeuse observée au voisinage immédiat du noyau est compatible avec l'existence de glace de H_2O et de CO. Les seules différences notables par rapport au modèle de noyau cométaire de Whipple, sont la plus faible proportion des grains de poussière, qui était voisine de 50 % dans le modèle de Whipple, et l'abondance étonnante de matière organique, qui est plus élevée que celle trouvée dans les météorites « carbonées » considérées comme les météorites les plus primitives.

Dans ce modèle qui semble ainsi confirmé, les noyaux cométaires seraient les « fossiles » les plus primitifs du système solaire, puisqu'ils représentent un échantillonage des poussières et des gaz présents dans la nébuleuse solaire primitive avant la formation des planètes (à l'exception des gaz les plus volatils comme l'hydrogène). Les grains de matière non volatile (que l'on appelle encore grains à « numéro atomique élevé » pour les opposer aux grains de glace et de matière organique constitués d'éléments légers) qui sont piégés dans le noyau cométaire seraient donc les « briques » les plus primitives à partir desquelles les planètes se seraient formées par l'accrétion de « planétésimals », qui sont probablement des « cométésimals », c'est-à-dire les noyaux de comètes eux mêmes. Dans le modèle de noyau cométaire (accrétion « froide ») qui semble prédominer actuellement, ces grains de poussière représenteraient un mélange de grains d'origines variées, initialement présents dans le nuage interstellaire dont la fragmentation a donné naissance au système solaire et dont les compositions ne seraient pas homogènes. Dans l'autre modèle concurrent d'accrétion « chaude », qui semble en perte de vitesse actuellement, ces grains interstellaires n'auraient pas survécus, puisqu'ils auraient été tout d'abord volatilisés au cours de l'évolution thermique de la nébuleuse solaire résultant de la formation du soleil; le gaz ainsi formé aurait alors redonné par condensation une nouvelle génération de grains plus récents et de composition beaucoup plus homogène. On voit ainsi apparaitre l'intérêt de rechercher ces grains primitifs, puisque leurs caractéristiques dépendraient fortement des modèles de formation du système solaire.

C'est l'intuition, qui a été confirmée récemment par le travail de Raisbeck et Yiou (voir section « les éléments en trace »), que les corps parents de la majorité des « grosses » poussières cosmiques accrétées par la Terre sont des micrométéorites, qui elles mêmes représentent des débris relachés par les noyaux cométaires lors de leur passage au

voisinage du soleil, qui a motivé en 1983 notre idée d'expédition au Groenland. Ces poussières contiendraient donc les grains primitifs que tous les planétologues recherchent avec passion. En fait l'hypothèse que le flux de micrométéorites est dominé par les débris cométaires ne peut être vérifiée que pour les plus « grosses » d'entre elles, dont les dimensions sont supérieures à quelques dixièmes de mm, et dont on ne peut collecter les débris que dans les sédiments terrestres, car elles sont beaucoup trop rares pour être recueillies au moyen des dispositifs spatiaux actuels, dont les surfaces de collection sont trop faibles (voir section « Le gigantisme du collecteur naturel glace polaire »).

En effet, seules ces grosses micrométéorites laissent des trajectoires étudiables dans l'atmosphère terrestre, qui résultent d'une émission de gaz plus ou moins ionisé pendant leur ablation. Cette émission « décore » leurs trajectoires, qui peuvent alors être observées soit dans le domaine visible (phénomène d'étoiles filantes observé pour les micrométéorites dont les dimensions sont supérieures à 1 mm) soit au moyen d'échos radar, particulièrement bien adaptés pour l'étude des trajectoires de plus petites micrométéorites, jusqu'à des tailles voisines de 0,1 mm. Elles constituent en fait des « éléments d'orbite », à partir desquels les scientifiques savent reconstituer l'orbite entière et *donc l'origine* de ces « grosses » particules, dans les cas peu fréquents où ces orbites sont déterminées avec une très bonne précision.

C'est ainsi que Whipple (le père du modèle de glace sale cométaire) a sélectionné parmi les nombreuses trajectoires d'étoiles filantes qui avaient été photographiées, celles (environ 400) qui étaient connues avec la plus grande précision. Il a pu ainsi montrer que 90 % d'entre elles avaient des orbites cométaires [7] qui sont beaucoup moins circulaires et plus excentriques que celles des météorites.

Un autre avantage très important de ces gros grains est qu'ils contiennent suffisamment de matière pour pouvoir être analysés au laboratoire par des techniques de spectrométrie de masse très puissantes. Seules de telles analyses nous donnent l'espoir de progresser nettement dans notre compréhension de l'origine du système solaire, *par rapport aux conclusions déjà déduites de très nombreuses études de météorites*. Nous rappelons que ces méthodes de spectrométrie de masse, parmi lesquelles on peut citer celles développées par nos collègues Raisbeck et Yiou (laboratoire René Bernas), et C. Birk et G. Manhès (laboratoire de cosmochimie isotopique de l'Institut de Physique du Globe de Paris) donnent les concentrations d'isotopes du bore et de l'aluminium, qui permettent de déduire que les corps parents des poussières sont bien des micrométéorites, ainsi que des rapports isotopiques tels que ceux de l'oxygène, du magnésium, du titane et des gaz rares, dont les valeurs sont très dépendantes des scénarios proposés pour l'origine du système solaire. Elles permettent également, à partir d'autres rapports isotopiques, de déterminer divers âges « modèles », à partir desquels on peut retracer l'évolution primitive des grains depuis leur origine. C'est pour cette raison que l'on prévoit dès à présent une mission spatiale de rendez-vous cométaire au XXIe siècle, destinée à ramener sur Terre un petit échantillon de noyau cométaire, que l'on préserverait par congélation jusqu'au moment de l'analyse, de manière à éviter la perte des glaces volatiles.

Les analyses effectuées au moyen d'instruments embarqués à bord de satellites sont importantes. Cependant, elles ne peuvent concurrencer les analyses de laboratoire. D'une part l'instrumentation embarquée est loin d'être aussi performante que les méthodes de spectrométrie de masse les plus récentes développées pour le laboratoire. D'autre part, par suite de leurs faibles surfaces de collection, ces instruments ne peuvent recueillir que les plus petites particules du flux de micrométéorites qui sont les plus abondantes (voir la section « Le gigantisme du collecteur naturel glace polaire »), mais dont les masses sont alors très inférieures aux seuils de sensibilité des méthodes de laboratoire.

DES FOURS SOLAIRES POUR SIMULER L'ABLATION

On pourrait objecter que ces micrométéorites ont été « brûlées » par ablation dans l'atmosphère terrestre en perdant ainsi ce caractère primitif qui en représente l'intérêt essentiel. Mais nous avons découvert une composante mineure de grains non brûlés, qui représente quelques pour cents des poussières cosmiques groenlandaises. En effet, ces grains possèdent des formes irrégulières très différentes de celles des particules les plus nombreuses qui ont des formes de sphérule fondu. De plus ils contiennent de fortes concentrations d'élements volatils comme le souffre et le phosphore, qu'on n'observe plus dans les sphérules. Ces deux observations indiquent donc que cette composante a été très peu transformée par ablation. D'après nous ceci résulterait à la fois des trajectoires d'entrée très rasantes de leurs corps parents dans l'atmosphère, et de leur structure d'aggrégats poreux qui se fragmentent en vol. Leurs grains minéraux constitutifs sont sans doute les grains reliques que nous recherchons, qui ont été les témoins de l'origine du système solaire.

De plus, *même pour les sphérules fondus*, la modification des corps parents résulte d'un seul processus (l'ablation), dont on connait la localisation, et qu'on a réussi à très bien modéliser quand on connait les matériaux de départ. Cette modélisation permet par exemple de faire rentrer dans l'atmosphère sans les détruire, des ogives de fusée et .... la navette spatiale. Mais beaucoup de progrès restent à faire dans la modélisation de l'ablation des micrométéorites, très probablement constituées pour l'essentiel par des aggrégats poreux, qui se fragmentent en vol, et dont on ne connait pas les caractéristiques qui interviennent dans les équations théoriques décrivant le processus d'ablation.

C'est pour cette raison que nous avons décidé, grâce à une collaboration avec nos collègues Flamant et Olalde, de recourir à des expériences de simulation avec les fours solaires d'Odeillo. Ces fours délivrent en effet des impulsions thermiques très brèves (durées voisines de une seconde) et très intenses, qui simulent l'ablation que les micrométéorites subissent lors de leur entrée dans l'atmosphère. Les cibles déjà choisies comprennent différentes familles de météorites, ainsi que des échantillons de glace sale, riche en poussière et en matière organique. Grâce à ces simulations, il sera possible d'identifier les caractéristiques importantes des micrométéorites qui ne sont pas modidiées au cours de leur ablation, et que l'on peut donc mesurer directement même dans les.... sphérules fondus, ce qui apparaissait très difficile au premier abord. Par contre, dans le cas des météorites qui se sont probablement formées à partir de la même matière primitive, on ne connait ni l'endroit ni la chaine de processus qui ont régi cette transformation de la matière primitive. On ne peut donc rien simuler de manière valable.

POUR UNE COLLECTE « MÉCANIQUE » DE POUSSIÈRE COSMIQUE

Il existe d'autres collections de « grosses » poussières cosmiques recueillies sur Terre, dont l'origine extra-terrestre ne fait plus de doute, telles que les particules extraites des sédiments marins de grande profondeur au moyen *d'un draguage magnétique* par D.E. Brownlee [4, 5]. Une raison essentielle motivant l'expédition groenlandaise concerne quelques limitations de ces collectes antérieures.

Par exemple en 1983 Brownlee nous avait très généreusement permis d'examiner sa collection « marine », qui compte à ce jour près de 100 000 particules de plus de 0,1 mm, et où on dénombre plusieurs centaines de particules de dimensions supérieures à 0,4 mm. Ces particules marines d'origine extra-terrestre comportent deux classes principales de sphérules fondus : des sphérules pierreux présentant une composition chimique d'éléments non volatils très particulière, dite « chondritique », et que l'on retrouve à la fois pour certaines météorites carbonées ainsi que pour l'atmosphère du soleil; des sphérules de « fer », constitués en réalité d'un alliage oxydé de fer et de nickel, et qui avaient déjà été observés par Murray et Renart [8] dans les sédiments marins ramenés par l'expédition océanographique du Challenger en 1873. On sait seulement depuis environ deux ans, grâce au travail très difficile qu'ont effectué nos collègues Raisbeck et Yiou du laboratoire René Bernas (voir section « Les études d'éléments en trace »), que la composition chondritique ou la présence du nickel associé au fer, constituent de très bons critères pour sélectionner des particules d'origine extra-terrestre.

Dans la collection marine le rapport entre les particules de « fer » et de « pierre » est très élevé (25 % à 50 %). Mais il pourrait résulter du draguage magnétique des sédiments, qui augmenterait artificiellement la proportion de particules de fer les plus magnétiques. Nous voulions donc nous affranchir d'une collecte magnétique en effectuant une collecte purement mécanique, afin d'essayer de déterminer le « vrai » rapport entre les particules de fer et de pierre du flux de micrométéorites, qui en représente en fait une caractéristique très importante, susceptible de varier en fonction du temps. On pourrait donc utiliser ce rapport comme un traceur de l'activité passée du flux de micrométéorites.

Un autre inconvénient du draguage magnétique concerne les sphérules chondritiques magnétiques. En fait leur caractère magnétique résulte de la fusion de leurs corps parents dans l'atmosphère, au cours de laquelle une partie de leurs atomes constitutifs de fer sont oxydés en donnant une précipitation de très fins cristaux de magnétite dans les sphérules, qui deviennent alors magnétiques. On sélectionne donc préférentiellement par draguage magnétique des particules fortement métamorphosées, qui ont perdu tout caractère primitif. Il semblait donc intéressant d'essayer *d'extraire par des moyens purement mécaniques une composante non-magnétique*, susceptible de contenir des particules beaucoup plus primitives.

Un autre avantage de la collecte de poussière groenlandaise est que l'on pouvait espérer y réduire d'une part la corrosion par les eaux naturelles, qui est très marquée pour les sphérules chondritiques marines exposées à l'eau de mer, et d'autre part le rôle de la contamination terrestre. En fait le matériau constitutif du collecteur principal est de la glace présentant la grande pureté de l'eau distillée, où les particules sont protégées par congélation à basse température environ 10 mois par an, et que l'on élimine sans problème par fusion et filtration. De plus le travail sur le glacier s'effectue dans une atmosphère très propre, comparable à celle produite dans une hotte de laboratoire dite « sans poussière », où l'air est filtré très soigneusement. Ces caractéristiques importantes résultent du régime de vents favorables suivant : il existe tout d'abord un système de vents tourbillonnants locaux, chargés en poussière terrestre, et qui contaminent la zone d'ablation; cependant comme ces vents sont repoussés la plupart du temps par des vents troposphériques très propres qui soufflent de l'intérieur vers la côte, ils ne peuvent « lécher » la calotte glaciaire que sur une profondeur moyenne de 10 km. La zone d'ablation est ainsi « verrouillée » la plupart du temps vis-à-vis des vents chargés en poussière terrestre.

LES MILLIARDS DE TONNES D'EAU DU MÉCANISME « PLACER »

Il nous restait cependant une formidable difficulté à résoudre, reliée à la très faible concentration de poussière cosmique dans la glace groenlandaise, que nos estimations les plus optimistes fixaient à environ 20 particules de tailles supérieures à 0,1 mm, par tonne de glace. En fait avant notre travail des chercheurs avaient déjà décrit quelques sphérules magnétiques extraits des glaces polaires. Ces sphérules avaient probablement une origine extra-terrestre (voir le livre de Hodge). Mais on pensait qu'il ne serait pas possible d'en extraire des quantités suffisantes pour des analyses détaillées, par suite de leur extrême rareté dans la glace.

Il nous fallait donc trouver une idée originale pour fondre sur place d'énormes quantités de glace et y extraire par voie mécanique les rares poussières cosmiques qui pouvaient y être contenues. C'est en examinant des photographies stéréoscopiques de la calotte glaciaire groenlandaise, prises par Bauer [9] dans le cadre de l'année géophysique internationale en 1958, que nous vint l'idée du mécanisme « placer » qui fût à la base du succès de notre expédition. Comme nous le verrons la validité de cette idée fût testée sur la zone d'ablation de la calotte glaciaire groenlandaise, au voisinage de Søndrestrømfjord, sur la côte ouest du Groenland, juste au dessus du cercle arctique, et à environ 20 km du bord de la calotte.

Ce mécanisme opérerait de la manière suivante : dans cette zone d'ablation la glace fond pendant une brève période (environ du 15 Juin au 15 Août) du court été arctique, et alimente un réseau spectaculaire d'innombrables torrents, qui se déversent dans de petits lacs, dont les longueurs peuvent dépasser plusieurs centaines de mètres. Les photos de Bauer révélaient que ces lacs se forment sur le fond d'un relief très peu marqué de vallons et de collines de glace. En fait, ce relief reflète d'une manière très « amortie » celui beaucoup plus marqué du socle rocheux sur lequel le glacier s'écoule, à une profondeur d'environ 800 mètres et à une vitesse voisine de 1 mètre par jour. Par conséquent, les lacs se forment à peu près aux mêmes endroits tous les ans, dans des vallons qui correspondent à ceux du socle rocheux.

Le diamètre des bassins de collections de quelques lacs, choisis sur les photographies de Bauer comme site possible de prélèvement, atteignent des valeurs de 5 km. Comme l'épaisseur de glace fondue tous les ans est d'environ 1 m, ces lacs drainent annuellement une énorme

quantité d'eau de fusion de la glace, *voisine de 100 millions de tonnes*, qui charrie avec elle les rares grains de poussières collectés par la glace. Une fraction inconnue de ces grains pouvaient alors s'accumuler sur le fond des lacs, par un mécanisme de sédimentation de particules plus lourdes que l'eau de type « placer », qui est bien connu.

Mais le fait le plus extraordinaire est que ce processus de surconcentration s'est répété d'année en année, sensiblement aux mêmes endroits (le fond des vallons de glace), sur une période qui correspond à l'âge de la glace qui affleure de nos jours en surface. C'est ainsi que le vallon de glace où nous avons effectué notre prélèvement principal de sédiments, et qui est constitué d'une glace vieille d'environ 2 000 ans, pourrait avoir subi le ruissellement d'une extraordinaire quantité d'eau de fusion, 2 000 fois plus grande, *voisine de 200 milliards de tonnes*. Même si une fraction très faible de la poussière cosmique contenue initialement dans cette montagne de glace (de 10 km de base et de 1 km de hauteur) se trouve concentrée dans les filons de sédiments noirs observés sur le glacier, il s'agit là d'un processus tellement exceptionnel, qu'il sera exploité bien au delà de la fin de ce siècle, *malgré des limitations inévitables* que nous signalons dans la section « Vers une collecte sur une falaise de glace bleue en Antarctique ».

En fait une observation très soigneuse d'agrandissements des photos de Bauer montrait clairement l'existence de dépôts de sédiments noirs très localisés sur le fond de ces lacs, qui semblait donc conforter notre intuition. Nous avons alors fait le pari que ces sédiments pourraient être très enrichis en poussière cosmique, puisqu'ils se trouvaient de surcroît dans une zone qui devait être protégée de la contamination terrestre par suite du système de vents favorables décrit dans le dernier paragraphe de la section précédente. Nous decidâmes d'organiser une expédition pour les recueillir, puis les analyser au laboratoire, en collaboration avec ceux de nos collègues qui avaient cru dès le départ à ce pari un peu fou.

UNE EXPÉDITION « INSU » DE CINQ PERSONNES

Grâce à l'aide de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU), de son action concertée de planétologie, et de ses administrateurs efficaces comme J. Vassan, nous avons pu organiser une expédition franco-danoise de 5 personnes qui comportait outre nous mêmes, H.H. Thomsen et N. Reeh, tous deux du « Greenland Geological Survey », et K. Rasmussen, qui est rattaché comme C. Hammer à l'Institut de Géophysique de l'Université de Copenhague.

Le 9 juillet 1984, nous avons pris l'avion de ligne qui relie directement Copenhague à Søndrestrømfjord. En survolant la zone d'ablation lors de la descente de l'appareil vers l'aéroport, nous aperçumes nos premiers lacs bleus dont le fond était bien recouvert d'une poussière noire. Le 11 Juillet un gros hélicoptère nous déposa avec 700 kg de matériel à environ 20 km du bord du glacier, où nous avons campé 8 jours. Le camp, comprenant trois tentes de deux personnes et une tente « cuisine » fût vite établi.

La surface de la glace était en fait constituée d'une myriade de trous verticaux, ayant une profondeur voisine de 20 cm, et sur le fond desquels reposait une très mince couche de sédiments noirs. La poussière noire que nous recherchions était déjà là sous nos pieds. En fait les explorateurs du Groenland avaient déjà décrit de tels trous à « cryoconite » (nom donné aux sédiments noirs), et qui ont été observés plus récemment pour certains glaciers de l'Alaska.

Les deux suisses De Quervain et Mercanton avaient même ramené 0,8 kg de cette cryoconite noire, qu'ils avaient recueillie sur un petit tas de surface, au cours d'une expédition effectuée en 1914 sur un autre glacier groenlandais. Les résultats [10] qui se limitaient essentiellement à une description « visuelle » très qualitative des sédiments, furent seulement publiés en 1925. Avant notre départ en expédition nous avions essayé avec obstination, mais sans succès, de récupérer un échantillon de cette poussière dans les laboratoires suisses, en particulier en retrouvant et en discutant avec le fils même de De Quervain. Cet échantillon semblait très important dans le cadre de la préparation de notre expédition, car les deux suisses y avaient extrait 8 sphérules magnétiques de plus de 0,1 mm, ce qui suggérait déjà l'existence d'une concentration en sphérules au moins 10 fois plus élevée que celle couramment observée dans les sédiments marins (environ 1 sphérule magnétique par kg de sédiment). D'après nos informations cette poussière n'a jamais été analysée au moyen de méthodes modernes d'analyse au laboratoire, et on ne connaissait donc pas sa nature exacte.

Le lendemain nous avons remonté le glacier, et rencontré ainsi de superbes paysages de glace et d'eau. La poussière y était omniprésente, et nous avons en particulier trouvé une couche de cryoconite noire reposant sur la glace même, ayant une épaisseur de 5 à 10 cm, une longueur d'environ 25 m et une largeur de 3 à 5 mètres. Ce dépôt, résultant probablement de l'assèchement d'une petite mare, semblait quelque peu similaire (mais beaucoup plus grand) à celui déjà observé par De Quervain et Mercanton en 1914. Il aurait été facile d'y prélever avec une simple pelle plusieurs tonnes de sédiments, mais nous en avons seulement recueilli quelques kg, car nous avions décidé de consacrer l'essentiel de nos efforts de collecte à un superbe lac « bleu » qui se trouvait à environ trois heures de marche de notre camp.

Ce lac (fig. 1), montrait des filons exploitables de sédiments noirs près de l'une de ses rives. Il était traversé en son centre par une rivière très rapide, du type de celles qui forment des barrières infranchissables sur le glacier. Nous avons alors réalisé très rapidement que ces sédiments ne pouvaient être recueillis au moyen de dispositifs classiques, utilisés habituellement pour extraire des sédiments lacustres, et qui ressemblent à des godets lestés, que l'on traine sur le fond. En fait même près du bord le courant résiduel qui est élevé (environ 0,5m/s) devrait entrainer les sédiments. Fort heureusement le fond du lac est très « rugueux » car il est constitué d'une myriade de petits trous d'environ 1 cm de profondeur. Les sédiments tombent dans ces trous, et sont ainsi protégés de l'action d'entrainement du courant, mais aussi de toute tentative de récupération avec un godet lesté qui raclerait le fond du lac.

Grâce à l'aide de M. de Angelis et M. Pourchet, nous avions pu préparer avant notre départ sur le glacier toute une batterie de dispositifs de draguage, que nous avions amenés au Groenland afin de faire face à toute éventualité. Nous avons alors sélectionné un dispositif d'aspiration de sédiments, construit avec une pompe de 500 g, utilisée habituellement pour vidanger les toilettes des bateaux de plaisance et à laquelle nous avions fixé des

FIG. 1. — Vue partielle d'un filon de sédiments noirs déposés sur le fond du lac bleu, situé à environ 3 heures de marche du camp de base, et dont le prélèvement a constitué l'objectif principal de l'expédition.

tuyaux en plastique d'environ 10 cm de diamètre. Après avoir enfilé des combinaisons étanches de pêcheurs à la ligne sur nos combinaisons polaires, nous sommes descendus dans le lac, prudemment encordés bien sûr. Nous avons alors utilisé la pompe à la manière d'un aspirateur avec lequel nous avons nettoyé très efficacement le fond du lac de sa poussière noire. Celle-ci était recueillie sur un tamis retenant uniquement les particules de dimensions supérieures à 0,1 mm. Cette opération de filtration avait pour but d'éliminer en grande partie la contamination terrestre qui est toujours beaucoup plus importante pour les grains de plus petite taille, qui sédimentent lentement dans l'atmosphère, et peuvent par conséquent être entraînés sur de longues distances par les vents.

Dans cette zone très inhospitalière où nous avions établi notre camp, ces vents pouvaient être pour nous un ennemi redoutable et compromettre nos projets : ils abaissent considérablement la température corporelle, et emportent les tentes même vissées profondément par des broches à glace. Nous avons eu la chance de bénéficier d'un temps clément qui nous a permis d'effectuer tous les prélèvements prévus sur le site de Søndrestrømfjord. Nous aurions voulu faire d'autre prélèvements dans des zones encore moins contaminées à plus grande distance du bord du glacier, mais nous avions épuisé tout le budget de notre expédition (150 000 francs).

Deux jeunes français, J.M. Gauthier et J.M. Loubière se trouvaient pendant cette période au Groenland, pour participer à une campagne publicitaire sur le bord du glacier de Jakobson, à environ 500 km au Nord de Søndrestrømfjord. Séduits par notre recherche, ils nous ont apporté leur coopération amicale. Leur budget, au moins 10 fois supérieur à celui de notre expédition, leur avait permis de disposer d'un bateau et d'un petit hélicoptère pendant 8 jours (nous avions pu nous payer 2 heures d'hélicoptère en tout). Et ils ont ramené plusieurs kg de sédiments très précieux, prélevés sur le fond d'un lac bleu situé à 10 km du bord de ce glacier. De plus William Harrisson (Université d'Alaska), et Keith Echelmeyer (California Institute of Technology) nous ont ramené 1 kg de poussière, au cours d'une expédition de sondage sismique effectuée à environ 50 km du bord du même glacier, grâce à l'intervention amicale de H. Scott (qui est le coordinateur des opérations scientifiques américaines menées au Groenland pendant l'été arctique).

Notre collecte de sédiments était donc à priori un triple succès « technologique », par la quantité de matière que nous ramenions, la diversité des sites de collection, et le prix de revient tellement modeste comparé à celui d'autres méthodes de récupération de matière extra-terrestre qu'il nous faisait penser au système « D ». D'ailleurs, c'est peut-être la facilité apparente de cette collecte qui l'avait rendue peu crédible à beaucoup. Il restait à vérifier que notre intuition ne nous avait pas trompé et que nos kgs de sédiments contenaient bien une « surconcentration » de matière extra-terrestre par rapport à la très faible concentration trouvée dans les sédiments marins.

LES ÉTUDES DE MICROSCOPIE ANALYTIQUE

Dès notre retour en Août 1984, nous utilisions un aimant pour obtenir une fraction magnétique de sédiments groenlandais et la comparer à celle extraite des sédiments marins, que nous avions observée chez Brownlee en 1983. Nous nous précipitions sur un microscope optique pour examiner cet extrait magnétique avec la certitude d'y voir au moins quelques sphérules cosmiques quelque peu similaires à ceux que nous avions observés avec le même instrument chez Brownlee. Commença alors une série de vives inquiétudes car au premier coup d'œil aucun sphérule n'apparaissait.

En fait les sédiments étaient constitués de cocons fibreux, dont certains étaient magnétiques, et à l'intérieur desquels se trouvaient piégés les grains de minéraux. On essaya alors de désagréger ces cocons par différentes méthodes. En particulier ils furent « broyés » entre deux plaques de caoutchouc, et après 4 heures d'effort on réussit à obtenir, à partir de 30 g de sédiments, 8 sphérules magnétiques, qui semblaient similaires à ceux observés dans la collection marine. Ce résultat nous encouragea, car dans le cas où des analyses plus approfondies révéleraient que tous ces sphérules avaient bien une origine extra-terrestre, nous obtenions une concentration de sphérules cosmiques dans les sédiments groenlandais, voisine de 300 par kg, qui était déjà très supérieure à celle observée dans les meilleurs sédiments marins (voisine de un par kg).

Gaby Callot de l'INRA de Montpellier, avec l'aide de A. Dubois du département de botanique de l'Université de Montpellier, montrèrent que ces fibres étaient en fait une variété très résistante de « sidérobactéries » filamentaires, capables de se développer dans des environnements extrêmes. De plus, Claude Lafoix du laboratoire de séparation de phases du BRGM à Orléans, nous proposa d'appliquer à un kg de sédiments groenlandais les techniques qu'il avait développées pour traiter de grandes quantités de sédiments terrestres plus ordinaires, tels que ceux prélevés au fond de lacs ou d'estuaires de rivière. Il remarqua ainsi que les sédiments groenlandais étaient beaucoup plus difficiles à désagréger que ces sédiments ordinaires. Après une semaine d'efforts il put séparer des sédiments groenlandais une fraction de 6 grammes de minéraux de densités supérieures à celle du quartz, qui contenait de très nombreuses sphérules magnétiques,

confirmant ainsi l'enrichissement très marqué de ces particules dans les sédiments groenlandais.

Les études de microscopie analytique commencèrent réellement au mois de septembre. Elles étaient basées sur l'utilisation d'un microscope électronique à balayage (MEB) équipé d'un dispositif de microanalyse par rayons X (EDX) pour analyser des sections polies de grains. Ces analyses microscopiques permettent de déterminer à la fois les principales caractéristiques texturales des grains (existence de précipités, de dendrites, d'inclusions, etc.), telles que celles visibles sur les figures 3, 5 et 6, ainsi que leurs concentrations en éléments majeurs, à partir de laquelle on déduit si un grain donné présente bien une composition chondritique. Cette composition est caractérisée en particulier par un rapport entre les concentrations du magnésium et de l'aluminium, qui est beaucoup plus élevé que dans les poussières terrestres, ainsi que par la présence simultanée du fer et du nickel dans les spectres de rayons X.

Madame C. Jéhanno du Centre mixte CNRS/CEA des Faibles Radioactivités du CNRS à Gif-sur-Yvette (CEFR), détermina ainsi que la vingtaine de sphérules pierreux que nous avions extraits des sédiments, présentaient bien une composition chondritique, ce qui donna déjà une très forte présomption d'origine extra-terrestre. Nous étions donc encouragés, mais il restait la difficulté redoutable de désagréger les sédiments groenlandais sans casser leurs grains les plus fragiles.

L'un de nous (M.M.) se rendit alors aux USA en novembre 1984, pour effectuer en collaboration avec D.E. Brownlee dans le laboratoire spécialisé de l'Université Washington à Seattle (Cosmic Dust Laboratory) une comparaison préliminaire entre les collections de poussière cosmique marine et groenlandaise, basée sur l'utilisation de la même technique de microscopie analytique. On trouva tout d'abord une méthode très simple pour désagréger les sédiments, qui consiste à les répandre sur un tamis en acier inoxydable retenant seulement les cocons de plus de 0,1 mm, puis à les désagréger avec une brosse en nylon très dure sous un fort jet d'eau. Après 10 minutes de brossage appuyé les cocons se désagrègent brusquement, et libèrent alors une famille de grains où l'on observe très facilement des sphérules de composition chondritique. En fait, si l'on prend un tamis de plus grande ouverture, retenant uniquement les grains de dimensions supérieures à 0,4 mm qui sont environ 100 fois plus rares que ceux qu'on trouve dans la fraction en taille comprise entre 0,1 mm et 0,2 mm, on obtient le résultat spectaculaire d'observer une surconcentration extraordinairement élevée de sphérules cosmiques, *puisqu'un grain sur deux a une composition chondritique.*

Les résultats de ces analyses ont été publiés récemment dans la revue *Science* [11]. Ils démontrent que notre pari sur les avantages de la collection groenlandaise par rapport à la collection marine (voir section « Pour une collecte mécanique de poussière cosmique au Groenland »), est comblé au delà de nos espérances. En effet:

1) Les sédiments groenlandais constituent la mine de poussière cosmique accrétée par la Terre la plus riche et la mieux préservée connue à ce jour;

2) On y trouve une fraction magnétique très abondante de sphérules fondus qui sont très similaires à ceux déjà observés dans les sédiments marins, et qui comprend une composante majeure de sphérules chondritiques « barrés », tels que celui représenté sur la figure 3. Mais nous y avons aussi découvert une composante non-magnétique, constituée essentiellement de superbes billes de verre, telles que celles reportées dans la figure 4. Ces billes ont toutes une composition chondritique;

3) La proportion de sphérules de fer est bien plus petite au Groenland (voisine de 1 %) que dans les sédiments marins (25 % à 50 %), et elle devrait être plus proche de la valeur caractérisant le flux de micrométéorites. Ceci peut s'expliquer par l'extraction magnétique préférentielle des sphérules de fer lors du draguage magnétique. Cependant il nous reste à vérifier que le transport des grains par les eaux de ruissellement, qui est à la base du mécanisme placer, ne laisse pas en cours de route les particules les plus denses comme celles de fer;

4) Il existe probablement dans la collection groenlandaise des objets très primitifs (voir section « Des noyaux cométaires aux étoiles filantes »), tels que celui reporté dans la figure 5. La plupart de ces objets ne sont pas magnétiques et on ne les observe donc pas dans la collection marine. Ils sont caractérisés par des formes très irrégulières et contiennent de fortes concentrations en éléments volatils, ce qui démontre qu'ils ont été très peu chauffés lors de leur passage dans l'atmosphère terrestre (cette phase minérale très précieuse, qui représente seulement quelques % des grains de poussières cosmiques groenlandais nécessite donc de grandes surfaces de collection pour être recueillis). Mais il se peut que leur abondance soit même beaucoup plus élevée. En fait, le grain reporté sur la figure 5 est extrêmement friable puisque nous l'avons cassé en plusieurs morceaux en le manipulant délicatement avec les poils d'un pinceau très fin. Il s'agit d'un « miraculé » de notre technique assez rude de désagrégation des cocons de sidérobactéries. Il est probable que nous avons détruit la plupart des grains similaires en les cassant en multiples fragments de tailles inférieures à 0,1 mm, qui sont passés au travers des mailles du tamis d'acier inoxydable lors du brossage sous jet d'eau.

UNE ARMÉE D'INNOMBRABLES MINEURS/ÉBOUEURS MICROSCOPIQUES

Des résultats de microscopie analytique très importants pour le choix d'un prochain site de collection de sédiments au Groenland, et pour une meilleure compréhension des limitations éventuelles du mécanisme « placer » viennent d'être obtenus récemment par Eric Robin.

Les études montrent tout d'abord que quel que soit le site de prélèvement sur le glacier de Søndrestrømfjord (fond d'un lac; tas de surface; rives d'un torrent; trous à cryoconite) la concentration de poussière cosmique de taille supérieure à un dixième de mm semble constante dans les sédiments (environ une particule par gramme de sédiments humides avant désagrégation/filtration). Ceci suggère fortement que les poussières sont encapsulées très tôt dans les cocons de sidérobactéries, avant d'avoir subi un entrainement différentiel par les eaux, qui les appauvriraient probablement en particules denses. Les sidérobactéries agissent donc comme des mineurs/éboueurs microscopiques qui nettoieraient le fond de tous les trous de cryoconite (qui sont au départ du mécanisme placer) de leurs rares grains de poussière. Ce travail de tâcheron, qui conduit à l'encapsulation des grains dans les cocons, s'effectuerait année après année pendant le court été arctique, jusqu'au moment où ces cocons légers, qui flottent facilement sont entrainés par une irruption acci-

dentelle d'eau courante qui les accumule alors dans des zones favorables. La concentration en poussière cosmique serait donc fixée dans les trous à cryoconite de départ, et par conséquent elle serait indépendante de la zone d'accumulation où les sédiments sont finalement recueillis [12].

Un autre résultat est que la contamination terrestre observée dans les prélèvements effectués sur le glacier de Jakobson chute d'un facteur 1 000, quand on se déplace de 10 km à 50 km du bord du glacier, confirmant ainsi sur une échelle historique de plusieurs milliers d'années l'existence d'un régime de vents favorables qui verrouille la zone d'ablation vis-à-vis de la contamination terrestre. Par conséquent, il serait très intéressant d'effectuer un prélèvement de sédiments tout au début de la zone d'ablation, à environ 100 km du bord du glacier de Søndrestrømfjord, là où fond seulement la couche de glace formée l'année précédente. A cet endroit nous prévoyons que la contamination terrestre devrait être très faible et que nous devrions par conséquent trouver de la poussière cosmique pure dans les cocons de sidérobactéries. De plus les cocons très récents formés à cet endroit n'auraient pas eu le temps de se consolider avec le temps. On devrait donc les désagréger beaucoup plus facilement sans trop détruire les grains les plus fragiles. L'autre avantage serait que les sidérobactéries auraient eu trop peu de temps disponible pour corroder notablement les grains.

Ainsi les sidérobactéries agiraient tout d'abord pour collecter très efficacement les grains de poussière cosmique initialement piégés dans la glace, indépendamment de leur densité. La légèreté de leur cocons, correspondant à celle d'un bois juste lesté pour tomber lentement dans l'eau, aurait ensuite permis leur accumulation dans les filons de sédiments qui constituent aujourd'hui la mine de matière extraterrestre la plus riche connue à ce jour, sans que l'on ait perdu les grains les plus denses en cours de route. On aurait donc là une nouvelle variante du mécanisme placer, qui opérerait en deux étapes distinctes.

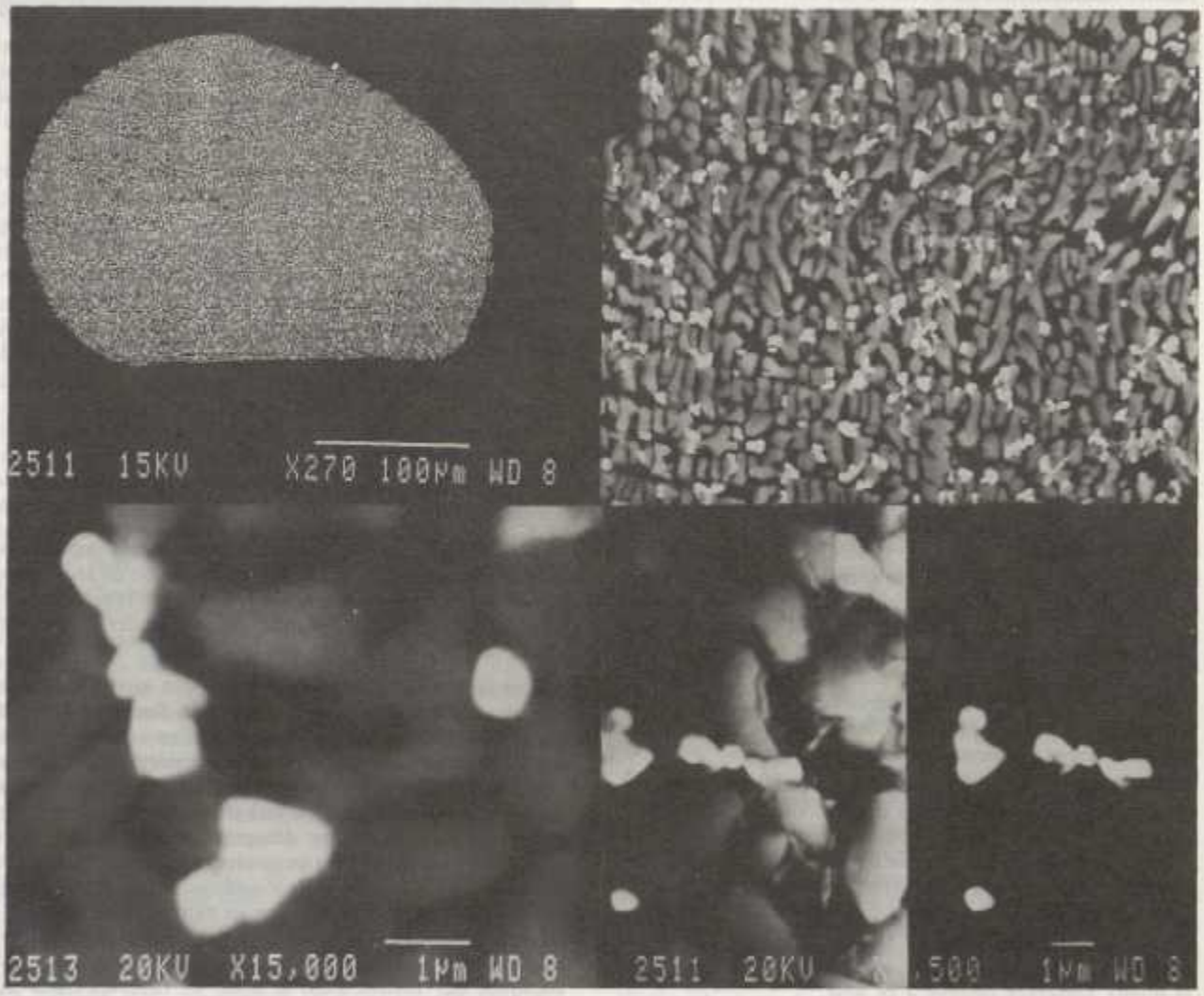


FIG. 2. — Images d'une section polie d'un type de sphérule chondritique, qui est très abondant dans les sédiments marins et groenlandais, et qui ont été prises à différents grossissements par C. Jéhanno. L'image reportée à faible grossissement en haut, illustre la structure « barrée » de ce sphérule, constituée de barres d'olivine (phase claire) séparées par un verre interstitiel (phase sombre) contenant de nombreuses inclusions brillantes de magnétite, responsables du caractère magnétique de ce sphérule. L'autre image du bas, prise à plus fort grossissement, montre de nouveaux microlingots des éléments du groupe du platine (inclusions les plus brillantes), dont les dimensions sont voisines du millième de mm (voir les barres d'échelle, dont les longueurs sont exprimées en millièmes de mm).

QUELQUES ÉTUDES PRÉLIMINAIRES D'ÉLÉMENTS EN TRACE

En 1985, d'autres groupes furent associés à ces études. Nos collègues G. Raisbek et F. Yiou ont réussi à effectuer les mesures très difficiles des concentrations d'isotopes dits « cosmogéniques » de l'aluminium (^{26}Al) et du beryllium (^{10}Be) dans une famille de 7 particules groenlandaise de dimensions supérieures à quelques dixièmes de mm (ces isotopes résultent de l'irradiation des grains lors de leur exposition aux rayonnements cosmiques d'origine solaire et galactique dans le milieu interplanétaire qui cassent certains de leurs atomes constitutifs lors de réactions nucléaires). Ces particules, qui avaient été *choisies au hasard* dans notre collection, comprenaient fort heureusement les principaux types de particules identifiées à ce jour (2 sphérules chondritiques, 3 sphérules de verre, une particule chondritique très vascularisée de forme irrégulière, et une particule de fer-nickel). Ces mesures démontrent que *toutes* ces particules sont bien des micrométéorites [12, 13].

Enfin deux techniques très puissantes ont donné les concentrations de quelques éléments « en trace » dans les grains (concentrations inférieures à 0,1 %), dont on connait l'importance en géochimie et en cosmochimie pour retracer l'histoire de grains de matière. Ces techniques comprennent, l'activation neutronique, mise en œuvre par Ph. Bonté, C. Jéhanno et E. Robin du CEF [14], et les techniques dites d'analyses par fluorescence X excitée par le rayonnement synchroton d'un accélérateur d'électrons [15] et qui ont été développées en France par P. Chevalier (Laboratoire LURE), et aux USA par S. Sutton (Brookhaven National Laboratory). Nous ne pouvons donner dans cet article destiné à des non spécialistes le détail de ces analyses et de leurs implications, qui concernent aussi bien un élément important du groupe du platine, l'iridium, qui est environ 10 000 fois plus abondant dans la matière extraterrestre que dans les matériaux géologiques qui constituent la croûte terrestre, que des éléments comme le germanium et le gallium, dont on connait, par ailleurs, l'importance dans l'industrie des semiconducteurs.

Les résultats les plus importants de ces analyses peuvent se résumer de la manière suivante:

1) Ils démontrent tout d'abord d'une manière définitive que les grains de poussière cosmique collectés sur Terre dans les sédiments les plus favorables, et qui sont présélectionnés sur la base d'une mesure simple de composition « chondritique », sont bien des débris de micrométéorites. Par conséquent les plus gros d'entre eux proviennent

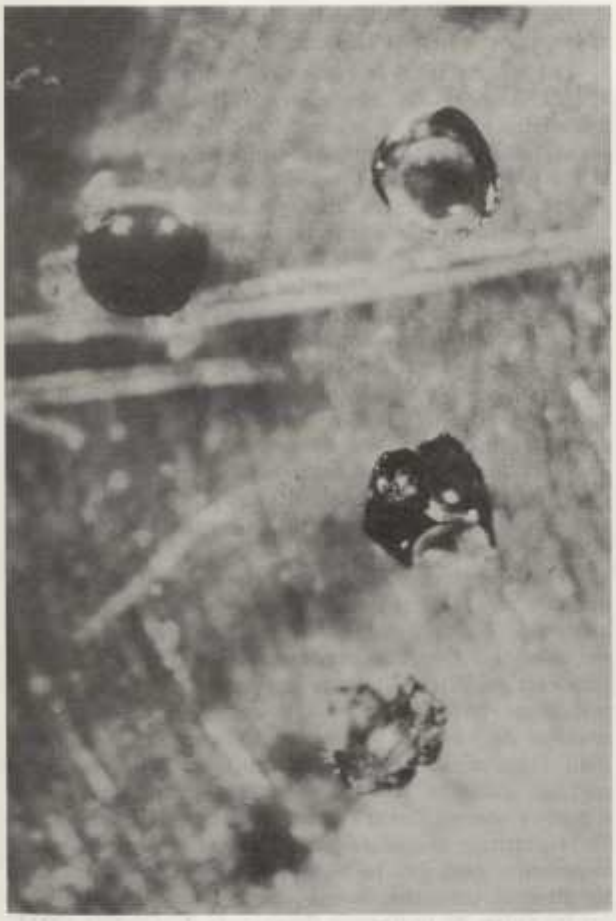


FIG. 3. — Image de billes de verre non magnétique, de composition chondritique, observées avec un microscope optique, et dont les diamètres sont voisins de quelques dizièmes de mm.

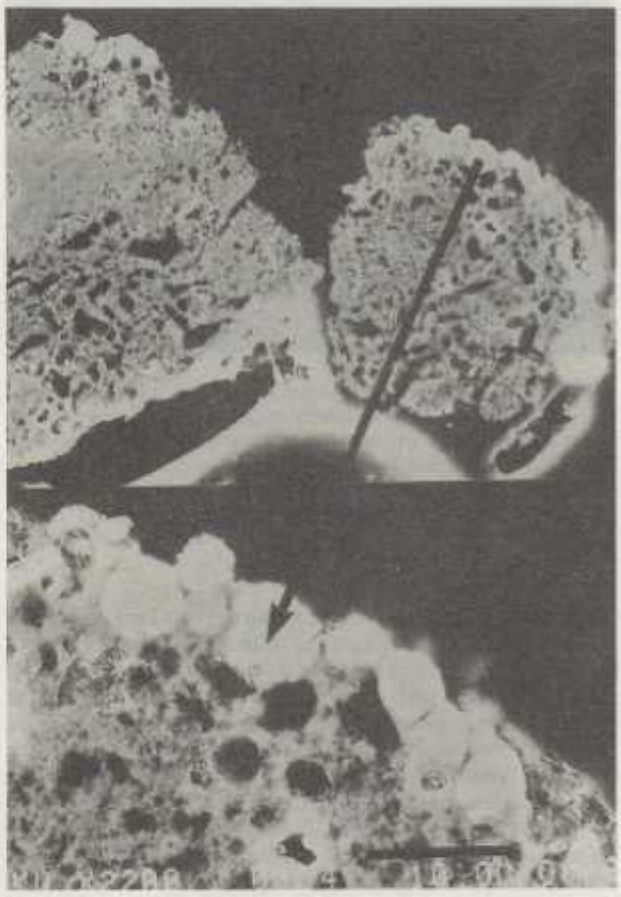


FIG. 4. — Image obtenue au microscope électronique à balayage par Suzan Taylor, d'une particule chondritique de forme irrégulière, probablement très primitive, et qui illustre l'existence de particules non fondues dans la collection de poussière cosmique groenlandaise. L'image du bas est un agrandissement de l'image du haut, qui montre plus en détail des cristaux de magnétite (phase la plus brillante), qui ressemblent beaucoup à ceux qu'avaient déjà observés Jedwab en 1970, dans une météorite carbonée de type I, qui sont considérées comme les météorites les plus primitives.

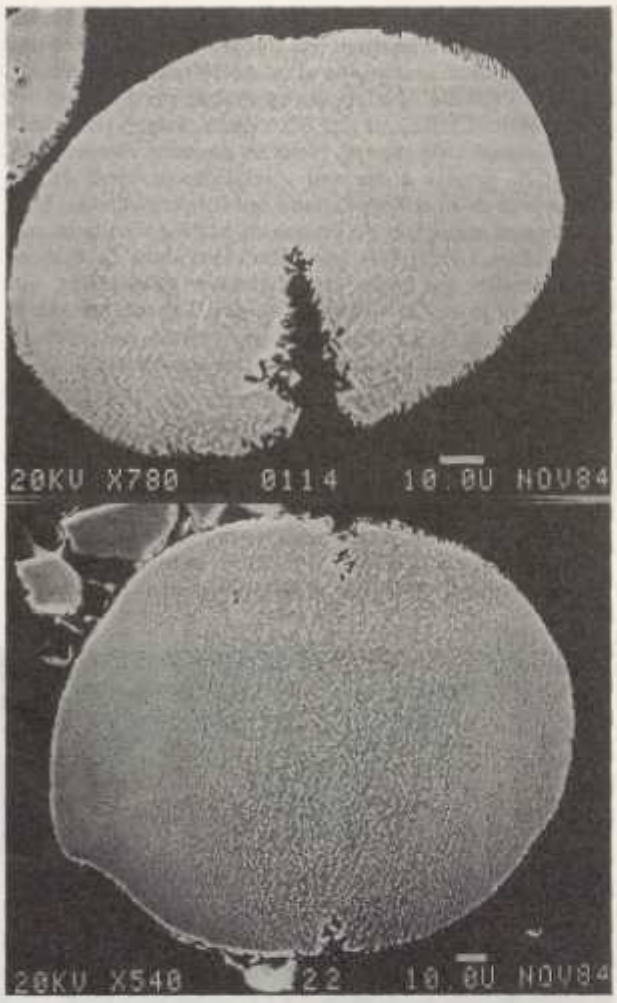


FIG. 5. — Images obtenues au microscope électronique à balayage par M. Wheelock, de deux sphérules chondritiques groenlandais. Dans ces sphérules, qui ont résistés à une tentative d'écrasement, on voit très clairement l'amorce d'une fracturation, qui se présente plutôt comme une déchirure empruntant la direction des dendrites les plus grosses.

principalement de noyaux cométaires (voir l'argument sur la statistique des trajectoires d'étoiles filantes dans la section « Des glaces cométaires aux glaces polaires »). Dans une étape ultérieure de nos analyses il nous faudra vérifier en collaboration avec Raisbeck et Yiou, que cette présélection d'objets chondritique ne nous fait pas perdre d'autres familles de grains extraterrestres de composition non chondritique, qu'il serait passionnant de découvrir;

2) Ces grosses micrométéorites semblent différentes de la matière qui constitue les principales classes de météorites connues à ce jour. Il est important de vérifier d'une manière définitive la validité de cette conclusion encore très préliminaire, et que nous avons publiée avec de grandes précautions de langage, de manière à ne pas effaroucher nos collègues planétologues, qui se méfient à juste titre de bouleversements d'idées trop radicaux. Pour celà il faut analyser un plus grand nombre d'éléments en trace, et appliquer les techniques de spectrométrie de masse les plus puissantes, afin de mesurer des rapports isotopiques, à partir desquels on obtient différents âges « modèles », concernant l'origine et l'évolution primitive des grains. En effet, cette conclusion risque de produire une révolution dans le petit monde de la Planétologie, car il faudrait alors comprendre la filiation entre cette matière « nouvelle », d'origine probablement cométaire, et les météorites et les planètes;

3) En particulier, il existe dans presque tous ces grains de nouveaux types de « microlingots », ayant des dimensions voisines de un millième de mm, et où les métaux précieux du groupe du platine sont rassemblés (voir figure 2). Ces microlingots, découverts par C. Jéhanno, grâce à l'utilisation combinée de l'activation neutronique et d'un nouveau microscope à balayage plus performant, permettent dès à présent d'obtenir une classification importante des poussières cosmiques groenlandaises en groupes distincts, ce qui contribue à les différentier des météorites.

LES AVANTAGES DU GIGANTISME DU COLLECTEUR GLACE POLAIRE

Dans cette revue nous présentons des études ou des projets (voir section suivante), basés sur l'utilisation des glaces polaires du Groenland et de l'Antarctique comme collecteur ultrapropre de débris de micrométéorites. Nous sommes maintenant en mesure de présenter quelques avantages uniques de ce collecteur naturel par rapport aux moyens spatiaux, qui le feront encore exploiter au XXIe siècle.

Les dispositifs spatiaux les plus perfectionnés se rattachent aux trois types suivants:

1) Les détecteurs tels que ceux construits par le Max Planck Institut de Heidelberg [17], qui fonctionnent automatiquement à distance à bord de satellites, et dont les surfaces collectrices sont voisines de *quelques centaines de cm²*. Ces détecteurs ont fourni depuis une dizaine d'années des données très précieuses concernant en particulier la distribution en masse du flux de micrométéorites, à partir de laquelle on déduit par exemple que les petites micrométéorites sont les plus abondantes;

2) Les spectromètres de masse dits « à temps de vol », qui ont été embarqués pour la première fois sur trois sondes spatiales qui ont rencontré la queue poussiéreuse de la comète de Halley en mars dernier, et dont les surfaces collectrices sont très petites (*quelques dizaines de cm²*). Ces instruments ont donné pour la première fois des analyses qualitatives très intéressantes de la composition des éléments majeurs constitutifs des plus fines poussières relachées par cette comète [18] (dimensions voisines du millième de mm);

3) les « impacteurs » mis en orbite autour de la Terre, qui sont ramenés au laboratoire par les astronautes pour analyse, et dont les surfaces collectrices dans les meilleurs cas *atteignent 1 m²*. Dans ces impacteurs la micrométéorite incidente est détruite lors de son impact avec une plaque métallique en donnant : un microcratère d'impact; un microjet de « vapeur » qui peut être recueilli sous forme d'un dépôt mince dans les dispositifs les plus récents; et parfois, dans le cas le plus favorable d'impacteurs « mous » comme l'or et l'aluminium, un minuscule résidu de la particule incidente piégé dans le cratère. L'un des impacteurs exploités le plus récemment [19, 20] est tout simplement constitué de plaques d'aluminium prélevées sur les volets de protection thermiques du satellite SMM, qui ont été exposées pendant 4 ans dans l'espace, puis ramenés sur Terre en 1984. L'un des résultats les plus étonnants de cette étude a été de montrer l'existence d'une

très forte contamination du flux de plus petites micrométéorites par de très fins débris de satellite orbitant autour de la Terre, et qui seraient environ 100 fois plus abondants que les micrométéorites dans le domaine de tailles voisines de quelques millièmes de mm, à une altitude voisine de 500 kilomètres.

Ces collecteurs spatiaux, du fait de leurs faibles surfaces, ne peuvent collecter (ou analyser qualitativement) que les particules les plus abondantes du flux de micrométéorites, qui se trouvent être les particules de plus petites masses, dont les dimensions sont comprises entre un millième et quelques centièmes de millimètre. A partir des estimations les plus récentes du flux de micrométéorites [17, 19], on peut prédire qu'il suffirait d'exposer 1 m² de collecteur pendant un an dans l'espace pour recueillir quelques milliers d'impacts de ces fines micrométéorites. Or nous ne pouvons actuellement les recueillir dans les glaces (où elles doivent être piégées sans avoir été « brulées » notablement par ablation) tant que nous n'aurons pas trouvé une méthode pour les extraire de l'abondante contamination terrestre que nous éliminons à travers un tamis de 0,1 mm d'ouverture. A l'inverse, du fait de leur extrême rareté (moins d'un impact par an, pour 10 m² de surface collectrice, pour des tailles supérieures à 0,4 mm) les grosses micrométéorites dont les masses sont supérieures au seuil de sensibilité des méthodes les plus puissantes de laboratoire, ne pourront être recueillies au cours des prochaines décades que dans les glaces polaires.

En effet, l'avantage le plus exceptionnel des glaces, qui sera préservé bien au delà de la fin de ce siècle, est relié à l'association de la congélation à basse température et de leur énorme surface de collection, qui *seule* permet de recueillir et de préserver les débris de ces grosses micrométéorites très rares, dont la filiation avec les noyaux cométaires peut être établie grâce au phénomène d'étoiles filantes. Pour chiffrer cet avantage en nous limitant à des travaux effectués au laboratoire René Bernas, il est probable que les glaces bleues anciennes que nous désirons fondre sur place en Antarctique (voir section suivante), se sont formées à quelques centaines de kilomètres de la côte, dans une zone ou leur vitesse d'accumulation est voisine de 10 cm par an. La surface effective (en terme de m² exposés par an) de ces 100 tonnes de glace est alors d'environ 1 000 m².

Une telle surface, *qui est négligeable par rapport à celle du bassin de collection des lacs bleus groenlandais*, est cependant environ 5 000 fois plus élevée que celle (0,2 m²) d'un impacteur/collecteur de vapeur performant, envoyé récemment dans l'espace pendant quelques jours dans le cadre du projet franco-soviétique « COMET » [21], et qui a été ramené au laboratoire René Bernas pour analyse en juillet 1986 (l'objectif de cette expérience, qui est très important mais très difficile à réaliser, est de recueillir des produits d'impact vraiment exploitables des plus petites particules d'un essaim cométaire). Quant au mécanisme « placer » effectif sur la glace vieille de 2 000 ans du site de prélèvement de Søndrestrømfjord, Bonté et al. [7] ont montré qu'il mettrait en jeu une surface « équivalente » annuelle de collection, telle que les poussières cosmiques piégées dans 1 kg de sédiments correspondent à une surface de collection de 1 500 m². Comme il semble facile de recueillir avec une simple pelle une tonne de sédiments sur les tas de surface que nous avons rencontrés (voir section « Les milliards de tonnes d'eau du mécanisme placer »), on dispose dès à présent d'un collecteur « gigantesque » (surface voisine de 1 million de m²), qui sera probablement toujours utilisé au XXIe siècle.

Ces deux types de collecte très différents semblent donc très complémentaires. Nous pensons qu'il sera nécessaire d'utiliser simultanément leurs résultats, si l'on veut caractériser aussi complètement que possible dans un vaste domaine de masse le « complexe » des micrométéorites. L'étude de ce complexe prend de plus en plus d'importance dans tous les programmes spatiaux, car on réalise progressivement qu'il donne un échantillonnage beaucoup plus représentatif de la famille d'objets non volatils qui se sont formés dans le système solaire, que la famille plus restreinte des météorites. Dans ces comparaisons il faut également inclure la famille des poussières interplanétaires « Brownlee » très fines, comportant actuellement plusieurs centaines de particules de taille inférieures à 0,1 mm, qui sont collectées dans la stratosphère depuis une dizaine d'années par moyen aéroportés, et qui se présentent sous la forme d'aggrégats de petites particules très poreux, très fragiles et non fondus. Une équipe réunie autour de D.E. Brownlee, projette de construire un collecteur « géant » prévu pour recueillir annuellement dans la stratosphère des milliers de ces fines particules ainsi que quelques grosses particules de plus de 0,1 mm.

VERS UNE COLLECTE SUR UNE FALAISE DE GLACE BLEUE EN ANTARCTIQUE

Afin de bien exploiter l'extraordinaire gisement de poussière cosmique groenlandais résultant de la fusion de milliards de tonnes d'eau, et qui sera certainement utilisé par d'autres scientifiques dans l'avenir, il devient très urgent d'en analyser en détail les limitations éventuelles. A titre d'exemple on peut citer deux observations qui suggèrent l'existence d'une perte préférentielle de certaines particules dans la collecte groenlandaise. Celle-ci donnerait ainsi une proportion faussée des différents types de particules dans le flux de micrométéorites.

Tout d'abord il existe un fort désaccord entre le rapport des grains de « fer » et des grains chondritiques d'origine extraterrestre dans les sédiments marins en groenlandais. Le rapport plus élevé trouvé dans les sédiments marins représente probablement une extraction préférentielle des particules de fer lors du draguage magnétique. Nous avons en effet donné dans la section « Une armée d'innombrables mineurs/éboueurs microscopiques », les raisons qui nous font penser que la plus faible proportion de mêmes grains dans la collection groenlandaise n'est pas dûe à l'entrainement plus difficile des particules plus denses de fer par les eaux de ruissellement. Mais il nous faut cependant vérifier définitivement la validité de cette conclusion importante. Ensuite la plupart des particules cosmiques nouvelles découvertes au Groenland, qui sont très fragiles, et qui sont susceptibles de contenir la composante la plus intéressante de matière cométaire non fondue, sont probablement détruites en grande partie lors du brossage sur toile métallique. Leur abondance initiale dans les sédiments pourrait être beaucoup plus grande que celle que nous avons observée après la désagrégation des sédiments.

Pour mieux cerner ces limitations une équipe comprenant l'un d'entre nous (M.M.) et Martine de Angélis et Michel Pourchet (tous deux du laboratoire de glaciologie de Grenoble) projette d'aller fondre sur le terrain une centaine de tonnes de glace, dans des zones de glace bleue ancienne qui affleurent sous forme de falaises plus ou moins abruptes, dans la région côtière de Cap Prudhomme

FIG. 6. Cette photographie, prise en Janvier 1986 par M. Pourchet au cours d'une reconnaissance préliminaire, représente le site probable d'une nouvelle expédition destinée à fondre une centaine de tonnes de glace bleue, vers le sommet d'une pente de glace assez raide qui se trouve au voisinage de Cap Prudhomme en Antarctique.

(figure 6), au voisinage de la station française de Dumont d'Urville en Antarctique. Une autre équipe du laboratoire de glaciologie doit explorer cette zone dès cette année. Nous avons déjà expliqué que la surface équivalente de collecte annuelle de cette masse de glace est d'environ 1 000 m². Nous avons soumis une proposition aux « Terres Australes et Antarctiques françaises », pour réaliser avec le soutien de cette administration une expédition en janvier 1988.

Pour cette opération nous mettrions en œuvre sur le terrain une chaudière délivrant un jet de vapeur qui servira à découper et à fondre la glace. Un système de pompage produira des jets d'eau et fera circuler l'eau de fusion de la glace à travers une série de tamis destinés à recueillir la poussière entrainée par l'eau. L'un des schémas de collecte consiste à creuser un bassin de collection artificiel d'une dizaine de mètres de diamètre sur une pente de glace assez raide. Puis on entrainera à l'aide d'un jet d'eau propre l'eau de fusion de la glace, vers un puits de « décantation » de quelques m³ qui sera creusé au centre ce bassin de collection miniature. En fondant une épaisseur de glace de 1 mètre, nous récupérerions ainsi d'une manière très douce, sans les casser ni modifier leurs proportions initiales, les grains de poussière cosmique piégés dans les 100 tonnes de glace bleue.

Lors du travail sur le terrain nous prévoyons d'utiliser 4 000 litres de carburant, en tenant compte d'une large marge de sécurité. Le seul problème majeur, souligné par B. Morlet, est l'existence de vents catabatiques très violents, qui soufflent en moyenne 10 jours par mois (pendant la période la plus favorable de Janvier). Ce vent nous empêcherait tout d'abord de travailler, et « refroidirait » la glace en augmentant donc la quantité de carburant requise. Cependant nous pensons que le succès de l'expédition serait assuré par la fonte de 20 tonnes de glace seulement, ce qui semble parfaitement réalisable, car nous disposerions alors d'une grosse marge de sécurité dans la quantité de carburant. De plus il est très probable que pendant les jours de beau temps nous puissions bénéficier d'un apport d'énergie solaire non négligeable, en déployant à la surface du bassin de collection un rouleau de plastique afin de construire une serre de jardin.

Nous ne pouvons réaliser cette opération au Groenland, par suite de taux d'accumulation de la glace qui sont 5 à 10 fois plus élevés qu'en Antarctique, ce qui entraine une dilution par les mêmes facteurs de la poussière cosmique dans la glace. Il nous faudrait alors fondre sur place une quantité de glace comprise entre 500 et 1 000 tonnes pour recueillir le même nombre de grains, et cette opération est impossible avec les moyens technologiques actuels.

Si l'expédition glace bleue en Antarctique est couronnée de succès, alors nous pourrons mieux préciser les limitations de notre collecte groenlandaise. Nous commencerons également avec nos collègues des études destinées à retracer l'activité passée du flux de micrométéorites dans un passé beaucoup plus reculé qu'au Groenland (les glaces bleues qui affleurent en bord de côte en Antarctique sont beaucoup plus vieilles que celles qui constituent le bord de la calotte glaciaire groenlandaise à la latitude de Søndrestrømfjord). L'idée de base de ces études est que le flux de micrométéorites est constitué d'une composante majeure de débris cométaires, d'une composante mineure de produits d'ablation de météorites, et de grains présents à l'état de « traces » et possédant des origines plus exotiques. Toute variation marquée de la composition du flux de micrométéorites refléterait alors des évènements majeurs « vécus » par le système solaire.

Ce travail nous aiderait à jalonner de repères datés quelques étapes de l'histoire du système solaire, ce que ne peuvent donner les méthodes spatiales de collecte de grains, qui ne s'adressent qu'au flux contemporain de micrométéorites. Il semble donc, que dans un avenir proche les filons de glace bleue ancienne des calottes polaires soient aux planétologues ce que sont depuis longtemps les grottes préhistoriques aux anthropologues : l'écrin protégé de l'histoire d'une évolution. L'émotion est la même sans doute pour ceux qui cherchent à retracer l'histoire de l'homme, et pour nous qui cherchons à pénétrer dans ce gigantesque écrin bleu inhospitalier qu'est la glace polaire ancienne dans l'espoir de retracer notre passé antérieur : l'histoire de la matière. Mais pour exploiter pleinement de telles archives du passé, il nous faudra d'une part, trouver une méthode pour extraire de la glace les plus petites micrométéorites (de quelques centièmes de millimètres de dimension), capturées sans avoir été fondues par la Terre, et qui doivent y être abondantes (plus de 1 000 particules par tonne de glace), et d'autre part, attendre que nos collègues géochimistes apprennent à mieux dater les glaces bleues anciennes. Mais d'ores et déjà il existe des retombées imprévues de ces recherches, que nous discutons dans la section suivante.

DES RETOMBÉES POSSIBLES EN RECHERCHE APPLIQUÉE

D'après D. Hulmann (Département de Science des matériaux du MIT), les verriers ne savent pas faire les verres dont les compositions sont similaires à celles (chondritiques) des billes de verre groenlandaises, caractérisées par de *très fortes concentrations en magnésium*. En fait, quand on part d'un mélange d'oxydes correspondant à cette composition, et que l'on essaye de faire un verre

au moyen de procédés classiques, on obtient une matrice cristallisée et non pas amorphe. Il semble donc probable que la « métallurgie d'ablation » que subissent les corps parents des billes de verre groenlandaises, et qui est caractérisée par un chauffage très bref mais très intense par « impulsion thermique », puisse conduire à la formation de ces verres très particuliers. Nous envisageons de les fabriquer en petites quantités en utilisant les impulsions thermiques délivrées par le four solaire d'Odeillo, car nous prévoyons qu'ils devraient présenter des propriétés intéressantes, telles qu'une bonne résistance à la corrosion.

Un autre résultat peut-être intéressant de la métallurgie d'ablation est illustré sur la figure 6, où nous avons représenté la famille de sphérules chondritiques la plus abondante observée à la fois dans les sédiments marins et groenlandais. Il s'agit de sphérules constitués d'un assemblage de barres d'olivine et de barres de verre. Des dentrites très fines de magnétite, qui apparaissent comme les zones les plus brillantes, sont ancrées dans le verre. Nous avons constaté lors d'un broyage qu'il était très difficile de fracturer ce type de sphérules.

Nous avons montré au Professeur Lesoult de l'Ecole des Mines de Nancy, spécialiste des dendrites dans les aciers, des photographies de ces sphérules prises après un essai infructueux pour les fracturer par écrasement. Sur la figure 6 on voit très clairement l'amorce de cette fracturation (dans les zones correspondant uniquement aux dendrites les plus grosses), qui apparait plutôt comme une déchirure dont la propagation s'arrête très rapidement. D'après Lesoult il s'agit là d'un phénomène relié à la taille des dendrites, bien connu des métallurgistes, qui essayent de le mettre à profit pour obtenir des matériaux plus résistants à la fracturation. Pour celà ils cherchent à fabriquer des dendrites aussi fines que possible dans les matériaux. L'observation intéressante déduite de la figure 6 est que la métallurgie d'ablation, que l'on doit pouvoir simuler au moyen des fours solaires, produit des dendrites bien plus fines que celles que l'on sait produire à ce jour, et qui devraient par conséquent conduire au développement de matériaux intéressants, présentant en particulier une résistance accrue vis-à-vis de la fracturation.

Enfin une dernière implication très inattendue, résulte de nos observations à fort grossissement du bord des mêmes sphérules chondritiques barrés. Elle concerne le stockage des déchets radioactifs de haute activité produits par les centrales nucléaires. On injecte ces déchets dans des matrices de verre, que l'on prévoit de stocker définitivement dans des sites géologiques, après les avoir entourées de différentes barrières technologiques. Ces barrières sont destinées à ralentir le relâchage des éléments radioactifs dans la biosphère, dans le cas où le site de stockage serait accidentellement inondé par les eaux souterraines. Les barrières technologiques puis le verre (qui constitue en fait la première barrière de ce concept) seraient alors soumis à la corrosion des eaux souterraines. De nombreux groupes travaillent depuis une vingtaine d'années pour évaluer la durabilité du verre vis-à-vis de cette corrosion. Ces études sont basées sur des expériences de simulation au laboratoire, qui jusqu'à présent ont été effectuées au moyen d'eaux bouillantes, où l'activité biologique ne peut se développer, et où est mise en jeu la corrosion « physico-chimique » de l'eau, qui est encore mal comprise, et selon laquelle un fragment inconnu de la molécule d'eau s'échangerait avec les éléments alcalins constitutifs du verre [22].

L'observation intéressante du bord des sphérules barrés trouvés dans les sédiments marins et groenlandais est la suivante : dans les sédiments marins les barres de verre sont attaquées beaucoup plus rapidement que les barres d'olivine, et ce résultat est en bon accord avec les tests effectués dans les eaux bouillantes. Par contre dans les sédiments groenlandais c'est l'effet inverse qui est observé, le verre se montrant maintenant plus résistant que l'olivine. L'interprétation la plus probable de cette différence très marquée entre les deux familles de sphérules, qui sont exactement similaires du point de vue de leur texture et de leur composition chimique, est que les sphérules groenlandais subissent en fait une corrosion microbiologique au sein de leurs cocons de sidérobactéries.

Dans une expérience récente effectuée en collaboration avec le groupe de G. Callot [23], nous avons fait pousser des microcolonies de champignons microscopiques filamentaires, quelque peu similaire aux sidérobactéries groenlandaises, sur de l'olivine et des verres. Ces champignons reproduisent la biocorrosion très particulière observée pour ces sidérobactéries. Or il se pourrait que l'activité biologique puisse se développer dans les eaux souterraines susceptibles d'inonder un site géologique de stockage de déchets radioactifs. Dans ce cas la corrosion microbiologique donnerait une échelle de « durabilité » des matériaux, qui pourrait être très différente de celle déduite de tests dans les eaux bouillantes. C'est pour cette raison que nous développons actuellement avec G. Callot une série d'expériences destinées à mieux préciser les différences entre ces deux types de corrosion distincte, sur plusieurs types de matrice de stockage simulée.

UN PEU DE SCIENCE FICTION

Dans un avenir encore plus lointain ces opérations de collecte pourraient être un sous produit d'une opération spectaculaire de récupération d'eau douce, qui appartient encore au domaine de la science fiction. Le coût élevé d'une telle opération, qui a déjà été évalué, se compare au coût global de l'une des missions spatiales qui a intercepté la queue de la comète de Halley en mars dernier. Cette opération consisterait à prendre en remorquage depuis l'Arctique un iceberg géant, qui serait alors fondu dans un port voisin d'une zone désertique au moyen de l'énergie solaire. Une très grande quantité d'eau très pure serait ainsi libérée, en même temps que quelques grammes de poussière cosmique, que l'on recueillerait d'une manière très douce, et qui contiendraient des millions de grains de toutes tailles. Un problème majeur, qui sera probablement résolu au XXIe siècle puisque certains chercheurs commencent dès à présent à y réfléchir, sera d'apprendre à trier « automatiquement » et très rapidement les particules les plus intéressantes dans ce nombre « infini » de grains.

On peut imaginer, sans vouloir jouer les Jules Vernes, des cortèges de bateaux financés par un fond mondial de solidarité, remorquant des icebergs vers les pays désertiques, qui faute d'une énergie bon marché, ne peuvent désaliniser des quantités suffisantes d'eau de mer. Quand on connait les budgets des programmes spatiaux, on se rend bien compte que le rêve n'est plus question d'argent mais seulement de décision. La « chaîne » d'icebergs aurait le mérite de donner une retombée humanitaire immédiate à une recherche jugée souvent inutile par l'homme de la rue.

CONCLUSIONS

Nous sommes persuadés que l'étude des débris de micrométéorites extraits des sédiments terrestres nous apportera de nouvelles informations étonnantes sur l'histoire primitive du système solaire, et permettra de compléter les nombreuses informations déjà déduites de l'étude des météorites. Cependant les instruments de mesures les plus performants nécessaires à ces études ne peuvent analyser valablement que les « gros » grains de dimensions supérieures à quelques dixièmes de millimètres. Il est donc impératif de sélectionner des méthodes de collecte « géante » permettant d'obtenir ces grosses micrométéorites qui sont très rares, ce qui élimine tous les moyens spatiaux disponibles actuellement.

Même si toute la surface de la Terre est bombardée d'une manière uniforme par la poussière cosmique, il serait vain de la chercher dans les lieux pollués. De plus quand cette poussière n'est pas protégée par congélation elle est vite corrodée par les eaux naturelles (nous avons déjà dit que cet effet constitue l'une des limitations de la collecte marine). C'est donc tout naturellement dans les glaces polaires terrestres ultrapropres, où les grains sont congelés à basse température la plupart du temps, et qui se comportent comme de gigantesque collecteurs, que nous cherchons ces grains qui par une curieuse fatalité viennent de la glace sale cométaire pour retourner à la glace. Comme si cette matière primitive ne pouvait échapper aussi au « fatum » mystérieux du retour à ses origines.

Ce n'est là qu'une parenthèse amusante, peu scientifique. Mais ce qui est indiscutable c'est que la nature nous apporte là une aide très précieuse pour nous permettre de percer le secret de son origine. Il semble que jamais les hommes ne pourront égaler ni le gigantisme, ni la dimension historique, ni le faible coût de ce collecteur naturel. Les avantages extraordinaires d'un collecteur tellement impressionnant, nous font penser qu'il sera toujours utilisé au XXIe siècle, même après le retour sur Terre de glaces cométaires, et qu'à ce moment-là, et pour longtemps encore, les icebergs seront des archivistes de notre passé.

RÉFÉRENCES

[1] HODGE (P.W.). — *Interplanetary dust* (Gordon and Breach, New York, 1981).

[2] MAURETTE (M.) et HAMMER (C.). — Les étoiles filantes, *La Recherche*, 168, 852 (1985).

[3] BROWNLEE (D.E.). — Extraterrestrial Components in deep sea sediments, dans *The Sea*, C. Emiliani, Ed. (Wiley, New York. 1981). — vol. 7, pp. 733-762.

[4] BROWNLEE (D.E.). — Cosmic dust : Collection and Research, *Ann. Rev. Earth Plan. Sci.* 13, 147 (1985).

[5] voir le numéro spécial intitulé « Voyages to Comet Halley : the first results from five space probes », *Nature*, vol. 321 (1986).

[6] WHIPPLE (F.L.). — Icy conglomerate model. A comet model. I : The acceleration of comet Encke, *Astrophys. J.* 11, 275 (1950).

[7] WHIPPLE (F.L.). — Photographic-meteor orbits and their distribution in space, *Astrophys. J.* 59, 201 (1954).

[8] MURRAY (S.) et RENARD (A.F.). — Rept. Sci. Results Voyage H.M.S. Challenger, vol. 3 (Neil and Co, Edinburg. 1891).

[9] BAUER (A.). — *Mission aérienne de reconnaissance au Groénland 1957-1958*, Meddelelser Øm Grønland, Bd. 173, No. 3 (1968).

[10] DE KERVAIN et MERCANTON. — Meddelelser Øm Grønland, Ed. LIX, 250 (1925).

[11] MAURETTE (M.), HAMMER (C.), BROWNLEE (D.E.), REEH (N.) et THOMSEN (H.H.). — Placers of cosmic dust in the blue ice lakes of Greenland, *Science* 233, 869 (1986).

[12] BONTÉ (Ph.), JEHANNO (C.), MAURETTE (M.), ROBIN (E.) et HAMMER (C.). — A gigantic bacterial mining of large micrometeorites on the Greenland ice cap, soumis à *Nature* (1986).

[13] RAISBECK (G.M.) et al. — Properties and Interactions of Interplanetary Dust, (Eds. R.H. Giese et Ph. Lamy, D. Reidel, 1985). — pp. 169-174.

[14] RAISBECK (G.M.), YIOU (F.), BOURLES (D.) et MAURETTE (M.). — ^{10}Be and ^{26}Al in Greenland cosmic spherules; Evidence for irradiation in space as small objects and a probable cometary origin, dans Proc. 49th Annual Meteoritical Society Meeting, paper M-8 (1986).

[15] BONTÉ (Ph.), JEHANNO (C.), MAURETTE (M.) et BROWNLEE (D.E.). — Correlation between microstructure and platinum metals distributions in magnetic deep sea spherules. *J. Geophys. Res.*, sous presse (1986).

[16] CHEVALLIER (P.), JEHANNO (C.), MAURETTE (M.), SUTTON (S.) et WANG (J.). — Trace element analyses of cosmic sphérules from the melt zone of the Greenland ice cap using synchrotron X-Ray fluorescence, ibid.

[17] GRUN (E.), ZOOK (H.A.), FECHTIG (H.) et GIESE (R.H.) *Icarus* 62, 244 (1985).

[18] KISSEL (J.) et al. — A preliminary comparison of Halley dust and meteoritic materials, 49th Annual Meteoritical Society Meeting, New York, September 1986, paper M5 (1986).

[19] KESLER (D.J.) et al. — Examination of returned solar-max surfaces for impacting orbital debris and meteoroids, Lunar Plan. Sci. XVI, 434 (1985).

[20] LAURENCE (M.) et BROWNLEE (D.E.). — The flux of meteoroids and orbital space debris striking satellites in low Earth orbit, *Nature* 323, 136 (1986).

[21] BIBRING (J.P.), BORG (J.), LANGEVIN (Y.), ROCARD (F.) et VASSENT (B.). — The « C.O.M.E.T. » experiment (Collecte en Orbite de Matière Extraterrestre). — Lunar Plan. Sci. XIV, 37 (1983).

[22] DRAN (J.C.), PETIT (J.C.) et BROUSSE (C.). — Mechanism of aqueous dissolution of silicate glasses yielded by fission tracks, *Nature* 319, 485-487, (1986).

[23] CALLOT (G.), MAURETTE (M.), POTTIER (L.) et DUBOIS (A.). — Biocorrosion of amorphous and crystalline silicates. *Nature*, soumis pour publication (1986).

LA VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DE L'ENGLACEMENT DES MERS ARCTIQUES EUROPÉENNES : UNE APPROCHE QUANTITATIVE

par Claude KERGOMARD

Université de Lille I

RÉSUMÉ. — En raison de l'importance du rôle des glaces marines dans les échanges Océan-Atmosphère aux hautes latitudes, l'extension et la concentration de l'englacement sont un élément d'information indispensable au climatologue qui s'intéresse aux climats polaires de l'hémisphère Nord et à leur variabilité.

L'imagerie fournie par les satellites météorologiques à défilement sur orbite polaire permet à divers centres spécialisés de fournir des cartes périodiques de l'englacement, avec une périodicité variant de quelques jours à un mois. Une analyse exhaustive de l'information très riche contenue dans ces collections de cartes nécessite le recours à l'informatique.

Quelques aspects de la variabilité de l'englacement des mers du Groenland et de Barents, dans ses deux composantes spatiale et temporelle, tels qu'ils peuvent être mis en évidence par un fichier informatisé de l'extension des glaces, sont présentés dans cet article.

Mots-clés : Mer du Groenland — Mer de Barents — Glaces de mer — Variabilité climatique.

ABSTRACT. — **Spatial and temporal variability of sea-ice cover in the european marginal seas of the Arctic : a quantitative approach.** *Sea ice cover and concentration are essential data for climatological studies of polar marine areas, because of the leading role of sea ice in Ocean-Atmosphere interactions in high latitudes.*

The imagery of polar orbiting meteorological satellites is now operationnally used in a few specialized services to produce periodical ice charts with monthly to daily periodicity. Exhaustive utilisation of this abundant information requires a quantitative approach and the use of computers.

Some features of the ice cover variability in the Greenland and Barents seas, in both spatial and temporal components, as inferred from a digital data set, are expounded.

Key-words : *Greenland Sea — Barents Sea — Sea ice — Climatical variability.*

Le lien évident qui unit les variations de l'englacement dans les mers périphériques de l'Arctique et les variations du climat a très tôt attiré l'attention des scientifiques. Dès le début de notre siècle, Islandais et Danois se sont attachés à collecter et à analyser toutes les données, historiques et contemporaines, concernant la présence et l'extension des glaces marines sur les côtes islandaises et groenlandaises (Thoroddsen, 1916-17). La longue série d'observations ainsi obtenue, revue et complétée par L. Koch (1945), a contribué à faire connaître les changements climatiques qui ont affecté les hautes latitudes depuis le Moyen-Age et plus particulièrement les deux phénomènes majeurs qu'ont été le « Petit Age Glaciaire » et le réchauffement de la première moitié du XXe siècle. Parallèlement, les travaux de quelques météorologistes (Wiese, 1924) ont montré que l'extension de la banquise n'est pas seulement un indicateur qui reflète passivement les variations du climat, mais aussi un facteur de ces variations dans la mesure où l'existence de la banquise modifie profondément les échanges thermiques entre l'Océan et l'Atmosphère.

Depuis moins de vingt ans, une prise de conscience plus aiguë de l'importance des variations climatiques et l'apparition de la télédétection satellitaire, qui permet un suivi extrêmement précis de l'extension et de la concentration des glaces marines, ont totalement renouvelé ce domaine de la recherche polaire.

I. GLACES MARINES ET CLIMATOLOGIE

1. Les interrelations Climat-Glaces marines :

La connaissance précise de l'extension des glaces marines dans les mers périphériques de l'Arctique constitue un élément d'information indispensable au climatologue qui s'intéresse plus particulièrement aux climats polaires de l'hémisphère Nord et à leur variabilité. La glace de mer est en effet à la fois un indicateur et un facteur très important des échanges qui se produisent dans le système Océan-Atmosphère aux hautes latitudes. Multiples et complexes sont les interactions qui se produisent à l'interface entre l'Océan et l'Atmosphère dans les régions marginales de l'Arctique, celles où l'englacement varie largement d'une saison à l'autre mais aussi d'une

année à l'autre. Schématiquement, ces interactions peuvent être classées en trois grandes catégories :

— les phénomènes radiatifs : la glace de mer, couverte ou non par une couche de neige, se distingue par un albédo beaucoup plus élevé que celui de la mer libre. En période estivale, une part très importante du rayonnement solaire, absorbé à la surface d'une mer libre, se trouve réfléchi vers l'atmosphère ou l'espace. Inversement, la banquise généralement plus froide que l'océan, surtout l'hiver, émet moins de rayonnement infra-rouge que celui-ci en direction de l'atmosphère. C'est donc l'ensemble du bilan radiatif qui se trouve affecté par l'extension et la concentration (proportion de glace et d'eau libre) des glaces marines.

— les phénomènes thermodynamiques : la glace se caractérise par une très faible conductivité thermique. L'existence d'une couche de glace, même relativement mince, limite donc dans une très grande proportion les échanges thermiques entre la mer et l'atmosphère, que ce soit sous forme de chaleur sensible (cession de chaleur de l'océan au contact de l'atmosphère ou inversement) ou de chaleur latente (consommation ou libération de chaleur lors de l'évaporation ou de la condensation). Le gel lui-même ou la fusion de la glace représente également une libération ou une consommation de chaleur latente. L'existence, à l'intérieur des glaces marines, de zones restreintes d'eau libre, chenaux ou polynies, se traduit au contraire, par une intensification des échanges thermodynamiques qui donne lieu à des phénomènes spectaculaires bien connus des familiers de l'Arctique. L'extension comme la concentration de la banquise, en agissant sur les échanges thermiques entre l'océan et l'atmosphère, modifie l'équilibre vertical de cette dernière (inversions thermiques sur la glace, instabilité sur la mer), influe sur la couverture nuageuse (stratus arctiques) et, à une autre échelle, sur la répartition des pressions.

— les phénomènes dynamiques : la couverture de glace des mers polaires est soumise directement à la dynamique de l'atmosphère (gradients de pression et vents qui en résultent), qui agit à la fois sur l'extension et la concentration des glaces. Inversement, l'existence d'une couche de glace, dont la rugosité est plus élevée que celle de la mer libre, intervient sur les vent observés dans les basses couches de l'atmosphère.

A ce tableau, obligatoirement incomplet, des interactions Océan-Glace-Atmosphère, il faudrait ajouter les rapports entre la dynamique horizontale (courants, mais aussi vagues et houle) ou verticale de l'océan et la glace, qui concernent plus précisément les océanographes. Selon le niveau d'échelle, spatiale ou temporelle, qu'il envisage, le climatologue des hautes latitudes sera amené à privilégier tel ou tel aspect des interrelations entre climat et

FIG. 1. — Scène AVHRR du satellite NOAA 7 acquise le 1er juillet 1984 (13 h) par la station de réception de Tromsø (Norvège). Canal 2 (proche infra-rouge).

La très faible nébulosité permet de suivre avec précision la limite des glaces en mer du Groenland et autour de l'archipel du Svalbard. La concentration des glaces souligne l'opposition entre la banquise continue du bassin arctique et les glaces de dérive entraînées dans le courant du Groenland oriental. Une bande nuageuse souligne le trajet des eaux relativement chaudes du courant du Spitsberg occidental.

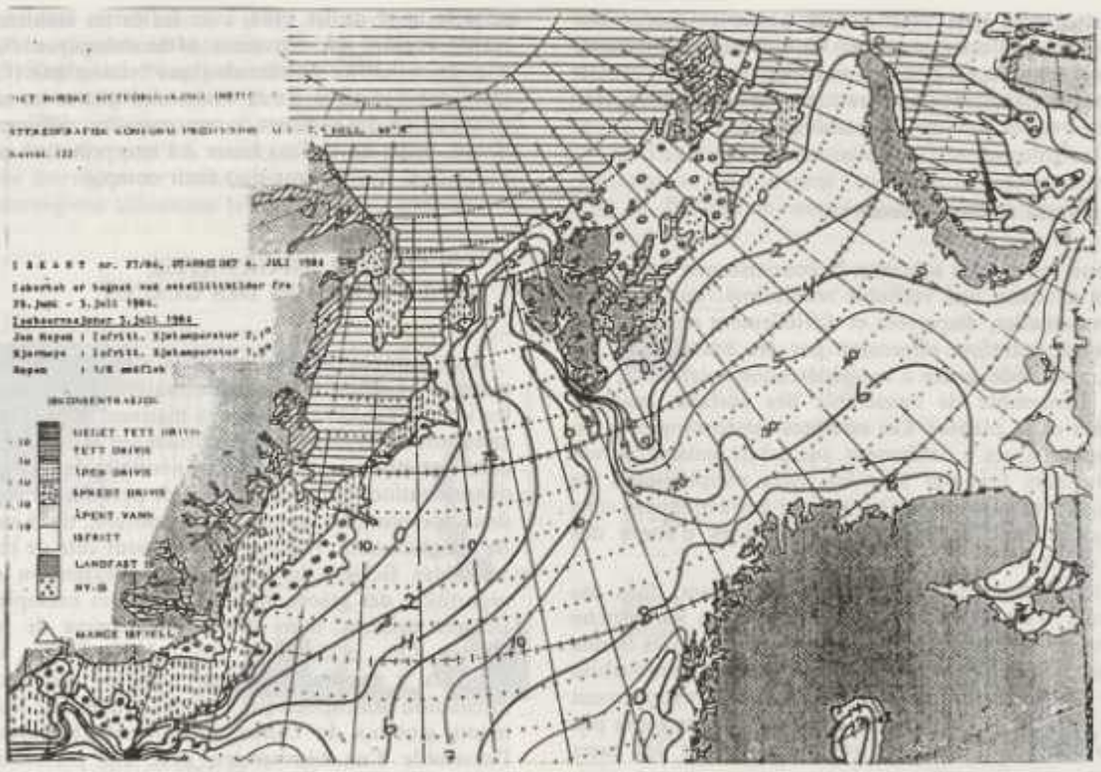


FIG. 2. — Carte de l'englacement du secteur arctique européen produite par l'Institut Météorologique Norvégien le 4 juillet 1984, à partir de l'imagerie satellitaire de la période 29 juin-3 juillet. Elle peut être comparée avec les fig. 1 et 3.

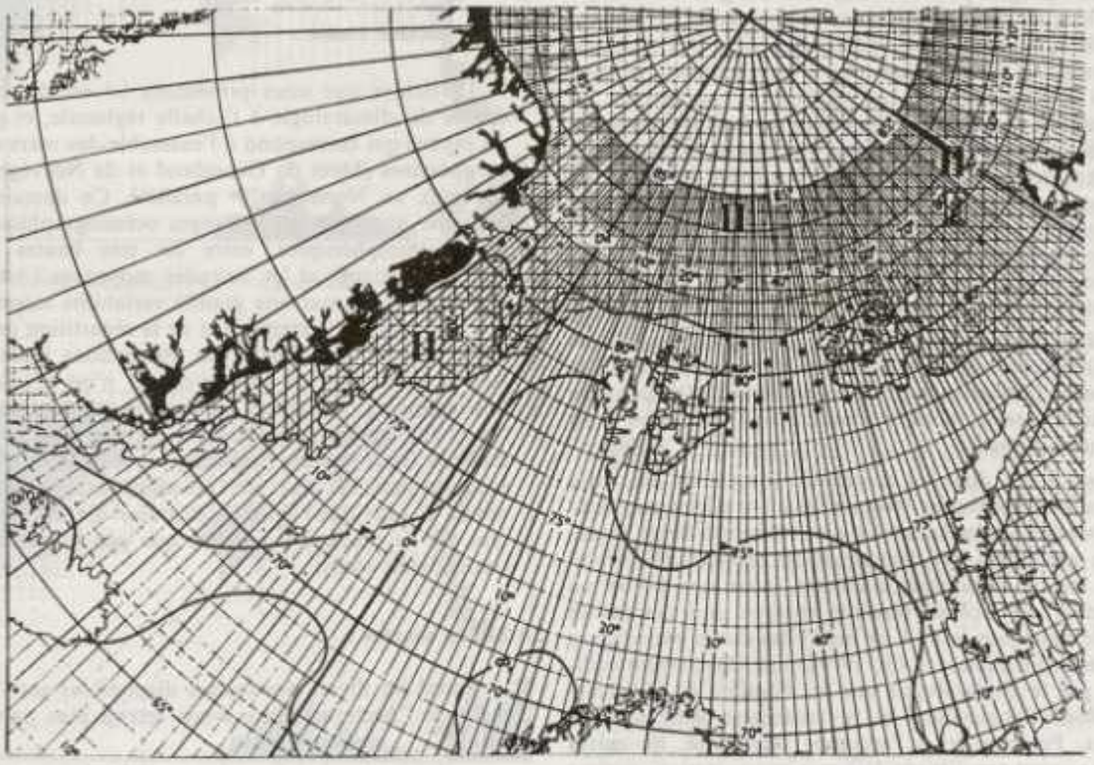


FIG. 3. — L'englacement du secteur arctique européen d'après la carte des glaces pour l'hémisphère Nord et la fin de juin 1984 (Meteorological Office britannique).

glaces marines, sans pour autant pouvoir ignorer leur importance. Collecter et traiter l'information concernant les glaces marines est pour lui aussi légitime que d'utiliser les données classiques (températures, pressions, vents, etc.) fournies par les stations météorologiques.

2. Les moyens de connaissance :

Depuis les années soixante, la connaissance des glaces marines a connu une véritable révolution : aux observations ponctuelles, dispersées et difficilement comparables entre elles autrefois effectuées par les bateaux ou les avions, a succédé, grâce à la télédétection satellitaire, une vision d'ensemble de l'ensemble des surfaces marines englacées de la planète. Les satellites météorologiques ou océanographiques à défilement, sur orbite polaire, survolent plusieurs fois par jour les mers périphériques de l'Arctique; les capteurs embarqués se perfectionnent sans cesse en offrant de nouvelles possibilités d'étude des glaces marines :

— les radiomètres à balayage travaillant dans les longueurs d'onde de la lumière visible ou du proche infra-rouge offrent généralement une bonne ou très bonne résolution spatiale mais sont totalement inutilisables durant la nuit polaire puisqu'ils utilisent le rayonnement solaire réfléchi par la surface; ils sont en outre gênés par la nébulosité qui masque très fréquemment les mers polaires.

— la télédétection utilisant le rayonnement infra-rouge thermique, avec maintenant une résolution comparable à celle du visible résoud le problème de la nuit polaire mais non celui de la nébulosité.

— l'utilisation des micro-ondes passives constitue un très grand progrès pour la télédection des glaces marines : insensibles à la nébulosité, les micro-ondes permettent d'accéder non seulement à l'extension ou à la concentration des glaces mais également à d'autres caractéristiques comme la morphologie de surface et permettent de distinguer la glace polaire ancienne de la glace annuelle. Les radiomètres micro-ondes ont une résolution de l'ordre de 30 km, très inférieure à celle qu'offrent le visible et l'infra-rouge mais qui a permis cependant l'établissement des premiers atlas de l'englacement dans l'Antarctique et la mise en évidence de macro-phénomènes mal connus jusqu'ici comme la polynie récurrente de la Mer de Weddell.

— à l'inverse, la télédétection radar (micro-ondes actives) offre une excellente résolution pour des études de détail mais l'abondance des données fournies sous forme numérique interdit pour le moment une utilisation pour des études globales.

A partir des données de télédétection mais aussi des observations classiques (reconnaissances aériennes, données fournies par les bateaux ou les stations à terre), divers centres spécialisés, qui dépendent des services météorologiques ou de la marine, élaborent, pour une partie ou l'ensemble des océans polaires et avec une périodicité variable (quelques jours à un mois) des cartes périodiques d'englacement (Crane R.G., 1979), plus directement utilisables par le climatologue que les données de télédétection, dont l'acquisition et le traitement sont souvent coûteux. Par rapport à l'imagerie satellitaire, les cartes d'englacement constituent déjà une interprétation, comme telle discutable : la comparaison d'une scène AVHRR du satellite NOAA-7 couvrant la Mer du Groenland (fig. 1) acquise le 1er juillet 1984, avec les cartes établies pour la même région par l'Institut Météorologique Norvégien (fig. 2) et l'Office Météorologique britannique (fig. 3), en témoigne : le tracé de la limite des glaces et surtout la délimitation des secteurs de concentration différente (pack dense, lâche ou diffus) laisse à l'interprétation une large place dont l'utilisateur doit tenir compte.

II. UN FICHIER INFORMATISÉ DE L'EXTENSION DES GLACES

Une simple analyse visuelle des cartes de glaces marines peut fournir une information déjà fort utile sur les interrelations climat-glaces marines. Mais l'utilisation exhaustive de l'information portant sur les glaces marines dans une étude de climatologie, nécessite de recourir à une quantification, qui seule permet de prendre en compte les deux composantes, spatiale et temporelle, de la variabilité de l'englacement. Il est nécessaire pour cela de réaliser de véritables fichiers informatisés de l'extension et de la répartition des glaces marines. Plusieurs exemples de ces fichiers existent, dans divers laboratoires de recherche (Walsh J.E., 1978, Kelly P.M., 1979, Haupt I., 1980). Destinés à la réalisation de modèles généraux de la circulation atmosphérique et à des études sur les changements globaux du climat, ils portent généralement sur l'ensemble d'un hémisphère, avec une périodicité mensuelle. La résolution spatiale correspond à une maille de surface supérieure à 10 000 km² (carrés de largeur égale à 1° de latitude). Cette faible résolution répond parfois également à la nécessité d'intégrer des données anciennes, moins précises que celles que fournissent aujourd'hui les satellites.

1. Le secteur étudié :

Le fichier que nous présentons ici est destiné à des études de climatologie à l'échelle régionale, et porte sur un espace qui correspond à l'ensemble des mers arctiques européennes (Mers du Groenland et de Norvège, mer de Barents), au Nord du 70e parallèle. Ce domaine est le domaine privilégié des échanges océanographiques, mais aussi atmosphériques, entre les très hautes latitudes (Océan Arctique) et les latitudes moyennes (Atlantique). Il se caractérise par une grande variabilité saisonnière et interannuelle de l'extension et de la répartition des glaces, qui reflète la complexité des interactions Océan-Glace-Atmosphère dans ce secteur-clé. Il n'est d'ailleurs pas homogène, et juxtapose un bassin océanique profond (Mers de Norvège et Groenland), traversé par des courants majeurs (courants du Spitsberg occidental et du Groenland oriental), et une mer épicontinentale (Mer de Barents). Il était donc utile de disposer d'un fichier précis, tant par la résolution spatiale que par le pas de temps (répétitivité) choisi.

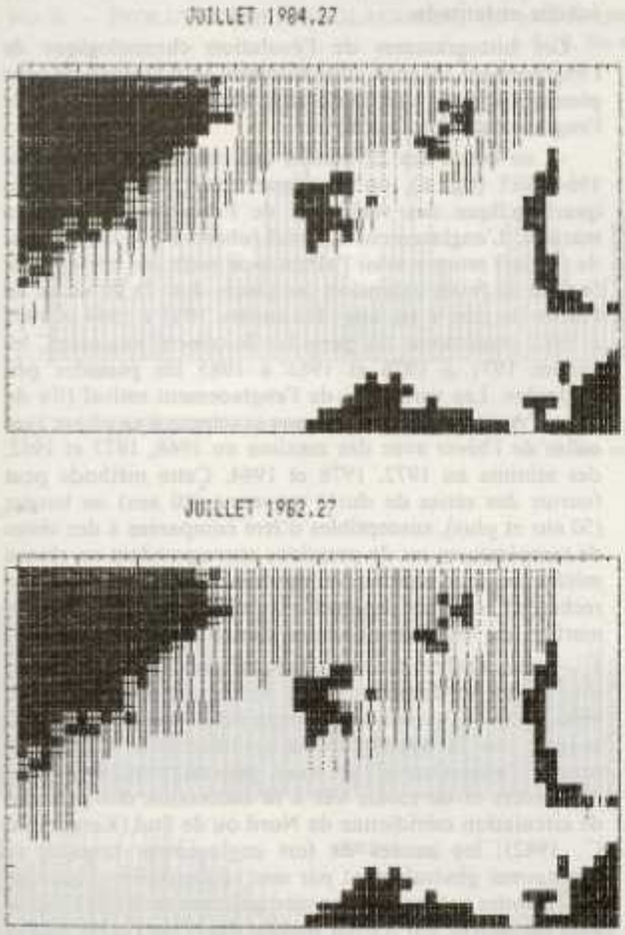
2. Les sources :

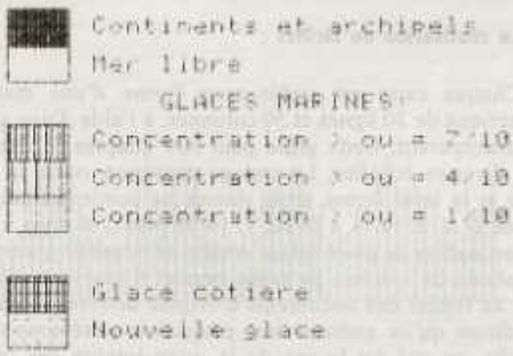
Parmi les divers documents disponibles sur l'englacement de l'Arctique, nous avons retenu plus particulièrement :

— les cartes hebdomadaires élaborées par l'Institut Météorologique Norvégien à Oslo (Det Norske Meteorologiske Institutt). Ces cartes couvrent très précisément

notre domaine de référence : mers du Groenland et de Barents, du Groenland oriental (30°W) à la Nouvelle-Zemble (60°E), au Nord du Cercle Polaire (fig. 2). L'échelle est le 1/10M à 60°N. Par leur périodicité et leur précision (elles utilisent, outre l'imagerie satellitaire, les données fournies par les stations météorologiques de l'Arctique norvégien et celles des nombreux bateaux et avions norvégiens sillonnant la région), ces cartes sont le document de base. Nous avons saisi, pour le moment, l'ensemble des cartes hebdomadaires depuis 1982; le fichier sera continuellement mis à jour. Ces cartes sont désignées par le mois et l'année, suivis du numéro d'ordre de la semaine dans l'année.

— Les cartes mensuelles du Meteorological Office britannique qui couvrent l'ensemble de l'hémisphère Nord (fig. 3). Il s'agit de compilations de documents nombreux





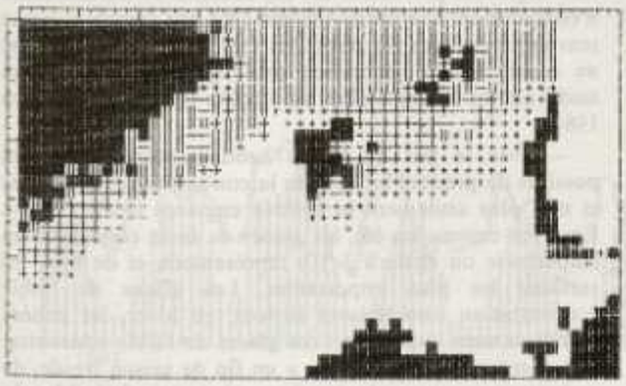
JUILLET 1984.27.Surface englacée par secteur (km2):

	>=7/10	>=4/10	>=1/10
SECTEUR I:	117000	171500	187500
SECTEUR II:	41000	50300	74200
SECTEUR III:	42400	47700	60800
SECTEUR IV:	0	0	0
ENSEMBLE:	200400	269500	342500

JUILLET 1982.27.Surface englacée par secteur (km2):

	>=7/10	>=4/10	>=1/10
SECTEUR I:	166200	183500	183500
SECTEUR II:	72800	98000	109900
SECTEUR III:	91400	131100	139100
SECTEUR IV:	0	2700	2700
ENSEMBLE:	330400	415300	435200

FIG. 4. — Cartes automatiques de l'englacement pour les premières semaines de 1984 et 1982. La carte de juillet 1984 peut être comparée aux figures 1 à 3.



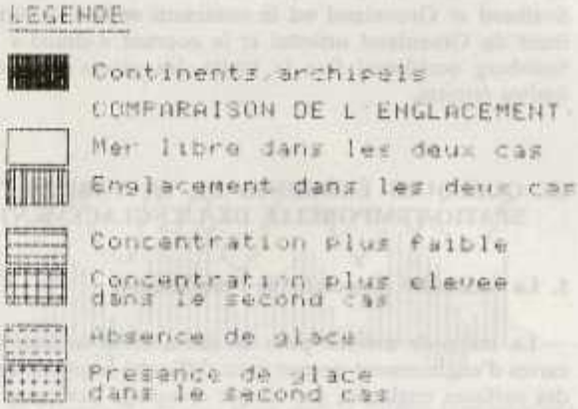


FIG. 5. — Comparaison de l'englacement en juillet 1984 et 1982.

et variés, y compris les cartes élaborées dans d'autres centres (par exemple pour les mers de l'Arctique soviétique). Editées depuis 1960, pour la fin de chaque mois, elles constituent une période de référence de 25 ans. Par contre, leur échelle (1/21,5M à 60°N) nécessite, pour une bonne couverture du secteur arctique européen, de recourir à un agrandissement, ce qui limite la précision.

Il existe parfois des divergences dans l'extension des glaces présentée par l'un et l'autre des documents, surtout dans le cas des très faibles concentrations, qui se rencontrent plus souvent en période estivale.

3. La réalisation du fichier :

Chaque carte est codée sous forme d'une matrice numérique de 30 lignes et 50 colonnes, à l'aide d'une grille sur transparent. Cette grille peut être adaptée facilement aux diverses échelles. Le codage distingue, outre la mer libre et la terre ferme, trois classes de concentration des glaces (1 à 3/10, 4 à 6/10, 7/10 et plus), et deux types remarquables de glace (glace côtière et nouvelle glace). La simplicité du système de saisie permet d'envisager d'intégrer au fichier des documents d'origine diverse, à la seule condition qu'ils utilisent une projection stéréographique polaire, ce qui est le cas de la quasi-totalité des cartes couvrant les régions de haute latitude. C'est là un atout pour une extension future du fichier vers l'amont, de façon à élaborer une série chronologique longue. Signalons par exemple que les observations publiées par l'Institut Météorologique Danois pour ce secteur couvrent la période 1895-1956.

La transcription des données d'englacement sous forme numérique et le stockage sur support magnétique ouvre la voie à un très large éventail de traitements sur micro-ordinateur. Le logiciel de saisie et gestion des données permet tout d'abord une visualisation cartographique et l'impression en deux formats des cartes obtenues (fig. 4). La comparaison de situation constitue la première application évidente du fichier : obtenue par une simple comparaison deux à deux des 1500 données numériques qui résument une carte d'englacement, elle permet de visualiser les différences d'extension et de concentration des glaces (fig. 5). L'exemple des deux situations des premières semaines de juillet 1984 et 1982 illustre clairement l'ampleur de la variabilité interannuelle de l'extension des glaces dans les Mers du Groenland et de Barents; la cartographie comparative oppose nettement les secteurs de forte variabilité (Mer de Barents septentrionale, Sud-Ouest de la mer du Groenland) et le Détroit de Fram entre Svalbard et Groenland ou le contraste entre le courant froid du Groenland oriental et le courant « chaud » du Spitsberg occidental fixe la limite des glaces dans des limites étroites.

III. QUELQUES ÉLÉMENTS DE LA VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DE L'ENGLACEMENT

1. La variabilité temporelle de l'englacement

La méthode utilisée pour la saisie et le codage des cartes d'englacement permet sans difficulté la planimétrie des surfaces englacées par simple comptage des cases de la trame présentant un englacement de concentration supérieure à un seuil donné (fig. 4). La projection stéréographique polaire employée par les documents de base est certes une projection conforme, qui ne conserve pas les surfaces et dont l'échelle est variable selon la latitude. La surface d'un carré élémentaire, dans notre grille de 30 × 50, varie seulement entre 1317 km², à 83°, et 1352 km², à 70°N; l'erreur due à cet écart de moins de 3 % ne justifie sans doute pas, compte tenu de la précision du document original (carte d'englacement) et de l'incertitude supplémentaire introduite par le codage, la mise en œuvre d'une procédure complexe, utilisant la relation entre échelle et latitude.

Les histogrammes de l'évolution chronologique de l'englacement obtenus ainsi montrent tout l'intérêt de cette planimétrie pour une étude de la variabilité temporelle de l'englacement (fig. 6 à 8) :

— au cours des 22 années qui constituent la période 1964-1985 (fig. 6), on distingue ainsi une organisation quasi-cyclique des variations de l'extension des glaces marines. L'englacement hivernal (observé à la fin du mois de février) montre ainsi l'alternance entre des périodes de forte et de faible extension des glaces dont la durée est de l'ordre de cinq à six ans : les années 1965 à 1969 et 1977 à 1982 constituent les périodes fortement englacées, les années 1971 à 1976 et 1983 à 1985 les périodes peu englacées. Les variations de l'englacement estival (fin du mois d'Août) n'apparaissent pas exactement en phase avec celles de l'hiver avec des maxima en 1968, 1977 et 1982, des minima en 1972, 1978 et 1984. Cette méthode peut fournir des séries de durée moyenne (20 ans) ou longue (50 ans et plus), susceptibles d'être comparées à des séries de températures ou de pressions correspondant au réseau météorologique régional ou mondial, dans le cadre d'une recherche sur les interactions entre climat et glaces marines ou les téléconnexions climatiques.

— une analyse plus détaillée, au pas de temps mensuel (fig. 7) ou hebdomadaire (fig. 8) permet de préciser les liens entre la variabilité interannuelle et le rythme saisonnier ou la variabilité intra-saisonnière. En saison froide, l'englacement présente généralement une série d'avancées et de reculs liés à la succession des périodes de circulation méridienne de Nord ou de Sud (Kergomard C., 1982); les années de fort englacement hivernal se distinguent généralement par une succession marquée de ces épisodes successifs avec un maximum tardif de l'extension des glaces qui traduit plus la durée de l'hiver que sa rigueur (hiver 1969); les hivers peu englacés présentent au contraire un maximum précoce (décembre ou janvier) suivi d'une répression spectaculaire de l'englacement (cf. hivers 1972-73 et 1973-74). En saison chaude, les années fort englacées présentent un été court, avec un minimum d'englacement atteint très tôt (été 1968 par exemple) et une réavancée précoce du pack; les étés peu glacés montrent au contraire une régression prolongée et un minimum tardif atteint en septembre ou octobre (étés 1972, 1976 ou 1984).

— avec le pas de temps hebdomadaire, il devient possible de prendre en compte la concentration des glaces et non plus seulement la surface englacée totale (fig. 8). En hiver comme en été, les glaces de forte concentration (supérieure ou égale à 7/10) représentent, et de loin, les surfaces les plus importantes. Les glaces de faible concentration caractérisent surtout, en hiver, les années d'englacement important : ces glaces de faible concentration marquent la « conquête » en fin de saison froide, de secteurs rarement englacés tels que le centre de la Mer du Groenland (au nord de Jan Mayen), et de la Mer de Barents. En été au contraire, l'importance des glaces de

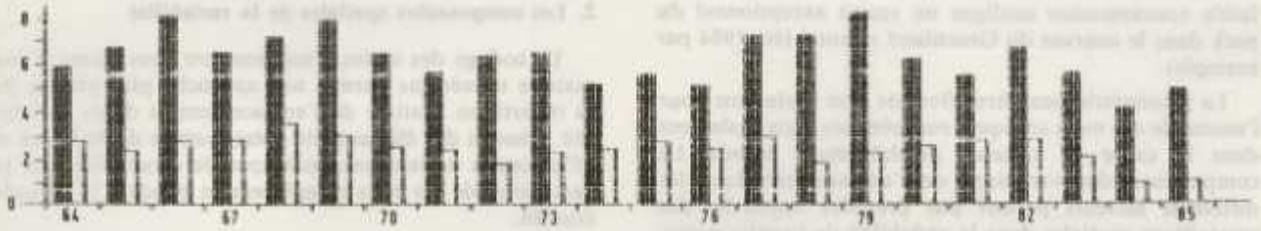


FIG. 6. — ÉVOLUTION DE L'ENGLACEMENT DE 1964 À 1985. Fin des mois de février et août. Concentration supérieure ou égale à 4/10. En milliers de km².

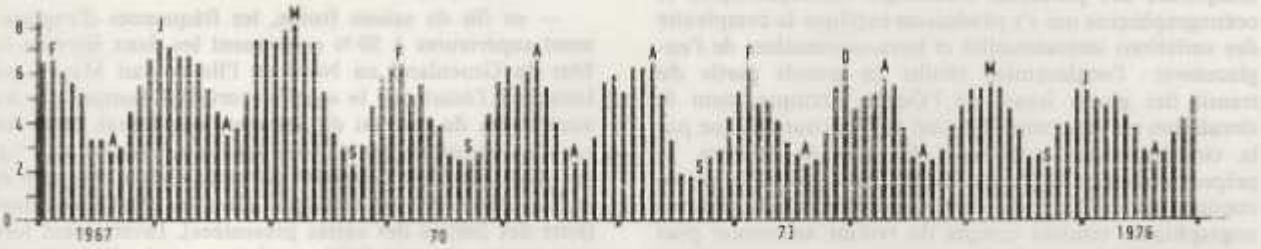


FIG. 7. — ÉVOLUTION MENSUELLE DE L'ENGLACEMENT pendant les années 1967 à 1976. Concentration supérieure ou égale à 4/10. en milliers de km².

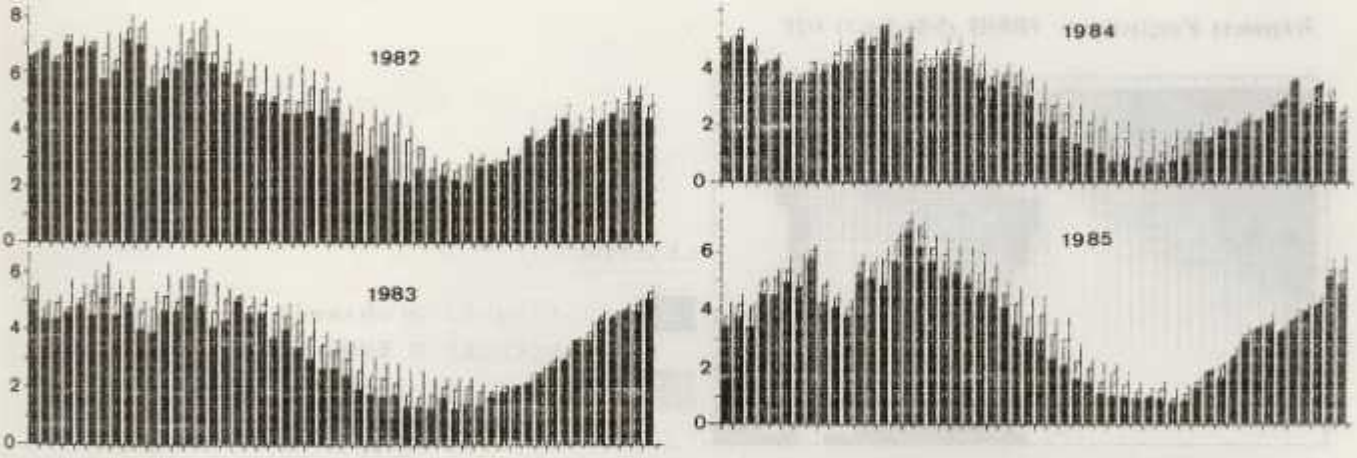


FIG. 8. — ÉVOLUTION HEBDOMADAIRE DE L'ENGLACEMENT de 1982 à 1985. Glaces de concentration supérieure ou égale à 7/10 (colonnes pleines), à 4/10 (colonnes vides, à 1/10 (trait fin). En milliers de km².

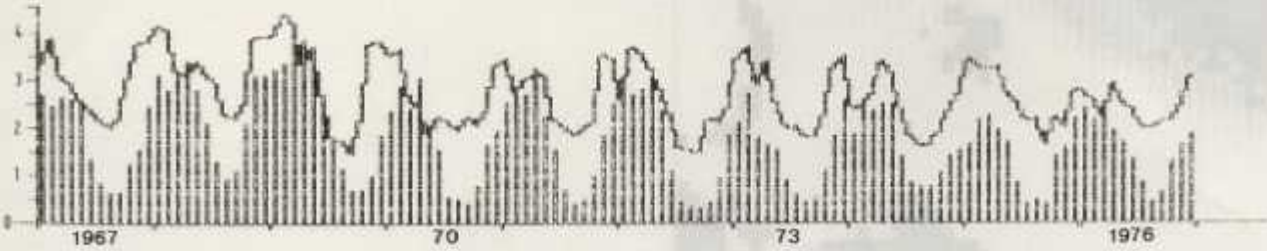


FIG. 9. — ÉVOLUTION COMPARÉE DE L'ENGLACEMENT en mer du Groenland (courbe) et en mer de Barents (histogramme). Années 1967 à 1976. En milliers de km².

faible concentration souligne un retrait exceptionnel du pack dans le courant du Groenland oriental (été 1984 par exemple).

La planimétrie peut être effectuée non seulement pour l'ensemble des mers arctiques européennes mais également dans le cadre de secteurs préalablement définis. La comparaison des variations de l'englacement dans les différents secteurs permet une première approche des oppositions spatiales dans la variabilité de l'englacement, entre la Mer du Groenland et la Mer de Barents par exemple (fig. 9). En mer du Groenland, la limite des glaces apparaît surtout comme le résultat de l'affrontement entre les eaux polaires du Courant du Groenland oriental et des eaux atlantiques du Courant du Spitsberg occidental; la complexité des processus d'échanges atmosphériques et océnographiques qui s'y produisent explique la complexité des variations interannuelles et intra-saisonnières de l'englacement : l'englacement résulte en grande partie du transit des glaces issues de l'Océan Arctique, dont la circulation est commandée autant par les courants que par la circulation atmosphérique. En mer de Barents, la prépondérance de la glace de formation locale, l'influence continentale et l'importance mineure des échanges océanographiques rendent compte du rythme saisonnier plus ample et plus régulier de l'englacement avec un maximum de mars-avril et un minimum de fin août.

2. Les composantes spatiales de la variabilité

Le codage des cartes d'englacement sous forme d'une matrice numérique permet une approche plus précise de la répartition spatiale de l'englacement et de sa variabilité : chacun des éléments de notre matrice de 30 lignes et 50 colonnes devient une unité spatiale caractérisée par la succession de ses états d'englacement pendant la période étudiée.

La plus élémentaire des applications du fichier pour l'analyse spatiale de la variabilité des glaces marines correspond aux cartes de fréquences de l'englacement. Les fréquences d'englacement supérieur ou égal au seuil de concentration de 4/10, pour les fins de février et août constituent la figure 10 :

— en fin de saison froide, les fréquences d'englacement supérieures à 50 % concernent les deux tiers de la Mer du Groenland au Nord de l'île de Jan Mayen, ne laissant à l'écart que le « golfe » oriental marqué par les eaux tièdes du courant du Spitsberg occidental. Dans les cas d'extension maximale (fréquences inférieures à 20 %), les glaces peuvent déborder sur cette région orientale et au Sud de Jan Mayen menaçant alors les côtes islandaises (hors des limites des cartes présentées). Inversement lors des années de très faible englacement, la banquise se limite aux eaux polaires qui circulent sur le plateau

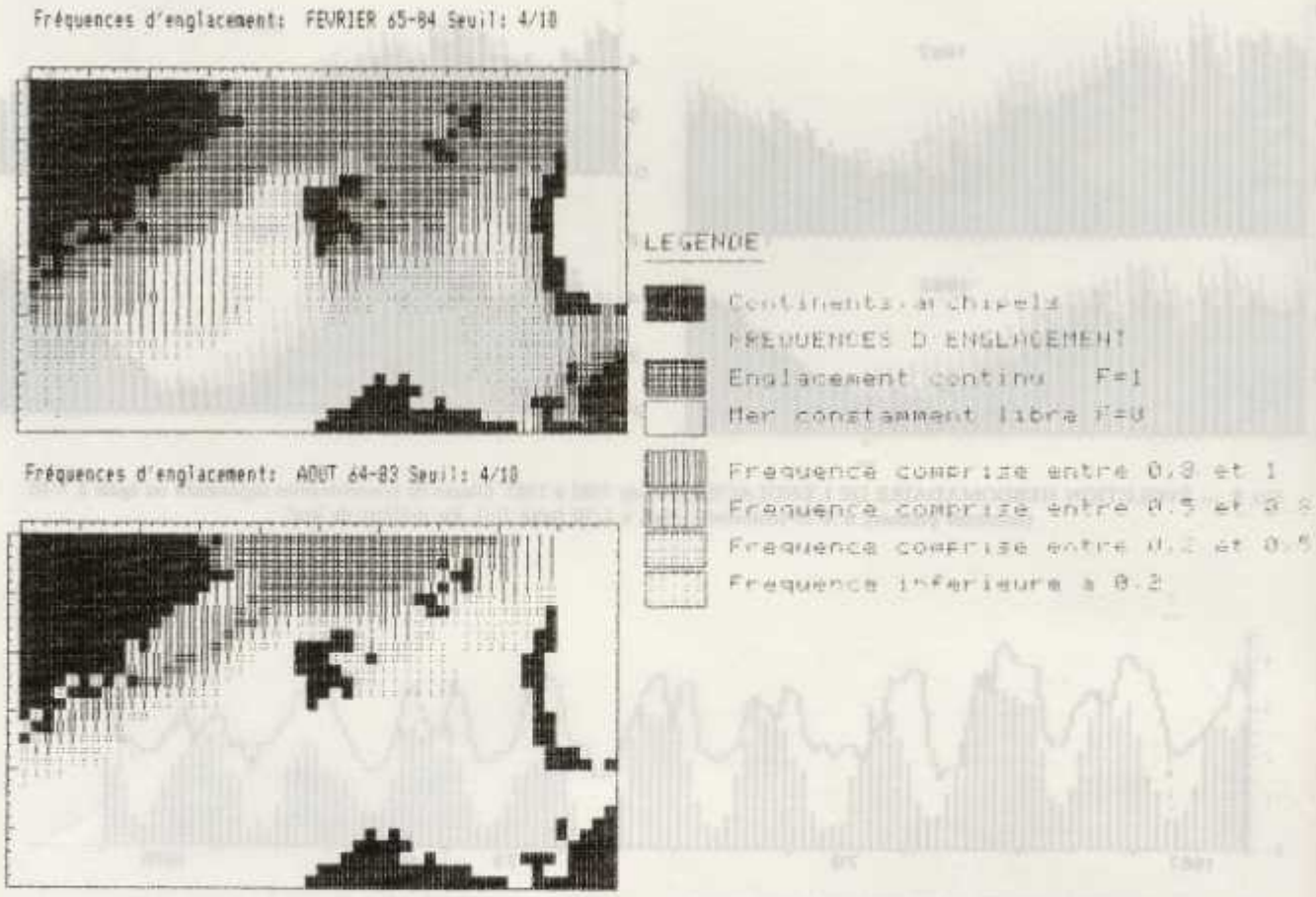


FIG. 10. — Cartes des fréquences de l'englacement de concentration supérieure ou égale à 4/10. Février 1965-84 et août 1964-83.

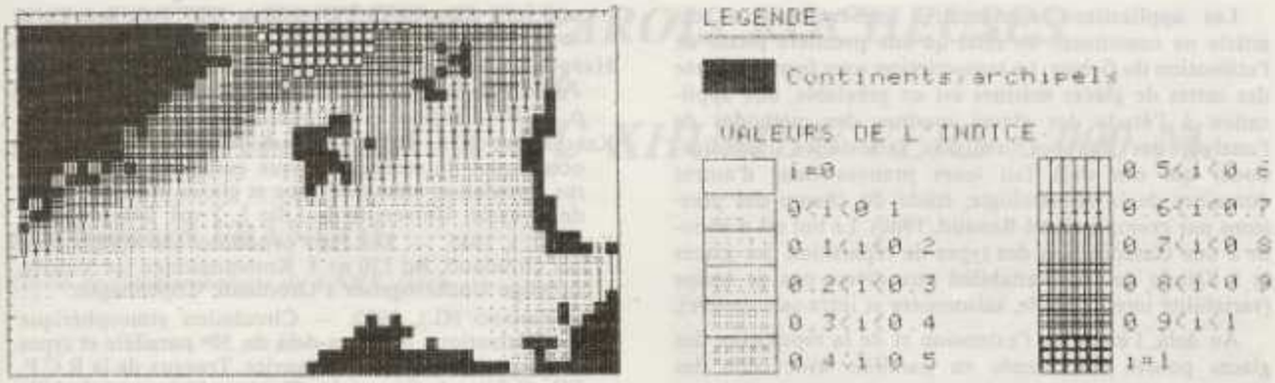


FIG. 11. — Indice total d'englacement prenant en compte tous les types de glaces. Années 1982 à 1985.

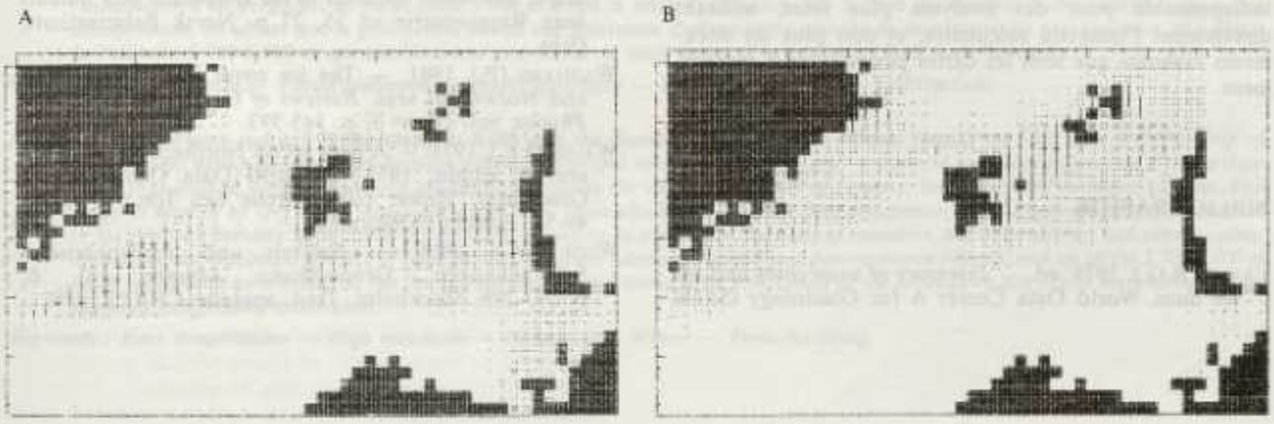


FIG. 12. — Indices de variabilité de l'englacement en saison froide (décembre à mars inclus : A) et en saison chaude (juillet à septembre inclus : B). Période 1982-1985. Voir légende fig. 11.

continental est-groenlandais et abandonne tout le domaine central de la mer du Groenland, vaste tourbillon cyclonique où se mélangent les eaux polaires et atlantiques. En mer de Barents, c'est surtout la région orientale qui connait les écarts les plus remarquables entre l'extension maximale et minimale des glaces; 1 année sur 10 environ, toute la moitié de cette mer située à l'Est du méridien 25°E se trouve envahie par la glace; inversement, dans les cas d'englacement très faible, toutes les côtes occidentales et méridionales de la Nouvelle-Zemble peuvent rester libres.

— en août, le domaine des variations de l'englacement parait plus limité : il est constitué surtout par le courant du Groenland oriental et l'extrême Nord de la mer de Barents entre les archipels du Svalbard et de François-Joseph.

Au-delà des cartes de fréquences qui ne prennent en compte la concentration du champ de glaces que sous forme d'un seuil qui définit la limite entre présence et absence de glaces, il est possible de calculer divers indices qui expriment des aspects plus particuliers de la répartition des glaces et sa variabilité, et pondèrent l'englacement en fonction de la concentration (fig. 11 et 12) :

— l'indice total d'englacement, calculé pour la période 1982-1985 (fig. 11) synthétise les cartes mensuelles de fréquences en opposant très nettement, en particulier en mer du Groenland, la zone du courant froid où les glaces persistent durant la quasi-totalité de l'année (indice supérieur à 0,8) et celle où l'englacement n'est qu'épisodique (indice inférieur à 0,4); le domaine de transition est très limité. En mer de Barents, les valeurs de l'indice se disposent de façon plus zonale, avec une décroissance plus régulière. La cartographie de cet indice fait également apparaitre certains traits caractéristiques de la répartition des glaces tels que les polynies côtières récurrentes qui prennent place le long des côtes groenlandaises au Sud de la presqu'île de Nordostrundingen, ou aux abords de l'archipel François-Joseph, ou la situation particulière de la côte Nord du Svalbard, fréquemment soumise, été comme hiver à l'extension du courant relativement chaud qui longe le Spitsberg occidental.

— les indices de variabilité de l'englacement (fig. 12) en saison froide (décembre à mars) ou chaude (juillet à septembre) soulignent le domaine balayé par les fluctuations de la limite des glaces; ce sont, en hiver, le cœur de la mer du Groenland et une bande médiane traversant d'Ouest en Est la mer de Barents et, en été, la zone complète entre les archipels du Svalbard et de François-Joseph.

De tels indices peuvent être multipliés et combinés pour analyser de façon détaillée la répartition spatiale de l'englacement et de sa variabilité.

Les applications élémentaires présentées dans cet article ne constituent en effet qu'une première phase de l'utilisation du fichier. La transcription sous forme chiffrée des cartes de glaces marines est un préalable, une application à l'étude des glaces marines des méthodes de l'analyse des données (analyses factorielles, classifications) qui ont déjà fait leurs preuves dans d'autres domaines de la climatologie, étude du champ des pressions par exemple (Petit-Renaud, 1980). Le but est d'aboutir à une classification des types de répartition des glaces et à l'étude de leur variabilité aux divers pas de temps (variabilité interannuelle, saisonnière et intra-saisonnière).

Au delà, l'étude de l'extension et de la répartition des glaces pourra être menée en parallèle avec celle des éléments météorologiques (pressions et vents, températures) ou océanographiques (températures de surface de la mer et courants), de façon à approcher empiriquement la complexité des interactions Océan-Glace-Atmosphère.

Un tel fichier constitue enfin une base de référence indispensable pour des analyses plus fines, utilisant directement l'imagerie satellitaire, et non plus les documents élaborés que sont les cartes périodiques d'englacement.

BIBLIOGRAPHIE

CRANE (R.G.), 1979, ed. — *Inventory of snow cover and sea ice data*. World Data Center A for Glaciology (Snow and Ice), *Report GD-7*, Décembre 1979. Boulder (Colorado).

HAPT (I.), 1980. — *Study of Sea-Ice distribution in the North Polar regions*. WDC-A for Glaciology, Report GD-11, p. 97-102. Boulder (Colorado).

KERGOMARD (C.), 1982. — Recherches sur les climats océaniques du secteur arctique européen : températures, circulation atmosphérique et glaces marines. Thèse de 3e cycle, Université de Lille I, 2 vol. 243 + 106 p.

KOCH (L.), 1945. — *The East Greenland ice*. Meddelelser om Grönland, Bd 130 n° 3. Kommissionen for Videnskabelige Undersögelser i Grönland. Copenhague.

PETIT-RENAUD (G.), 1980. — Circulation atmosphérique sur l'Atlantique Nord au-delà du 50e parallèle et types de temps à Jan Mayen en janvier. Travaux de la R.C.P. 591, *Cahiers de Géographie Physique*, Université de Lille I, p. 91-150.

THORODDSEN (Th.), 1916/17. — *Arferdi à Islandi i thùsund àr*. Hinu islenzka fraedafjelagi. Copenhague.

VINJE (T.E.), 1984. — *Frequency distribution of sea ice, ridges and water openings in the Greenland and Barents seas*. Rapportserie n° 15, 27 p. Norsk Polarinstitutt, Oslo.

WADHAMS (P.), 1981. — The ice cover in the Greenland and Norwegian seas. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, vol. 19, n° 3, p. 345-393.

WALSH (J.E.), 1978. — A data set on Northern Hemisphere sea ice extent, 1953-76. World Data Center A for Glaciology, *Report GD-2*, Arctic Sea Ice, vol. 2, p. 49-51. Boulder (Colorado).

WIESE (W.), 1924. — Polareis und atmosphärische Schwankungen. *Geographiska Annaler*, vol. 6, p. 273-299. Stockholm. Trad. anglaise CRREL 1981.

TEMPÉRATURES DE PAROIS ROCHEUSES MESURÉES EN HIVER DANS L'HIMALAYA DU KHUMBU VERS 6 000 M.

par Bernard FRANCOU

Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen

RÉSUMÉ. — A 5 400 m, le passage de la période de post-mousson à l'hiver est marqué par une plongée de 6 à 8°C des températures. Seules les parois sud continuent à subir des cycles de gel-dégel au moins en surface. Les chutes de pierres sont actives encore juste avant le minimum thermique de janvier, mais elles sont limitées aux hautes surfaces enneigées. Le cœur de l'hiver est marqué par des vents violents, un manteau neigeux de très faible épaisseur qui, avec le niveau constamment bas des températures, facilite l'installation d'un pergélisol en paroi entre 5 000 et 6 000 m selon l'exposition. Sur la base des mesures et des observations et par extrapolation, on admet que la gélifraction atteint son maximum d'efficacité en période de mousson et de post-mousson, et à partir de l'altitude 5 700-5 800 m qui semble avoir une valeur de seuil pour les versants sud à est dans la région.

Mots-clés : Températures — Parois rocheuses — Haute montagne — Himalaya — Hiver — Gélifraction.

ABSTRACT. — **Winter rockwall temperatures at 6 000 m in the Everest region (Khumbu Himal, Nepal).** *At 5400 m, a 6°C-8°C drop of temperatures marks the transition between post-monsoon and winter periods. So, only southward rockfaces experience a freeze-thaw activity, at least in surface. Rockfalls are active just before the thermic minimum of January, but are limited to snowy surfaces. Full winter is marked by very strong winds and a thin snow cover which allows a deep frost penetration and the maintenance of permafrost in the rockwall between up to 5 000 and 6 000 m, according to aspect. On the basis of measures and observations, and extrapolating, we assume the maximum efficacy of frost shattering occurs : during monsoon and post-monsoon periods, and up to the 5 700-5 800 m limit, which both corresponds to the firn line of glaciers and seems to be a threshold of the breakdown activity in the southward and eastward rockfaces of this region.*

Key-words : *Rock temperatures — High mountain — Himalaya — Winter — Frost-shattering.*

INTRODUCTION

Les régimes thermiques du massif rocheux en haute montagne sont encore peu connus et ont fait l'objet d'études très ponctuelles. Il est pourtant de première importance pour la géomorphologie périglaciaire de recueillir des données dans ces secteurs par définition peu accessibles, et cela pour deux raisons :

1. fournir des données de base pour établir des protocoles expérimentaux reproduisant des conditions de gel proches de celles observées dans le milieu naturel et fixer ainsi le cadre d'une étude en laboratoire de la gélivité de roches dont on a préalablement déterminé les caractéristiques physiques;

2. chercher à connaître l'origine des seuils altimétriques de fragmentation du matériel rocheux que l'on peut mettre en évidence en haute montagne en étudiant l'activité des talus d'éboulis et celle des chutes de pierres en paroi.

C'est la seule façon d'apprécier réellement l'importance de paramètres tels que la fréquence du gel, son intensité et la profondeur atteinte par le front de gel, sa durée et le rôle du gel permanent sur la vitesse de fourniture du matériel rocheux. A condition toutefois que l'étude des températures soit couplée avec celle des conditions d'humectation du matériau, ce qui suppose des observations et des mesures suivies sur des années entières.

Or, jusqu'à présent, les saisies de données en montagne ont été ponctuelles et limitées à quelques jours, que ce soient celles de Thorn (1979, 1980, 1982) dans les Rocheuses du Colorado vers 3 300 m., de Whalley (1984) dans le Karakorum, de Dronia (1978) dans l'Himalaya oriental. Dans les Andes du Pérou, une tentative a été faite pour mesurer les températures en différentes saisons entre 5 200 m et 5 500 m, ce qui a permis de mettre en évidence le passage d'un gel pelliculaire à un pergélisol entre ces deux altitudes (Francou, 1988); tandis que dans les Alpes, des dispositifs de collectes plus complets ont été mis en place pour un suivi pluriannuel (Coutard et Francou, sous presse).

Pour le secteur de l'Everest (Qomolangma), l'étude du gel dans les sols a été entamée côté népalais par Müller (1958), puis poursuivi par les missions japonaises qui ont situé la limite altimétrique du pergélisol, mesuré pendant l'année les températures entre 4 400 m et 5 400 m dans le sol et commencé à inventorier les formes cryogéniques (Fujii et Higuchi, 1976; Iwata, 1976; Iwata, 1978); côté chinois, l'inventaire des formes périglaciaires en fonction de l'altitude progresse avec les études chinoises (Cui Zhi-jiu, 1981 et 1982) et allemandes (Kuhle, 1985).

On présentera ici les données que nous avons recueillies dans des parois en hiver au cours d'une tentative d'ascension de l'Everest par l'arête Ouest pendant deux mois, comme contribution à une discussion plus générale sur l'importance de la gélifraction en haute montagne.

MÉTHODES ET SITES RETENUS.

Un enregistreur *Grant* à neuf sondes a été installé au Camp de base de l'Everest à 5 400 m sur le glacier de Khumbu (fig. I) à proximité d'un gros bloc erratique de 25 m³. Sur ce bloc massif, constitué d'un granite leucocrate peu poreux (porosité mesurée sur échantillon de 0,97 %), on dispose 5 sondes, 3 sur la face sud à 150 cm du sol (dont une en surface, deux dans des trous forés à 0,5 cm et 3.0 cm) et 2 sur la face nord (une en surface, l'autre à 3,0 cm de profondeur dans un trou foré) à la même hauteur du sol. Le contact thermique avec le rocher a été assuré grâce à un mélange de poudre d'aluminium et de graisse et les sondes de surface étaient recouvertes d'une résine transparente mélangée avec de la poudre de la roche.

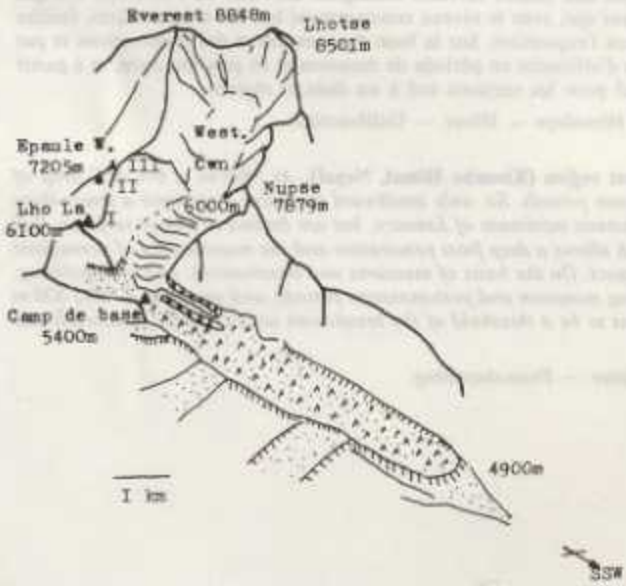


FIG. 1. — Schéma du glacier de Khumbu et du versant Ouest de l'Everest.

Une sonde a été placée dans un abri à 150 cm du sol, une autre sous l'abri au contact du sol (ici 15 cm de cailloux avec un peu de sable recouvrant directement une glace pure), sous un écran.

Les deux dernières ont été placées dans un cube de basalte gris foncé de 7 cm de côté noyé dans un bloc de polystyrène de 20 cm X 12 cm, seule face du cube affleurant : une sonde était en surface du cube, l'autre dans un trou foré à 5 cm de la surface avec des contacts thermiques toujours assurés de la même manière. L'avantage de ce système inspiré de Whalley (1984) est de présenter un matériau de haute conductivité thermique et de minimiser l'influence du substrat.

Les températures ont été saisies à raison d'une mesure toutes les heures du 25 novembre 1984 au 30 janvier 1985 et leur degré de précision est un peu supérieur à 0,5 °C.

Une station mobile constituée d'un enregistreur *GRANT* de type *SQUIRREL* à mémoire statique avec 2 sondes placées dans un cube de basalte suivant la même disposition que dans le premier bloc, et une dans un petit abri devait enregistrer, selon le même pas horaire, des températures de façon permanente d'abord au Lho-La (6 100 m), puis aux camps supérieurs à 7 100 m; malheureusement, une défaillance de la mémoire par suite d'une panne d'alimentation a effacé 2 000 données : seules celles correspondant aux journées des 28 et 29 décembre ont pu être préservées pour donner une idée très partielle, des gradients existant au sol à pareille altitude en hiver.

Des observations annexes portant chaque jour sur la nébulosité, le vent, les précipitations neigeuses, les chutes de pierres et l'ablation de la neige ont complété les enregistrements.

Avant de présenter les résultats, il importe de donner quelques précisions sur le régime du temps hivernal dans le Khumbu tel qu'on peut le définir à partir des recherches japonaises récentes.

SINGULARITÉ DE LA SAISON HIVERNALE DANS LE KHUMBU

1. Températures et précipitations (fig. 2)

La station météorologique de Lhajung (27°53 N., 86°50 E) à 4 420 m laisse bien apparaître le caractère contrasté du climat en deux saisons (Inoué, 1976, Yasunari, 1976) :

— *un régime de mousson* établi entre juin et septembre qui concentre 70 à 80 % des précipitations totales (409 mm en 1973 tombés en 103 jours). Les minimums thermiques moyens sont alors positifs jusqu'à plus de 5 000 m et ce n'est que vers 5 700 m que toutes les précipitations tombent sous forme solide; en pleine période de mousson, la fusion de la neige et des cycles de gel-dégel peuvent se produire jusqu'à proximité même du sommet de l'Everest comme cela a été rapporté par les membres de l'expédition chinoise de mai 1975 (Cui Zhi-jiu, communication personnelle) et par Messner (1983) en août 1980.

— *un régime de saison sèche* où la température moyenne est négative dès 4 400 m. L'hiver arrive vers la mi-décembre lorsque le *jet stream sub-tropical* s'installe sur le sud de l'Himalaya au niveau 500 mb. Les maximums thermiques moyens sont négatifs à 4 400 m au cœur de l'hiver en janvier et février; plus haut, à 5 400 m, en extrapolant les données de Lhajung avec un gradient thermique évalué à 0,65°/100 m en décembre à l'air libre (Yasune et Nakajima, 1978), la moyenne thermique doit se situer autour de — 12°C pendant les trois mois d'hiver.

Ces basses températures sont dues en partie à une valeur réduite de l'insolation (moins de 1,0 ly/min en janvier contre plus de 1,6 ly/min pour le maximum de mai), mais elles s'accompagnent de fortes amplitudes diurnes, supérieures à 12 °C (alors qu'elles atteignent 4 à 6 °C en été avec la forte nébulosité) : il faut dire que l'humidité de l'air est alors le 1/5 de ce qu'elle est en moyenne pendant la mousson (1).

Des précipitations se produisent pendant la saison hivernale mais sont de faible intensité, surtout à haute altitude; elles sont liées à des dépressions d'W dans le jet. Une forte nébulosité de haute et de basse altitudes s'installe alors pour plusieurs jours. L'hiver est enfin marqué par des vents de secteur W dominant assez

(1) 1 langley (ly) = 1 cal/cm².

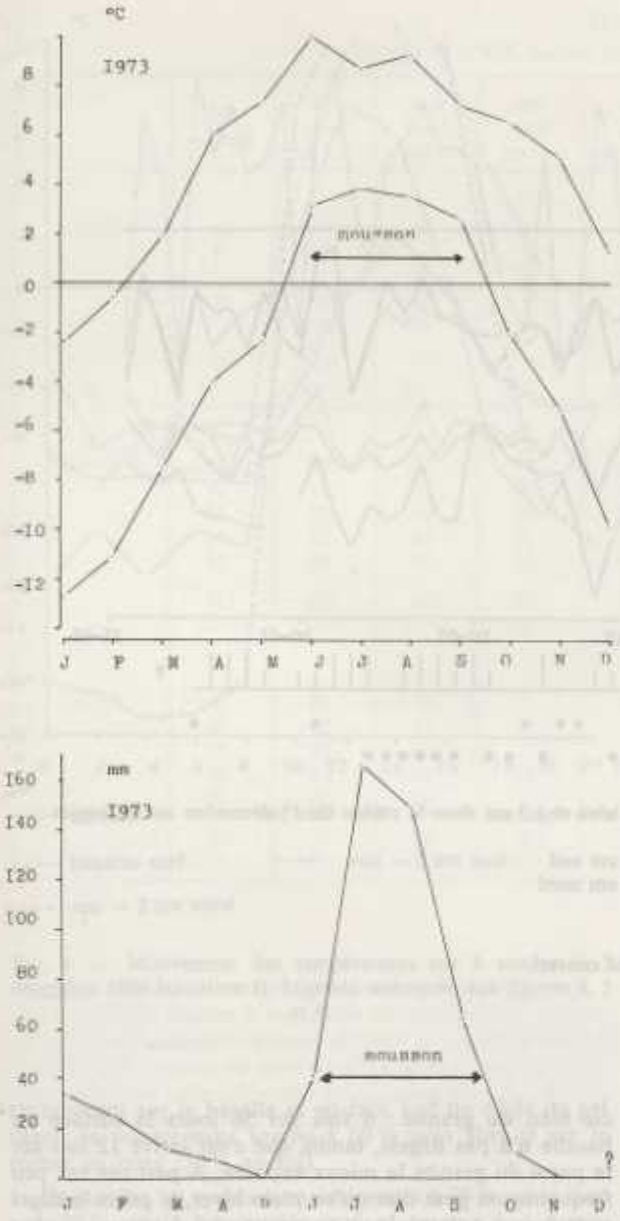


FIG. 2. — Moyennes mensuelles des maximums et des minimums thermiques et totaux pluviométriques à Lhajung (4 420 m) en 1973. D'après Inoué (1976).

constants et très violents en altitude (les 200 km/h sont régulièrement dépassés au-dessus de 6 000 m); ils n'ont pas ces caractères en vallée où l'on peut quand même enregistrer des bourrasques violentes qui sont les résultantes des grands vents d'altitude, parfois de direction opposée. C'est le vent qui est responsable en hiver (par déflation et sublimation) de l'ablation de la neige, la limite des neiges permanentes remontant progressivement vers 5 600/6 000 m vers la fin de l'hiver.

Celle-ci intervient en mars lorsque le déplacement du jet vers le nord du Tibet et la reconstitution de l'anticyclone tibétain permettent aux échanges zonaux de s'établir, situation qui prélude à l'arrivée de la mousson.

2. L'engel des sols

En données annuelles, à 4 400 m, le gélisol est présent 120 jours à 20 cm., de 55 jours à 100 cm (Fujii et Higuchi, 1976), et ce, grâce à la constance du froid hivernal dans l'air et à la modicité du manteau neigeux; aussi le permafrost apparaît-il, à l'état discontinu, à partir de 5 000 m. Il est attesté par les fortes valeurs des gradients thermiques du sol au dessus de 4 900 m (0,98°C pour 100 m) et l'apparition de formes actives spécifiques (grands polygones, glaciers rocheux) (Iwata, 1976). Cette limite coïncide ici avec l'isotherme — 3°C. Elle est placée par Kulhe (1985) à 5 100 m côté tibétain.

C'est dans ce contexte qu'il convient d'analyser nos données recueillies en 1984-85.

LES RÉSULTATS

Pour faciliter l'interprétation des données recueillies, on a convenu de conduire l'analyse à partir de situations-types.

Mais pour introduire la durée, on présente en figure 3 l'évolution des températures maximales et minimales journalières enregistrées sous abri et à 3 cm de profondeur pendant 56 jours sur les deux faces du bloc.

On observe clairement à partir du 20 décembre *la fin du régime de post-mousson* et le début de l'hiver, avec des températures constamment négatives dans l'air par la suite.

On distinguera donc *une situation I*, de beau temps sec caractéristique de période de post-mousson, comme la première décade de décembre; *une situation II*, de beau temps froid de plein hiver comme autour du 17 janvier et une *situation III* marquée par une très forte nébulosité et des précipitations neigeuses, comme pendant le changement d'année.

1. Les variations aux sondes en fonction des situations :

— *en période de beau temps de post-mousson* (le 5-XII, fig. 4), les maximums positifs sur toutes les sondes permettent des amplitudes quotidiennes de plus de 17°C et de 19°C dans l'air et sur les faces du bloc, dépassant même 27°C sur le basalte en surface (2).

A noter que les facettes nord « dégèlent » encore en cette période.

— *dans les belles périodes de plein hiver* (le 17-1, fig. 5), les températures nocturnes tombent de 5° à 7°C par rapport aux précédentes. Les amplitudes demeurent importantes sur les parois exposées au soleil (23-26°C) mais s'effondrent dans l'air et sur les faces nord (moins de 10° à 5°); au nord se maintiennent des maximums moyens négatifs (de l'ordre de — 5°C) qui permettent la pénétration profonde dans le rocher d'une onde négative.

Par contre, au sud, les parois restent assurées d'un dégel fréquent, sur une épaisseur difficile à déterminer (la

(2) Du fait de la gamme de mesures autorisées par l'appareil (— 50°C/ + 10°C), on n'a pu sur cette thermosonde enregistrer des températures supérieures à 10°C. Beaucoup de maximums affichant cette valeur donc sous-estimés.

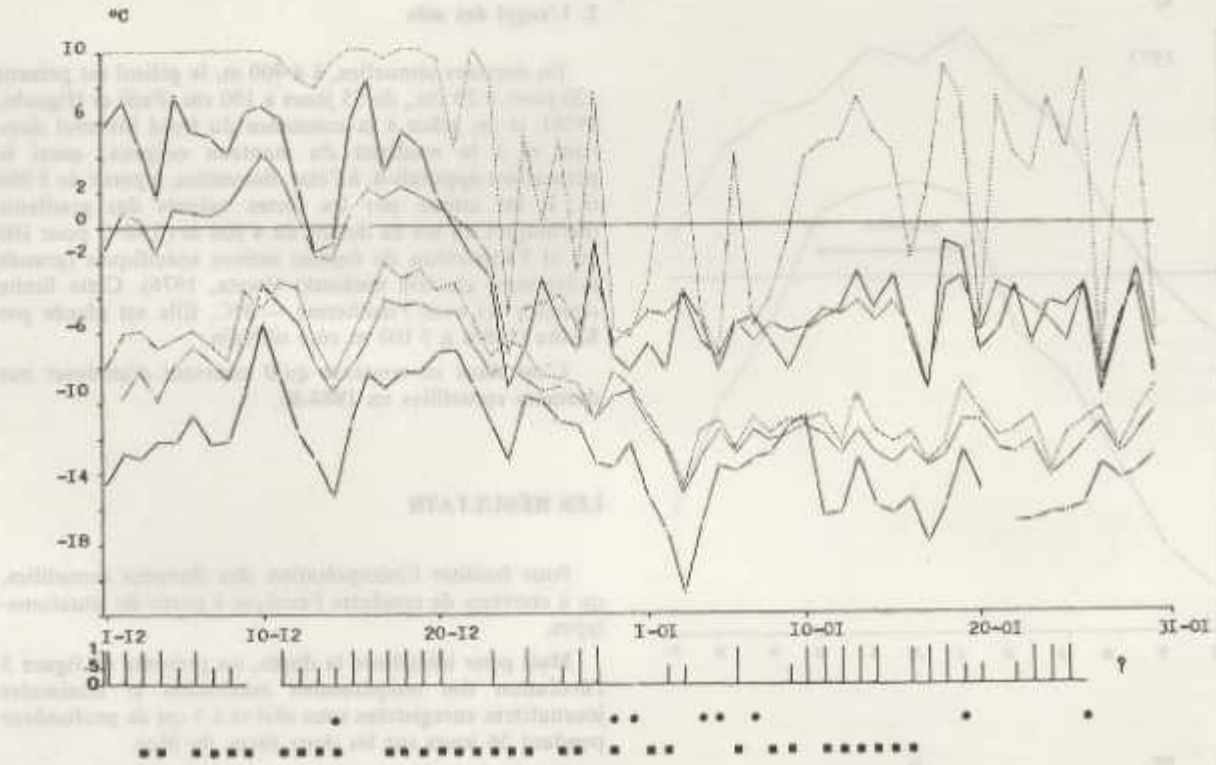


Fig. 3. — Evolution du maximum et du minimum journalier sous abri et à 3 cm dans le rocher du 1er décembre au 30 janvier :

——— abri
..... rocher — 3 cm sud
——— rocher — 3 cm nord

Evolution de l'état du ciel :

0 — couvert
0.5 — partiellement couvert
1 — clair

● Journées marquées par une chute de neige au camp de base
■ Journées ventées au camp de base

baisse des maximums y est de l'ordre de 1.3°C par centimètre entre la surface et 3 cm).

— *en période perturbée*, la neige peut tomber vers 6 000 m et au-dessus : cela a été le cas 8 jours sur 56, pour une épaisseur cumulée atteinte de 30 cm (ce qui fait une moyenne de 4 cm par chute) à 5 400 m.

Pendant ces journées (fig. 6), les amplitudes sont réduites, même en face sud sur le bloc où les températures restent négatives. Seul, le basalte continue à enregistrer des températures positives, même à − 5 cm, ce qui le différencie bien du granite : 6 fois sur 56 jours la surface du basalte n'a pas dégelé, tandis que c'est arrivé 12 fois sur la paroi du granite la mieux exposée. A part ces cas peu fréquents, on peut dire qu'en plein hiver, le gel et le dégel restent encore la règle en versant sud à 5 400 m.

2. Les cycles de gel-dégel (tableau I)

L'utilisation de toutes les données des deux mois confirme cette remarque : en décembre, 90 % des journées

Tableau I

Nombre de cycles de gel-dégel aux 9 sondes de la station KH I (5 400 m).

	Abri	Bloc basalte surface	Bloc basalte − 5 cm	Roc Sud surface	Roc Sud − 1.5 cm	Roc Sud − 3 cm	Roc Nord surface	Roc Nord − 3 cm	Sol surface
Décembre n = 29	18	27	27	26	26	26	18	17	20
Janvier n = 28	00	25	25	22	20	20	00	00	06
Total	18	52	52	48	46	46	18	17	26

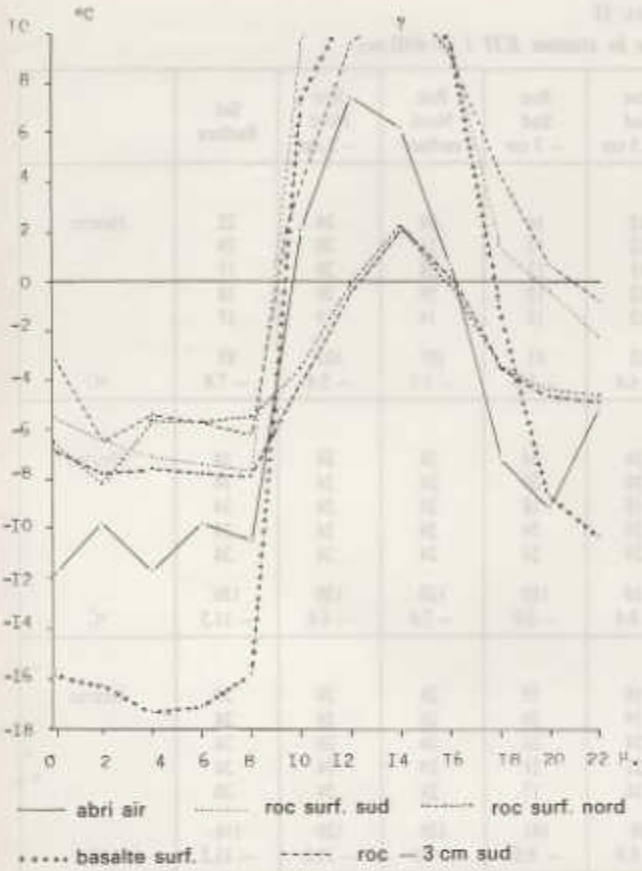


FIG. 4. — Mouvement des températures sur 6 sondes le 5 décembre 1984 (situation I). Légende commune aux figures 4, 5 et 6.

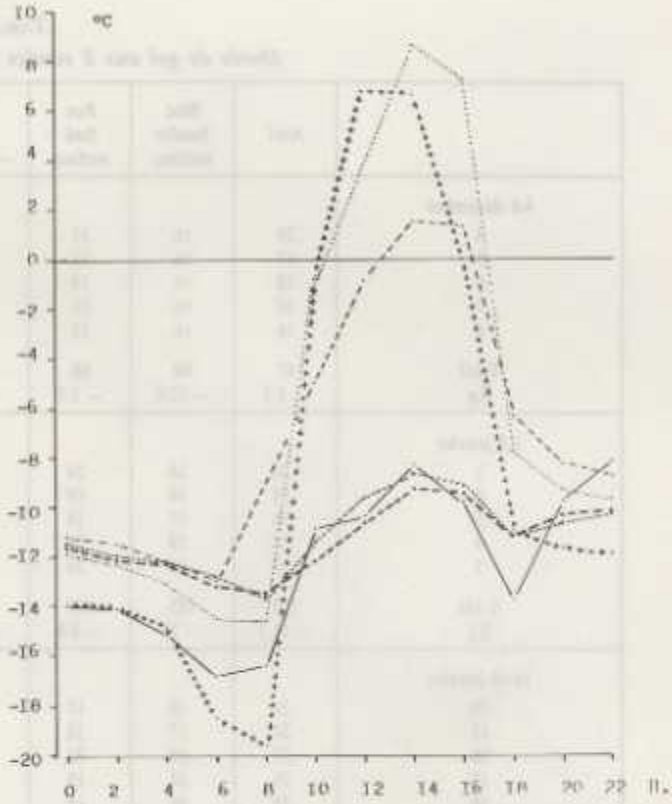


FIG. 5. — Mouvement des températures sur 6 sondes le 17 janvier 1985 (situation 2).

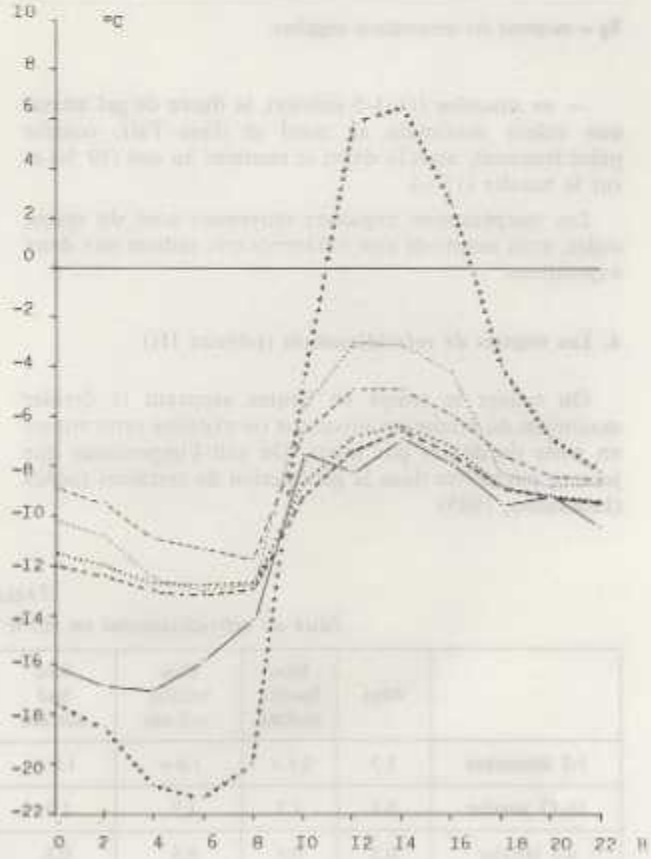


FIG. 6. — Mouvement des températures sur 6 sondes le 4 janvier 1985 (situation 3).

enregistrent sur le basalte et en face sud un cycle de gel dégel; le pourcentage tombe à 60 % sous abri et sur le rocher au nord (70 % au sol).

En janvier, les cycles se maintiennent à 70 % sur la face sud, 90 % sur le basalte (en surface comme à − 5 cm), mais deviennent nuls dans l'air et au nord où le gel est continu.

3. Les durées de gel (tableau II)

— *en situation I* (4-8 décembre), il peut geler un peu plus de la moitié du temps en paroi au sud, les 3/4 du temps dans l'air et au sol, les 9/10 du temps au nord. Les températures négatives ($\bar{X}g$) en paroi ont une valeur proche de − 5°C (sauf sur le basalte plus froid). Les gradients dans le rocher au sud entre 0 et 3 cm sont de l'ordre − 0.5°C/cm (valeurs plus élevées en profondeur) et de − 0.06°C au nord (valeurs un peu plus élevées en surface).

— *en situation II* (14-18 janvier), les durées de gel les plus faibles atteignent au sud et sur le basalte les fortes proportions de 80 % et 73 %, avec les températures négatives moyennes de l'ordre de − 8°C dans le rocher; un contraste thermique accru apparait tant en surface qu'à − 3 cm entre face nord et face sud (1.4° d'écart).

TABLEAU II

Durée de gel aux 8 sondes de la station KH 1 (5 400 m).

	Abri	Bloc basalte surface	Roc Sud surface	Roc Sud – 1.5 cm	Roc Sud – 3 cm	Roc Nord surface	Roc Nord – 3 cm	Sol Surface	
4-8 décembre									
4	20	16	15	13	14	24	24	22	Heures
5	17	16	13	12	12	21	20	19	
6	18	16	14	13	13	24	20	17	
7	16	16	13	12	12	19	20	18	
8	16	16	13	12	12	19	19	17	
Total	87	80	68	62	63	107	103	93	
$\bar{X}g$	– 8.3	– 12.9	– 5.2	– 4.4	– 3.8	– 5.2	– 5.4	– 7.6	°C
1-5 janvier									
1	24	24	24	24	24	24	24	24	Heures
2	24	19	19	20	20	24	24	24	
3	24	17	18	18	18	24	24	24	
4	24	19	24	24	24	24	24	24	
5	24	24	24	24	24	24	24	24	
Total	120	103	109	110	110	120	120	120	
$\bar{X}g$	– 11.5	– 13	– 8.8	– 8.4	– 8.0	– 7.4	– 8.8	– 11.5	°C
14-18 janvier									
14	24	18	17	18	19	24	24	24	Heures
15	24	17	18	19	20	24	24	24	
16	24	19	22	24	24	24	24	24	
17	24	18	18	21	21	24	24	24	
18	24	16	15	16	17	24	24	20	
Total	120	88	90	98	101	120	120	116	
$\bar{X}g$	– 10.9	– 9.5	– 8.6	– 8.9	– 8.8	– 10	– 10.2	– 11.2	°C

$\bar{X}g$ = moyenne des températures négatives.

— *en situation III* (1-5 janvier), la durée de gel atteint une valeur maximale au nord et dans l'air, comme précédemment, mais le dégel se restreint au sud (10 %) et sur le basalte (17 %).

Les températures négatives moyennes sont du même ordre, mais montrent une différence très réduite aux deux expositions.

4. Les vitesses de refroidissement (tableau III)

On retient le temps en heures séparant le dernier maximum du minimum suivant et on exprime cette vitesse en perte de degrés par heure. On sait l'importance que joue ce paramètre dans la gélifraction de certaines roches (Lautridou, 1985).

Le tableau III présente les vitesses moyennes atteintes lors des 3 situations. On remarque la grande dispersion des valeurs relevées : le bloc de basalte refroidit plus de 2 fois plus vite que la face nord du bloc de granite. Les valeurs sont plus basses pendant les belles journées de l'hiver que pendant celles de post-mousson (sauf en face nord et au sol), mais le minimum est atteint lors des types de temps perturbés (rapport de 1 à 3 avec les précédents).

5. L'influence du vent

A partir des observations faites au camp de base, il n'est pas possible de mettre en évidence une relation entre le vent et la distribution des températures sur les différentes sondes. C'est pourtant un facteur important l'hiver,

TABLEAU III

Taux de refroidissement en °C/h⁻¹ aux 9 sondes de la station KH. I.

	Abri	Bloc basalte surface	Bloc basalte – 5 cm	Roc Sud surface	Roc Sud – 1.5 cm	Roc Sud – 3 cm	Roc Nord surface	Roc Nord – 3 cm	Sol surface
1-2 décembre	1.3	2.1+	1.9+	1.0+	1.1+	0.5	0.9	0.9	0.9
16-17 janvier	0.7	1.7	1.7	1.0	0.7	0.7	0.5	0.5	0.9
4-5 janvier	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.7	0.2	0.3

(+) signifie que la valeur réelle atteinte se situe au-dessus de celle indiquée.

surtout à haute altitude : déjà au camp de base, sur 56 jours d'observation, 33 ont été ventés (avec des bourrasques bousculant les tentes à plusieurs reprises).

6. Les conditions thermiques à haute altitude

La station d'altitude n'ayant pas fonctionné, seules 25 heures de mesures, les 28-29 décembre par beau temps avec vent ont été récupérées au Lho La (6 100 m, au centre du col, sur neige).

Pendant cette séquence, on a enregistré au camp de base (KHI) et au Lho la (KH2) les extrêmes suivants :

		KH 1	KH 2
maximums	Bloc basalte	+ de 10°C	— 4.3°C
	Abri	— 1.3°C	— 7.2°C
minimums	Bloc basalte	— 18.9°C	— 24.2°C
	Abri	— 13.5°C	— 18.2°C

Les gradients heure par heure sont présentés dans le tableau IV. Ils sont en moyenne de l'ordre de 1.5°C pour 100 m sur le basalte en surface (avec 4 valeurs sous-estimées à KHI) et de 1.1°C/100 m pour l'abri. Ils varient entre le jour et la nuit de 1.9°C/100 m à 1.0°C/100 m pour le basalte, et de 1.2°C/100 à 0.9°C/100 m pour l'abri.

On constate la valeur élevée de ce gradient, plus haute que celle mesurée en avion en novembre-décembre par Yasunari (1978), soit 0.65°C/100-m; il est vrai que sa valeur est plus proche de celle de l'atmosphère libre, et que l'auteur observe que les gradients augmentent lorsque son avion survole les hauts massifs englacés. La valeur minimale mesurée la nuit du 31-XII au 1er-I sous abri au camp III à 7 100 m., soit — 32°C (avec un vent violent) donne avec celle de la même nuit au camp de base 1 700 m plus bas (— 12°C) un gradient comparable à ceux calculés à Lho La, à savoir 1.18°C/100 m. Par extrapolation, on obtiendrait une température minimale de l'ordre de — 52°C au sommet de l'Everest, ce qui reste tout à fait vraisemblable.

TABLEAU IV

Gradients thermiques entre KH 1 et Kh 2 (5 400/6 100 m) les 28-29 décembre (1).

	Bloc basalte surface	*abri*
28/12	15 h 11.9	9.3
	16 h 13.3	8.7
	17 h 10.9	8.1
	18 h 9.2	7.6
	19 h 9.2	8.2
	20 h 8.7	7.6
	21 h 8.7	7.6
	22 h 8.2	7.5
	23 h 7.4	7.0
29/12	00 h 7.9	7.1
	01 h 8.1	7.5
	02 h 8.0	7.4
	03 h 7.9	7.5
	04 h 7.6	6.9
	05 h 7.1	7.0
	06 h 6.6	2.0
	07 h 5.0	3.0
	08 h 8.0	6.9
	09 h 14.2	13.1
	10 h 13.9	10.0
	11 h 15+	7.7
	13 h 14.2+	6.2
	14 h 15.2+	7.2
	15 h 18.0	9.2

(+) signifie que cette valeur a été dépassée.
(I) gradient thermique calculé selon $\delta = -\Delta t/10^{-3}\Delta z$

DISCUSSION

On ne peut prétendre ici évaluer les actions morphogénétiques dans la haute montagne himalayenne, comme on l'a fait dans les hautes Andes péruviennes, en se basant sur ces données très partielles, surtout lorsque l'on connait ici la vigueur des contrastes saisonniers, bien plus importants que dans les Andes du Tropique. On peut néanmoins sur la base des observations faites en hiver tenter d'estimer les types d'activité possibles à ces altitudes d'une part, et d'autre part essayer d'évaluer le rôle de la saison hivernale dans les dynamiques périglaciaires rencontrées à haute altitude.

1) une activité soutenue des *chutes de pierres* a été observée chaque jour sur les versants sud à plus de 6 000 m, au Lingtren (6 697 m) à deux km au nord du camp de base et au Khumbu Tsé (6 640 m) dominant le camp I. Ces chutes sont liées au déneigement des parois et leur rythme est accéléré par grand vent; elles ont été relevées jusqu'au 20 décembre, date à laquelle l'emplacement du camp était criblé de fragments jusqu'à la taille des cailloux. Il y a donc des dégels suffisants au-dessus de 6 000 m pour mobiliser des fragments, ce que laissaient supposer les mesures à 5 400 m. C'est également jusqu'au 20 décembre que la fusion des pénitents de glace à 5 400 m alimentait chaque jour des petites mares pendant quelques heures. C'est une situation caractéristique de la période de post-mousson où la limite de la neige continue à remonter progressivement depuis la fin de la mousson vers 6 000 m en versant sud. En hiver, l'activité cryoclastique doit être ralentie, tant par la faible valeur atteinte par les maximums thermiques que par la chute des teneurs en eau dans la tranche d'altitude où les cycles de gel-dégel restent importants.

Le passage du régime de dégel de post-mousson à celui d'hiver a bien été enregistré par notre thermosonde.

2) *le déneigement* au cœur de l'hiver se poursuit sur les grands sommets non par fusion mais par déflation et sublimation.

La première est liée à la violence des vents depuis l'installation du jet sub-tropical en Himalaya à la surface 500 mb. La déflation agit sur la neige de la dernière mousson, mais s'y ajoute l'effet d'une forte corrosion grâce aux cristaux de glace et aux fragments rocheux qui pilonnent la surface de la neige : on a observé des particules rocheuses de la taille des gros graviers (4-5 cm de diamètre) entraînés par saltation et remontant les pentes de l'Epaule entre 6 000 et 7 000 m. Sur ces mêmes pentes, les pieux servant d'ancrage aux cordes fixes ont été dégagés de la neige de 15 à 25 cm en un mois.

La seconde est activée par les vents, comme on a pu en avoir une confirmation : sur les bords du boîtier de

polystyrène supportant le cube de basalte que l'on avait inséré dans une neige de névé très dure (taillée au piolet), l'ablation a été évaluée pendant la 3e semaine de décembre à 1.5cm par jour en moyenne, ce qui a obligé à repositionner le boitier; cette mesure a été faite sur la partie très ventée du Lho La dominant le versant sud rocheux.

Ce déneigement continu pendant la période hivernale, non compensé par les chutes à la même époque, permet l'exposition de grandes surfaces rocheuses aux chocs thermiques et à la cryoclastie estivale.

3) Il est certain que la modicité du manteau neigeux et le maintien de températures constamment négatives pendant plusieurs mois en exposition nord, plusieurs semaines en exposition sud au-dessus de 6 000 m., doivent favoriser *la pénétration d'un gel profond* dans les massifs rocheux. Le pergélisol est attesté, on l'a vu, dans la région dès 5 000 m à l'état discontinu. Dans la Hidden Valley (Fujii et Higuchi, 1976) le niveau constamment gelé est trouvé à un peu moins de 2 mètres de profondeur pendant l'été à 5 400 m.

En paroi, on manque de données concernant le pergélisol : il est probable qu'il existe dès 5 400 m en face nord et à partir de 6 000 m en face sud. Si tel était le cas, le gélifraction pourrait agir à deux niveaux :

— *un niveau superficiel*, avec les chocs thermiques quotidiens et des teneurs en eau importantes dans le réseau microfissural; ce pourrait être le cas avec des gels modérés, de l'ordre de — 6°C/— 10°C possibles pendant la mousson à 6 000 m.;

— *un niveau profond*, sur le grand réseau fissural cimenté par la glace lors du gel hivernal : c'est alors la fusion plus ou moins importante de cette glace pendant la saison chaude qui favoriserait les chutes de pierres massives, prenant des allures de petits éboulements.

Dans les deux cas, les chutes de pierres liées à la gélifraction sont à attendre surtout pendant la période de mousson et les premières semaines qui la suivent.

4) Des observations faites sur les parois sud du cirque de Kumbu, en montant au Lho La, sur la face de l'éperon du sommet non coté séparant le camp de base du cirque du Lingtren, puis sur le versant du Pumori au dessus du Kala Patar, montrent qu'il existe entre 5 700-5 800 m un *seuil net très constant* sur ces versants; au-dessous se trouvent des éboulis à gros blocs dont les faces sont recouvertes à 80 % par une patine biochimique noire, formée surtout par un lichen à thalles jointifs; les seuls éboulis frais sont des éboulements venant des régions supérieures. Au-dessus, sur 100 m de dénivelée, on passe à des éboulis et des parois actives sans patine. Il est probable que cette limite altimétrique corresponde à un seuil écologique pour le lichen; mais il est évident aussi que l'éboulisation devient active à cette altitude, notamment dans les secteurs densément diaclasée. En versant N à W, cette limite est oblitérée par la couverture glaciaire plus basse. On sait d'autre part que cette limite correspond à peu près au niveau du point d'équilibre moyen du glacier de Khumbu (5 600 m pour Müller, 1958) et des appareils de la région (Williams, 1983).

Il nous semble donc qu'il s'agisse bien là d'un *seuil cryoclastique* dû à la longue persistance de la neige jusqu'à cette altitude capable de maintenir dans le massif rocheux de fortes teneurs en eau, condition indispensable pour que la gélifraction ait lieu. Cela se produit en fin de mousson, durant la post-mousson et pendant un partie de l'hiver. En dessous, le gel n'est pas assez intense pendant la mousson pour agir sur les fissures des parois et des blocs déjà éboulisés; et surtout les teneurs en eau chutent brutalement juste avant l'arrivée des températures plus basses de la post-mousson; c'est par cette chute brutale de l'humidité dans le sol qu'Iwata (1978) explique les faibles mouvements du sol dûs au gel qu'il enregistre à Lhajung (4 400 m) et à Kongma (5 400).

On a également constaté dans les Andes tropicales (Francou, 1988) la faible différence altimétrique qui existe entre le début d'une cryoclastie efficace aujourd'hui et l'actuelle limite des neiges permanentes (point d'équilibre des glaciers).

CONCLUSION

Les enregistrements des températures présentés ne donnent qu'une image partielle des variations thermiques des roches en haute altitude dans la zone de l'Everest : ils ne rendent compte que des échanges superficiels, sans que l'on puisse suivre les fronts en profondeur, et surtout ils ne concernent que l'hiver alors que la haute montagne sous cette latitude offre des caractéristiques saisonnières déjà très contrastées.

En ce qui concerne l'activité cryoclastique, nos conclusions ne peuvent être également que partielles.

On peut néanmoins affirmer à la suite de cette étude :

1°) que l'activité cryoclastique peut se poursuivre une partie de l'hiver sur les faces sud encore enneigées vers 6 000 m.

2°) que les températures hivernales basses favorisent la pénétration profonde d'un front de gel qui alimente un pergélisol en paroi dont la présence ne fait pas de doute dès 5 000-5 400 m en face nord, et vers 6 000 m en face sud. Ce mécanisme est favorisé par le constant déneigement des hautes surfaces depuis la mousson, non interrompu par les chutes de neige hivernales. Ce caractère distingue cette partie de l'Himalaya à la fois des Alpes (au long manteau neigeux hivernal) et des Andes tropicales (sans manteau persistant en dehors des surfaces glaciaires et sans saison froide aussi marquée).

3°) que l'activité cryoclastique est probablement dominante pendant la période de mousson et de post-mousson, au moment où les conditions hydriques dans les roches sont optimales.

4°) que sur les versants bien ensolleillés, il existe vers 5 700-5 800 m un seuil cryoclastique dont l'altitude est à rapprocher de celle de la limite des neiges persistantes dans la région.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie C. FRECHET d'avoir participé aux observations au camp de base et E. Dossin d'avoir facilité matériellement cette recherche. La Société GRANT INSTRUMENT (Cambridge) a offert un soutien matériel très appréciable, ainsi que G. Guillemet du Centre de Géomorphologie de Caen pour la mise au point de l'instrumentation. Qu'ils soient également remerciés.

RÉFÉRENCES

COUTARD (J.-P.), FRANCOU (B.), sous presse. — Rock Temperature Measurements in two Alpine Environments. *Arctic and Alpine Research.*

CUI ZHI-JUI, 1981. — Periglacial landforms and their regional characteristics on Qinghai-Xizang Plateau. Symp. Qinghai-Xizang, p. 1 777-1 787.

CUI ZHI-JUI, 1982. — Basic characteristics of periglacial landforms in the Qinghai-Xizang Plateau. Scientia Sinica, Ser. B, XXV (I), p. 81-91.

DRONIA (H.), 1978. — Gesteinstemperaturemessungen im Himalaya mit einen Infrarot-Thermometer. *Z. Geomorph. N.F.* 22, I, p. 101-114.

FRANCOU (B.), 1988. — Températures de parois rocheuses et gélifraction dans les Andes Centrales du Pérou (5 150-5 500 m). *Bull. Centre de Géomorph.* Caen. 34, p. 159-180.

FUJII (Y.) et HIGUCHI (K.), 1976. — Ground temperature and its relation to permafrost in the Khumbu region and Hidden valley. Seppyo, 38 Special issue p. 125-130.

INOUE (J.), 1976. — Climate of Khumbu Himal. Seppyo, 38, Special issue, p. 66-73.

IWATA (S.), 1976. — Some periglacial morphology in the Sagarmatha (Everest) region, Khumbu Himal. Seppyo, 38, Special issue, p. 115-119.

IWATA (S.), 1978. — Soil creep measurements in Khumbu. Seppyo, 40, Special issue, p. 60-63.

KHULE (M.), 1985. — Permafrost and periglacial indicators on the Tibetan Plateau from the Himalaya Mountains in the south to the Quilian Shan in the North (28-40°N)« *Z. Geomorph. N.F.*, 29, 2, p. 183-192.

LAUTRIDOU (J.P.), 1985. — Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du Nord-Ouest. T.2, p. 188-907. Centre de Géomorphologie. Caen.

MESSNER (R.), 1983. — Les horizons vaincus, Arthaud, Paris. 265 p.

MÜLLER (R.), 1958. — Eight months of glacier and soil research in the Everest region. The Moutain World 1958/59, p. 191-208, Londres.

THORN (C.E), 1979. — Bedrock freeze-thaw weathering regime in an alpine environment, Colorado Front Range. Earth Surf. Proces. 4, p. 211-228.

THORN (C.E), 1980. — Alpine bedrock temperatures : an empirical study *Arctic Alp. Res.*, 12, I, p. 773-786.

THORN (C.E), 1982. — Bedrock microclimatology and the freeze-thaw cycle : a brief illustration. Assoc. of American Geogr., vol. 72, I, p. 131-137.

WILLIAMS VAN (S.), 1983. — Present and former equilibrium-line altitudes near Mount Everest, Nepal and Tibet. *Arctic Alp. Res.*, 15, 2, p. 201-211.

WHALLEY (W.B.), 1984. — Rock temperature observations and chemical weathering in the Hunza region, Karakorum. Inter. Karakorum project, vol. 2. K.J. Miller ed., Cambridge, p. 616-633.

YASUNARI (T.), 1976. — Seasonal weather variations in Khumbu Himal. Seppyo, 38, Special Issue, p. 74-83.

YASUNARI (T.), NAKAJIMA (C.), 1978. — Air-borne Measurements of the Temperature Field over the Nepal Himalaya. Seppyo, 40, Special Issue, p. 33-36.

Photo 1 Station du camp de base, avec l'abri et la face sud du bloc où ont été installées les sondes.

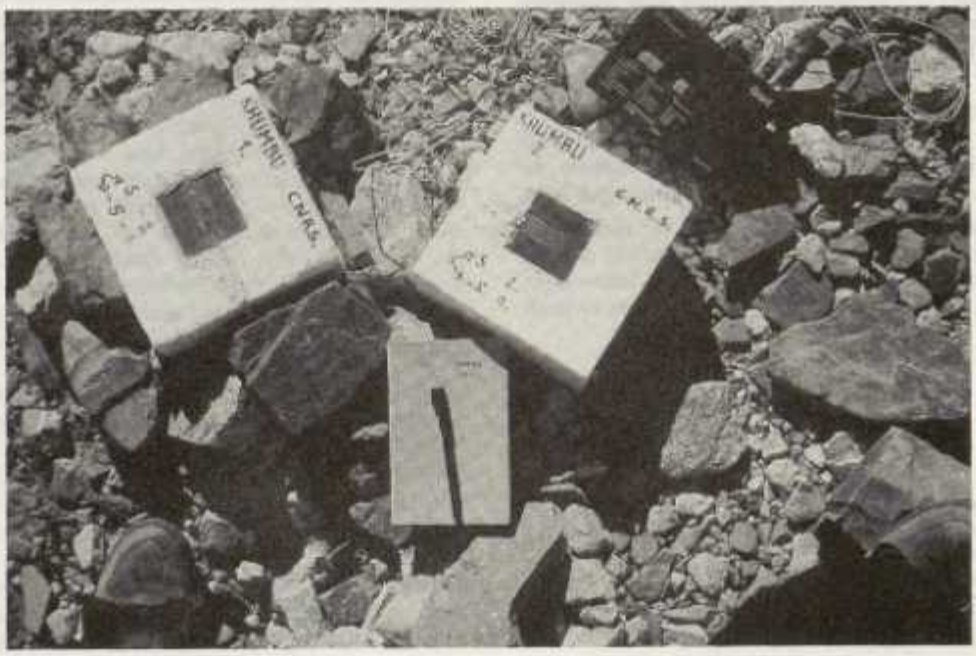


Photo 2 Les dispositifs servant de support aux blocs de basalte.

Photo 3 Dans la paroi très fracturée sous le col de LHO LA à 6 100 m. En bas le glacier de Khumbu et le site du camp de base.

Photo 4 Le glacier de Rongbuk et le Tibet vus de 7 200 m le 15 décembre. Faiblesse de l'enneigement encore plus prononcée que sur le côté népalais.

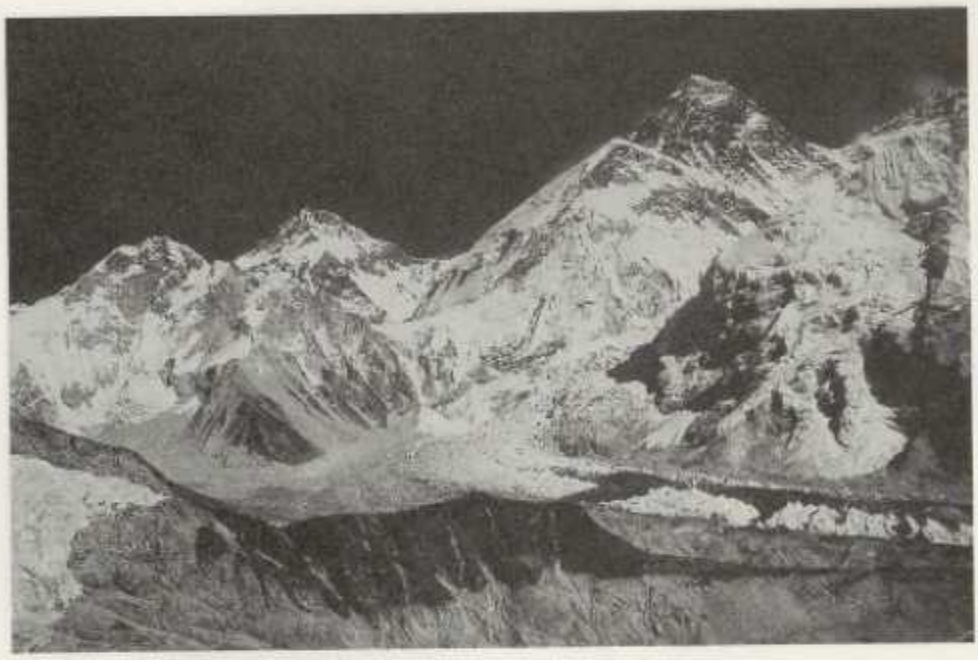


Photo 5 Bassin supérieur du Khumbu et sommet de l'Everest vus du Kala Patar début décembre.

Photo 6 Station KH2 sur le Lho La à 6 100 m le 27 décembre. Sommet de l'Everest 2 700 m plus haut.

Les photographies sont de l'auteur.

II. — SCIENCES HISTORIQUES

HISTORY

A REPORT ON PRESENT INVESTIGATIONS INTO THE LOSS OF THE THIRD FRANKLIN EXPEDITION (1845-1848), EMPHASIZING THE 1984 RESEARCH ON BEECHEY ISLAND

by Owen B. BEATTIE and Roger AMY

University of Alberta, Edmonton

ABSTRACT. — Since 1981 a research team from the University of Alberta, Canada, has been conducting field and laboratory research into the loss of the third Franklin Arctic expedition (1845-48). Employing the methods of forensic anthropology, historical archaeology, and medical pathology, the research has focussed on the human remains from the expedition. Surveys and excavations have located and examined fragmentary skeletal remains from at least six individuals dating to 1848 and the preserved bodies of three individuals dating to early 1846. During the summer of 1984 the frozen and preserved body of petty officer John Torrington of HMS *Terror* was temporarily exhumed and a medical autopsy was performed. Subsequent analysis of the collected tissue samples provides a preliminary medical profile for the 20 years old sailor : possessing anthracotic lungs, he had evidence of a past history of tuberculosis and emphysema. His emaciated appearance, though partly due to postmortem dehydration, reflects an individual who had been ill for some period of time. He likely died of pneumonia. Heavy metal analysis of collected bone samples indicates elevated levels of lead, though the significance of these findings will hinge on subsequent soft tissue analyses. It is suggested that one major source of lead on the expedition was the tinned foods.

Key-words : Northwest passage - Sir John Franklin - Beechey Island - Forensic anthropology - Arctic autopsy - John Torrington - Bone lead - Tinned foods.

RÉSUMÉ. — **Etat actuel des recherches sur la disparition de la troisième expédition Franklin et particulièrement la mission de 1984 sur l'île Beechey.** *Depuis 1981, deux chercheurs de l'Université d'Alberta poursuivent des recherches sur le terrain et en laboratoire sur la disparition de la troisième expédition arctique de Franklin (1845-48). Employant des méthodes d'anthropologie physique, d'archéologie historique et de pathologie, la recherche porte sur les restes humains de l'expédition. Les plans et les fouilles ont situé et révélé des restes fragmentaires de squelettes datant du début de 1846. Pendant l'été 1984, le corps gelé et conservé du sous-officier John Torrington du Terror a été temporairement exhumé et une autopsie a été pratiquée. L'analyse d'échantillons de tissus a déterminé le profil médical du marin âgé de 20 ans : ses poumons silicosés ont mis en évidence son passé de tuberculeux et d'emphysémateux Son apparence émaciée, bien que partiellement due à la déshydratation post-mortem révèle un individu malade depuis un certain temps. Il est mort apparemment de pneumonie. L'analyse de métaux lourds concentrés dans les os des échantillons indique un haut taux de plomb, mais la signification de sa présence dépend des recherches ultérieures sur les tissus. On pense que la principale raison de la présence de ce plomb est la nourriture en conserve.*

Mots-clés : *Passage du Nord-Ouest - Sir John Franklin - Ile Beechey - Anthropologie physique - Autopsie arctique - John Torrington - Présence de plomb dans les os - Aliments en conserve.*

INTRODUCTION

There can be little argument that the work of forensic and physical anthropologists has been invaluable in the study of prehistory and history. The ability to associate individual physical characteristics (representing personal identification and cultural practices), causes of death, and states of health of peoples of the past and present has enriched our perspectives on human lifeways and achievements. Forensic anthropology has also provided important and new medicolegal approaches to human identification issues. This report describes the justification, methods, and preliminary results of a forensic anthropological investigation into the loss of Sir John Franklin's expedition of 1845-48, one of the major historical events (and disasters) of Arctic exploration and the search for a Northwest Passage.

HISTORICAL BACKGROUND

Long before 1845, the British realized that the quest for a Northwest Passage would not lead them to a more economical route to the markets of the Pacific. Exploration in the Arctic had been too difficult, very costly in lives and resources, and of limited success. However, in May of 1845 an aggressive and confident British expedition set sail for the Arctic with the intent of completing a Northwest Passage from east to west. Though scientific and geographic discovery were important goals of the

Map. 1. — The Canadian Arctic islands; the numbers mark important locations relating to the third Franklin expedition :
1. Beechey Island, the Franklin winter camp of 1845-46;
2. Cornwallis Island, circumnavigated by Franklin's ships in the late summer of 1845;
3. The location where Franklin's ships *Erebus* and *Terror* were beset in September of 1846 and deserted in April of 1848;
4. Starvation Cove, the furthest known location reached by members of the Franklin expedition;
5. The mouth of the Back River, destination of the surviving 105 Franklin expedition crewmembers after the desertion of the ships.

expedition, national pride played an equally important role. The cumulative discoveries of preceding Arctic explorers had resulted in the charting of most of the potential routes for such a Passage, and in some areas of the Arctic little more than 100 km remained to be explored and mapped. Under the direction of Sir John Franklin, an experienced and respected Arctic explorer, the two ships HMS *Erebus* and HMS *Terror* sailed across the Atlantic into the waters of the west coast of Greenland where they were last seen by whalers in July of 1845. Heading towards Lancaster Sound, the accepted eastern entrance to the Passage, this was the last time they would be seen alive by Europeans. Within five months deaths would occur, and by the late summer or fall of 1848 all 129 crewmen had perished (Neatby 1970; Cyriax 1939).

Franklin's failure to return from the Arctic resulted in a remarkable period of search and exploration. From 1848 through to 1879 dozens of ship-based and land-based searches for Franklin's fate were responsible for the opening up and charting of vast Arctic areas. During these searches, signs of Franklin's expedition were found on three islands in the central and southern archipelago (Beechey, Devon, and King William) and on part of the mainland of North America (Adelaide Peninsula) (Map 1). The major discoveries were made by Captain William Penny (the discovery of the first winter camp and three graves of the expedition at Beechey Island, in 1850) (Osborn 1865), Dr. John Rae (the location of the major part of the disaster in the King William Island area, in 1854) (Cyriax 1939), Captain Leopold M'Clintock (the discovery of campsites, artifacts, skeletons, and two notes on King William Island, in 1859) (M'Clintock 1908), Charles Francis Hall (the discovery of artifacts and skeletons on and near King William Island, in 1869) (Nourse 1879), and Lieutenant Frederick Schwatka (the discovery of campsites, artifacts, and skeletons on King

William Island and Adelaide Peninsula, in 1878-9) (Stackpole 1965; Gilder 1881).

One of the most important discoveries of all of the Franklin searches was made in 1859 during M'Clintock's private expedition, and consists of a paper left by the Franklin expedition and found near a large campsite a short distance south of Victory Point on the northwest coast of King William Island. One portion of the paper is likely a survey note left by Gore and De Vœux on or about the 28th of May, 1847. It reads (after Neatby 1970; M'Clintock 1908) :

> 28 of May 1847. HM Ships Erebus and Terror wintered in the ice in Lat. 70° 05' N. Long. 98° 23' W. Having wintered in 1846-7 at Beechey Island, in lat. 74° 43' 28" N, long. 90° 39' 15" W, after having ascended Wellington Channel to Lat. 77°, and returned by the west side of Cornwallis Island. Sir John Franklin commanding the expedition. All well. Party consisting of 2 officers and 6 men left the ships on Monday 24th May 1847. G. M. Gore, Lieut. Chas. F. Des Vœux, mate.

Scribbled around the margins of the paper is the following:

> April 25th, 1848 — HM's Ships Terror and Erebus were deserted on 22nd April, 5 leagues N. N. W. of this, having been beset since 12th September 1846. The Officers & crews, consisting of 105 souls, under the command of Captain F. R. M. Crozier, landed here in Lat. 69° 37' 42" N, long. 98° 41' W. Sir John Franklin died on 11th June 1847; and the total loss by deaths in the Expedition has been to this date 9 officers & 15 men. James Fitzjames, Captain HMS Erebus. F. R. M. Crozier, Captain and Senior Officer.
> And start on tomorrow, 26th, for Back's Fish River.

The final two sentences are associated with this second part:

> This paper was found by Lt. Irving under the cairn supposed to have been built by Sir James Ross in 1831, 4 miles to the northward, where it had been deposited by the late Commander Gore in June, 1847. Sir James Ross' pillar has not, however, been found, and the paper has been transferred to this position, which is that in which Sir James Ross' pillar was erected.

Deserting their ships on April 22, 1848, the 105 surviving officers and crewmen had set up camp on the northwest coast of King William Island approximately 3 km south of James Clark Ross' Victory Point cairn of 1830 (Ross 1835). Here they busied themselves with preparations for the nearly 400 km trek to the mouth of the Back River. After quitting the camp on April 26 they progressed along the King William Island coastline, dragging modified life-boats mounted on specially prepared sledges. Plagued by rapidly deteriorating health the crews were eventually overcome by the physical demands of the task, and many men died along the northwest and south coasts of King William Island, though a group of sailors pushed 200 km to Starvation Cove on the mainland, the furthest known point reached by the expedition in its attempt to gain the Back River (Stackpole 1965; Gilder 1881).

Without question, Franklin's decision to sail into this area was to traverse the uncharted stretch between two geographical locations visited by earlier expeditions in search of a Northwest Passage : Victory Point, marked by James Clark Ross' 1830 cairn (Figure 1), and Cape John Herschel on the south coast of King William Island, marked by the large cairn constructed by Dease and Simpson in 1839 (Figure 2) (Simpson 1843). It is probable that a survey party from the ships completed this task a number of months before the ships were deserted, though it is certain that the 90 km stretch was covered by the dying crews during the summer or fall of 1848, marking the completion of a Northwest Passage. All expedition members perished with the last survivors likely succumbing to starvation and scurvy during the later months of 1848. Why this well-manned and supplied expedition perished has been an enduring question. Since 1981

Fig. 1. — Victory Point on the northwest coast of King William Island, the location reached by James Clark Ross in 1830. The view is to the south.

FIG. 2. — Cape John Herschel on the south coast of King William Island. The large dismantled cairn in the foreground was originally built by Dease and Simpson in 1839. The view is to the east.

research teams from the University of Alberta have been employing the methods of historical archaeology, forensic anthropology, and medical pathology in the investigation of the loss of Franklin's expedition. This scientific approach can offer new perspectives and answers through the observation, collection, and analysis of the surviving physical remains of the expedition.

RECENT INVESTIGATIONS

The third Franklin expedition could be considered a mass disaster. None of the 129 crewmen and officers of HM Ships *Erebus* and *Terror* survived to provide the important details which would have allowed us a more thorough understanding of the circumstances and hardships surrounding the disaster.

Since the disappearance of the Franklin expedition, scores of searches have scoured large areas of the Canadian Arctic for clues. Their reported discoveries, along with thorough searches and interpretations of archival sources by historians, provide us with our present body of knowledge about the expedition (see : Cyriax 1939; Neatby 1970). However, only the scattered remains of campsites and artifacts have been used in an attempt to piece together the events of the expedition's three seasons in the Arctic. Though human skeletal remains associated with the expedition have been discovered, and some removed (see : Nourse 1879; Gilder 1881; M'Clintock 1908; Stackpole 1965), the analysis and reconstruction of human materials has only recently been attempted (Beattie and Savelle 1981; Beattie 1983) (1).

(1) An exception : Skeletal remains discovered and collected on the south coast of King William Island in 1869 by Charles Francis Hall were later identified, on the basis of a gold filled tooth and an age determination, to be those of Lt. Henry Thomas Dundas Le Vesconte of HMS *Erebus*. T. H. Huxley provided this identification in 1872, an early example of forensic odontology.

In 1981 a colleague, arctic archaeologist James Savelle, suggested a collaborative survey of the King William Island area (where almost all of the crewmen perished). Savelle had plans that year to conduct an archaeological survey of Inuit sites on the south coast of the island, and he invited one of us (OBB) to participate (Savelle 1985). One of the goals of this survey was to locate, for forensic anthropological analysis, any surviving skeletal remains of Franklin's crewmen, and in July of 1981 a fragmentary skeleton of one Franklin expedition crewman was discovered. This man, who died in his early 20's, was found associated with a small campsite located on the southeast corner of King William Island (Beattie and Savelle 1981; see Nourse 1879 for the original description of this individual). Subsequent analysis of the remains demonstrated bone changes due to scurvy as well as a small series of intentional cut marks on one of the femurs. This latter observation has been suggested as corroboration of Inuit accounts of cannibalism among the starving Franklin crews, though the issue cannot be resolved completely with the present evidence (Beattie 1983). In addition, trace element analysis of bone from this crewman yielded lead levels exceeding 220 parts per million, an amount nearly 10 times that found in 19th century Inuit bones from the same region (Beattie 1985). Though the crewman's bone lead level was very high, it is difficult to interpret if physical and/or neurological effects had developed in this individual.

During July of 1982 further surveys of King William Island located the fragmentary skeletal remains of an additional 6 individuals (a minimum estimate), all associated with a lifeboat discovered by M'Clintock in 1859 in Erebus Bay and revisited by Schwatka in 1879 (M'Clintock 1908; Stackpole 1965; Gilder 1881). Only a concentrated scatter of wood fragments remains today to mark the location of the boat. The nature of the scatter of human bones seems to support M'Clintock's contention that the lifeboat was heading back towards the ships (Beattie 1983; M'Clintock 1908).

Descriptions of the skeletal remains discovered in 1981 and 1982, and the results of the analyses, can be found in : Beattie 1983, 1985, and Beattie and Savelle 1981 (2). One important observation made during these two seasons of survey is that the cumulative effects of time, weather, and animal and human activities have nearly erased all evidence of the Franklin expedition in the King William Island area.

Franklin and his crews spent their first winter in the Arctic at Beechey Island, a small islet connected by a narrow spit of land to the southwest corner of Devon Island (see Map 1). Roughly triangular and measuring 3 km on a side, most of the island is dominated by steep cliffs rising to a plateau ranging between 160 and 180 m above sea level. Only the northeast section of the island has a relatively flat and low area dominated by a series of gravel beach ridges. Here, along with the detritus of a large and lengthy encampment, they left behind the graves of three men (Parmenter *et al.* 1977; Phillips 1985). These were discovered by William Penny and his crew on August 27, 1850 (Sutherland 1850; Kane 1853). Found buried on the island were twenty years old petty officer John Torrington (died January 1, 1846; *Terror*), 25 years old able-bodied seaman John Hartnell (died January 4, 1846; *Erebus*), and 33 years old Royal Marine private William Braine (died April 3, 1846; *Erebus*). Three days later, on the 30th, Dr. Peter Sutherland, the surgeon to the search expedition led by Penny, proposed that the graves should be investigated (Sutherland 1850, Vol. 1 : 316-317) :

> It was suggested to have the graves opened, but as there seemed to be a feeling against this really very proper and most important step, the suggestion was not reiterated. It would have been very interesting to have examined into the cause of death; it is very probable there would be no difficulty in doing this, for the bodies would be found frozen as hard as possible, and in a high state of preservation in their icy casings.... It is very improbable they died of scurvy : indeed, it is almost impossible that this disease could have appeared in the expedition at a period so early as to prove fatal to those first attacked... [though the] cause of Braine's death, which happened in April, might have been scurvy supervening upon some other disease. The first two deaths [early January] had probably been caused by accidents, such as frost bite or exposure to intense cold in a state of stupor, or to diseases of the chest, where there might have been some latent mischief before leaving England....

Therefore, the idea that the individuals buried at Beechey Island could contribute to the understanding of the disappearance and loss of Franklin's expedition dates to within days of the discovery of the graves. This theme, though in a slightly different perspective, was picked up by Sir Edward Belcher in August of 1852. His Admiralty instructions (part 13) directed him to search for possible records left by Franklin on all parts of Beechey Island, and in pursuit of these orders, he actually dug into the graves (Belcher 1855 :75) :

> On the 12th August, accompanied by Captain Kellett, and also by an official party under Commander Richards, a close search was made of every likely spot on Beechey Island, but without discovery of further traces. The graves were dug into, but found so firmly frozen that no prospect offered by further disturbance; they were therefore replaced, and completed anew.

Belcher does not identify in his journal whether he dug into all three graves, but based on our own observations at the site in 1984 and 1986 we would suggest that he did.

For a very short period (perhaps four hours) on September 7 of the same year, Commander Edward Inglefield of the *Isabel* (3) and Dr. Peter Sutherland, his surgeon, exposed the coffin and body of able-bodied seaman John Hartnell (Inglefield 1853; Murchison 1853). Sutherland's suggestion of two years previously had come to partial fruition. Though nothing is described in the account of his expedition (Inglefield 1853), some of Inglefield's findings are recounted by Sir Roderick Murchison in a speech made during the presentation of the Royal Geographical Society's gold medal to Inglefield in 1853 (Murchison 1853 :lx-lxi) :

> Let me here advert to one of the deeds of our medalist, for which, in my opinion, the friends of Franklin ought to be sincerely indebted to him. That three of the missing expedition had been buried in Beechey Island was well known, as recorded on their gravestones; but their graves had never been examined [evidently, he was not aware of Belcher's attempt]. Now, whatever prejudices sailors might have on such a subject, Commander Inglefield, being in a private expedition, resolved to dig down into the frozen ground, for the purpose of ascertaining the condition in which the men had been interred. The opening out of one coffin quite realized the object he had in view, for at six feet beneath the surface, a depth reached only with great difficulty, by penetrating ground as hard as a rock, a coffin, with the name of Wm. Heartwell [sic], was found in as perfect order as if recently deposited in the churchyard of an English village. Every button and ornament had been neatly arranged, and what was most important, the body, perfectly preserved by the intense cold, exhibited no trace of scurvy, or other malignant disease, but was manifestly that of a person who had died of consumption, a malady to which it was further known that the deceased man was prone. The knowledge of this simple fact assures us therefore, that when last at Beechey Island, the Franklin expedition was in perfect order, and ready to traverse the icy barriers the moment weather permitted (4).

Systematic investigation of the Beechey Island site began just over a decade ago and involved the assessement of the current condition of the site, description and mapping of archaeological features, and conservation of the headboards associated with the graves (Hobson *et al.* 1975; Parmenter *et al.* 1977). The purpose of our project

(2) During 1982, and on an independant survey, Savelle (1985) discovered the fragmentary skeletal remains of three individuals on one of the Todd Islets, located in Simpson Strait immediately south of the 1981 discovery.

(3) This private search expedition was backed by Lady Jane Franklin.

(4) Our 1984 and 1986 investigations of Hartnell's grave demonstrated that he was buried, not the six feet described by Murchison, but barely 2 1/2 feet below the surface. Also, only Hartnell's right elbow and part of his face seem to have been previously exposed, and the details described by Murchison simply could not have been witnessed. Obviously, Murchison's account was highly embellished to befit the occasion of a medal presentation. During our 1984 excavations we discovered that Inglefield and Sutherland had accidentally damaged the coffin lid during the difficult excavation through the permafrost.

is to establish the cause(s) of death for the three crewmen at Beechey Island. Though death early in an expedition was not unheard of, that three died at the beginning of 1846 can be looked at with some suspicion. This view was held by at least one of the searchers : E.Ommaney interpreted that, because three had died the first year, the expedition was not enjoying perfect health, and he attributed this (at least in part) to the inferior quality of the preserved meats, though he had no evidence to support the claim (Houses of Parliament 1855 (vol 1) : 171). It is likely that, if the rest of the crews were suffering from a shared problem of medical or dietary origin, the establishment of the state of health of Torrington, Hartnell, and Braine could provide invaluable information regarding the fate of the whole expedition. This is a reasonable supposition for there is some evidence to suggest that their food supply was of questionable quality, and could even have been a source of poisoning (Cyriax 1939, Beattie 1985). It has been reasoned that the emptied tins found in large numbers at Beechey Island were representative of normal consumption rates (Cyriax 1939), and this is acceptable though arguable evidence that the food was palatable. In other words, the number of tins at the site may not represent a culling of improperly preserved foods as was interpreted by, among others, John Richardson (1861). However, there is a possibility that the tinned foods could have been contaminated with certain metals associated with the canning process (see Ireland 1939 for descriptions of the canning processes during this period of Arctic exploration), specifically lead from solder and tin from the inside surface of the cans. Such contamination would not normally have been detectable by taste, and it is not known whether illness resulting from the eating of foods so preserved would have been associated directly with the process. If not, further consumption of the tinned foods by the crews would have slowly compounded the potential health risks.

During August of 1984 a five person research team conducted a temporary exhumation and autopsy on John Torrington, and John Hartnell was partially exposed for a short period during an attempt to document the Inglefield/Sutherland exhumation of 1852. In June of 1986, an eleven person team conducted temporary exhumations and autopsies on John Hartnell and William Braine. Though the 20th century circumstances made these investigations unique it is interesting to note that autopsies were regularly performed during a number of the British Arctic expeditions of the 19th century. For example, the surgeons on Parry's first (1819-20) and second (1821-23) expeditions (Parry 1821, 1824), Back's expedition of 1836-7 (Back 1838), Kellet's 1852-54 participation in the Franklin search (M'Dougall 1857), and Collinson's 1850-55 participation in the Franklin search (Collinson 1889) performed autopsies on deceased crewmen.

The 1984 field work on Beechey Island was conducted from August 9 to 29. The investigation of the grave site involved controlled excavation of cultural features and, therefore, required employment of archaeological techniques. Features were excavated and information recorded in such a way that the features could be completely reconstructed. Also, because the contents of the graves were not removed from the site, basic descriptive information was recorded in the field.

The three Franklin Expedition graves are situated on a gravel beach between 7 and 8 m above sea level. They are arranged, side by side, in a row oriented approximately NE-SW. The more recent grave of Thomas Morgan, from McClure's ship HMS *Investigator* (Parmenter *et al.* 1977), has been added to the SW end of the row. At the NE end, an elongated low gravel mound, with a boulder in place of a head board, appears to be a fifth grave.The long axes of the graves are approximately NNW-SSE with the head boards at the south end and the inscriptions facing away from the grave (i. e. facing south). The wooden head boards were replaced with fibreglass replicas during the middle 1970's (Parmenter *et al.* 1977). Historic records suggest that, originally, there were also foot boards associated with the graves, though when these features were removed is unknown.

In order to maintain horizontal and vertical spatial control, a site 'datum' was established at a fixed location. A recent stone and mortar cairn (Hobson *et al.* 1975), located southwest of the graves, was used for this purpose. A secondary 'datum' was established in the immediate vicinity of the graves and a string-grid of 1 by 1 m squares was constructed to encompass the grave site. Detailed plan and profile drawings were made of the surface of the graves and each was extensively photographed

Excavation began with the grave of Torrington. The surface features of the grave are dominated by a low limestone shingle mound measuring 3 m wide by 4.5 m long and 0.7 m in maximum height. A shallow depression just beyond the foot of the grave is likely where gravel was excavated to form the mound, but may also represent where Belcher excavated. The well-made head board (replica) bears the inscription : "Sacred to the memory of John Torrington, who departed this life January 1st, 1846, on board of HMS *Terror*, aged twenty years". The grave was excavated as a single unit.

Permafrost was reached at variable depths between 10-15 cm below the surface. Pickaxe and shovel were used to excavate through the permafrost. No cultural materials were observed prior to the exposure of the coffin, though a few fragments of partially preserved bird feathers were found; they had been incorporated into the fill during the original 1846 excavation. At a depth of 1.1 m below level surface (excluding the gravel mound), the top northeast corner of the coffin became visible through a thin layer of ice. The remainder of the excavation was taken down to a similar depth and the area to the north and east of the coffin was further excavated down to the level of the coffin bottom, revealing one side and both ends. The west side of the coffin was not exposed. This was considered to be the minimum amount of exposure which would allow measurement and description of the coffin. To avoid any damage to the coffin, the final few centimetres of adhering ice and gravel were removed by melting with hot air generated by a large capacity gasoline-burning space heater. Once exposed, the coffin was photographed and scale drawings made (Figure 3).

The coffin measures 1.88 m long, 48 cm wide (at shoulder level), and 33 cm deep. The base is at a depth of 1.4 m below level surface (i.e. excluding the gravel mound). It is constructed of rough mahogany boards, 30 cm (12 inches) wide and 2 cm (3/4 inch) thick. Curvature of the coffin's sides at the shoulder level is accomplished with a series of kerfs on the inside surface. The entire exterior of the coffin is covered with a navy blue fabric and decorated with white fabric ribbon held in place with small brass tacks. A decorative plaque is centred on the lid towards the head end of the coffin. Hand-cut from tinned sheet iron, the surface of the plaque is painted dark blue and hand-painted in white with the following inscrip-

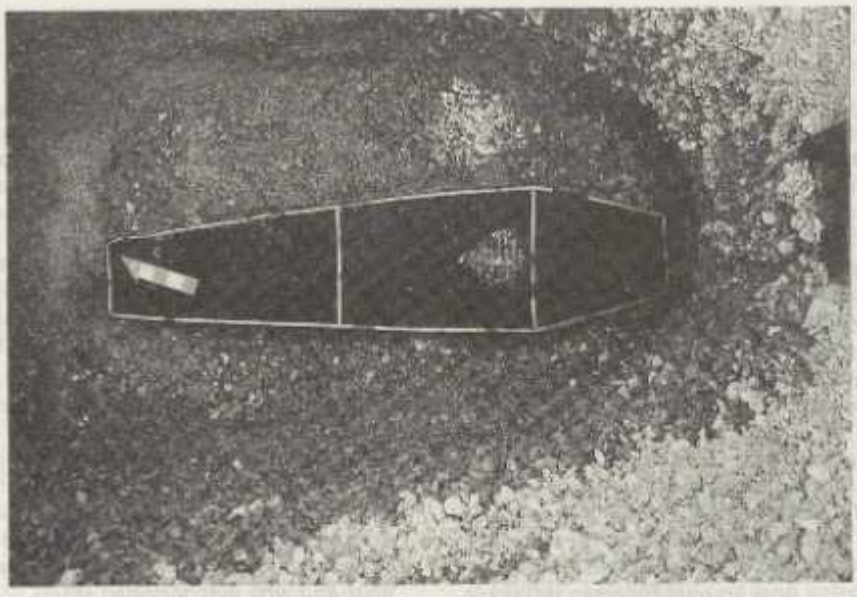


FIG. 3. — The exposed coffin of John Torrington as seen in August of 1984.

FIG. 4. — Petty officer John Shaw Torrington of HMS *Terror*, who died on January 1, 1846, aged twenty years.

tion : "JOHN TORRINGTON DIED JANUARY 1 1846 AGED 20 YEARS". Samples of both the dark blue and white paints were collected, but these have not yet been analysed.

Ten iron nails secured the coffin lid, and these were sheared rather than pulled, minimizing any damage to the lid. The coffin lid was removed in one piece, revealing that the body was completely encased in ice, except for an air pocket directly around the face. It is this condition that resulted in the excellent preservation of tissues. The ice probably originated in the spring and summer of 1846 when the runoff water percolated down into the grave excavation and flowed into the coffin, surrounding the body before freezing (the coffin is far from water-tight) (Sutherland 1852).

Running water was used to thaw the ice, and the body was completely exposed within four hours. The appearance of John Torrington, after he was completely exposed by melting the encasing ice with warm and cool water, was as if he had just died within the previous few days. Apart from some dehydration of his lips and eyelids, there were no signs of decay or disintegration (Figure 4).

He was dressed in a white cotton print shirt with thin blue vertical stripes, pleated at the waist, and plain trousers. Mother-of-pearl buttons were found on the shirt and pants, while a brass button formed the waist fastener

of the pants. A white kerchief with 1.25 cm diameter blue polkadots and a blue print border design was found wound under his chin and knotted at the top of the head. Thin, torn cotton strips were used to bind his body very tightly at the level of the elbows, the hands, the ankles, and around the great toes. His feet were bare, and no other personal objects were found in the coffin. His body had been placed on a supporting bed of woodshavings spread along the bottom of the coffin.

The autopsy of John Torrington was perfomed over a four hour period directly adjacent to his grave. The body was lifted out of the coffin and placed on a plastic ground sheet. At this stage the body was still almost completely frozen. After photographs were taken of the clothed body, the person was undressed and the clothing put to one side for later photography and description. One of the striking initial observations made at this point was the extremely emaciated appearance of this person. Though we feel that postmortem dehydration does account for some shrinkage, our general interpretation is that he was an extremely ill individual at the time of his death. Samples (10 to 30 grams in size) of all identifiable organs were collected for laboratory analysis, and bone, hair, and fingernail samples were also collected. Immediately after the autopsy the individual was placed back in his coffin and the site reconstructed to the condition in which it was found.

1984 AUTOPSY RESULTS

The analyses of the biological materials collected from John Torrington were conducted in the Department of Pathology at the University of Alberta.

No tissue wounds, fractures, ligature marks or other external evidence of trauma were present on the body, and there was no evidence that he had been intentionally bled. Portions of pectoralis muscle, rib, radius, lungs, heart, pericardial sac, liver, spleen, kidneys, stomach, appendix, brain, and large and small bowel were taken in the field for later microscopic and element analysis. The viscera were slightly shrunken, though the heart to a much greater degree (the heart weighed only 110 gm), but gross morphology was well preserved.

The lungs were anthracotic and were bound to the chest wall by adhesions. The heart was intact and had normal valves and coronary arteries. Sections of lung and bowel showed excellent preservation. Tissues from the spleen, liver, kidneys and heart were less well preserved. One section of lung contained a necrotic, presumably infectious granuloma. Other sections contained foci of carbon deposition (sometimes associated with alveolar wall destruction), fibrous tissue and possible airspace consolidation (emphysema). No abnormality was identified in the stomach, appendix, and small or large bowel. Tissue morphology was notably well preserved in the colon — an unexpected feature since intestinal mucosae are especially susceptible to postmortem autolysis. The lack of food particles or evidence of bacteria point to either dysentery or the administration of one or more purgatives (a very common treatment of the day for many diseases).

The postmortem examination eliminated trauma, other than exposure, as a cause of death, but was less successful in establishing an anatomic cause of death. The usual cause of death among young people in the mid-1800's, other than trauma and childbirth, was infectious illness, particularly tuberculosis and pneumonia. This person did have a necrotic lung granuloma (possibly evidence of tuberculosis), but it was scarred and inactive. There was no evidence for disseminated tuberculosis. The possibility that pneumonia was the direct cause of death seems more likely on the basis of the limited anatomic abnormalities found (see Amy *et al.* 1986 for a full account of the autopsy).

He was emaciated and, from the lack of any work-related calluses, may have been ill for some period of time prior to his death. Our estimates of his weight (he was 162 cm tall) fall below 40 kg. The lack of decubitis indicates a combination of excellent medical care and some ability to move around, even during the last days of his life. Trace element analysis of small bone samples collected from his wrist and ribs demonstrated levels of lead three to fours times higher than modern "normal" values in human bone (Amy *et al.* 1986).

Presently a paper is in preparation which directly addresses the issue of Torrington's death through the results of the analysis of collected hair samples. Other papers in preparation involve the report on the archaeology of the Beechey Island burial site, and a detailed analysis of the clothing and textiles associated with the burial of John Torrington. During the summer of 1986 we extended the on-site medical investigation to John Hartnell and William Braine, and reports on this work are also in preparation.

CONCLUSIONS

The research that we are now involved in has its roots in the searches for Franklin beginning in 1850. The concept and application of the medical autopsy during 19th century British Arctic exploration was well established, and this same approach can and should be applied today (supported by modern science, technology, expertise and many unanswered old and new questions) in the investigation of the Franklin expedition mass disaster. Eventually, thorough medical profiles on the three individuals buried at Beechey Island will provide new and exciting insight into conditions during the early phase of the expedition. Though necessarily preliminary, our research to-date has indicated the importance for reopening the investigation of the food preserving methods employed at that time, especially those related to the supplying of the third Franklin expedition.

ACKNOWLEDGEMENTS

The following agencies have provided support for the research : the Boreal Institute for Northern Studies, the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada, the Polar Continental Shelf Project (Energy, Mines and Resources Canada), and the University of Alberta. The map was prepared by Eric Damkjar.

REFERENCES

AMY (R.), BAHATNAGAR (R.), DAMKJAR (E.) and BEATTIE (O.), 1986. — The last Franklin expedition : report of a postmortem examination of a crew member. *Canadian Medical Association Journal* 135 : 115-117.

BACK (G.), 1838. — *Narrative of An Expedition in HMS 'Terror' Undertaken With the View to Geographical Discovery on the Arctic Shores in the Years 1836-1837.* John Murray, London.

BEATTIE (O.B.), 1983. — A report on newly discovered human skeletal remains from the last Sir John Franklin Expedition. *The Musk-ox* 33 : 68-77.

BEATTIE (O.B.), 1985. — Elevated bone lead levels in a crewman from the last Arctic Expedition of Sir John Franklin. In : *The Franklin Era in Canadian Arctic History* : 1845-1859. National Museum of Man, Mercury Series Archaeological Survey of Canada Paper No. 131, Ottawa, p. 141-148.

BEATTIE (O.B.) and SAVELLE (J.M.), 1983. — Discovery of human remains from Sir John Franklin's last Expedition. *Historical Archaeology* 17 : 100-105.

BELCHER (E.), 1855. — *The Last of the Arctic Voyages.* Lovell Reeve, London.

COLLINSON (R.), 1889. — *Journal of HMS Enterprise, on the expedition in search of Sir John Franklin's ships by Behring Strait, 1850-55.* S. Low, Marston, Searle, and Rivington, London.

CYRIAX (R.J.), 1939. — *Sir John Franklin's Last Arctic Expedition.* Methuen, London.

GILDER (W.H.), 1881. — *Schwatka's Search.* Scribner's Sons, New York.

HOBSON (G.D.), HAYCOCK (M.H.), SEBERA (D.K.) and HEYLAND (J.D.), 1975. — The 1975 reconnaissance of the Franklin encampment area, Beechey Island. Report on file, Prince of Wales Northern Heritage Centre, Yellowknife, NWT.

Houses of Parliament, 1855. — Further papers relative to the recent arctic expeditions in search of Sir John Franklin, Volume 1. London.

INGLEFIELD (E.A.), 1853. — *A Summer Search for Sir John Franklin with a Peep into the Polar Basin.* Thomas Harrison and Son, London.

IRELAND (J.) (editor), 1939. — *Historic Tinned Foods* (2nd Edition). Publication Number 85, International Tin Research and Development Council, Middlesex.

KANE (E.K.), 1853. — *The U.S. Grinnell Expedition in Search of Sir John Franklin : A Personal Narrative.* Harper and Brothers, New York.

M'CLINTOCK (F.L.), 1908. — *The Voyage of the 'Fox' in Arctic Seas.* John Murray, London.

M'DOUGALL (G.F.), 1857. — *The Eventful Voyage of Her Majesty's Discovery Ship 'Resolute' to the Arctic Regions in Search of Sir John Franklin and the Missing Crews of HM Discovery Ships 'Erebus' and 'Terror', 1852, 1853, 1854.* Longman, Brown, Green, Longmans and Roberts, London.

MURCHISON (R.), 1853. — Commander E.A. Inglefield — Royal Awards. *Journal of the Royal Geographical Society* 23 : p. 1x-1xi.

NEATBY (L.H.), 1970. — *The Search for Franklin.* Barker, London.

NOURSE (J.E.) (editor), 1879. — *Narrative of the Second Arctic Expedition Made by Charles F. Hall. 1864-69.* Government Printing Bureau, Washington.

OSBORN (J.S.), 1865. — *Stray Leaves from an Arctic Journal.* Edinburgh and London.

PARMENTER (C.P.), BURNIP (M.), FERGUSON (R.), LANE (P.) and SCISCENTI (J.), 1977. — Preliminary report of the 1976 archaeological investigations in the Queen Elizabeth Islands in the eastern Arctic region, Northwest Territories. Report on file, Prince of Wales Northern Heritage Centre, Yellowknife, NWT.

PARRY (W.E.), 1821. — *Journal of a Voyage for the Discovery of a North-West Passage, 1819-20.* John Murray, London.

PARRY (W.E.), 1824. — *Journal of a Second Voyage of Discovery of a North-West Passage from the Atlantic to the Pacific, 1821-23.* John Murray, London.

PHILLIPS (C.P.), 1985. — The camps, cairns and caches of the Franklin and Franklin search expeditions. In : *The Franklin Era in Canadian Arctic History : 1845-1859.* National Museum of Man, Mercury Series Archaeological Survey of Canada Paper No. 131, Ottawa, p. 149-172.

RICHARDSON (J.), 1861. — *The Polar Regions.* Adam and Charles Black, Edinburgh.

ROSS (John), 1853. — *Narrative of a Second Voyage in Search of A North-West Passage.* London.

SAVELLE (J.M.), 1985. — Effects of nineteenth century European exploration on the development of the Netsilik Inuit culture. In : *The Franklin Era in Canadian Arctic History : 1845-1859.* National Museum of Man, Mercury Series Archaeological Survey of Canada Paper No. 131, Ottawa, p. 192-214.

SIMPSON (T.), 1843. — *Narrative of the Discoveries on the North Coast of America.* Richard Bentley, London.

STACKPOLE (E.A.) (editor), 1965. — *The Long Arctic Search : The Narrative of Lieutenant Frederick Schwatka, U.S.A., 1878-1880.* Marine Historical Association, Mystic.

SUTHERLAND (P.C.), 1852. — *Journal of a Voyage in Baffin's Bay and Barrow Strait in the Years 1850-51.* Longman, Brown, Green, and Longmans, London.

"TOWARD NO EARTHLY POLE" : THE SEARCH FOR FRANKLIN IN NINETEENTH CENTURY ART (1)

by Constance MARTIN

The Arctic Institute of North America, University of Calgary, Calgary, Alberta

ABSTRACT. — The Arctic explorers' watercolours and drawings, rendered as visual records of the midnineteenth century expeditions in search of Sir John Franklin, are an important means for understanding the perceptions of this long drama in polar history. To modern eyes the paintings seem romantic and unrealistic. Historically their primary purpose was practical : an invaluable aid to geographical knowledge and a source of information on new phenomena encountered in the northern wilderness.

A close historical and aesthetic analysis of these images enables us not only to appreciate their significance as scientific and topographical illustrations, but also as revelations of the individual explorers' personal perceptions of the Arctic — their feelings and beliefs, and how these in turn created the mythic image of the northern wilderness in the public's imagination.

Included as a contrast to the British art is the more optimistic art of the Americans, Elisha Kent Kane and his collaborator James Hamilton, which grew out of two American expeditions to search for Franklin in 1850 and 1853. Together, the British and American art of the Arctic presents a dimension to northern history not usually considered.

Key-words : Arctic — Exploration — Art, painting — Sir John Franklin

RÉSUMÉ. — **« Vers un pôle imaginaire » : la recherche de Franklin dans l'art du XIXe siècle.** *Les aquarelles et les dessins des explorateurs de l'Arctique, qui sont des comptes rendus visuels des expéditions effectuées au milieu du XIXe siècle à la recherche de Sir John Franklin, sont des sources importantes pour comprendre comment était perçu ce long drame de l'histoire polaire. Au public contemporain, les tableaux semblent romantiques et irréalistes. Quand ils furent créés, leur objectif premier était d'ordre pratique, c'est-à-dire constituer un outil de grande valeur devant contribuer à la connaissance de la géographie ainsi qu'une source de renseignements sur les nouveaux phénomènes observés dans les étendues sauvages du Nord.*

Une analyse serrée des aspects historiques et esthétiques de ces images nous permet d'apprécier leur importance non seulement en tant qu'illustrations scientifiques et topographiques, mais également en tant que témoins de la façon dont les divers explorateurs percevaient le monde de l'Arctique, de leurs sentiments et de leurs croyances, et nous permet également de constater comment ces images ont fait naître dans l'imagination du public le mythe du Nord sauvage.

L'art plus optimiste des deux Américains, Elisha Kent Kane et son collaborateur James Hamilton, le résultat de deux expéditions américaines à la recherche de Franklin, en 1850 et en 1853, font contraste avec l'art britannique. L'art britannique et américain de l'Arctique présentent une dimension de l'histoire du Nord habituellement oubliée.

Mots-clés : *Arctique — Exploration — Art, peinture — Sir John Franklin*

Early in the 1860s two large paintings, one English and the other American, generated considerable attention. The Arctic was the subject of both, and both included a reference to the mysterious disappearance of the Franklin expedition. There the similarities end, for together they express with sublime intensity two diametrically opposing perceptions of the polar regions in the middle of the nineteenth century.

Edwin Landseer's *Man Proposes, God Disposes* (Fig. 1) portrays the Victorians' worst fears and deep fascination with cannibalism. Landseer, England's most popular animal painter, best known for his lions in Trafalgar Square, found in the Arctic saga material for a "...bitter satire about the vanity of human effort." (Hill 1973 : 39). He severely depicts the devouring of carcasses by animals, bloodthirsty polar bears, the broken mast of a ship (probably the *Erebus*) and a tattered cloth of the flag, all of which convey a complete rejection of Godly presence. On the other hand, the American artist Frederick Edwin Church's *Icebergs* (Fig. 2) presents the viewer with a dream of the Arctic as envisioned by those centuries of explorers who sought within its hidden regions a peaceful haven of beauty and sublime grandeur. The presence of a broken mast, an obvious reminder of the fate of Franklin, in no way detracts from the elevating emotion of the scene. It is rather a reminder that mariners lost in the depths of the frozen regions have perhaps found those "...sunny continents" (*Blackwood's Edinburgh Magazine*, November 1855). It is they who have completed their journey "toward no earthly pole." (Lord Alfred Tennyson, from the bas relief memorial, Westminster Abbey, 1977).

Neither vision is camera realistic, yet their inspiration comes from the factual visual records of eighteenth and nineteenth centuries Arctic explorer-artists, and it is through an examination of these images that an understanding of the two contrasting perceptions is revealed.

Today, given our knowledge of the Arctic regions through photography, aerial photography and satellite mapping, it is difficult to imagine the scientific and

(1) Reprinting : "The Franklin Era In Canadian Arctic History 1845-1859", ed. by Patricia D. Sutherland, *National Museum of Man, Mercury Series*, Archaeological Survey of Canada. Paper 131, 1985 Ottawa.

FIG. 1. — Landseer, Edwin, oil painting, *Man Proposes, God Disposes*, 1864. Reproduced in Hill (1973).

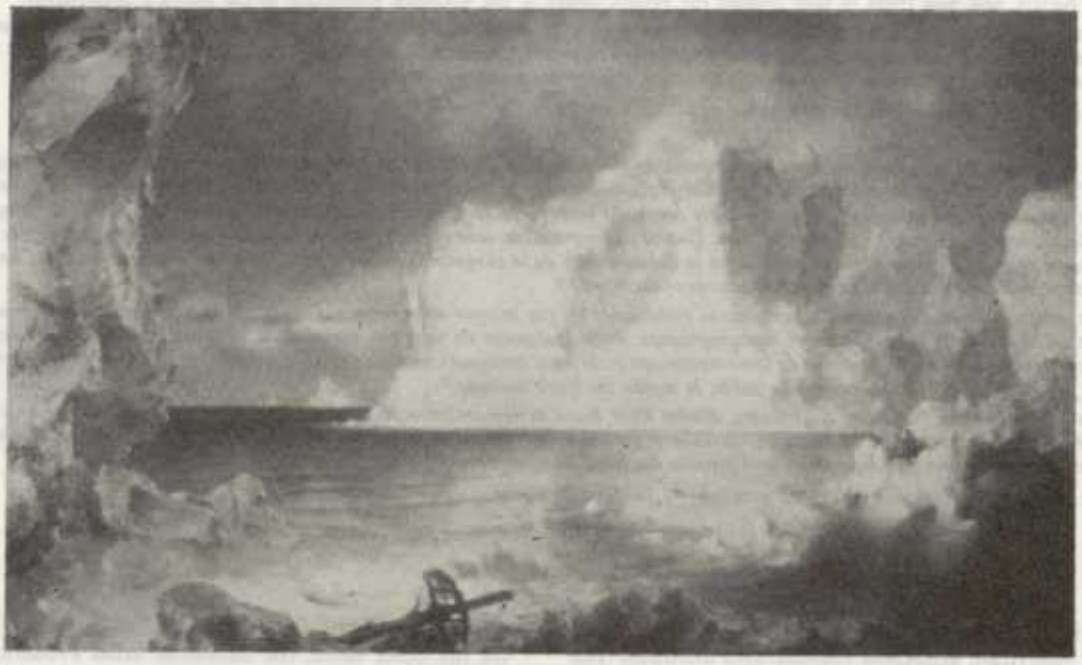


FIG. 2. — Church, Frederick Edwin, oil painting, *Icebergs*, Dallas Museum of Fine Arts, Dallas Texas.

aesthetic importance of the explorer's own drawings. The camera, more objective and factual, can soften or heighten but cannot alter what it sees. The explorer-artist gazing at a towering iceberg, or experiencing the brutality of a northern storm, found inspiration for poetic analogies and romantic metaphors that often tell us more about his own perceptions than about the actual place. These images, used to enhance the published expedition journals, and reproduced in such mid-nineteenth century pictorial magazines as the *Illustrated London News*, became collectively the picture of the Arctic in the minds of the public. Their primary purpose, however, was practical. They were an invaluable aid to geographical knowledge and an important source of information on phenomena encountered during an expedition.

The Royal Society, founded in 1660, first realized the opportunity offered by distant sea voyages for the collection of information pertinent to maritime skills and the pursuit of the natural sciences. A pamphlet published by the Royal Society in 1665, "Directions for Seamen, Bound for Far Voyages", encouraged the explorer to record and sketch all phenomena encountered, "...to study Nature rather than Books" (Royal Society 1665-66 : 140). By the early eighteenth century, the instructions included further directives for the drawing of views and climatic observations, "...Lightnings, Thunders, Comets..." etc. (Smith 1950 : 66).

This was the first attempt to systematize marine information, although modern accuracy did not begin to evolve until the middle of the eighteenth century. Before then, myths and error abounded, and even maps and charts which were distributed privately or through the commercial presses had no supervisory body until the establishment of the Hydrographic Office in the late eighteenth

century. The early mariner relied mainly on shared experience.

Next to the map and chart, the most important visual aid for the seaman was the coastal view, a silhouette image conveying the identifying outline of a land mass. Developing this simplification of form enabled the navigator to recognize a particular coast, harbour or island. These were aide-memoires, and joined others of the same sort from the same voyage. They were soon considered essential to navigation (Fig. 3) (Munday 1976 : 219). To facilitate visual rendering, draughtsmanship became required training for seamen. Taught in the eighteenth century at the Royal Naval Academy and at Woolwich, the military institute, it was also learned through apprenticeship aboard ship. James Cook, for instance, learned surveying in this way during the Seven Years War, and it was this particular talent which largely facilitated the success of his voyage to the South Pacific and set the precedents for future British exploration. The accuracy of Cook's coastal views is certified by the fact that two centuries later the Hydrographic Office still at times includes them on current maps and charts.

Though draughtsmanship became a requirement for the seaman's training, professional artists were also included on the early voyages. With James Cook and Sir Joseph Banks in 1767 was John Webber, a founding member of the Royal Academy. On his second voyage, Cook included William Hodges, a well-known marine painter. To guard against the embellishments of fine art that often proved to be a temptation to the artist, the Crown in 1805 published an instructional guide, *The Liber Nauticus and Instructor in the Art of Marine Drawing*. The book purported to standardize the depiction of ships and maritime conditions by presenting clearly outlined representations of various sailing vessels and stylized renderings of sea conditions, as depicted in the view of Spitzbergen shown in Figure 4. This method provided an important aid to the coastal view and a visual vocabulary of climatic conditions.

Still, the Admiralty saw artistic licence as a recurring problem, and continued to warn about distraction from essentials in expedition records, while fine art found the subject matter of newly discovered lands and increased knowledge of meteorological matters of infinite inspiration. Together, the conflict between the scientific concerns of the explorer and the freedom of expression of the artist was to be an unresolved hurdle to objectivity.

Nowhere was this more apparent than in the Arctic. No system of rules could circumscribe the artist's desire to render imaginatively such variegated forms as polar icebergs. F.W. Beechey, an explorer-artist of considerable skill, poetically described their inspiration on his journey to Spitzbergen in 1818. He tells of the grandeur and splendour of the icebergs as:

> ...architectural edifices, grottoes and caves here and there glittering as if with precious metals... causing one to... deviate from nautical phraseology, and shape a course for a church, a tower, or a bridge or some similar structure, in the lumps of ice. (Barrow 1846 : 54).

Given such inspirational material as we see in Beechey's image of a wedding cake castle fashioned in the ice, the explorer-artist had a difficult time indeed to be narrowly factual (Fig. 5). The Arctic ice formed powerful reminders of literary visions or memories of familiar objects: caves, castles, cathedrals, fortresses, towers, arches, bridges, and many other domestic structures. As such, it served as components for compositions which followed the tenets of current aesthetics of the picturesque

FIG. 3. — Cook, James, *A View of the Island Motuaro Lying in the Bay of Islands, 1769*. Reproduced in Smith (1960).

FIG. 4. — Broke, William, watercolour, *View of Spitzbergen*, c. 1809. Produced from British Admiralty material, with the sanction of the Controller, HM Stationery Office and of the Hydrographer of the Navy.

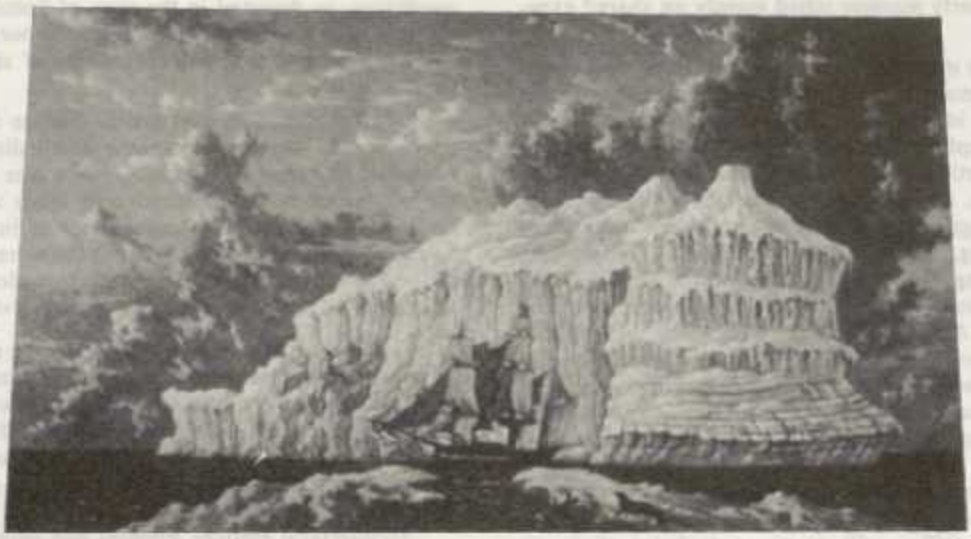


FIG. 5. — Beechey, Frederick W., engraving, *Iceberg in Baffin's Bay*. In Parry (1821).

FIG. 6. — Back, George, watercolour, *A Ship, an Iceberg and some Walrus near the Entrance to Hudson Strait*, 1836-37. Public Archives of Canada, Ottawa (C-110045).

and romantic landscapes of the eighteenth century. As a result, they also conveyed the symbolic content of an established Christian world rather than an untamed and unknown wilderness. In Captain George Back's polar scene (Fig. 6), a glorious gothic ice cathedral provides divine protection from the approaching darkness in the sky. The explorer, George Back, as well as F.W. Beechey, was a gifted and imaginative artist whose sketches and watercolours greatly enhanced the published journals of the expeditions prior to 1845. The ice cathedral painted for a lady friend, and no doubt in a playful mood, nevertheless conveys to the viewer the tenor of providential faith that existed in the early phase of the Arctic mission. In this way, the journey in search of the Pole contained the overtone of a voyage of spiritual quest of "an almost allegorical significance" (Loomis 1977 : 96).

In fact, it seems that the more the artist-explorer travelled, the more his visual imagery reflected a nostalgia for reminders of God and home. No matter how scientific his goals, he could not help, as Beechey mentioned, but "...see in Nature what we have been taught to look for (and)...feel what we have been prepared to feel" (Barrow 1846 : 54).

What British society was not prepared to feel or accept, however, was the possible loss of the Franklin expedition. Until Franklin's third expedition, each Arctic voyage that the government had mounted since 1818 had returned safely, adding a new and elevating chapter to the Polar story. The public, through the published journals, had followed the long narrative with growing interest and confidence in the explorers' success. Fear and apprehension for Franklin and his men, however, changed the direction of the tale. In a sense, no other event in mid-Victorian history was comparable in its impact on the imagination. The emotional involvement of the public far exceeded the extent of the tragedy. As Charles Dickens rightly pointed out in his magazine *Household Words* ("Unspotted Snow", Nov. 12 1853, p. 242), thousands of men might be lost in a single battle of war, arousing less alarm. The answer lay perhaps in the fact that the "long

and continuous narrative...", as described by C.C. Loomis (1977 : 96) touched a nerve, for it struck on issues of paramount importance to Victorian values. It suggested a change, a shift in conventional perceptions of Christian man protected by divine providence. Consciously or unconsciously, this element underlay the public's concern during the long and drawn-out search. Although humanitarian feelings certainly played a part in public emotions, even more important was the search for the answer to what had happened to the expedition itself. Why had they disappeared ? What was there about the Polar regions that could hide so thoroughly its terrible secret ?

Widespread newspaper coverage stimulated the public's intense emotional involvement in the fate of the Franklin expedition. Supplementing the daily newspapers was the newly founded *Illustrated London News* which, from 1847 on, devoted extensive coverage to all aspects of the Arctic search voyages. Central to the magazine's Polar articles were the explorers' on-the-spot sketches. Out of their imagery grew Panoramas, the Victorian equivalent of the cinema : for a fee one could view, in a gallery, murals of sensationalized Arctic vistas and thereby simulate the experience of Polar sublimity. In two issues of the *Illustrated London News* (Feb. 16 and Feb. 23 1850), "Burford's Panorama of the Polar Regions" (Fig. 7) was glowingly reviewed. Based on the drawings of William Browne, the Lieutenant on the *Investigator* assigned as artist for the first search for Franklin in 1848-49, the scene was given a full-blown treatment far removed from Browne's original sketch (Fig. 8). The *Illustrated London News* stated that "the picture is painted throughout with wonderful power and intensity of effect, characteristic of the supernatural aspects of the Polar Regions".

The visual records of the British Arctic search voyages were therefore used in various ways. A sketch rendered in the Arctic, after its official government use, might appear in the *Illustrated London News*, become a lantern slide, a scene in a play, a Panorama, or an illustration to enhance the published narrative. Among these possibilities, the most important visual images from the Franklin period were the elegant lithograph folios published as separate entities soon after the return of a search expedition. The growing importance of the visual representation of an explorer's experience is evident in the fact that the only publication to result from James Ross' 1848-49 voyage was Browne's portfolio of lithographs : *Ten Coloured Views Taken During the Arctic Expeditions... in Search of Capt. John Franklin*, published in 1850. This publication set a precedent for folio presentations of two major search expeditions that followed. Viewed as memorabilia, and similar to modern coffee table books, they added another dimension to the Arctic saga beyond the expected illustrated journals.

As Burford's Panorama had dramatized and exaggerated Browne's on-the-spot sketch, Browne, too, skilfully used the arctic scenery in his published folio to convey the growing apprehension for Franklin. He did so by concentrating on awesome geological formations which the expedition encountered. In *Termination of the Cliffs near Whaler Pt., Port Leopold* (Fig. 9), depicting a scene near the area where the *Enterprise* and *Investigator* were frozen in from September 11 1848 to August 1849, we see four lone figures trudging up a towering triangular structure of granite, an architectural wonder echoing Lindisfarne or Mont St. Michel, the haunting mediaeval monasteries separated from the outside world by high tides or turbulent weather. What Browne (1850 : 6) purports in his folio introduction to be "...faithful delineations of the most interesting scenery in the Arctic regions..." incorporates echoes of a heroic struggle for the Holy Grail or chivalric feats of rescue. The imagery in other scenes emphasizes the enormity of the contrast between the human and polar scale : the towering cliffs, the jagged rock, the dwarfing of manmade tents against the insur-

FIG. 7. — 'Burford's Panorama of the Polar Regions, the Investigator Snow Walled in for the Winter'. *Illustrated London News* February 23 1850.

FIG. 8. — Browne, William, watercolour, *Investigator*, 1848-49, Scott Polar Research Institute, Cambridge, England.

FIG. 9. — Browne, William, lithograph. *Termination of Cliffs near Whalers Point, Port Leopold*, expedition 1848-49. In Browne (1850).

mountable walls of stone (Fig. 10). In this way, the folio images emphasized the magnitude of the project and served as a publicity and promotion venture for the next expedition. It also provided the opportunity to acknowledge in the introduction the assistance of Russia and the United States, both of which were now involved. This inclusion no doubt increased the sale and circulation of the lithographs in those two countries, and transmitted to the world the underlying fear for the missing men. The collection of prints portrayed the Arctic journey as a mission for the brave and a test of Christian faith.

A second folio, published in 1855 after the Belcher expedition, was rendered by W.W. May. May, who had previously been with the Austin voyage of 1850-51, was a career naval officer. He later in the century exhibited his paintings regularly at the Royal Academy. May's folio

FIG. 10. — Browne, William, watercolour, *Cape Walker*, 1850-51. Scott Polar Research Institute, Cambridge, England (54/19/9).

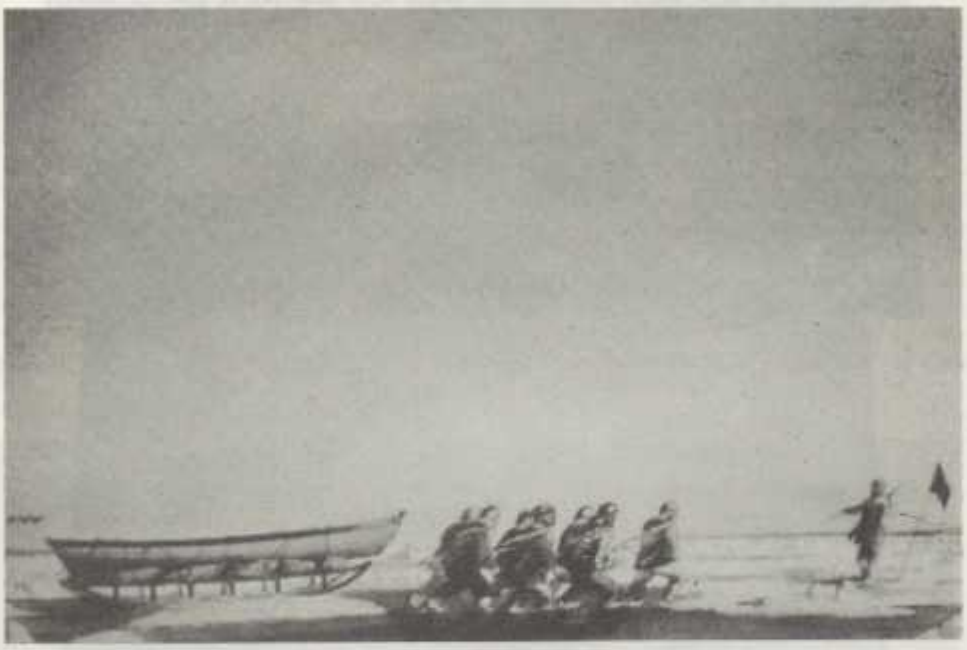


FIG. 11. — May, Walter W., watercolour, *Sledge Party Returning*, expedition 1852-54, National Maritime Museum, Greenwich, England.

differed somewhat from Browne's, in that its intention was not to present the sublime vistas of the Arctic, but rather to show the more serious armchair-explorer the mechanics of coping with polar conditions. In it we find scenes depicting the hazards of ice hummocks, sledging with the help of sails, and the setting up of camp in a polar landscape.

Sledge travel up to the time of the Franklin search expeditions had been uncommon. But the need to cover terrain away from the ships in the hope of finding the missing men often meant that this more hazardous form of transportation had to be attempted. Thus, surveying that might not have been accomplished was done inadvertently. Sledging was also a more severe physical challenge, forcing the participants to experience to a far deeper degree the space, isolation and trials of polar conditions. With the Austin expedition, May covered on one trip from the *Resolute* 600 kilometers over a period of 34 days, and on an even more impressive journey with the Belcher expedition, a distance of 970 kilometers in a period of 62 days. As a result, May's imagery more than that of any other explorer-artist, displays a deep awareness of the magnitude of Arctic space : a consciousness that May and his printer evidently felt the need to temper in the published portfolio.

For example, May's original watercolour *Sledge Party Returning Through Water During the Month of July* (Fig. 11) presents a scene from the Belcher expedition, in which the

FIG. 12. — May, Walter W., lithograph, *Sledge Party Returning*, In May (1855).

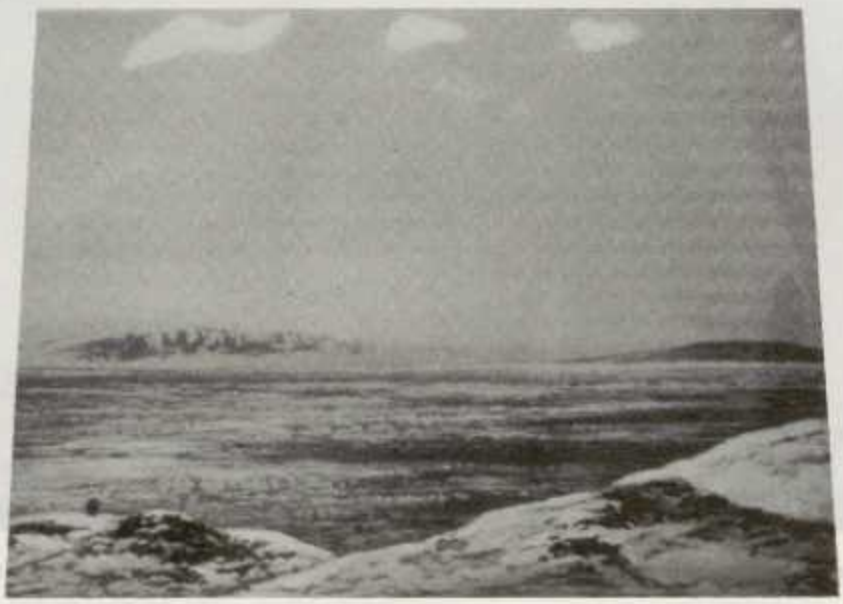


FIG. 13. — Cresswell, Samuel Gurney, lithograph, *Melville Island from Banks Land*, expedition 1850-54. In Cresswell (1854).

returning group is being formally welcomed by a man and flag at a specified point in what appears to be a vast and unvaried land. The horizontal planes of the picture — boat, men, horizon, and even low-flying birds — emphasizes the flatness and desolation of the landscape. Only a small flag pointing to a weak nocturnal sun provides any sustenance. The lithograph (Fig. 12) has, however, been changed into a somewhat more agreeable place. The struggle remains, and is even more dramatically stated by the stumbling men, but the sense of desolation is gone. Instead the sky is full of warm rays, the birds emerge from the glow like holy spirits, and the boat points diagonally towards a distant heavenly light. Nature is still a formidable foe, far removed from the sanctuary of George Back's ice cathedral or F.W. Beechey's fairy-tale castles, but the inorganic emptiness of May's on-the-spot watercolour has been negated and replaced by a modicum of spirituality.

Like May's folio, a third set of lithographs published during the Franklin searches pictured a strange polar world of Christian metaphors set in a godless space. Rendered after the return of the McClure expedition of

1850-54, in celebration of the technical discovery of the Northwest Passage, the artist S. Gurney Cresswell documented the events of the harrowing four-year ordeal. Together, the scenes and the accompanying descriptive excerpts from Captain McClure's dispatches, tell the story of the expedition's miraculous rescue, and provide the evidence for the completion of the Northwest Passage. As the *Investigator* had sailed from England in January 1850 and had approached the Passage from the west, and the rescue had been made by members of the Belcher expedition who left England in 1852 and entered the Passage from the east, a Northwest passage was proved to technically exist. Cresswell's lithograph *Melville Island from Bank's Land* (Fig. 13) records the fact. The viewer's point of vision is from Banks Land looking across the channel to Melville Island, the termination of Parry's remarkable westward voyage in 1818, more than 30 years earlier.

More dramatic than the above in its imagery is Cresswell's *Critical Position of HMS 'Investigator'* (Fig. 14). The ship, caught in a vise of massive jagged ice boulders, is raised like a giant trophy high on its keel, tilting the ship precariously. Theatrically spotlighted, the forces of nature are on centre stage and human fate is a matter more of caprice than plan. The scene recalls the German romantic artist Caspar David Friedrich's famous painting of 1832, *The Polar Sea* (Fig. 15), in which a wrecked ship amidst

FIG. 14. — Cresswell, Samuel Gurney, lithograph, *Critical Position of the HMS 'Investigator'*, August 1851. In Cresswell (1854).

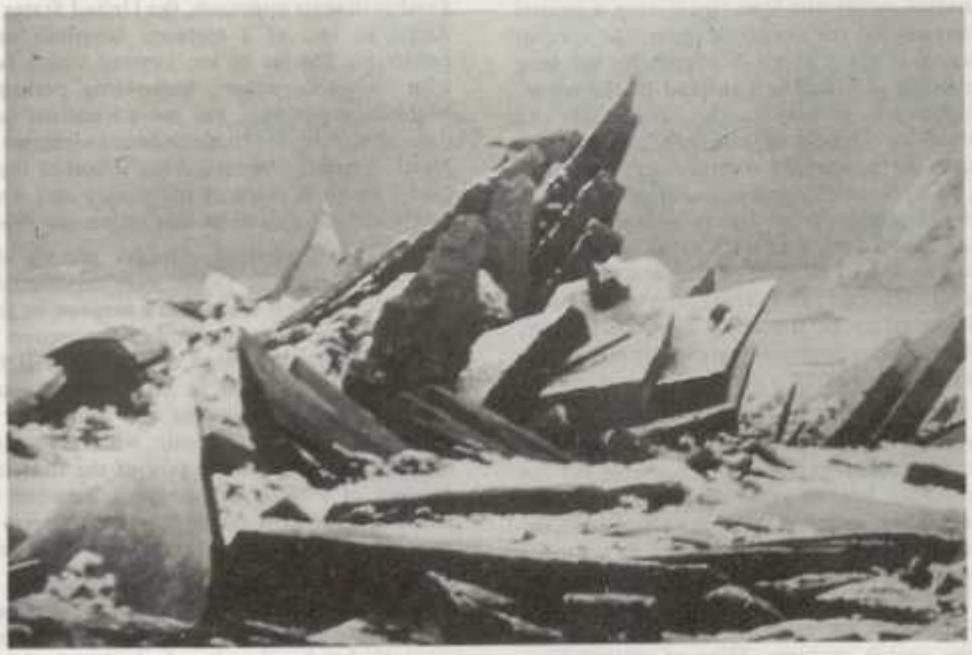


FIG. 15. — Friedrich, Caspar David (1774-1840), oil painting, *Die Gescheiterte Hoffnung, The Polar Sea*, 1824. Reproduced in Loomis (1977).

FIG. 16. — Cresswell, Samuel Gurney, lithograph, *Sledging Over Hummocky Ice*, expedition 1850-54. In Cresswell (1854).

the emptiness and stillness of polar ice was a contrast to the picturesque illustrations of the earlier Arctic voyages. Devoid of their optimism, Friedrich's was a prophetic vision not to be realized until Franklin's disappearance.

In another composition, *Sledging Over Hummocky Ice* (Fig. 16), the metaphors of classical landscape become strange companions with the ice and rock formations of the Arctic. Literally depicting the time two years after the *Critical Position of the HMS 'Investigator'*, the scene portrays Cresswell's party, some suffering from scurvy, heroically making their way eastward to Dealy Island and the safety of their rescue ship. The heavy sledges being tortuously dragged over massive ice hummocks convey the struggle for survival, while one lone figure atop a central mound gazes out toward the unknown space. On another level, the meaning is given symbolic depth by the long established language of visual art. Instead of the seventeenth and eighteenth century castles, fortresses and temples employed as symbols of fortitude, courage and purity, we have the nineteenth century substitutes of natural forms. In Cresswell's scene the cliff on the left is an enduring fortress, the birds are free or holy spirits, and the contrasts of white snow and dark stone suggest the struggle of good and evil, all part of the domain of the figure atop the hill. His gaze, away from the viewer, leaves unanswered the question of the abyss beyond. In sum, although the Arctic folios commemorate in different ways the three expeditions, all share a sense of human endeavour dwarfed by nature.

The engraver or lithographer, whose contribution is often misunderstood, may have been responsible for the heightening of effects, but the artist remained supervisor of his own work. Thus, irrespective of the changes to the original watercolours, the underlying perceptions are those of the explorer-artist's direct experience of the north. As such, Browne, May and Cresswell, by concentrating on the invincibility of the polar forces, reflected Britain's loss of optimism in the search mission. Tales of cannibalism, though dismissed by Dickens as "Esquimaux Kettle Tales" in his magazine *Household Worlds*, ("The Lost Arctic Voyages", Dec. 2 1854 : 365) only added to the country's disillusion. In contrast, the Americans who joined the search in 1850 entered the project with youthful confidence and a more zealous faith in Divine Providence.

Aside from the humanitarian efforts to find the missing Franklin party, scientific questions about the Arctic intrigued American oceanographers, in particular the age-old romantic belief of an open polar sea. Poetically related to visions of an earthly paradise in the New World, it had been an important stimulus to Britain's search for the Northwest Passage. By midcentury, however, the direct experience of ice-choked seas had dampened the dream. Fresher in their approach, the United States envisioned the Arctic as less of a tortuous labyrinth and more as a penetrable barrier of ice, beyond which lay a warm sea with navigable waters, harbouring perhaps the missing Franklin expedition. Far more idealistic in their perceptions of nature, the transcendental elements in midcentury North America intensified the vision of the wilderness as God's world, a place of spirituality and divine plan. (For a brilliant discussion of this vision see Novak 1980).

The two American voyages joining the search for Franklin during the 1850's were dominated by one man, Elisha Kent Kane. Kane was a surgeon on the first journey of 1850-51, and in command of the second longer and far more difficult expedition of 1853-55. His findings in the Arctic were recorded in two widely read books with illustrations numbering in the hundreds. Reviewed on both sides of the Atlantic with enthusiasm for their aesthetic beauty, the imagery of the illustrations was the product of a close collaboration between Kane and the gifted marine artist James Hamilton. (For a more detailed analysis of Hamilton's illustrations see Martin 1983).

Though James Hamilton did not travel to the Arctic, his renderings of Kane's on-the-spot sketches are so close in accurate detail that only the difference in style and romantic heightening reveals the hand of the professional artist. Kane's own sketches, untouched by Hamilton and

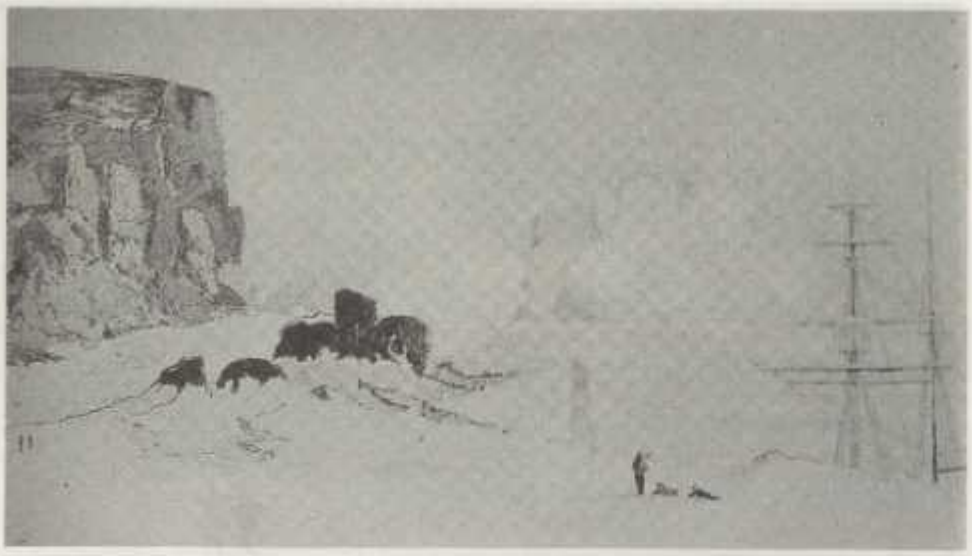


FIG. 17. — Kane, Elisha Kent, watercolour, pencil and ink, *Upper Island, Baffin, July 12, 1851*. Collection of Mr. Gary Trinetti, reproduced in Martin (1983).

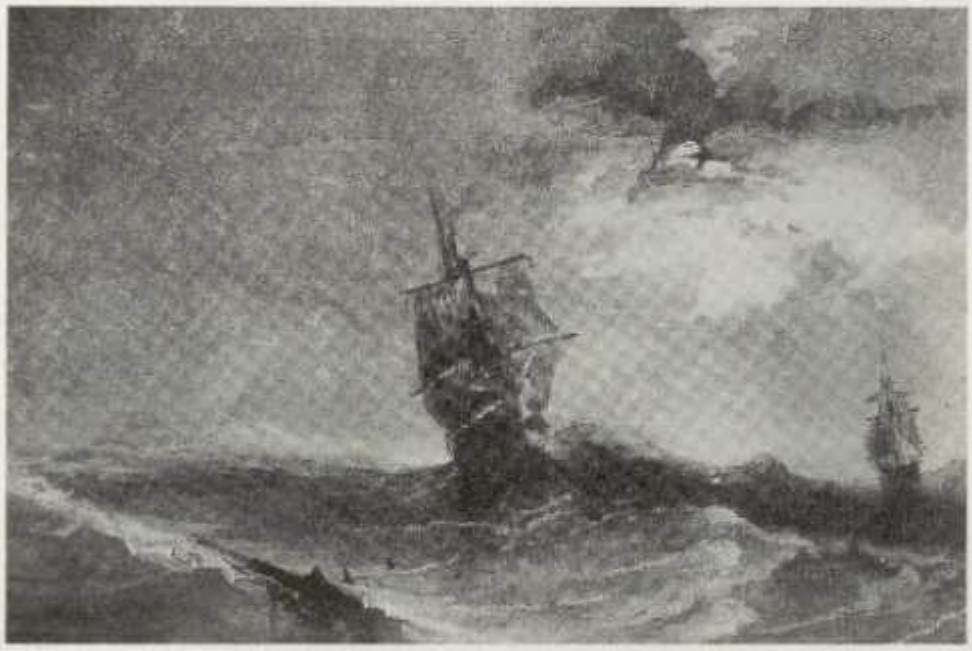


FIG. 18. — Hamilton, James, watercolour, *Ships and Kayak in Moonlight*, c. 1852. Glenbow Museum, Calgary, Alberta, reproduced in Martin (1983).

reproduced in the finished narrative as well, show him to have been an accomplished artist (Fig. 17). Together they form a synthesis of the seaman's scientific tasks with the explorer's dream of an earthly paradise, an alluring blend of science and art.

Icebergs, glaciers, vast spaces, turbulent seas and skies, the glow of the polar sun, and the refraction of light, form the dominant subjects of the Arctic scenes. All evoke the sensibility of the natural sublime through the strange majestic beauty of nature encircled by God's providence. In Hamilton's watercolour *Ships and Kayak in Moonlight* (Fig. 18) we find a haunting ghostly scene. Lit by a full moon seen through parting clouds, the mysterious vessels, their sails flying as banners of their sacred mission, approach a diagonal bar on the lower left formed by a lone Eskimo and kayak riding a white crest of the sea. Are they a barrier or a gateway to the secrets of the Arctic ?

Equally powerful in evoking the sublime are the Kane/Hamilton images *Greenland Fiord* and *Erebus Bay, Yellow Sunset* (Figures 19, 20). In the former the massive pinnacles of rock form an impenetrable fortress surrounding a calm restful bay. In the foreground, small figures

FIG. 19. — Hamilton, James, watercolour, *Greenland Fiord*. Glenbow Museum, Calgary, Alberta, reproduced in Martin (1983).

FIG. 20. — Hamilton, James, watercolour, *Erebus Bay, Yellow Sunset*, c. 1850. Collection of Mrs W. Beyer Africa, reproduced in Martin (1983).

gaze reverently at the glacial wilderness and gesture in response to the wonders they behold. In *Erebus Bay*, the contrasts of impervious rock with peaceful waters and distant horizons bathed in warm light evoke a sense of supernatural protection.

To facilitate the interpretation of Kanes's on-the-spot sketches for the published journals, Hamilton lived with Kane for a month. This close collaboration between the explorer-scientist and the marine artist was a source of inspiration to Hamilton beyond the illustrations for Kane's books. Ice, not for its structural form but for its strange unpredictable properties, is the subject of his oil painting *'Rescue' in Her Arctic Ice Dock* (Fig. 21). Kane's expedition of 1850-51 had turned the unusual qualities of ice to the explorers' advantage by creating in the ice a drydock in which to effect repairs to the ship's keel. The endless space of the surrounding scene enveloped in a haze reminds the viewer of the small group's vulnerability. Kane (1854 : 57) wrote : "It is a landscape such as Milton or Dante might imagine...inorganic, desolate, mysterious." First sketched by Kane in the winter of 1851, it became a small woodcut in the published journal, and was later reinterpreted by Hamilton in oil. Like Cresswell's *Critical Position of the HMS 'Investigator'* and Friedrich's *Polar Sea*, the image focuses on the fascinating and terrifying qualities of Arctic ice. Unlike the other two, however, the

FIG. 21. — Hamilton, James, oil on canvas, *The 'Rescue' in her Arctic Ice Dock*, c. 1852. Collection of Seneca Falls Historical Society, reproduced in Martin (1983).

mood of the *Rescue* depicted under repair, is one of confidence and security rather than destruction.

Less dramatic, yet more evocative, is the atmospheric condition known as refraction. A mirage created under certain conditions, refraction causes illusive forms to be thrown above and below the horizon line. Calling the experience "phantasmagoric", Kane (1854 : 63-69) wrote that it was beyond his powers of description. Sometimes an object such as a ship would be reflected in the sky in reverse as many as three times. In one of the several watercolours Hamilton rendered of this hallucinatory effect from Kane's descriptions and sketches, *Refraction* (Fig. 22) presents ghostly vessels mirrored in the sky, surrounded by unearthly shapes in a purple haze : an ideal subject to reveal both the explorer and the artist's poetic tendencies.

Important historically and symbolically are the watercolours of Beechey Island. Three graves, discovered here in the summer of 1850, mark Franklin's first winter quarters. The small graveboards beneath the towering cliffs became a well-known Arctic landmark. Several of the Kane/Hamilton images record, in moods sometimes ironic and in others optimistic, this historic scene, a monument that is today our most vivid reminder of the never-solved mystery. *Cape Riley, Erebus Bay*, August 27, 1850 (Fig. 23) commemorates the day that the graves were found by the American and British explorers, believing that this clue would lead to the discovery of the lost Franklin crew. Kane recorded the event in his journal with this entry:

> On the 27th, the chances of this narrow and capricious navigation had gathered five of the searching vessels under three separate commands, within the same quarter of a mile — Sir John Ross', Penny's and our own... I was still talking over our projects with Captain Penny, when a messenger was reported, making all speed to us over the ice... The news he brought was thrilling. « Graves, Captain Penny ! Graves ! Franklin's winter quarters ! » We were instantly in motion... joined by a party from the

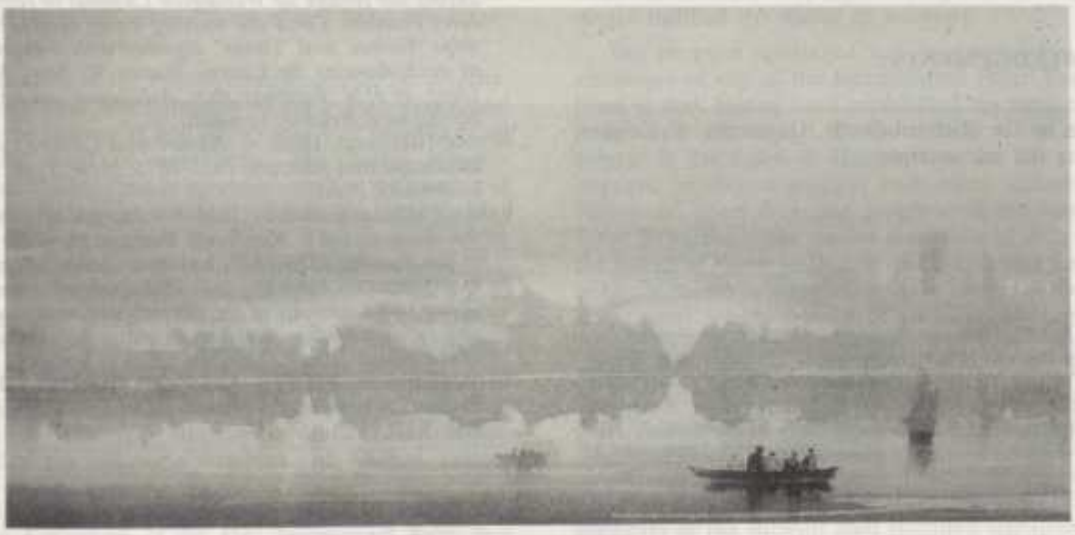


FIG. 22. — Hamilton, James, watercolour, *Refraction*, c. 1852. Reproduced in Martin (1983).

FIG. 23. — Hamilton, James, *Cape Riley, Erebus Bay*, engraving for Kane (1854).

> Rescue, we hurried on over the ice, ... a weary walk, to the crest of the isthmus. Here, amid the sterile uniformity of snow and slate, were the headboards of three graves, made after the old orthodox fashion of gravestones at home. Kane (1854 : 161-62).

For England, the news of Franklin's fate brought back by McClintock in 1859, completed a generation of brilliant exploration and frustration. For the Americans, the romance surrounding Elisha Kent Kane's journeys inspired another decade of polar voyages. For both countries, the poetic power of the Franklin narrative and its images would continue to inspire dualistic visions : either a Godless planet, a tortuous labyrinth of tragic consequences, or the hope of a hidden paradise, an Open Polar Sea, lying beyond the barrier of ice.

ACKNOWLEDGEMENTS:

Thanks to Dr. Richard Davis, University of Calgary, for reading the manuscript.

REFERENCES

BARROW (John), 1846. — *Voyage in the Arctic regions from 1818 to present times.* New York : Harper and Bros.

BROWNE (W.H.), 1850. — *Ten couloured views taken during the Arctic expeditions of Her Majesty's ships 'Enterprise' and 'Investigator' ... with a summary of the various Arctic expeditions in search of Capt. Sir John Franklin.* London : Ackerman.

CRESSWELL (S.G.), 1854. — *Series of eight sketches in colour lithographs for the Queen, voyage of the 'Investigator'.* London : Ackerman.

HILL (Ian Barras), 1973. — *Landseer : an illustrated life of Sir Edward Landseer 1802-1973.* Aylesbury, Bucks : Sire Publications.

KANE (Elisha Kent), 1854. — *US Grinnell expedition in search for Franklin.* New York : Harper Bros.

LOOMIS (Chauncey C.), 1977. — 'The Arctic sublime'. In *Nature and the Victorian Imagination*, W.C. Knoepflamacker and G.B. Tennyson (eds.). Berkeley : University of California Press.

MARTIN (Constance), 1983. — *James Hamilton : Arctic Watercolours.* Calgary : Glenbow Museum.

MAY (W.W.), 1855. — *Series of fourteen sketches made during the voyage up Wellington Channel in search of Sir John Franklin... and the missing crews of HM discovery ships 'Erebus' and 'Terror', together with a short account of each drawing by Comm. Walter W. May R.N., late Lieut. of HM discovery ship 'Assistance' under Captain Sir Edward Belcher.* London.

NOVAK (Barbara), 1980. — *Nature and Culture : American landscape and painting 1825-1875.* New York : Oxford University Press.

PARRY (William Edward), 1821. — *Journal of a voyage for the discovery of a Northwest Passage from the Atlantic to the Pacific, 1819-1820.* London : John Murray.

ROYAL SOCIETY, 1665-66. — *Philosophical transactions, giving some account of the present undertakings, studies and labours of the ingenious in many considerable parts of the world.* Vol. 1. London : Royal Society.

SMITH (Bernard), 1950. — 'European Vision and the South Pacific'. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* Vol. XIII (1,2) : 66-100.

THE FRENCH EXPEDITION OF THE FIRST INTERNATIONAL POLAR YEAR TO CABO DE HORNOS, 1882-1883 (1)

by William BARR

University of Saskatchewan, Department of Geography, Saskatoon

ABSTRACT. — French interest in the First International Polar Year has been keen from the start. The *Romanche*, commanded by Louis-Ferdinand Martial, sailed to Cabo de Hornos (Cape Horn), selected as an appropriate field of operations. He established the station at Bahia Orange and began a long period of meteorological observations, natural history collects and anthropological studies.

During that time, *Romanche* made a large geographical exploration and gave important informations concerning navigation in the Cape Horn region (areas South Canal Beagle).

The most valuable contribution made by the French expedition was in the area of ethnography and concerned the Yahgan Indians.

Key-words : First International Polar Year — Cape Horn — Louis-Ferdinand Martial.

RÉSUMÉ. — **L'expédition française de la Première Année Polaire Internationale au Cap Horn 1882-1883.** *Depuis le début, la France a montré un grand intérêt pour la Première Année Polaire Internationale. La* Romanche, *commandée par Louis-Ferdinand Martial, s'est dirigée vers le lieu de recherche retenu : le cap Horn. Une station de recherche a été établie à Bahia Orange où ont été effectuées des observations météorologiques, des collectes concernant les sciences naturelles, des études anthropologiques... La contribution la plus remarquable de l'expédition française s'est située dans le domaine de l'ethnographie et concernait les Indiens Yahgan.*

***Mots-clés :** Première année polaire internationale — Cap Horn — Louis-Ferdinand Martial.*

French interest in the First International Polar Year had been keen from the start; indeed Lieutenant Karl Weyprecht, the Austrian originator of the First International Polar Year had presented his plan for such a program to the Académie des Sciences in written form via the French ambassador in Vienna as early as 1876. In this proposal Weyprecht had condemned the isolated, adventurous type of expedition that "s'il stimule la curiosité du public, ne profite pas à la Science" (Martial, 1888:1). The goal of the circumpolar ring of stations that he proposed would be "de procéder pendant une année, avec des instruments identiques et d'après des instructions uniformes, à des observations qui devront être faites simultanément" (Martial, 1888:1).

Organization of the French contribution to the International Polar Year was entrusted to the French Navy, and the Cabo de Hornos (Cape Horn) area was selected as an appropriate field of operations. The Naval minister Vice-Admiral Cloué made arrangements for the passing of the bill allocating the necessary funds, and on 16 May 1882 the Chambres voted the funds. That very same day Professor M. Mascart, director of the Central Meteorological Bureau, sent a telegram to Professor Wild in St. Petersburg that read : "Funds voted for Cape Horn. Expedition will leave end June. Mascart" (Mitteilungen der Internationalen Polar-Commission, 1882:88).

The organizing committee nominated by Cloué, after consultation with the minister of Public Instruction, consisted of the following members : M. Dumas, permanent secretary of the Académie des Sciences, président; J. Bertrand, permanent secretary of the Académie des Sciences; Alph. Milne-Edwards, member of the institute; Fouqué, member of the institute; Col. Perrier, member of the institute and of the Bureau of Longitude, representing the Académie des Sciences; M. Loewy, member of the institute and of the Bureau of Longitude (1); Vice-Admiral Cloué, member of and representing the Bureau of Longitude; M. Mascart, director of the Central Meteorological Bureau; M. Angot, meteorologist with the Central Meteorological Bureau; and finally Commandant Fleuriais, lieutenant-commander, representing the Naval Ministry. Angot fulfilled the duties of secretary.

The program envisaged was in many ways the most ambitious of any of the International Polar Year expeditions in that, having once established the station, the ship designated to transport the shore party to the site was to remain in the Cabo de Hornos area for the entire year, engaged in oceanographic and other scientific work. Moreover, apart from the program of the International Polar Year, the shore station was charged with observing the transit of Venus in December 1882; hence this task had to be taken into consideration in the choice of the site. The shore party was to consist of six scientist-observers and fifteen men. Leader of the party was Edmond-Jean-Léopold Courcelle-Seneuil, lieutenant de vaisseau; his scientific staff included Edmond-Joseph-Augustin Payen, lieutenant de vaisseau; François-Octave Le Cannellier, enseigne de vaisseau; Paul-Daniel-Jules Hyadès, médecin de 1er classe; and the sole civilian, Léon-Ernest Sauvinet, an assistant at the Musée de l'Histoire Naturelle. The fifteen members of the support staff included signallers, carpenters, a cook, a baker, a sick-bay attendant, gunners and two civilian servants.

(1) This article has been already published *In* : BARR (W.), 1985. *The Expeditions of the First International Polar Year, 1882-1883.* (Arctic Institute of North America Technical Paper n° 29). Calgary : Arctic Institute of North America. 222 p.

The expedition vessel (and the entire expedition) would be under the command of Louis-Ferdinand Martial, capitaine de frégate. Born in 1836, he had been in the service for almost 30 years : entering the Ecole Navale in 1854, he had reached his present rank on 9 April 1878 and was well up the list for promotion to post captain. An officer of the Légion d'Honneur, he was married, with one daughter. His officers aboard ship were as follows : Jean-Louis Doze, lieutenant de vaisseau (second officer); Louis-Henri Dufaure de Lajarte, lieutenant de vaisseau; René-Charles Le Nepvou de Carfort, lieutenant de vaisseau; Léon-Marie-Jean-Joseph de la Monneraye, enseigne de vaisseau; Paul-Jules Féart, aide-commissaire; Philippe Hahn, médecin de 2e classe.

The ship's crew totalled 111 men. Their task during the expedition's sojourn on shore was to "survey and explore the Cabo de Hornos archipelago from the point of view of geography, hydrography and natural history" (Mittheilungen der Internationalen Polar-Commission, 1882:10). Much of the area had been explored and charted previously, especially by Fitzroy in *Beagle* almost fifty years earlier, but it was suspected (correctly) that there was still plenty of scope for improvement of the charts and for independent research in the areas of zoology, botany and ethnography. In a letter to the Naval minister, the Directeur du Dépôt des Cartes et Plans de la Marine stressed that this was a little known region where a steamer with good chronometers could always be usefully employed (Martial, 1888).

The ship selected for the expedition was *Romanche*, a transport/dispatch vessel of the *Cher* class. With a displacement of 1700 tonnes, she was 63.8 m long, beam 10.5 m, draft forward 4.35 m, draft aft 5.25 m, with engines of 150 hp. On her trials she had steamed at 10 knots. Rigged as a three-masted bark, she had a sail area of 1208 m². Her normal bunker capacity was 200 tonnes, sufficient for 6400 miles of steaming.

Several modifications were made to the ship at Cherbourg, particularly in view of the raw, damp climate expected in the Cabo de Hornos area. A main steam pipe was rigged running rigth around the ship below deck and fed by a small auxiliary boiler; pipes leading from it led steam to radiators in the officers' cabins and to the crew's quarters in the orlop. Cast-iron stoves were also fitted in the crew's quarters. Double doors were fitted on the doors leading from the quarters out on deck.

Other modifications included removal of two of the ship's 14-cm guns; the space thus vacated was used for stowing sounding and trawling equipment. The steam winch for the trawl and two souding winches were also powered by the auxiliary boiler. In the hold additional partitions were rigged to increase bunker capacity and provisions storage. When she sailed *Romanche* carried food for six months, wine for nine months, 320 tonnes of coal, and spare parts and general supplies for a year. Apart from her normal complement of boats, the ship carried a small steam launch for long exploration trips and also a whaleboat for the station. It was intended that the station personnel could use the latter boat to reach safety in the event of a serious accident to the ship.

All the crew, including those men allocated to the shore station, were issued with warm water-proof clothing; in view of the rigorous climate rations were increased by half as compared to the normal issue. For the entertainment of the men a library, various games and an organ were supplied.

Since it was not known what resources could be expected at the site, particularly with regard to lumber, the five huts intented for the station were assembled in Paris. They were frame buildings with double walls. Having been erected, the components were numbered, disassembled and shipped to Cherbourg. Meanwhile the observers were undergoing a course of training under the supervision of Mascart at the Bureau de Météorologie Central.

Martial's final instructions from the Naval minister were dated 23 June 1882 (Martial, 1888). They stressed that the station would come under his supervision, discipline and administration, but that in view of the international nature of the endeavour, the senior officer at the station would be responsible for execution of the official program. An enclosed letter from Dumas, permanent secretary to the Académie des Sciences, again stressed the dual nature of the expedition and suggested that each of the members of the shore party be made entirely responsible for a specific part of the official program.

Despite the best efforts of all involved, it was mid-July before the expedition was ready to sail; this was cutting things rather fine in view of the official date of 1 September for the start of observations. But by the morning of 17 July all the personnel were aboard *Romanche* in Cherbourg harbour. Livestock for the station and the usual last-minute additions to the ship's stores came aboard. Then, having received his final orders, at 11:30 A.M. Martial gave orders to cast off. In fair weather and a light westerly wind *Romanche* stood out to sea under steam.

As the French coast dropped astern a short, steep sea developed as the wind freshened from the southwest with a steady, fine rain. The ship's uncomfortable movements "jettent un peu de désarroi parmi les hommes" (Martial, 1888:12). Fortunately the wind died overnight, and as *Romanche* headed south on the 18th the barometer rose steadily with accompanying fine weather. On the evening of 20 July the light on Cape Finisterre was sighted, and on the night of the 26th the light on Anaga Head, Teneriffe. *Romanche* dropped anchor at Santa Cruz next day.

This was only a brief stop to load wine, fruit, vegetables and live cattle. The biologists tried dredging in the anchorage but brought up only black mud, devoid of organisms. On the morning of the 17th the ship weighed anchor again and continued south. The famous peak of Teneriffe slowly sank from sight, but while still in the lee of the island Martial took advantage of the calm seas to test the oceanographic equipment, with considerable success. The station was occupied at 27°47'N, 19°03'W, several kilometers offshore. Cores of silty yellow mud and fine sand 13 cm in length were brought up; the water temperature was found to be 23.3°C at the surface and 14.5°C at 500 m.

Romanche picked up the Northeast Trades soon afterward but they were quite weak and variable; however in the fine weather the ship was able to make good progress under power. On the afternoon of 1 August the peak of San Antonio, the most northerly of the Cape Verde Islands, loomed over the horizon. On the 4th the doldrums were reached at 11°N; showers and calms combined with a heavy, humid atmosphere and overcast skies. But on the 5th at 7°N the first light southeasterly breezes began to provide some relief; soon the ship was in the Southeast Trades. As she continued south under steam it was noted that the surface water temperatures dropped steadily as

the equator approached, from 26.5°C on 5 August to 24.5°C on the 8th, the day the line was crossed.

Martial allowed his men to celebrate the crossing of the line in traditional fashion, although in his report he pondered on the advisability of such horseplay. His own feeling was that it could only be beneficial, especially for young men who had only recently entered the Navy.

The ship ran rapidly south some 400 km off the Brazilian coast; on the 17th she was abeam of Santa Catarina Island. On the night of the 21st heavy storm clouds began to gather to the southeast; fearing the approach of a *pampero*, Martial ordered the ship battened down, but by the following morning, off the Rio de la Plata, the weather had cleared again. In the morning the pilot came aboard off Islas de Lobos and by 5:00 P.M. on the 21st *Romanche* was lying at anchor off Montevideo.

Two French dispatch ships were already lying at anchor, both also engaged in scientific missions. One, *Labourdonnais*, from the South Atlantic station, was about to transport a French expedition to Chubut to observe the transit of Venus; the other, *Volage*, from the South Pacific station, was about to take another party to Rio Santa Cruz for the same purpose. *Romanche's* people met members of both parties on shore. A few days later the Argentine naval vessel *Cabo de Hornos* arrived.

The expedition was given an extremely warm welcome by the French chargé d'affaires in Montevideo, and with his assistance work began on replenishing the ship's provisions so that she would again have enough for six months and also on bunkering. Martial was unable to elicit what facilities or resources Punta Arenas had to offer, hence his decision to stock up here. The expedition enjoyed a week of wonderful weather at Montevideo, with the temperature ranging between 8°C at night and 27°C during the day. Martial had a meeting with M. Lebrun, a naturalist on his way to Rio Santa Cruz to participate in the transit of Venus expedition. He requested permission to join the International Polar Year expedition later and Martial agreed.

Toward the end of the week's sojourn in Montevideo the chronometers were adjusted; then on the morning of the 29th, just as the steamer *Congo* arrived with mail from Europe, the last cargo was loaded; *Romanche* put to sea at 4:00 that afternoon, bound for Bahia Orange. This bay, on the east side of Peninsula Hardy, only some 50 km from Cabo de Hornos, had been described by both Wilkes and Fitzroy as one of the best anchorages in the area. In view of the late date, Martial decided to head straight there.

Around noon on 5 September land was sighted off the starboard bow: the snow-covered hills of southeastern Tierra del Fuego. By mid-afternoon as *Romanche* headed into Estrecho de Le Maire the peaks of Isla de los Estados loomed over the horizon. Running with the ebb tide, the ship raced through the strait, although occasional violent eddies made the ship yaw noticeably.

As *Romanche* rounded Cabo de Buen Suceso heading west, the sky clouded over and violent northerly squalls came sweeping down from the southern slopes of Tierra del Fuego. Heading into the wide expanse of Bahia Nassau between Isla Navarino to the north and Isla Wollaston to the south, Martial soon recognized the distinctive outline of Isla Packsaddle. At 4:00 P.M. on 6 September 1882 *Romanche* dropped anchor in one of the bays opening off Bahia Orange.

They found Bahia Orange to be an excellent harbour with depths of 20-35 m, a bottom of sand and hard mud, completely free of hazards ands its entrance sheltered by the low, grass-covered Isla Burnt. To the south a chain of squarish, flat-topped mountains, 500-600 m high, fully merited their name of the Garitas de Centinelas (Sentry Boxes), while a reddish flat-topped outlier, known as Cerro Rojo, stood in front of them to the west. Clumps of trees and bushes occurred in hollows and valleys, while most of the rest of the landscape was covered with coarse grass; in more exposed spots the trees were bent away from the prevailing wind. The heads of the bays and inlets were lined with beaches of yellowish sand or shingle. Finally, a plume of smoke rising from the trees at the head of the bay indicated that the area was inhabited.

Martial immediately sent a boat ashore under the command of Courcelle-Seneuil to find a suitable site for the station. On his return that evening Courcelle-Seneuil reported the area quite unsuitable; the ground everywhere consisted of soggy, moss-covered peat more than 1 m in depth. Next day the search was more successful. In a neighbouring inlet Courcelle-Seneuil found the south side of the bay terminated in a low, wooded plateau about 10 m high, linked to the mainland by a narrow, easily defensible isthmus; the only obvious problem was the lack of fresh water on the point. Some 200-300 m farther west, however, the shore party found an ideal spot: a wooded hill rose from the shores of the bay with a small stream running down to the sea. If a station were built into the slope of the hill it would be superbly sheltered from the prevailing westerlies. All that remained was to check the iron content of the local rocks; Le Cannellier's readings soon revealed that magnetic deviations caused by local iron were within acceptable levels and at this point Martial decided on this site for the station.

On the morning of the 7th the French scientists and seamen had their first encounter with the local Yahgans; two dugout canoes with about 15 people on board came paddling out from where the smoke had been spotted and pulled alongside. They eagerly accepted gifts of biscuit and one man climbed aboard. First impressions were not very favourable; Martial describes the man as "small, deformed, totally naked, his body hunched forward. Long lank hair fell over a face covered with a layer of dirt and paint" (Martial, 1888:31). The Yahgans huddled in their canoes on a bed of dry grass, crouched around a permanently burning fire set on a clay and a stone fireplace. All of the adults, male and female, wore only an otter skin thrown over one shoulder; the children were naked and seemed to be suffering from the cold and constantly begged for biscuit (Fig. 1). The Frenchmen threw them some old clothes, which they immediately donned. The Yahgans spent the entire day alongside, returning ashore for the night.

Next day as Martial came back from shore he found a large whaleboat alongside; it belonged to the American sealing schooner *Thomas Hunt*, which was anchored in nearby Bahia Packsaddle. Soon afterward the schooner also arrived. Her captain reported that he had just come from the Anglican mission station at Ushuaia on Canal Beagle and had just started fishing; he provided Martial with a great deal of useful information about the area and about the natives. Having accepted a gift of some medical supplies, the Americans then continued south.

That day (8 September) *Romanche* moved her ancho-

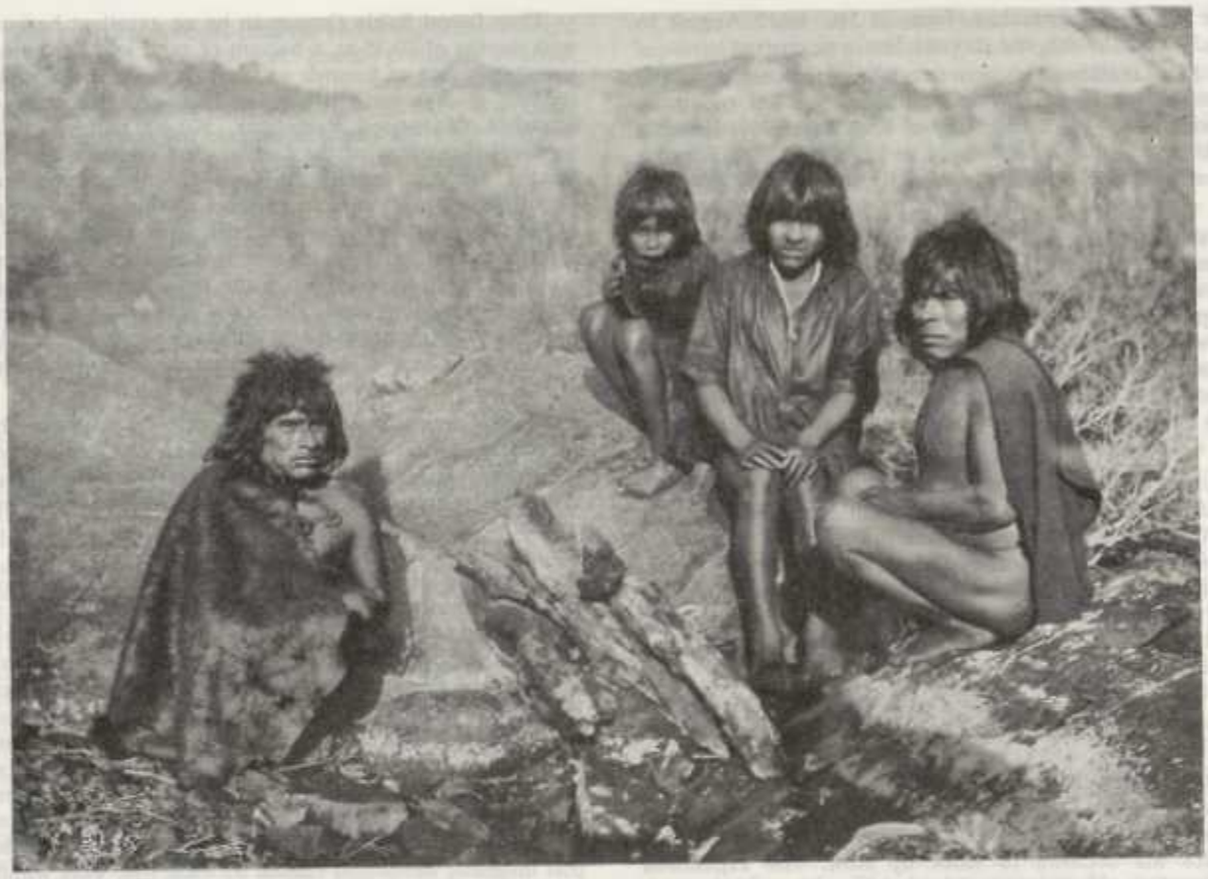


FIG. 1. — Group of Yahgan Indians.

rage to be closer to the proposed building site; her new anchorage was in a small bay that now received the name Anse de la Mission. Immediately a party of some 20 men was sent ashore to clear the site, while the rest of the crew worked at lashing the building lumber into rafts for floating ashore. The first raft was towed ashore late in the day, carrying a load of hay and other bulky items, and was beached on a convenient shingle beach. In the afternoon a fresh north-northeasterly wind sprang up, with several squalls. Martial ordered a second anchor dropped.

Since it would take some time to set up the instruments on shore, in the interim the meteorological readings specified by the International Polar Year program were taken aboard ship. This task was entrusted to De la Monneraye. For the same reasons a tide stake was placed at the head of the inlet until such time as a proper tide gauge could be installed.

Next day the work party continued clearing the site and by evening Courcelle-Seneuil could report that he was ready to start building the magnetic hut next day. Despite moderate surf some more rafts of planks were towed ashore and beached. Martial observed some natives recover and return some planks that had broken adrift the previous day; this honesty was rewarded with a gift of some biscuit. The following day the work of unloading continued in superb weather. The cattle went ashore that day, to eliminate the problems they caused on board. Martial records that the natives "watched curiously since they had never seen catte" (Martial 1888:34). This seems unlikely since many of them had been to the mission station at Ushuaia, which certainly possessed cattle.

The weather remained fine until the 12th, by which time all the materials for the huts had been landed. Work was meanwhile going ahead on building the pillars to support the huts and also the magnetic instruments. This task was given to several of the men who had been masons in civilian life. Even at this stage the cattle, tethered or corralled in one spot, seemed to be suffering due to the wet, soggy soil, but Martial was reluctant to let them run loose since he was unsure of the reaction of the Yahgans.

Meanwhile work was simultaneously proceeding aboard ship to prepare her for her surveying duties. The topmasts and topgallant yards were sent down. In the narrow rock-strewn channels of the archipelago the ship would rely mainly on steam power and hence these upper sails would be unnecessary.

On shore work was pushed ahead on clearing and levelling the site for the men's quarters, so that building could begin as soon as the magnetic observatory was completed. Due to the slope and the bedrock occurring at shallow depth beneath the peat, the building foundations had to be modified substantially. The buildings were in fact elevated on piles made from local timber. This had the unintentional beneficial effect of improving the circulation and making the buildings drier. The men's hut would consist of a large dormitory, a two-bed sick-room, a store room, the naturalist's assistant's room, and a porch for hanging wet clothes.

A period of almost continuous rain began on 12 September and additional men were sent ashore to speed up the work. By then the magnetic hut was half roofed; the floor of the men's hut was in place and work was going ahead on paving a pathway between the two buildings. Down at the shore a rock was blasted away to make room for a small wharf. In the rain and slippery mud it was unpleasant work, and despite their oilskins the men were all soaked when they came back aboard. Fortunately, at 5°C the temperature was bearable.

On the afternoon of the 12th Martial went ashore to attempt a short reconnaissance to Cerro Rojo, in order to get an overview of the entire area. He found cross-country travel extremely difficult; much of the terrain was covered by a spongy, saturated red moss in which one sank to mid-calf; in places it treacherously concealed pools of stagnant water. The woods almost impenetrable, with interlaced branches and dense foliage; only by seeking out bare rock outcrops could he make any real progress. Ultimately he was forced to turn back when only halfway to his goal. On his return to the station he was pleased to see the Yahgans watching the building operations with keen interest; good relations still continued, no doubt assisted by the occasional distribution of gifts of old clothes and biscuits. There had still been no incidents of theft.

By the 15th the magnetic hut was completed; the sailmakers had lined the interior partitions with felt and had laid the linoleum. The roof was covered with tar paper held down by laths. The supply of copper nails began to run out and copper sheathing tacks had to be substituted. Martial was rather disappointed to find that the supplies of various items provided were rather niggardly, and in several cases he had to fall back on the ship's stores or else substitute some other item. Thus the ship's stores provided the station with nails, planks and lime for cement; the hope was that these items could be replaced at Punta Arenas.

The deterioration in the weather that had begun with the full moon became even more marked on the 18th; a decline in the pressure at a steady rate of 1 mm per hour indicated the approach of a massive low. The wind strengthened steadily, initially from the north and northwest, but the worst weather came on the 19th when the low had passed and the wind had moved to the southwest. The Frenchmen were for the first time introduced to the vicious williwaws that the Garitas de Centinelas to the south were capable of producing. Violent squalls came racing down the valleys, with snow and sleet reducing visibility to the point that the shore only 300 m from the ship could not be seen. On reaching the sea they raised twisting waterspouts that raced across the surface of the sea, although both ahead and behind them the surface remained calm. When a williwaw struck the ship it would heel as if in a squall, but it would pass so rapidly that the anchor chain did not even have time to tighten. Sometimes, due to the funnelling effects of the valleys, several williwaws might be in sight at once, sweeping in different directions across the bay. The lower land to the north and east did not produce these alarming phenomena, although fierce, more sustained storms of a more normal character were occasionnally experienced from those directions.

On the 20th the gale was still raging, and since the temperature had dropped to − 2°C the cold was very unpleasant. The steam heating was turned on aboard ship and the men were given hot drinks on coming back aboard from their work at the station.

The magnetic hut was located near the beach at the foot of the station hill, about 200 m from the other buildings. It was divided almost equally by a corridor, with the direct-reading instruments in a room on one side, while the automatically recording instruments and a dark room occupied the space on the other side. The former were under the care of Le Cannellier, the latter under that of Payen. The automatic recording apparatus had been invented by Mascart at the Collège de France. It consisted of a clockwork mechanism that moved a sensitized strip of bromide paper behind a horizontal window through which light was cast, reflected by the mirrors of the magnetic instruments.

Although there were occasional calm periods, the violent squally weather continued until the 25th; that day, a Sunday, the men were granted the afternoon as a short holiday. That night the purser, who had been out hunting, returned aboard with a large fox; it was 1.15 m long from nose to tail tip, with long, rough fur. These foxes were seen quite frequently; the only other land mammals appeared to be dogs, otters and two small, mouse-like rodents.

That day the mounting and adjusting of the magnetic instruments were completed. Also on that day the weather instrumentation was completed; the barometers were temporarily installed in a room in the men's hut. Here too was the electric recorder for the Robinson anemometer; the instrument itself was mounted on a mast 2.5 m high on top of the station hill and 25 m above sea level. A rain gauge and the thermometer screen had also been set up. One room in the men's hut had been completed so that the duty observer had somewhere to sit between observations. Hence when Courcelle-Seneuil reported on the 25th that everything was complete, Martial ordered observations to begin the following day, 26 September 1882; they would continue without interruption until 1 September 1883.

The 26th was a superb day, which seemed to be a good omen for the future of the station. Indeed the calm, clear weather tempted Martial to make another attempt at climbing Cerro Rojo, this time accompanied by Carfort. De la Monneraye, Hyadès and Hahn; a number of seamen also carried theodolites and some provisions. They landed at the head of an inlet, the boats crashing through a skin of fresh-water ice 2 cm thick. Heading inland, the party made slow, painful progress across the spongy moss and through the tangles of dwarf beech. After 2 1/4 hours they reached the foot of Cerro Rojo, from where a stiff climb of a further 45 minutes took them of the summit. Here they were rewarded with a magnificent view; at their feet the island dropped in yellow and green undulations, dotted with black pools in the hollows. The the east they could see Isla Navarino, Bahia Nassau and Isla Wollaston, while to the west, beyond the dissected shores of Seno Año Nuevo, lay the snow-capped peaks of Peninsula Rous and Isla Henderson; out to sea to the southwest lay the rocks of the Ildefonso group.

The summit plateau of Cerro Rojo was a jumble of shattered rock and most outcrops showed glacial striations. Some partridge-like birds were seen running through the scanty bushes. Despite the relatively warm temperatures snow still persisted in the hollows. The height of the hill as measured by aneroid was 499 m.

The members of the party built a cairn on the north end of the summit for triangulation purposes and Carfort was able to complete an excellent round of angles with his theodolite. Then, having collected some rock samples, the

party started back by the same route. On the descent they saw buntings, snipe and Magellan Geese. They got back aboard in the evening.

Martial used the fine weather of the last few days of the mounth to survey the bay; the survey parties used the boats once the work party had been put ashore at the station each morning. They found several more sheltered anchorages in the vicinity of Caleta Mission but none so convenient for wood or water. During these surveys it was discovered that Isla Yellow was an island, and the strait separating it from Isla Hoste was sounded and surveyed.

On the building site the framework of the men's hut was completed and the site for the officer's house cleared. The work crew usually comprised 35-40 men, and as soon as the men's hut was sufficiently far advanced to provide some shelter they took lunch ashore with them to save time.

On the night of 29 September a comet was sighted at S 75°E, over Isla Wollaston; the core had the brightness of a first-magnitude star and was still clearly visible in the daytime. Several second-magnitude stars could be seen through its tail, which extended through an arc of about 15°. It was later learned that this comet had also been observed in Europe.

The men were given a holiday on the afternoon of Sunday, 1 October. Due to the heavy work their clothing was rapidly wearing out, and although they had oilskins the near-constant exposure to rain and snow meant that they were often wet to varying degrees. Yet although the climate was disagreeable it was never really cold; the temperature rose once to 14°C and never dropped below 2.1°C. This warm weather greatly assisted the construction work.

On 1 October the American schooner *Thomas Hunt* reappeared and anchored alongside *Romanche* while her men put ashore for wood and water. Her captain reported that when he had left on 8 September, he had gone to the Islas Diego Ramirez, lying southwest of Cabo de Hornos to hunt seals. There he found eight men who had been landed from another American schooner four months before. The practice of "staking a claim" on certain sealing beaches in this fashion was quite a common one, but in this case the scheme had miscarried. The men had run out of food and had been living on seals and birds for a month. *Thomas Hunt* had rescued them and landed them at the mission station at Ushuaia, from where they had proceeded to Punta Arenas in the mission launch.

The schooner's captain also reported that a virulent epidemic of measles was raging at Ushuaia and that many natives, especially children, had died from it. Having been detained by southwesterly gales, *Thomas Hunt* weighed anchor again on 4 October and left to continue sealing.

Next day, 5 October, the comet was sighted again; it appeared to be moving away quite fast and was approaching Sirius. Its altitude had increased by about 10° and it was less bright than earlier.

A flotilla of six canoes swung in through the entrance of the bay and came alongside the ship on the afternoon of 6 October. A single Yahgan came aboard; although he was dressed and painted like the others he could speak

FIG. 2. — Yahgan Indians outside their hut.

English well and could read quite fluently. He had come from Isla Packsaddle, and after returning to his canoe, he and his companions joined the natives in their huts at the head of the bay (Fig. 2). Next day the same man came aboard again and asked to join the expedition. Since Martial would need an interpreter on his forthcoming cruises around the archipelago, he was only too glad to recruit this volunteer. The man's name was Yakaif but he was nicknamed "409" by the men. He was washed and dressed in old clothes and was given standing permission to return ashore to his own people every evening while *Romanche* was lying at Bahia Orange.

On 10 October the officer's quarters at the station were completed. Apart from the observers' individual rooms the building also housed a workroom-cum-library, dining room, meteorological office and photographic laboratory. The station personnel moved ashore on the 11th.

Since the 12th turned out to be a fine day Martial decided to make an excursion to Isla Packsaddle with the steam launch and a whaleboat. He was quite impressed with the launch; although a little underpowered for rough conditions, in fine weather and smooth water it could make 6 knots towing the whaleboat. Its coal consumption was low and only once during the year did it require repairs.

Lajarte was first landed on one of the islands at the mouth of Bahia Packsaddle, then Martial and Carfort were put ashore on Packsaddle while De la Monneraye went off in the launch to conduct soundings. Packsaddle is crowned by two rocky, basaltic peaks separated by a high saddle — hence its name — and one of the peaks was the party's objective. At first following a Yahgan trail, once it had petered out Martial and his companions pushed on through a forest of tall beech trees, obstructed by fallen trunks and tangled branches. After a final scramble up some steep rock faces using roots and branches for handholds, they emerged on a small summit plateau with superb views in all directions but especially of Seno Ponsonby and Bahia Tekenika to the north. The party built a cairn while Carfort took a round of angles on the surrounding peaks; the elevation was determined to be 150 m. On the return journey some abandoned huts were discovered in the beech woods; it was later found that these were used by the Yahgans when they came for beech bark for their canoes since the slopes of Packsaddle possessed some of the largest trees in the area. Martial and his men re-embarked safely and, having also picked up Lajarte, returned to their ship.

A few days later, on 15 October, a crisis erupted at the station. While walking past one of the huts with a burning brand, one of the Yahgans managed to set fire to the grass and bushes; soon some trees caught fire and the men's hut was threatened. Fortunately the fire was quickly brought under control before any damage was done and the sailors cleared a firebreak around the buildings. As a further precaution the natives were strictly forbidden to walk about with burning brands in the station area in the future. Unfortunately, immediately after the incident, some of the men who suspected a deliberate arson attempt had seized and beaten the man responsible. Hearing of this, Martial gave strict orders against such vigilante action in the future, afraid that it might simply prompt reprisals.

By this point the astronomical hut was all but complete and work began on the storehouse, which would also house the doctor's laboratory, and on the tide gauge. The latter was set up at the end of a long catwalk, 25 m long, extending out from the shore. One of the seamen had to don a diving suit to buttress the bottom of the tide gauge with heavy rocks. When work began on the two final huts, those for storing carbonic acid and for housing the electrometers, it was found that the supply of lumber was almost exhausted. Martial sent ashore the last planks from the ship's own reserves, while dismantled packing cases were also used for partitions in these last two buildings.

By 22 October the work was all but complete (Fig. 3). A layer of felt lining the walls of the buildings and linoleum on the floors gave good protection against the cold, while the tarred paper on the roofs had successfully withstood the heavy rains and high winds. During an especially severe gale on 17 October, accompanied by snow and lashing rain, there had been some slight oozings where the stove pipes ran through the roofs. Otherwise the huts remained perfectly dry. As a precaution the buildings were now all guyed with steel wires. Heating was by a large number of small stoves that could burn either wood or coal.

Establishment of the station had taken 45 continuous days of work by a work party of 35-40 men, excluding the boatsmen and the men adjusting and mounting the instruments. In its final form the station was scattered over 450 m² on the flank of the hill, the buildings standing on more than 200 wooden piles up to 4 m in length and linked by paved paths. Apart from the main buildings sheds covered with waterproof canvas housed poultry and livestock. Despite the foul weather the morale of the men had remained high and there were only two minor accidents.

Once the storehouse was completed provisions to last six months were landed. In the case of medicines and supplies less likely to deteriorate, stocks sufficent for one year were landed. Apart from two hunting rifles the station scientists were provided with 15 rifles and 5 revolvers with sufficient ammunition for all, just in case of an attack by the Yahgans. Two cows and 16 sheep would provide fresh meat.

Martial could now proceed with his own program of exploration and oceanography (Fig. 4). He first wanted to visit Punta Arenas to establish what resources were available there and also to catch the mail packet for Europe, which was due to call around 31 October. He also wanted to visit the mission at Ushuaia. He decided to sail on 24 October via Canal Beagle and Estrecho de Le Maire but gales, squalls and heavy snow delayed the departure until the 28th. On the 26th Martial checked that the station was surviving the foul weather comfortably and that the observations were proceeding smoothly. On the morning of the 28th two men with acute rheumatism were sent ashore to the station's sick-bay and final preparations were made for sailing. When the starboard anchor was weighed it was found that its stock was broken in the middle, evidently the result of some of the severe squalls that had struck the ship.

Romanche sailed from Bahia Orange at 9:00 A.M. on the 28th, steering east along the south coasts of Isla Navarino and Isla Lennox; due to the late start Martial had decided to postpone his call at Ushuaia in order to catch the mail steamer at Punta Arenas. The onset of strong north-northwesterlies with a rapidly plunging barometer forced Martial to anchor for the night in Paso Goree between Lennox and Navarino.

Next morning, with a fine northwesterly wind, *Romanche* steamed northwest toward the southern point of Isla

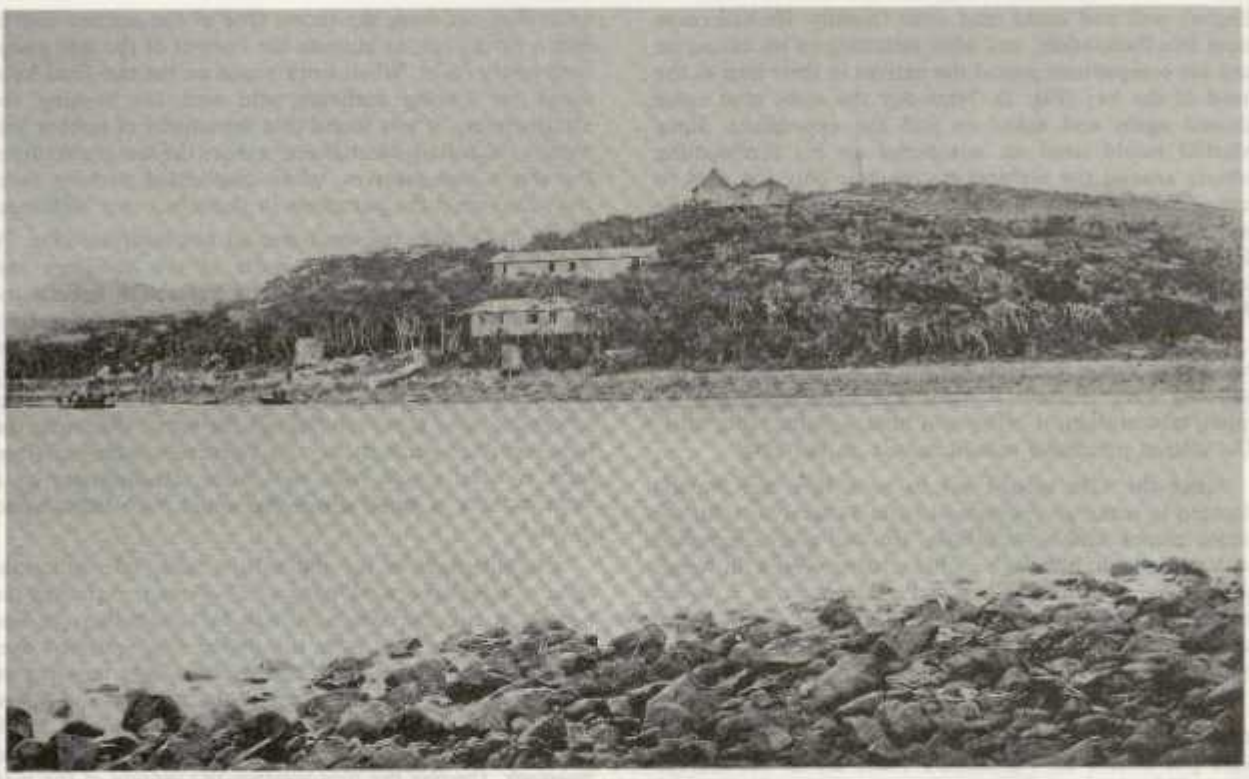


FIG. 3. — The French station at Bahia Orange.

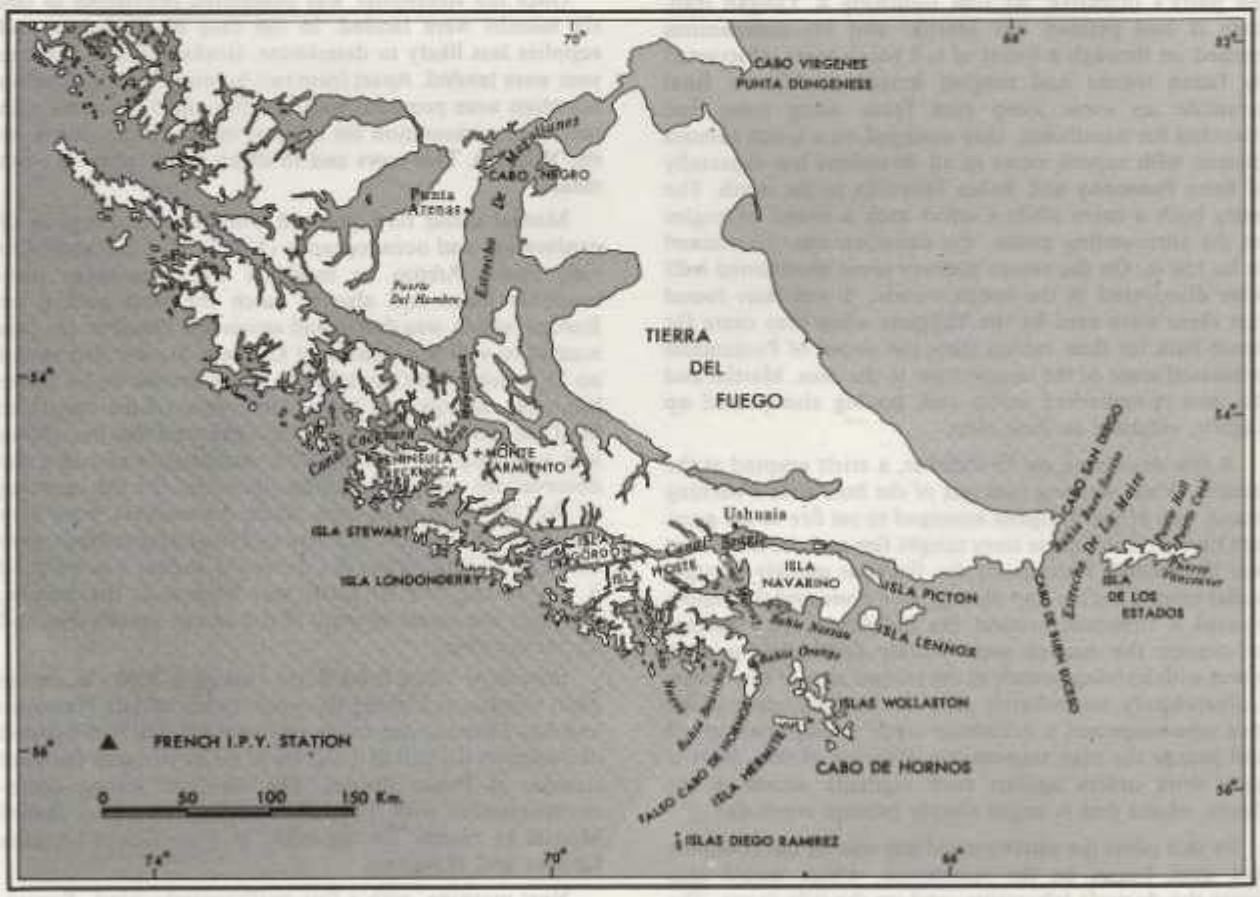


FIG. 4. — Map of the Cabo de Hornos region, showing areas explored by the French expedition.

Picton, then east along the south coast of Tierra del Fuego to Cabo de Buen Suceso. As she approached Estrecho de Le Maire a three-master emerged from the strait heading southwest toward Cabo de Hornos; there was a fresh north-northwesterly blowing through the strait; hence Martial anchored for the night in Bahia Buen Suceso. Next morning a net set overnight was found to be badly ripped, presumably by seals, which were seen in large numbers. Hyadès tried hunting them but without success. In the afternoon another attempt was made at getting through Estrecho de Le Maire but the wind and seas were worse than ever. Martial again prudently retreated to his secure anchorage at Bahia Buen Suceso.

At 3:00 P.M. on the 31 st *Romanche* weighed anchor again, after two large three-masters had run through the strait southward bound. Violent eddies caused by tide rips off Cabo San Diego threw the ship about violently but Estrecho de Le Maire was finally overcome. Coasting northwestward, *Romanche* entered Estrecho de Magallanes on a favorable tide at 11:00 A.M. on 2 November. Having passed the second narrows next day, the ship passed Cabo Negro and came into view of Punta Arenas, where she dropped anchor. The French officers were given a warm and hospitable welcome by the governor, Señor Sampayo, and his wife. Punta Arenas, founded as a penal colony in 1843, by the time of *Romanche*'s visit was a town of 1600 people.

Over the next few days the ship was bunkered with Cardiff coal from a coaling hulk and her water supply was replenished. The Italian corvette *Vettor Pisani* and the German gunboat *Albatros* were already lying at anchor, and formal visits were exchanged by the officers of the three countries. The German vessel had come to establish a station to observe the transit of Venus. A few days later the Brazilian corvette *Parnahyba* arrived on the same errand. The Brazilian station was located on Isla Contramaestre at the end of the Second Narrows.

Apart from coal and water, Martial also replenished his food supplies and loaded lumber for completing the station at Bahia Orange. Hence when the British mail steamer arrived on 11 November, after an exchange of mail and courtesies *Romanche* was ready to put to sea. She sailed at 9:00 A.M. on 13 November. The final task had been to embark some cattle as a fresh supply. Unfortunately Martial was able to buy only a limited amount of baled hay for them and hence work parties had to go ashore at each anchorage throughout the cruise to cut fodder. The cattle seemed to be quite happy with the yellowish grass so common throughout the area.

Having lain for the night at anchor in Bahia Gregorio, *Romanche* sailed at 5:00 next morning and soon reached Cabo Virgenes; emerging from Estrecho de Magallanes, she headed southeast. The morning of the 15th found the mountains of Tierra del Fuego to starboard and those of Isla de los Estados ahead.

The latter is extremely mountainous, its lower slopes covered by dense evergreen forests. Deep bays divide the islands into four distinct sections separated by narrow isthmuses. *Romanche* dropped anchor in the deep indentation of Puerto Cook near the east end of the island, separated by a low isthmus from Puerto Vancouver on the south side. The only mammals spotted on shore were otters and some rodents, but seals were spotted among the luxurious kelp beds and the birdlife was exceptionally rich and abundant : gulls, ducks, geese, cormorants and oyster-catchers.

A white whaleboat lay abandoned on the beach; it bore the name *Cabo de Hornos*, the ship of the Argentinian expedition that had visited this anchorage earlier in the year. On the isthmus the Frenchmen also found traces of a shipwreck camp; an inscription carved on a tree recorded that the crew of the Nova Scotian vessel *Pactolus* had been wrecked in Puerto Vancouver on 10 February 1882. It was surmised that they had been picked up by *Cabo de Hornos*.

Over the next days the French scientists surveyed the bay and cleaned the remains of a whale found on the beach. Having removed the putrefying blubber and flesh that still clung to it, they transported the skeleton to the ship, which took it back to Bahia Orange. The smell from this scientific specimen must have been nauseating.

Putting to sea again on the 18th, *Romanche* next visited Puerto Barril, Puerto Hall and Bahia San Juan farther east. All were found to be sheltered harbours, excellent for wood and water. In general the climate of Isla de los Estados was found to be almost identical to that of Bahia Orange, i.e., very humid and extremely variable. Violent gusts and squalls, combined with violent tidal currents and eddies, made the narrows in the fjords and the adjacent headlands extremely dangerous. Weighing anchor again on the morning of 20 November, Martial headed back west along the north coast of Isla de los Estados, and despite some heavy rolling and pitching in the eddies and swirls of Estrecho de Le Maire, the ship reached Bahia Buen Suceso safely that evening. Next day she continued west along the south coast of Tierra del Fuego. Her anchorage that evening was Caleta Banner on Isla Picton; a shore party discovered a message written in white paint on a rock face on the east side of the inlet : "Dig below. Go to Spaniard Harbour. March 1851". This was a memento of the tragic fate of the first English missionaires to visit the area; they had all died either from starvation and exposure or from attacks by the Yahgans.

Romanche lay here at anchor for two days while her officers completed a careful triangulation of this eastern part of the Canal Beagle (Fig. 5). Two whaleboats and the steam launch were used for ferrying the surveyors from site to site. An observatory was set up on a treeless headland on the northeast tip of Isla Banner; precise astronomical observations were essential since this would form the eastern end of the system of triangulation.

Romanche then continued westward between the steep shores of Canal Beagle, heavily wooded with Antarctic beech, evergreen beech and winter bark. Near Isla Gable the ship called at Packewaja, the most easterly satellite settlement of Ushuaia. Some 100 natives lived here, maintaining about 50 head of cattle. *Romanche* reached Ushuaia on the afternoon of 24 November to be met at the entrance of the bay by a whaleboat with the veteran Anglican missionary Reverend Bridges and Captain Willis, captain of the mission schooner *Allen Gardiner*, on board. The latter vessel was anchored in the bay. On going ashore Martial and his men again met the American crew of the schooner *Surprise*, who had been marooned on Islas Diego Ramirez.

Shortly before the ship's arrival Hyadès had arrived from Bahia Orange aboard *Allen Gardiner*. Bridges had appealed for his help in fighting the epidemic of measles, which had already claimed many lives, especially among the children in the orphanage. Hahn, *Romanche*'s own doctor, immediately went to Hyadès' assistance, and between them they were able to bring the outbreak under

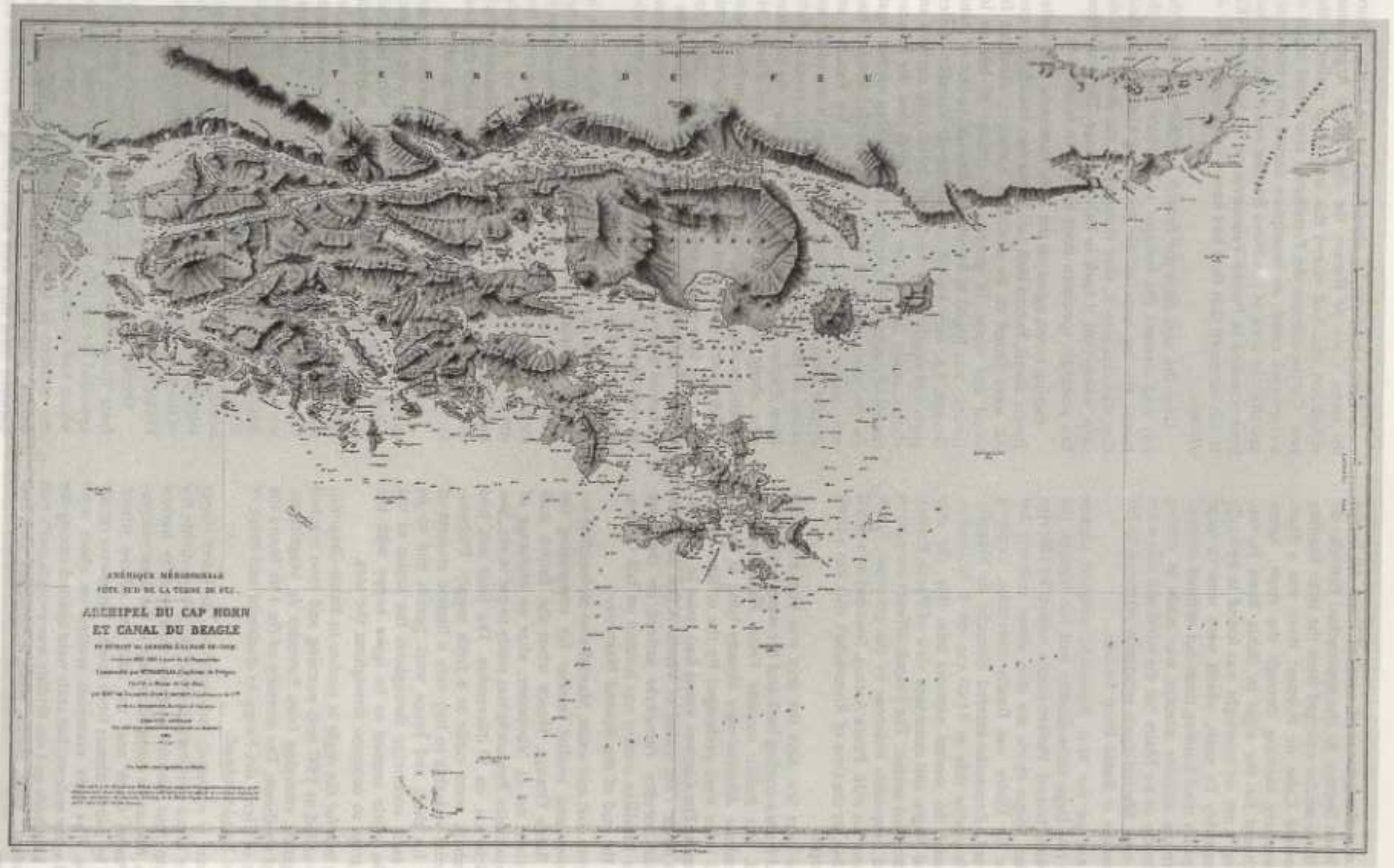


FIG. 5. — Map of the Canal Beagle and Cabo de Hornos area, compiled by the French expedition.

control. With Hyadès, Lephay had also sent Bridges a set of meteorological instruments, with which the latter had already started taking regular observations.

Martial carried out a survey of Ushuaia and area, while Hahn went out on biological collecting trips. Bridges provided the French visitors with an interpreter to ease communications with the Yahgans.

Romanche put to sea at 3:00 A.M. on 29 November. Having negotiated the currents and violent eddies of Canal Murray between Hoste and Navarino, only 500 m wide at its narrowest, she reached Bahia Orange at 11:30 P.M.

The station personnel were all found to be in good health; the two sick men who had been left ashore had recovered and now returned aboard. The magnetic and meteorological observations had proceeded according to schedule but a severe gale had blown the roof off the electrometer building; the instruments had not been damaged but the observations had been interrupted. Substantial natural history collections had been made and Hyadès had begun his anthropological studies, making plaster casts of the faces of the Yahgans.

The lumber brought from Punta Arenas was unloaded and a number of repair and maintenance projects were set in motion. The electrometer hut was rebuilt; the packing-case partitions in the astronomical hut and the natural history laboratory were replaced with good lumber, and extensive repairs were made to the tar paper roofs of most of the buildings, which had suffered badly in the violent gales. All the paths were repaved and a hedge erected to discourage random visits by the Yahgans, since there had been some minor pilfering and instruments had been disturbed.

Over the next few days the surveys of Bahia Orange were completed, the survey trips being combined with natural history collections. Then on 6 December the attention of the entire staff of the station was focussed on the transit of Venus and on Courcelle-Seneuil's observations. Initially weather conditions were far from encouraging; it was overcast and raining and the sun was totally obscured at 9:20 A.M., the time of the first contact. A few minutes later the sky cleared, however, and the sun was particurlarly clearly visible at 9:33 A.M. But then the overcast closed in again until 3:00 P.M.; thereafter, fortunately, the sky was totally clear for the rest of the day. Hence a substantial proportion of the transit of Venus was clearly visible and could be accurately recorded.

During this same period a number of tasks kept the men busy aboard ship; the broken anchor stock was repaired, for example. A more demanding task was the removal and replacement of the ballast; as the ship's cargo had been discharged beach shingle had been loaded as ballast. Unfortunately the pebbles had been liberally encrusted with molluscs, which had now started to rot, producing an intolerable smell. Once the ballast was discharged the hold was washed out thoroughly. Another task tackled at this time was that of moving the tide gauge some 5-6 m seaward since it had been found that the gauge was high and dry at low springs.

The livestock, especially the sheep, had been suffering badly from the wet weather and boggy vegetation, and hence they and the cattle were now moved to islands in the harbour; this is still commemorated in the names of Isla Sheep and Isla Bullock. Two of the cattle had even become so badly bogged on the mainland that they had had to be destroyed.

Romanche put to sea again in fine weather on 14 December; Martial's plan was to reconnoitre the west coast of Isla Hoste. But when a heavy sea got up he was forced to head for Caleta Saint Martin at the east end of Isla Hermite instead; the ship reached this anchorage at 4:00 P.M. Even from the anchorage it was still possible to distinguish the site of the observatory that James Clark Ross had built there in 1840 to study magnetism, although no traces of the building had survived. A shore party found two abandoned native huts, differing from those at Bahia Orange by having rounded rather than pointed tops. They were surrounded by a luxuriant growth of plants such as *Cochlearia*. A trail led from the shore to the paved foundation, which was all that was left of Ross's observatory, although a footbridge of squared timbers across a stream had survived. Martial was easily able to locate the rock near the southeast shore of the bay on which Ross had left a mark in order to study crustal movements, but the only mark he could find was a small, round hole more than 2 m above mean sea level, which he suspected was natural.

On a later visit Martial cut two horizontal lines in this rock 1 m apart and on a face sheltered from wave attack; each was 1 cm deep and 2 cm wide. The lowest line was cut to correspond with the distinctive lower boundary of the white lichen *Pertusaria*, which forms a horizontal line almost precisely coinciding with mean sea level.

From here, on 16 December, *Romanche* moved to the excellent sheltered harbour of Puerto Maxwell, lying between Jerdan, Saddle, Maxwell and Hermite islands. Here an anchor stock, badly bent during a squall at Caleta Saint Martin, was repaired. On *Romanche*'s arrival she was met by a family from Isla Saddle and a few days later a party of about 20 natives arrived in three canoes from somewhere on the north coast of Canal Franklin.

After a brief cruise eastward down Canal Franklin to reconnoitre the east coasts of Isla Herschel, the ship finally left Puerto Maxwell on 23 December bound around the east coast of Isla Wollaston; she anchored that night in Bahia Gretton. Next day a canoe came alongside with two natives whom the Frenchmen had already seen at Bahia Orange; this gave some indication of their mobility. The natives traded otter pelts for biscuit and old clothes. Having spent Christmas Day in Bahia Gretton, the ship started back for Bahia Orange on Boxing Day; much of the day was spent sounding and dredging in Bahia Nassau, and *Romanche* dropped anchor again in Caleta Mission that evening.

There had been few incidents of note during her absence. Everyone was in good health and morale was high despite the foul weather. All the buildings had stood up to the weather well and all the observations had been carried out regularly. December had been the worst month thus far in terms of weather, although the mean temperature had been more than 1°C higher than in November. On the other hand there had been frequent rain and drizzle and eight separate gales had been recorded, with the wind reaching velocities of 38 m per second.

During the days after Christmas some minor repairs were made around the station and a hut was built for storage of natural history specimens on the other side of the inlet from the station. Both the lack of space and the unpleasant smells precluded their being kept on board indefinitely. New Year's Eve was celebrated in appropriate style and on 1 January 1883 Martial led a party on a trip to the summit of the Garitas Centinelas, at 569 m.

Mist enveloped the summit and they were unable to see Bahia Bourchier to the west.

On 5 January six canoes entered the bay, their occupants settling in with their compatriots in the hutted encampment at the head of the bay. Their arrival coincided with that of dense shoals of a whiting-like fish. The French seamen caught masses of them in drag nets. Next morning the schooner *Allen Gardiner* dropped anchor, bringing mail from Europe; among the mail was a message that the naturalist Lebrun would shortly be joining the expedition. Bridges and some of his family were aboard the schooner, having come to pay a visit to the French station.

Martial's next planned cruise was to Seno Año Nuevo, and with this goal *Romanche* put to sea on 7 January. But on passing Falso Cabo de Hornos she ran into very heavy seas and violent currents, with a plummeting barometer and an ominous-looking sky. Martial prudently decided to retreat to Bahia Orange, where *Romanche* anchored that same evening.

Allen Gardiner left for Ushuaia again on 13 January. By that time the prolonged rain and bad weather had begun to have an effect on the men's health; an increasing number was reporting sick with bronchial troubles and rheumatism. The work parties sent ashores to fell trees for firewood were discontinued and the heating system aboard ship was operated almost continuously in an attempt to dry out the interior. These measures, increased vigilance to see that the men changed out of wet clothes promptly and a few days' rest soon improved the situation.

Martial made another attempt to reach Seno Año Nuevo on 14 January but again was forced by foul weather to turn back off Falso Cabo de Hornos. This time he sought refuge in the superb sheltered harbour of Bahia Lort. The persistent bad weather continued until the 16th; since by then the time for a scheduled trip to Punta Arenas was rapidly approaching. Martial decided to postpone his visit to Seno Año Nuevo and on the 16th sailed for Bahia Orange, carrying out some soundings and dredgings in Bahia Nassau en route.

Little of special interest had happened during the ship's absence, although two men of the shore party were suffering from rheumatism and sores; they were replaced by two men from the ship. Since *Romanche* would now be departing on a fairly lengthy cruise, the station was now resupplied with food and fuel sufficient to last until the end of June.

On the ship's return seven or eight canoes filled with natives came to visit, as had become their habit. They traded otter pelts for biscuit and old clothes. There were still occasional minor thefts from the station but generally relations were very good. Until the 23rd the weather in January was consistently foul. There was rain every day, with an endless succession of gales from the west to southwest. Although the mean temperature was 8°C and the absolute minimum for January 1.7°C, the winds and high humidities produced a miserably raw climate.

Romanche sailed again, bound ultimately for Punta Arenas, at 1:00 P.M. on 23 January. After visiting and surveying Isla Packsaddle and Bahia Tekenika, she ran north through Canal Murray, reaching Ushuaia on the evening of the 25th. Bridges gave the Frenchmen his invariable warm welcome and donated a variety of specimens, especially human bones that the natives had brought him. He also introduced two Yahgans, a young man and a girl, who had recently returned from Europe. They were the only survivors of a group of 11, including men, women and children, from Isla Clarence that a German industrialist had taken to Europe. They had spent some time at the Jardin d'Acclimatation in Paris and had visited many of the European capitals. It was now Bridges's intention to return the two wanderers to their home.

Before sailing Martial bought two steers and some turnips, while Mrs. Bridges donated some strawberries to the ship's larder. *Romanche* sailed, westward bound along Canal Beagle, on the 28th. Stopping to survey at Bahia Lapataia and Bahia Yendegaia, whose western entrance cape was named Cabo Hyades, at both locations the Frenchmen found native huts with garden plots. The Yahgans were growing potatoes and turnips and this was presumably due to the influence of the mission. A further stop was made at Caleta Awaiakhirrh on the north coast of Isla Hoste, then *Romanche* swung into the narrow entrance of the Brazo Noroeste, characterized by steep, heavily forested slopes with numerous hanging glaciers prone to avalanching. An excellent anchorage on the north coast of Isla Gordon was named Bahia Romanche, while another superb inlet, reached on 5 February, was named Bahia Tres Brazos because of its complex shape. It was found to have abundant stocks of fish and enough were caught, mainly cod, to feed the entire crew.

Sailing from Bahia Tres Brazos on the 7th, *Romanche* emerged from the Brazo Noroeste into Canal Darwin. Heading west through a maze of islands, Martial surveyed parts of the coasts of Isla Timbale, Isla O'Brien, Isla Chair, Isla Londonderry, Islas Middle, Isla Stewart and Isla Burnt (Fig. 6). It was from an anchorage on the east coast of the latter island, where *Romanche* anchored on 9 February, that Fitzroy abducted the three Alacalufs, Fuegian Basket, York Minster and Jemmy Button, whom he took back to England.

Next day Martial climbed to the summit of Isla Burnt. He was rewarded with superb views of Bahia Desolacion, with its labyrinth of islands, Seno Courtenay and Seno Thieves, and of Islas Basket and Stewart. Meanwhile other officers were surveying the anchorage; unfortunately Lajarte's theodolite was damaged when it was blown over by the wind and he had to return aboard. The doctor in the meantime collected two penguins of a new species and two fishes.

Sailing from Isla Burnt on the afternoon of the 11th, *Romanche* headed west toward Peninsula Brecknock and anchored for the night in a small bay on the north coast of Isla Basket. Anticipating foul weather, Martial put out two anchors; vicious squalls of hail and snow lashed the ship all night and the captain even contemplated putting out a third anchor. Leaving Isla Basket at noon, *Romanche* negotiated Canal Brecknock and having thus rounded Peninsula Brecknock, swung north down Canal Cockburn. Having passed the Furies, marked by heavily breaking surf, then Isla Magill and Isla Enderby and the Rocas Kirke in the center of the channel, on the morning of the 13th *Romanche* was approaching Cabo Turn when Monte Sarmiento appeared dead ahead, towering majestically to 2234 m, its sides seamed with glaciers.

Rounding Cabo Turn, the course now lay north down Seno Magdalena. That evening Martial took his ship into Puerto del Hambre; a shore party searched for traces of Sarmiento's luckless colony here but without success. At 4:00 P.M. next day *Romanche* dropped anchor at Punta

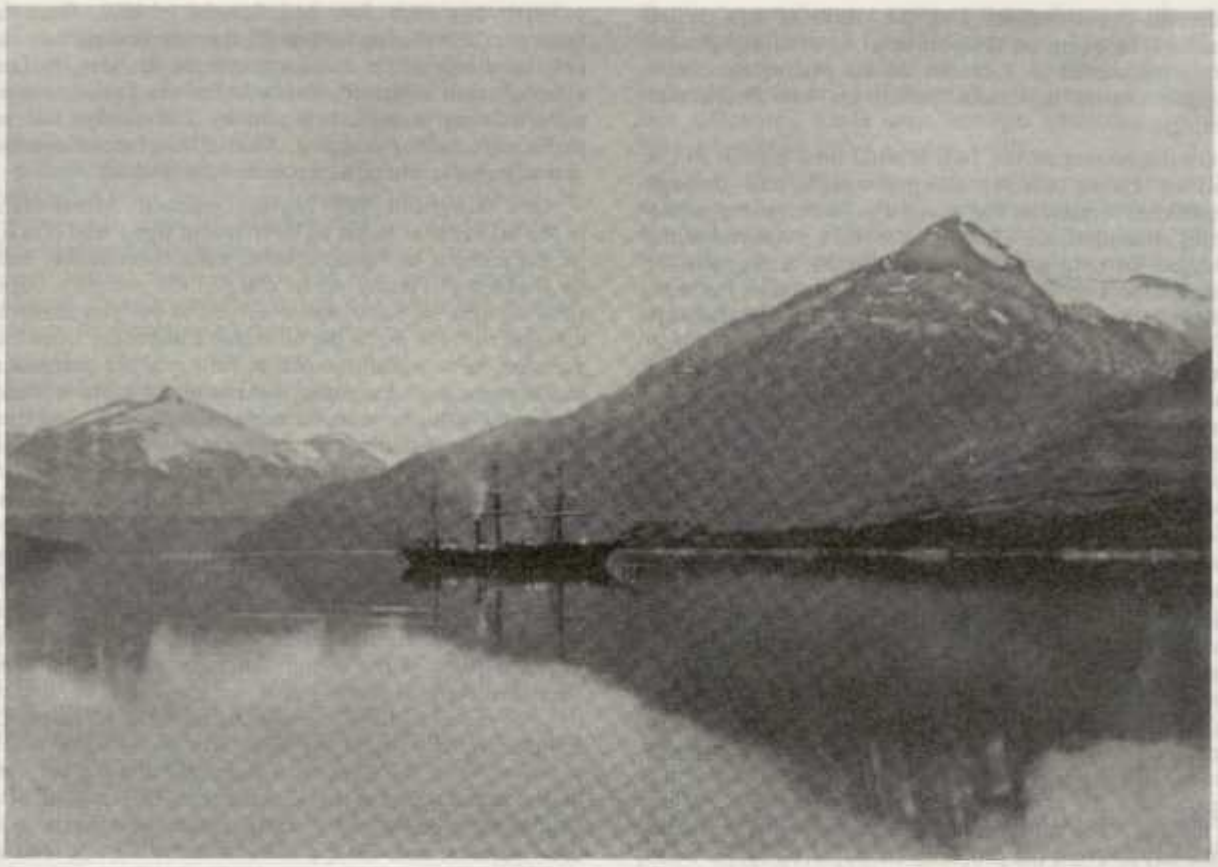


FIG. 6. — The French expedition ship *Romanche* engaged in survey work.

Arenas. The port captain soon came aboard with mail and with the welcome news that a load of wine and clothing had arrived from France and was stored in a Chilean hulk. He also reported that the naturalist Lebrun had turned up.

Next day the work of loading the wine and the clothing began; Martial also replenished his food supplies for a further nine months. The officers and men tried their hand, with some success, at hunting and fishing, and some fresh vegetables were purchased. Lebrun now came aboard; until now he had been with Fleuriais' expedition to Rio Santa Cruz to observe the transit of Venus. The British warships *Rocket, Sylvia, Constance* and *Heroine* all called at Punta Arenas whicle *Romanche* was there and there was a great deal of social interaction with their officers and crews. The governor, Señor Sampayo, and the resident doctor, Dr. Fenton, also held receptions for the French officers. Since the weather was largely sunny and dry, with a mean temperature of 11.8°, it was a very pleasant interlude; many of the officers took advantage of the fine weather to go riding, collecting or hunting.

Having entrusted his mail to the British mail steamer *Patagonia*, which sailed for Montevideo on 21 February, Martial took his ship to sea on the morning of the 22nd. Since the flood tide was running against the wind, producing an unpleasant sea, he was forced to anchor in Bahia Gregorio for the night. Early next morning, despite dense smoke from grass fires that almost obscured the sun, he took his ship safely through the First Narrows. At 4:00 P.M. *Romanche* rounded Punta Dungeness and set a course for the Falkland Islands.

Land was sighted at 4:00 A.M. on the 25th: Cape Meredith at the southern tip of West Falkland. *Romanche* swung into Falkland Sound and at 11:30 A.M. dropped anchor in the superb harbour of Port Edgar. A whaleboat was sent off to go fishing while the scientists collected specimens. Next morning a violent southwesterly gale struck and it was not until the 28th that the ship was able to put to sea again. On the morning of 1 March she rounded Cape Dolphin and that afternoon Macbride Head, and at 5:00 P.M. she dropped anchor in Port Williams off the settlement of Port Stanley.

The French officers were treated to a very warm welcome by the governor, Mr Keer, and his family. While officers and men enjoyed the freedom of Port Stanley and area, Martial took the opportunity to replenish his bunkers and to embark 12 cattle and sheep. The former were particularly wild and difficult to handle. *Romanche* got under way again on 6 March; the intention was to call briefly at Cow Bay to collect some King Penguins but heavy surf on the beaches forced cancellation. Beyond Cape Carysfort a rising gale forced Martial to take shelter in French Bay (Berkeley Sound) early next morning and later to move to Port Johnson. Some officers went ashore to try to reach Cow Bay overland but the distance was too great. However they did return with about 40 geese.

It was not until 10 March that *Romanche* finally left the Falklands. The gale that had delayed her had struck Bahia Orange twelve hours earlier, reaching gusts of 40 m per second there. Swinging around the north coasts of the Falklands. *Romanche* steered west for Estrecho de Le

Maire; at drawn on the 13th the peaks of Isla de los Estados loomed up on the port bow. As usual rough seas were encountered in Estrecho de Le Maire; *Romanche* dropped anchor in Caleta Banner on Isla Picton that evening.

On the moring of the 14th Martial took a stroll to the head of Caleta Banner along a rough trail through magnificent forests; he was amazed to find trees more than 3 m in circumference. Having discovered a native hut, he arranged for it to be photographed, then dismantled for transport back to France. Putting to sea around 1:00 P.M., *Romanche* dropped anchor off the settlement of Packewaja on Isla Gable that evening. Several canoes immediately came alongside; the Yahgans in them were fully clothed and traded milk and turnips for old clothes and biscuit. The ship lay at this anchorage for two days while the survey of this section of Canal Beagle was completed. The doctor meanwhile was also busy ashore and collected several new species of birds.

On the 17th the ship continued west to Ushuaia. Bridges came aboard next morning; he reported that Courcelle-Seneuil had paid a visit to the mission. Travelling in a whaleboat with five seamen and one native, he had been delayed by foul weather in Canal Murray for so long that he had come close to running out of food. Nonetheless he and his party had reached Ushuaia safely and there had received the usual hospitable welcome. The party had sailed for home on 28 February. *Romanche* herself sailed on 19 March, and after calling at Bahia Lapataia for the night, reached Bahia Orange at 2:40 P.M. on the 20th. The cattle were landed on one of the islands in the bay to avoid the problems encountered earlier when they had been kept around the station.

Courcelle-Seneuil reported all the men in good health and all the scientific programs proceeding smoothly. The buildings had been severely tested by the strong gales but no serious problems had resulted. On 5 March the dome of the observatory had been lifted off by the wind and the electrometer hut had been tipped over, but all the instruments had been safely recovered. The corner of the roof of the collections store had been lifted off, but here too the cases had been moved to safety. All these problems were now corrected and work crews were sent ashore to repave the paths.

Fall was perceptibly beginning now, and the temperature had started to drop. The mean temperature in March was 5.1°C, as compared to 9°C in February. On the other hand there were noticeably fewer gales. The days were also shortening perceptibly. The winter clothing that had arrived from France was now distributed to the crew, and after a few days of rest for the men *Romanche* was ready to continue cruising.

She sailed from Bahia Orange, once again bound for Seno Año Nuevo, on 28 March. Yakaif was on board as interpreter; he had left the expedition earlier when he suspected that the Frenchmen were planning to abduct him to France.

The weather was fair with a fine northeasterly and the ship made excellent progress around Falso Cabo de Hornos and up the west coast of Isla Hoste, across the mouths of Bahia del Sur and Bahia Bourchier, both the sites of numerous wrecks over the centuries. As she passed between Cabo Weddell on Isla Duperre and Isla Henderson, Isla Morton became visible to the west and the Islas Ildefonso appeared as black specks on the horizon. Martial was heading for Bahia India, where Weddell had called in his ships *Jane* and *Beaufoy* in 1823, since the latter's excellent description of this anchorage was the only on available for any anchorage in the area. In fact, although well sheltered, Bahia India was found to have poor holding ground, being rocky and sandy, and on finding his anchor dragging, Martial was forced to move closer inshore, where he anchored for and aft.

That afternoon the captain climbed Monte Jane (c 560 m) in order to get an overview of Seno Año Nuevo; on the summit he found a small cairn, presumably built by Weddell or Fitzroy. As he reached the summit it began snowing and the snow was observed to be lying down to a height of c 400 m. In the meantine Lieutenant Doze had gone off in the steam launch to find a better anchorage, but he found all the inlets he examined to have rocky bottoms. On the morning of the 31st *Romanche* sailed from Bahia India and found an excellent anchorage in Bahia Naturalist, with granite rocks, wooded shores, several small streams and an excellent holding ground of foul-smelling mud.

Over the next two weeks Martial and his officers completed the first exploration and survey of the magnificently intricate body of water known as Seno Año Nuevo. They shifted anchorage eight separate times to explore different parts of the sound. All four of its major arms were explored to their heads in the hope of finding through-routes to Canal Beagle. At the head of Estero La Monneraye they found the large lake of the same name, separated from the fjord by a threshold about 1 km wide and only about 10 m high. At Bahia Claire on Estero Lajarte they encountered some native who abandoned their canoes and disappeared into the bush. Yakaif managed to reassure them and talked them into coming aboard. These were Atduaylians, a branch of the Yahgans, numbering perhaps 200 and inhabiting the shores of Seno Año Nuevo. They had regular contact with the people of Seno Ponsonby to the north; some had visited Ushuaia and even knew some words of English.

The French surveyors also explored Canal Hahn and Canal Carfort, separated by Isla Herve Mangon and rejoining beyond it to run northward to the isthmus, less than 1 km wide, over which the natives regularly portaged to Seno Ponsonby. Farther south Estero Doze was found to be separated by a slightly wider isthmus from Bahia Tekenika to the east. The surveys also included the shores of islands such as Dumont d'Urville, Paques and Perrier in the center of the sound. Doze climbed to the summit of the latter island to take a round of panoramic photos of the sound.

The Frenchmen were surprised to find whales that had penetrated well up the intricate fjords; they watched a pack of killer whales hunting one animal and conjectured that this might be the cause of numerous groundings of whales that seemed so common throughout the area. The weather during this period was typically overcast and the sun was seen only once in two weeks. Although there were frequent squalls, their force tended to be broken by the labyrinth of islands and peninsulas.

Having completed a remarkably detailed survey of the intricacies of one of the world's best (if remote) major anchorages, *Romanche* sailed from Estero Doze and left Seno Año Neuvo on 13 March, heading east along the south coast of Isla Hoste. Going ashore on Isla Pothuau, Martial erected a triangulation beacon on the summit. That afternoon the ship dropped anchor in Caleta Coral on the island's east coast. A group of natives lit a large

fire on the beach, then came aboard; they were camped on Isla Pouchet, where a whale had stranded. The animal had died probably some three weeks earlier and was in an advanced stage of decomposition. Except for some blubber and some bone from the lower jaw, removed by the natives, it was largely intact, and hence Martial decided to procure the skeleton for scientific purposes. Having "bought" it from the natives for some bags of biscuit, he sent a work crew of 30 men, led by Hahn, with a whaleboat and the steam launch to salvage the skeleton. Despite almost constant snow and rain, to say nothing of the smell, the job was finished in two days. The missing bones were recovered in return for some trade knives.

On the 17th, a fine, calm day, *Romanche* steamed around the Pothuau and Jaureguiberry group, returning to the same anchorage in the afternoon via Isla Pouchet. Martial noted that there was very little timber on this island group and that the fauna seemed to be impoverished. Having shifted anchorage to Bahia Luisa at the west end of Canal Romanche on the 19th, the French seamen found this latter to be an excellent, heavily wooded anchorage; Caleta Elena, just to the north, appeared to be equally good. Foul weather detained the ship in Bahia Luisa until the 25th; the rain gave way to snow, which now lay on the ground for the fitrs time, and ice formed on the decks. Fortunately the steam heating system kept the ship's interior warm and dry. Throughout this period the ship was often jerking violently at her anchor chains despite a second anchor.

When the ship weighed again on the 25th it was found that the starboard anchor had lost its wooden stock and also one fluke. Fortunately Martial still had three anchors in hand. On reflection he suggested that for future work in such a gale-swept area heavier anchors than the standard issue should be used. *Romanche*, bound now for the Henderson and Morton group, passed between Isla Duperre and Isla Jaureguiberry and south of Isla Goldust. Going ashore on Isla Morton, Martial climbed to a summit from where he spotted a submerged rock 6 km south of Cabo Brisbane that broke surface only in a swell.

After spending another night in Bahia India the ship headed west around Peninsula Rous and Isla Hind with its conspicuous twin summits and entered Paso Talbot. Several major inlets cutting into the coast of Isla Hoste were surveyed, and that night the ship anchored in Bahia Angot on Isla Caroline. Next day, continuing west along Paso Talbot, she passed Isla Thomas, anchoring for the night in Puerto Clerke on Isla Waterman. The 28th found *Romanche* running northwest down Seno Pascua, past the arid, bare rocks of Isla Whittlebury and Isla Hamond, then rounding Cabo Kekhlao at the western tip of Isla Hoste, crowned by a spectacular ice cap with outlet glaciers.

Swinging east into Brazo Sudoeste, *Romanche* made excellent progress down the length of this magnificent mountain-lined fjord, anchoring that afternoon in Bahia Fleuriais. Next day De la Monneraye took the steam launch to reconnoitre the western arm of the bay and examined the Fouque Glacier, descending all the way from the ice cap to the sea. Meanwhile a canoe whith three Yahgans visited the ship; they reported that there had been some Alacalufs with them but that they had fled at dawn.

Next day, after surveying another large fjord on the north coast of Isla Hoste, *Romanche* continued eastward; that night she was back at Caleta Aurayakhir; this time the surface of the bay was covered with ice 5-6 mm thick. Having spent the next night at Bahia Lapataia, the ship was running through Canal Murray on 1 May when 15-16 canoes were seen hauled up on a beach. It was later learned that the cause of this major congregation of people was a stranded whale near Woollya. Later that day *Romanche* reached Bahia Orange safely.

Courcelle-Seneuil again reported that everyone at the station was in good health and that there had been no major incidents. However, some bones had been stolen from the whale collected from Puerto Cook and to set an example Courcelle-Seneuil had ordered an empty hut burned in retaliation. As a more practical countermeasure he had had the bones submerged in a water-filled ditch.

On 2 May, the day after *Romanche*'s return, a minor roof fire was discovered in the officers' quarters, caused by sparks from the chimney. Fortunately it was extinguished in time and there was no damage. Two days later Martial went to visit the small garden that had been planted on the shores of Caleta Duck; it nestled at the foot of a large rock, which protected it from southerly winds, and the soil was a good loam with broken shells dug into it. It had produced some radishes and various salad greens, an indication that the soil, rather than the climate, tended to be the obstacle to agriculture.

Martial had planned to start on another trip to Punta Arenas on 10 May but bad weather delayed the sailing until the 14th. It snowed heavily and the snow lay on the ground and on the decks. There were also quite a few foggy days, although normally they were quite rare.

During this period Courcelle-Seneuil made on overland trip to the west coast of Peninsula Hardy. On his return he reported there being abundant evidence of a recent shipwreck in Bahia Bourchier. The cargo appeared to have included a large amount of bamboo, but there was no indication of the identity of the ship.

On 14 May *Romanche* finally sailed, leaving six months' provisions at the station as usual. By 4:00 P.M. she was anchoring off Ushuaia, where the welcome from Bridges was as warm as ever. As always, Hahn's medical services were in great demand.

From Ushuaia the ship proceeded to Punta Arenas; there is no record of the route taken in Martial's account. On 30 May, having loaded mail and packages that had arrived with the mail steamer, the ship started south again, down Estrecho de Magellanes bound for Bahia Orange. Her route was generally a reversed version of her earlier outward route, and she reached Bahia Orange at 2:30 P.M. on 5 June. Martial had planned to sail for the Islas Wollaston immediately but gales and snow delayed the departure until the 18th. Leaving Bahia Orange that morning. *Romanche* anchored off Isla Otter in Bahia Gretton that evening. Over the next week, operating from an anchorage at Isla Seagull, Martial and his officers surveyed the whole of the Wollaston group and the north coast of Isla Hermite. Having determined that the Wollaston group consisted of three main islands, of which only Wollaston and Bayley were named. Martial named the third, most northerly island after Grevy, the first magistrate of France.

Romanche sailed from Puerto Maxwell on the 27th to complete the survey of Isla Herschel and Isla Deceit. There was abundant recent wreckage strewn along the shores of Canal Franklin and the east coast of Isla Herschel, evidently from a large American or British vessel. There was no sign of her crew however. On the 30th

Carfort was landed on Isla Hornos to survey the southern part of the island while *Romanche* was engaged in dredging and sounding of Cabo de Hornos. According to Martial's description :

> Isla Hornos is long and low; from the northwest tip the land drops then rises gradually again southwards to the cape. The latter takes the form of a sheer cliff with high, black faces; its western part is jagged when seen from the south. It is about 424 m high rather than the 152 m indicated in the Sailing Directions. [Martial, 1888:237.]

Having picked up Carfort, the ship anchored for the night in Caleta Saint Martin on Isla Hermite; then, after a day's delay due to fog, on 3 July she ran back to Bahia Orange, having completed the survey of the Wollaston and Hermite groups. She sailed again on the 7th to survey the south coast of Isla Navarino. This she achieved by 11 July, working first out of Bahia Packsaddle and then Paso Goree. Along the west coast of Isla Lennox De la Monneraye found a great deal of wreckage, including the name board "Napier". Nearby he found a hut that did not appear to be of native construction. He suspected all of this was associated with the wreckage found earlier and that the ship's crew had probably headed for Ushuaia.

On the evening of the 12th, having finished the survey of the northern part of Bahia Nassau, Martial returned to Bahia Packsaddle. Then on the 14th he sailed to chart the west coast of Isla Navarino, anchoring first off Isla Button, then in Caleta Douglas. On the 18th an abrupt change in the weather heralded the approach of foul weather and Martial prudently moved to Ushuaia to let the bad weather pass.

Martial took this opportunity to give Bridges a copy of the official letter authorizing him to transfer ownership of the station buildings at Bahia Orange to his mission on completion of the International Polar Year. The relevant part of the letter reads:

> ... As to the proposal contained in your letter that you should leave to the English mission at Ushuaia the huts which you took out from France, I fully approve of the idea particularly since the said mission pursues a humanitarian goal in providing asylum to the ship-wrecked crews of various nations who ply the Southern Ocean.
>
> Yours etc.,
> Minister of Marine and the Colonies
> Brun. [Martial, 1888:230.]

Bridges was extremely grateful for this generous gesture.

For the next few days strong westerly winds with snow detained the ship at Ushuaia. Then on the 25th she returned south through Canal Murray to survey the great fjord of Seno Ponsonby. At its head, where a low isthmus runs across to Caleta Awayakhir on Canal Beagle, the bay was covered with a thin skin of ice, which presented a real obstacle to the boats. It was named Baie Glacée (now Bahia Helada). Running back north through Canal Murray, *Romanche* next headed west along Canal Beagle and the Brazo Sudoeste, anchoring successively at Bahia Lapataia, Caleta Awayakhir, and Bahia Fleuriais, the latter on 29 July. The objective was to survey the extensive bay east of Cabo Kehklao. His objective achieved, Martial took his ship back to Bahia Fleuriais on the morning of the 31st. During a severe northwesterly gale there the ship began dragging her anchor, causing some anxiety for a while.

Emerging into Bahia Cook on 3 August, Martial now took his ship south past Cabo Carfort, planning to make a rapid reconnaissance of the outer coast from Bahia Cook east to Bahia Trefusis. Passing Isla Waterman, *Romanche* anchored that night in Caleta Angot at the entrance to Paso Talbot. And here bad weather forced her to stay until the 8th. It snowed continually and with the combination of a poor, rocky bottom and violent squalls from the mountains of Isla Caroline, even with two anchors out it was a tense, anxious time. The constant jerking even split the hawse pipe on the port side, and when that anchor was weighed it was found that it had lost a fluke; this was the fifth instance of damage to the ship's anchors.

With fine weather on the 8th Martial ran a line of soundings out to the Islas Ildefonso to the south, then east to Falso Cabo de Hornos. Having spent the night in Bahia Lort on Peninsula Hardy, *Romanche* next ran a line of soundings south to just east of the Islas Diego Ramirez on the 9th. That night she spent off the south coast of Isla Hermite, then next morning ran east past Cabo de Hornos, some 8-9 km off, to Isla Terhatten and Isla Cezambre, anchoring that evening in Paso Goree. The 11th was spent in sounding and dredging in a trench off Bahia Sloggett on the south coast of Tierra del Fuego. A native fire was seen on shore, but when the Frenchmen tried to make contact the natives fled; they were presumed to be Ona. On the 13th strong southwesterly winds interrupted the work in Bahia Sloggett, and *Romanche* crossed to Caleta Banner on Isla Picton for the night. Surveying and sounding along the way, the ship next headed west to Ushuaia, arriving on 15 August.

There she found the crew of the German steamer *Erwin* out of Bremerhaven. While bound from Liverpool to San Francisco with coal her cargo had caught fire about 240 km west of Cabo de Hornos. Her captain had tried to run back to the Falklands but had been forced to abandon ship when the heat became too intense. The 22 men had just safely got away in the boats when the deck collapsed and the ship burst into a pillar of flame.

Fortunately the winds and sea had been only light to moderate. Steering for Ushuaia via Bahia Nassau and round the east end of Isla Navarino, they had reached their goal in nine days. Martial now agreed to take them to Punta Arenas; they came aboard on the 20th and *Romanche* set sail immediately, reaching Bahia Orange that evening.

There they found the scientists fully occupied in winding up their scientific program. The observations were discontinued on 1 September; the scientists and all their baggage were on board by the evening of the 2nd and *Romanche* sailed on the 3rd. During the final days a party erected a stone pyramid with a plaque describing the expedition's activities on the site of the station.

In assessing the weather records assembled aboard ship during the previous three months of cruising — June, July and August — Martial noted that the austral winter had been relatively fair and certainly better than the summer. This had clear implications for navigation in these waters. The mean temperatures had been 3.3.°C in June, 4.31° in July, and 4.39° in August. The maximum, on 15 July, had been 11.7°; the minimum, on 7 August, in Paso Talbot, had been − 5.2°. The mean temperature for the entire year on the basis of the shipboard observations had been 6.68°C.

The raw, damp climate had provoked a large number of rheumatic and bronchial complaints among the men.

Minor sores, felons and abscesses could probably also be attributed in part to the weather. But on the whole the state of the men's health had been excellent.

Putting to sea on 3 September, *Romanche* paid her last visit to Ushuaia. There Bridges and family gave them an almost overwhelming welcome; the missionary also handed Martial his official response to the offer of the expedition's buildings at Bahia Orange. It read:

> Ushuaia, Tierra del Fuego,
> 4 September 1883.
>
> To Commander Martial.
>
> Dear Sir,
>
> On behalf of the South American Mission I wish to express my great gratitude for the offer of the huts at Bahia Orange which has resulted from your request to the Naval Minister. We greatly appreciate these buildings and I can assure you that they will be of enormous service to us. We will move them here *in toto*. I will take the necessary steps for securing and transporting the materials.
>
> I have the honour etc.,
> Superintendent at Ushuaia,
> Bridges. [Martial, 1888:230]

From Ushuaia *Romanche* took the now familiar and sheltered inland route via Canal Beagle, Paso Brecknock and Estrecho de Magellanes to Punta Arenas, arriving at 6:00 A.M. on 7 September. The German crew of the steamer *Erwin* was landed and then, after official clearance, was reembarked for passage to Europe. After a hospitable farewell from all its friends in Punta Areas the French expedition then started for home.

Even now, however, *Romanche*'s oceanographic work did not end. Her program of soundings was continued on the homeward voyage. On 11 October 1883, using almost every available cable and line on board. Martial managed to plumb the depths of the Romanche Trench, a slot-like cleft cutting the Mid-Atlantic Ridge almost exactly on the equator to the northwest of Ascension. The depth recorded was 7370 m (Baker, 1982); its official depth is now 7684 m.

Running to a total of nine volumes, the official reports of the French expedition to Bahia Orange greatly exceed in length those of any of the other stations of the First International Polar Year. Taken together they represent a remarkable compendium of scientific data about a little-known area. The information on the three main areas of investigation, namely magnetism, meteorology and aurora, is as detailed as that from any station, while in the area of the optimal observations they include some fascinating additional investigations.

The optional meteorological observations included studies of lapse rates (with a second station at 430 m on Cerro Rojo), atmospheric electricity, evaporation rates and solar radiation (Lephay, 1885). Lephay's experiments in this latter area are of particular interest as they were especially novel and imaginative. For his measurements he constructed a pyroheliometer on the outward voyage. It took the form of a low, brass, water-filled cylinder, one face of which was coated whit lamp-black. A thermometer bulb was inserted into the water through a hole in the opposite face of the cylinder. The blackened surface was set perpendicular to the sun's rays and the thermometer recorded the heating and cooling of the water. From a wide range of readings Lephay was able to calculate the "solar constant", which he measured at 2.172 langleys per minute.

The zoology of this little-known area was studied in remarkable detail on the basis both of observations made in the vicinity of the station and of specimens collected by the officers aboard *Romanche* during her cruises. In the final report on zoology A. Milne-Edwards reported on the mammals, Léon Vaillant on the fish and E. Oustalet on the birds, their reports being illustrated by superb coloured lithographs of many of the species (*Mission scientifique du Cap Horn, Tome IV, Zoologie*, 1891). Similarly the volume on the botany (*Mission scientifique du Cap Horn, Tome V, Botanique*, 1889) represents a remarkable pioneer compendium of information on the phytogeography of this raw, damp, gale-swept area.

Perhaps the most valuable contribution made by the French expedition outside the three main official areas of focus was in the area of ethnography. On the basis of his studies of the Yahgan (in which he was enormously assisted by the efforts and experience of Bridges) the medical doctor, Hyadès, along with J. Deniker, produced a monumental, superbly illustrated work on these sea-oriented aborigines of the islands south of Tierra del Fuego (Hyadès and Deniker, 1891). While there is an extraordinarily heavy stress in their report on physical anthropology, especially anatomical and physiological details, an extensive section is also devoted to lifestyles, hunting and fishing techniques and the impacts of civilization (Fig. 7). The authors also reported at length on the Yahgan language and included an extensive vocabulary; here the French scholars undoubtedly relied extremely heavily on the encyclopedic knowledge of Bridges. Parti-

FIG. 7. — Yahgan Indian relashing his spear head.

cularly in that only a handful of Yahgans of mixed blood now survive, mainly on Isla Navarino, this early and throrough study of this people is extremely valuable.

With regard to other specialized areas of effort, the successful observations of the transit of Venus on 6 December have already been discussed. Along with the parallel studies made at the German station on South Georgia, they helped enormously in calculating the distance from the earth to the sun and in solving other astronomical problems. As with the German scientists on South Georgia, the Frenchmen at Bahia Orange also recorded unusual tidal perturbations caused by the explosion of Krakatoa on 27 August 1883, although, of course, the cause was not realized for some time.

A final area in which the French expedition made a truly enormous contribution was that of geographical exploration. Although much of the area had been explored and charted previously, especially by Fitzroy in *Beagle* fifty years earlier (Fitzroy, 1839), there was still much for *Romanche* to do, as outlined in this account. Her surveys focussed especially on the areas south of Canal Beagle, and here Martial and his men were certainly the first Europeans to explore the intricacies of Seno Año Nuevo. But throughout the rest of the area covered they also added enormously to the detail on the charts and Martial's account (1888) contains a wealth of information concerning anchorages, hazards, currents and tides. The numerous place names bestowed by Martial, especially in the area of Seno Año Nuevo, form a fitting and lasting memorial to the efforts of the French expedition. The fact that *Romanche* survived unscathed despite a year of cruising in the largely uncharted waters of this intricate archipelago, notorious as having some of the worst weather in the world, is a tribute to Martial's careful seamanship.

REFERENCES

BAKER (F.W.G.), 1982. — The First International Polar Year 1882-1883. *Polar Record*, 21:275-285.

FITZROY (R.) (*ed.*), 1839. — *Narrative of the surveying voyages of His Majesty's ships* Adventure *and* Beagle *between the years 1826 and 1836, describing their examination of the southern shores of South America and the* Beagle's *circumnavigation of the globe.* London : H. Colburn, 176 p.

HYADES (P.) and DENIKER, (J.) 1891. — *Anthropologie, ethnographie. Mission scientifique du Cap Horn, 1882-1883. Tome VII.* Paris : Gauthier-Villars et fils, 122 p.

LEPHAY (J.), 1885. — *Météorologie. Mission scientifique du Cap Horn 1882-1883. Tome II.* Paris : Gauthier-Villars et fils, 354 p.

MARTIAL (L.-F.). — *Histoire du voyage. Mission scientifique du Cap Horn, 1882-1883. Tome I.* Paris. Gauthier-Villars et fils, 258 p.

MISSION SCIENTIFIQUE DU CAP HORN 1882-1883. 1891. — *Tome IV. Zoologie.* Paris : Gauthier-Villars et fils, 334 p.

MITTEILUNGEN DER INTERNATIONALEN POLAR-COMMISSION, 1882. — St. Petersburg, 282 p.

LA MISSION DE LAPONIE DANS LE CADRE DES RECHERCHES GÉODÉSIQUES FRANÇAISES DU XVIIIe SIÈCLE (1736)

par Jean-Jacques LEVALLOIS

Paris

RÉSUMÉ. — L'Académie Royale des Sciences Française décida, en 1734, d'envoyer deux missions géodésiques, l'une au Pérou, pour mesurer un arc de méridien aux latitudes équatoriales, l'autre en Laponie, pour mesurer également l'arc de méridien, afin de mettre un terme à la controverse scientifique sur l'aplatissement de la Terre aux pôles. Présentation des résultats et discussions.

Mots-clés : Laponie — Pierre-Louis Moreau de Maupertuis — Mesure de l'arc de méridien.

ABSTRACT. — **Lapland mission of the French geodetic researches in the XVIIIth century.** *The Académie Royale des Sciences Française decided in 1734 to send two geodetic missions, one to measure a meridian arc at equatorial latitudes in Peru, the other in Lapland, in order to stop the scientific controversy about the flatness of the Earth at the poles. Presentation of results and discussions.*

Key-words : *Lapland — Pierre-Louis Moreau de Maupertuis — Meridian arc measurement.*

SITUATION DE LA GÉODÉSIE EN FRANCE VERS 1733

L'Académie Royale des Sciences, fondée par le roi Louis XIV en 1666 s'était dès le début préoccupée d'étudier et de préciser la forme et les dimensions de la terre.

En 1669, l'Abbé J. Picard (1620-1682) entreprenait par triangulation la mesure d'un arc de méridien s'étendant sur 150 kilomètres environ entre les latitudes approximatives de 48°30′ et 49°54′ le long du méridien de Paris (latitude de l'Observatoire de Paris 48°50′). Il avait fait construire dans ce but des instruments de sa conception qui, perfectionnés par la suite, seront utilisés pendant 120 ans, en France et à l'étranger.

Il avait inventé la lunette à réticule qui, remplaçant les alidades à pinnules, permettait, avec des dimensions très raisonnables, des pointés beaucoup plus précis.

Une telle lunette était utilisée sur le « quart de cercle », graduation circulaire d'environ 1 mètre de rayon, de 90 à 92° d'amplitude, utilisé pour les mesures angulaires de triangulation, dans un plan voisin de l'horizontale.

Dans son secteur astronomique, une lunette de grande focale tournant autour d'un axe horizontal très voisin de l'objectif servait d'alidade et décrivait un plan vertical, en entraînant, devant un fil à plomb, une graduation de petite amplitude angulaire, centrée sur le point d'attache du plomb (Figure 1).

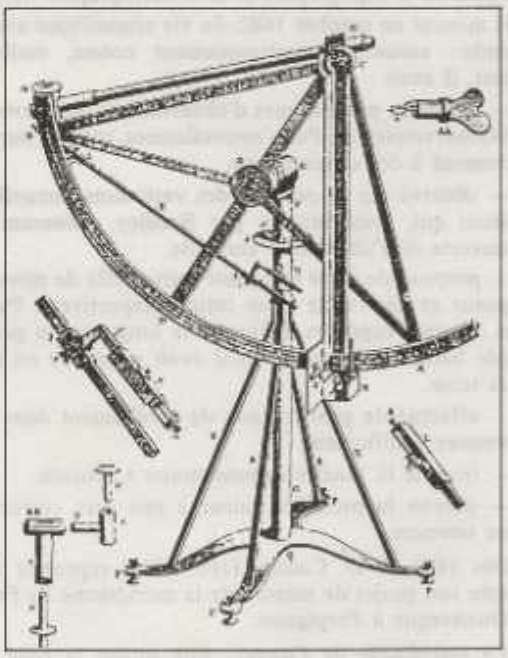


FIG. 1. — Quart de cercle mobile de 1 m de rayon. (D'après Lalande, *Astronomie*, t. II, Paris, 1771). Le fil à plomb est protégé des courants d'air par la *boîte à filet*.

La méridienne de Picard est un enchaînement d'une douzaine de triangles principaux, appuyés sur deux bases; ces deux bases étaient rapportées à l'étalon officiel « la toise du Châtelet » que Picard venait précisément de rénover quelques temps auparavant. La base AB, dite de Villejuif à Juvisy était la base principale, la base xy servant uniquement de contrôle (Figure 2).

Tous les détails sur la mesure sont donnés dans l'ouvrage de Picard. Retenons simplement le résultat essentiel exprimé selon l'usage de l'époque par la longueur de l'arc méridien d'une amplitude angulaire de 1 degré, soit 57 060 toises (du Châtelet), moyenne de deux valeurs — arc Paris-Sourdon, arc Paris-Amiens.

Picard avait tiré de sa mesure d'importantes conclusions; il avait en particulier souligné l'intérêt des réseaux géodésiques pour encadrer les levés topographiques. Dans

un rapport destiné à Colbert et à l'Académie des Sciences il disait:

« Outre que le dessein de faire la carte du Royaume par provinces, de la manière que l'on a commencé serait si long à exécuter qu'il n'y aurait pas lieu d'en voir la fin, il est certain que pour faire un bon assemblage de toutes les pièces après qu'elles seraient achevées, il en faudrait toujours venir à un châssis général, au lieu que ce châssis étant premièrement fait, il serait facile ensuite de le remplir. Pour la construction d'un tel châssis qui distribuerait tout le Royaume en triangles liés ensemble, on pourrait commencer en faisant une route ou traverse depuis Dunkerque jusqu'à Perpignan qui sont à peu près dans le méridien de Paris... et si après l'avoir achevée on prenait les hauteurs du pôle des deux extrémités avec le même soin que l'on a fait à Sourdon en Picardie et Malvoisine en Gâtinais, on aurait la grandeur de la terre huit fois plus précise que celle qu'on a donnée... La grande traversée ci-dessus étant finie, on pourrait en faire une qui contournerait le Royaume suivant les frontières et les côtes, laquelle seconde route on lierait enfin avec la première... le tout consiste à choisir de grands points, j'entends qui servent à former de grands triangles le plus qu'il sera possible, soit que les points soient des villes, des montagnes ou autres lieux remarquables... ».

Dans cette simple phrase se trouve résumée la conception d'un réseau géodésique national, appui indispensable de la topographie et de la cartographie du pays !

Il mourut en octobre 1682. Sa vie scientifique avait été féconde : savant internationalement connu, maître de Römer, il avait :

— défini les programmes d'observations astronomiques de l'Observatoire de Paris nouvellement créé, et participé activement à ces observations.

— observé sur la polaire, des variations annuelles de position qui, systématisées par Bradley, mèneront à la découverte de l'aberration annuelle.

— proposé de créer une unité universelle de mesure de longueur et déterminé dans cette perspective à Paris et dans diverses capitales d'Europe la longueur du pendule simple battant la seconde qu'il avait exprimée en unités de sa toise.

— effectué de gros travaux de nivellement dont il fut le premier codificateur.

— inventé la lunette astronomique à réticule.

— obtenu la première valeur à peu près correcte du rayon terrestre.

Dès 1683, J. D. Cassini (1625-1712) reprenait à son compte son projet de mesure de la méridienne de France, de Dunkerque à Perpignan.

La méridienne de Cassini : Elle utilise la base et la chaîne de Picard jusqu'au côté Coivrel Boulogne, le prolongement sur Amiens exclu parce que visiblement erroné; certaines observations furent reprises.

Les travaux débutèrent dès 1683, sous J. D. Cassini qui se dirigea vers le sud et La Hire, disciple de Picard, vers le nord, mais ils ne durèrent pas longtemps et furent interrompus dès la fin de l'année par la mort de Colbert, remplacé par Louvois comme protecteur de l'Académie et surintendant des bâtiments du Roi, qui avait d'autres idées; Louvois mourut en 1691, mais c'est en 1700 seulement que Cassini put continuer son œuvre, pour laquelle il s'adjoignit son fils Jacques Cassini (1677-1756). Les observations poursuivies jusqu'au Canigou se terminèrent en 1701 par la mesure de la base de Leucate-St-Nazary.

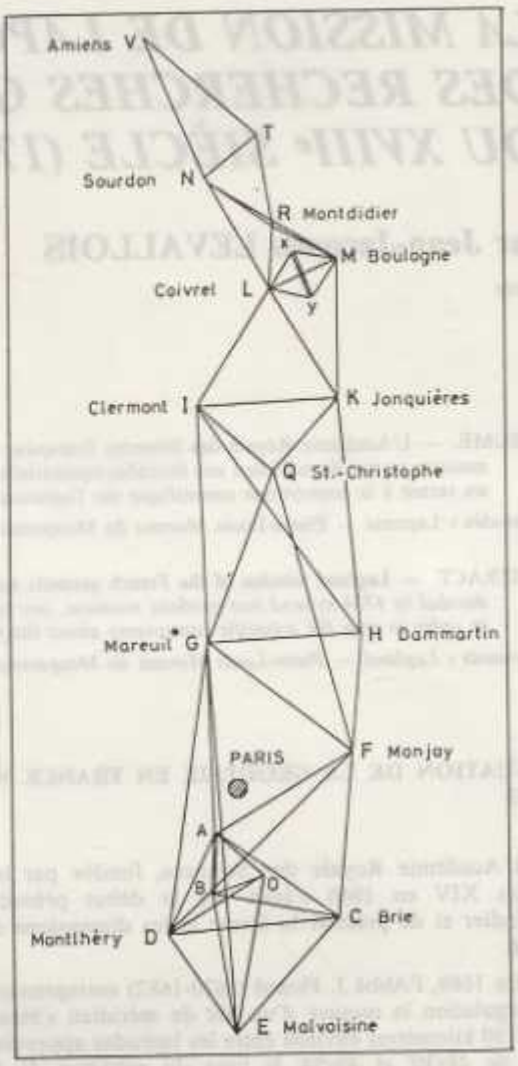


Fig. 2. — Arc de Picard (1670).

On avait d'ailleurs eu raison de faire vite, car la guerre de Succession d'Espagne absorbant tous les crédits, la partie nord était restée inachevée; elle ne sera reprise qu'en 1718 à partir du côté Sourdon-Montdidier par J. Cassini, Maraldi, La Hire (fils), et prolongée jusqu'à Dunkerque, où l'on mesura une base (Figure 3).

La chaîne complète est donc appuyée sur 3 bases:

— Dunkerque : 5 564 toises
— Villejuif (Picard) : 5 663 toises
— Leucate : 7 246 toises.

Les stations astronomiques essentielles sont celles de :

— Dunkerque : 48°50' 10" + 2°12' 15",5 = 51°02'25",5
— Paris : 48°50' 10"
— Collioure : 48°50'10" - 6°18'56" = 42°31'14".

Comme Picard, Cassini observait l'amplitude de l'arc, en faisant la différence des distances zénithales d'une même étoile (La Chèvre et γ Dragon) passant au méridien et il ajoute « ... afin d'éviter le scrupule qu'on peut avoir de quelques variations dans la hauteur des étoiles fixes en différentes saisons de l'année comme on l'a observé en plusieurs autres étoiles fixes... », on prend soin de n'observer cette même étoile qu'à la même époque à Paris et à Collioure. En dehors des 3 stations fondamentales, des

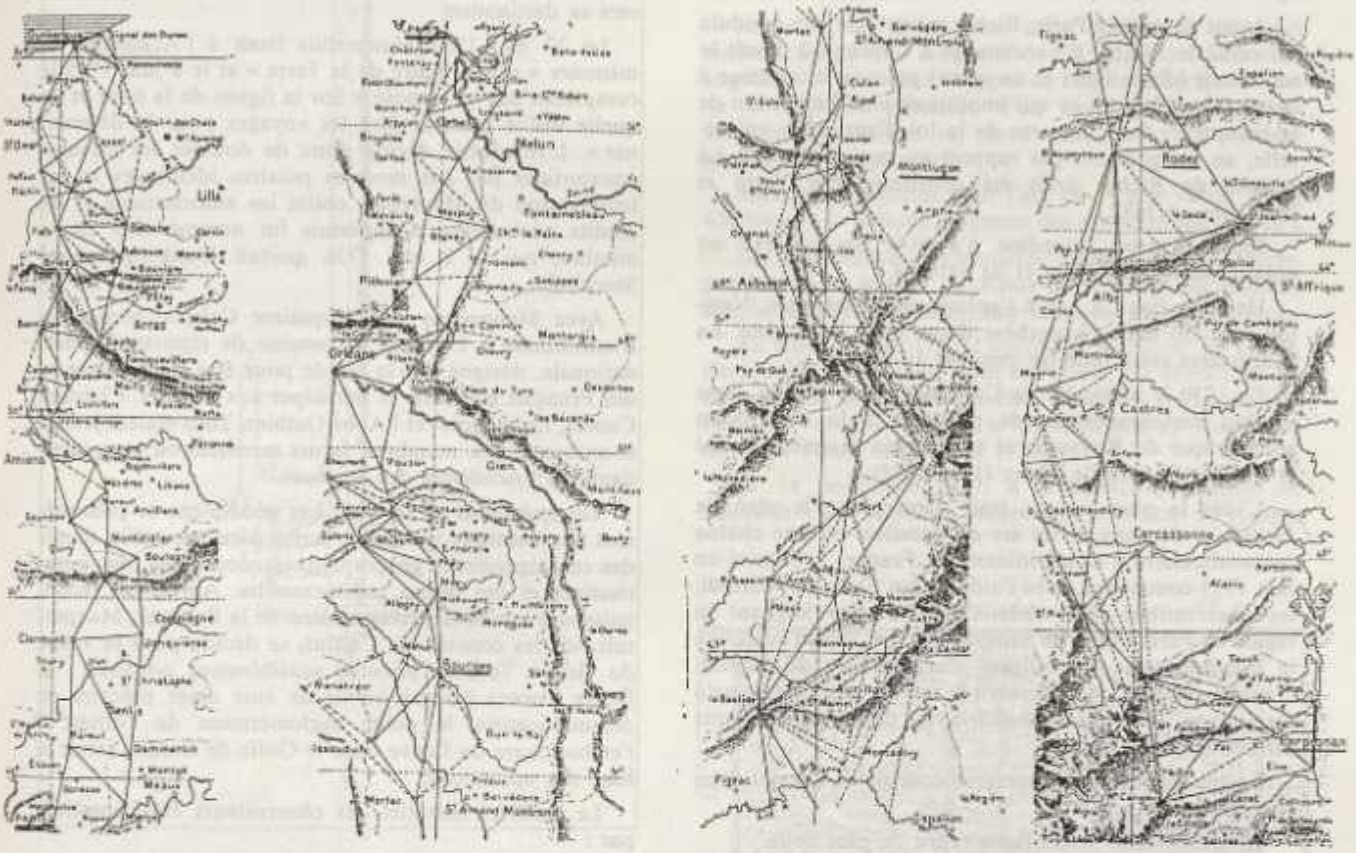


FIG. 3. — Carte des triangles de J. Cassini. (Les lignes en ponctué sont relatives à des triangles secondaires, à des triangles de vérification).

stations auxiliaires sont observées au quart de cercle à Vouzon, Bourges, Rodez, Carcassonne, Perpignan.

On reste assez stupéfait par la rapidité d'exécution des Cassini; observer en un an et demi (1700-1701) la partie Bourges-Canigou de la méridienne, avec les difficultés de l'époque, des transports et des communications, paraît encore une gageure, surtout si l'on songe que la reconnaissance n'était pas faite, ou plus exactement qu'elle était très imparfaite.

Discussion sur cette méridienne : J. Cassini a résumé le travail dans son ouvrage : « Traité de la grandeur et de la Figure de la Terre » où sont indiquées les valeurs numériques ci-dessus reproduites. Il annonce pour le degré méridien déduit:

— du segment Paris-Collioure : 57 097 toises
— du segment Paris-Dunkerque : 56 960 toises

et l'on rappelle que Picard avait annoncé 57 060 toises sur Paris-Amiens.

La configuration de la chaîne, surtout dans sa partie sud, laisse fort à désirer, la conformation des triangles est souvent médiocre, comportant en particulier de petits angles, nuisant à la précision de la transmission; tout cela est probablement la conséquence de la hâte de Cassini pour achever sa triangulation.

On ne sait pas trop avec quel étalon ont été mesurées les bases : J. Cassini parlant de la base de Collioure dit qu'elle fut mesurée à l'aide de règles constituées de quatre bois de piques de deux toises chacun... et on s'était servi, pour déterminer exactement leur longueur, d'une règle de fer de quatre pieds divisée avec une très grande toise, que l'on avait apportée exprès de Paris. On ne sait si l'accord avec la toise de Picard était assuré. Admettons-le.

La querelle de l'aplatissement : Ainsi J. Cassini avait trouvé en 1723 les valeurs respectives de:

— 56 960 toises pour l'arc de 1° sur Paris-Dunkerque
— 57 097 toises pour l'arc de 1° sur Paris-Collioure
— 57 061 toises pour l'arc de 1° de la sphère moyenne

et ramenait par ailleurs le degré de Picard à 57 030 toises. Il conclut « ... ainsi, il paraît avec assez d'évidence que les degrés d'un méridien sont plus grands plus ils sont près de l'Equateur et diminuent au contraire à mesure qu'ils s'approchent du pôle ».

Il calcule l'excentricité de l'ellipse correspondante et trouve $b^2 - a^2/b^2 = 0.144$, b, axe polaire, a, axe équatorial.

Cette affirmation fut le signal d'une formidable querelle scientifique qui durera 15 ans, sera tranchée par l'expérience (1737) et dont sa méridienne fera les frais. Deux points de vue vont s'opposer :

— le point de vue expérimental de J. Cassini qui, s'appuyant sur le résultat de ses mesures, estime que la terre est un ellipsoïde allongé, comme nous venons de le voir;

— le point de vue théorique, basé sur les travaux de Huygens et de Newton, qui voudrait que la terre soit un sphéroïde aplati, et qui étaie son point de vue par un résultat expérimental dû à Richer. En 1672, en effet, Richer, astronome français, avait été envoyé à Cayenne

pour y observer, de concert avec J. D. Cassini et Picard opérant à Paris, la parallaxe de Mars.

Avant de quitter Paris, Richer avait réglé son pendule sur celui de Picard. Il constata qu'à Cayenne il devait le raccourcir (d'une ligne et un quart) pour qu'il continue à battre la seconde — ce qui impliquait une diminution de la pesanteur, donc, au sens de la loi d'attraction universelle, un éloignement par rapport au centre attractif. La mesure de Richer avait été confirmée par Varin et Deshayes en 1682.

Enfin, Cassini lui-même n'avait-il pas observé un aplatissement de Jupiter et de Saturne ?

Huygens fixait à 1/576 l'aplatissement terrestre, Newton à 1/230 dans l'hypothèse d'une terre homogène. La controverse resta indécise pendant 10 ans.

En 1730 le Ministère du Cardinal Fleury décida, dans un but cartographique, de procéder à la description géométrique du Royaume et en chargea Jacques Cassini et son fils Cassini de Thury (1714-1784).

L'idée la plus logique était d'interpréter le plan de Picard, et de mesurer un arc de parallèle ou une chaîne perpendiculaire à la méridienne de France. J. Cassini en juin 1733 commença, avec l'aide de ses fils et de Maraldi, les observations d'un châssis de triangles joignant la région de Paris à celle de Saint-Malo dont Picard avait fixé la longitude par les éclipses des satellites de Jupiter. L'année suivante on poursuivit le travail vers l'est jusqu'à Strasbourg, dont Eisenschmidt avait donné les éléments astronomiques.

Le résultat des deux mesures confirmait Cassini dans son opinion.

La controverse scientifique reprit de plus belle.

Les théoriciens persistaient et mettaient en doute la précision des observations de la méridienne de Cassini. La théorie de Newton, contestée en France par les Cartésiens, était à peu près universellement admise en Angleterre et en Hollande. Elle trouva un nouvel adepte en la personne de Maupertuis (1698-1759). Ce dernier au cours d'un séjour à Londres (1728) comprit tout l'intérêt des découvertes de Newton et se fit son porte-parole en France. Il étudiait en particulier la forme des masses fluides en rotation, soumises à des forces d'attraction centrales; ses résultats l'amenèrent à conclure :

« ... Aucune de ces mesures ne s'accorde avec la mesure actuellement prise par MM. Cassini et Maraldi. Mais si de leurs observations, les plus fameuses qui se soient peut-être jamais faites, il résulte que la terre au lieu d'être un sphéroïde aplati vers les pôles est un sphéroïde allongé quoique cette figure ne paraisse pas s'accorder avec les lois de la statique, il faudrait voir qu'elle est absolument impossible, avant de porter atteinte à de telles observations ».

INTERVENTION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES (1734)

L'Académie Royale des Sciences prit alors la décision de trancher la question par l'expérience. Sur la proposition de Godin, auquel elle confiait la direction de l'opération, elle proposa d'envoyer une mission géodésique au Pérou, mesurer un arc de méridien aux latitudes équatoriales. Le Comte de Maurepas (1701-1781), Académicien honoraire, ministre de la maison du Roi, de la marine, entama les démarches diplomatiques nécessaires auprès de la Couronne d'Espagne; la mission s'embarquait le 16 mai 1735 vers sa destination.

Le 27 mai 1735 Maupertuis lisait à l'Académie un mémoire « sur la figure de la Terre » et le 8 juin 1735 le complétait par un exposé « Sur la figure de la terre et de quelle utilité peuvent être les voyages pour la déterminer ». L'Académie décida donc de doubler les mesures équatoriales par des mesures polaires identiques et sur intervention de Maurepas, obtint les autorisations et les crédits nécessaires. Maupertuis fut nommé chef de la mission, qui le 2 mai 1736 quittait Dunkerque pour Stockholm.

Avec Maupertuis s'embarquaient Celsius, professeur d'astronomie à Uppsala, astronome de réputation internationale, désigné par la Suède pour être l'intermédiaire des Français en Suède et participer aux travaux, Clairaut, Camus, Le Monnier et l'Abbé Outhier. Tous étaient jeunes et enthousiastes, membres, futurs membres ou correspondants de l'Académie des Sciences.

Les opérations de terrain : Les géodésiens se présentèrent aux autorités suédoises, furent bien accueillis, munis des renseignements géographiques nécessaires, des autorisations et des ordres indispensables. Après une reconnaissance rapide des rivages ouest de la Baltique, Maupertuis, sur les conseils de Celsius, se décida pour la vallée du fleuve Tornea, orientée sensiblement nord-sud : le fleuve Tornea pouvait servir de voie assez précaire de communication, la petite agglomération de Tornea, à l'embouchure du fleuve dans le Golfe de Botnie, serait la base des opérations.

Le matériel essentiel des observateurs était constitué par :

— un certain nombre de quarts de cercles de deux pieds de rayon, munis d'un micromètre.

— une toise étalon, la toise du Nord, soigneusement comparée à la toise du Châtelet, comme l'était d'ailleurs la toise du Pérou emportée par Godin et ses collègues de l'Equateur (1).

— un secteur, construit par Graham, semblable à celui avec lequel Bradley avait en 1726-1727 découvert l'aberration annuelle, les horloges astronomiques nécessaires (Figure 4).

— un certain nombre de pendules, pour procéder à des mesures relatives. Ils avaient été préalablement observés à Paris, où Mairan avait trouvé, après des expériences très minutieuses relatées dans un mémoire des Procès-Verbaux de l'Académie des Sciences (1735), que la longueur du pendule simple battant la seconde était de 440,57 lignes (1).

Dès le 20 juin on poussait la reconnaissance et le 6 juillet on commençait l'équipement des stations, avec l'aide d'un détachement de soldats de l'armée suédoise. Le 1er août la reconnaissance et l'équipement étaient terminés, les observations avaient pu débuter dès le 19 juillet, du sud vers le nord (Figure 5).

Les signaux étaient des cônes dont les génératrices étaient constituées par des perches rectilignes écorcées, avec piquet ou marque sur les rochers pour matérialiser le centre de la station.

(1) 1 toise = 6 pieds; 1 pied = 12 pouces; 1 pouce = 12 lignes.

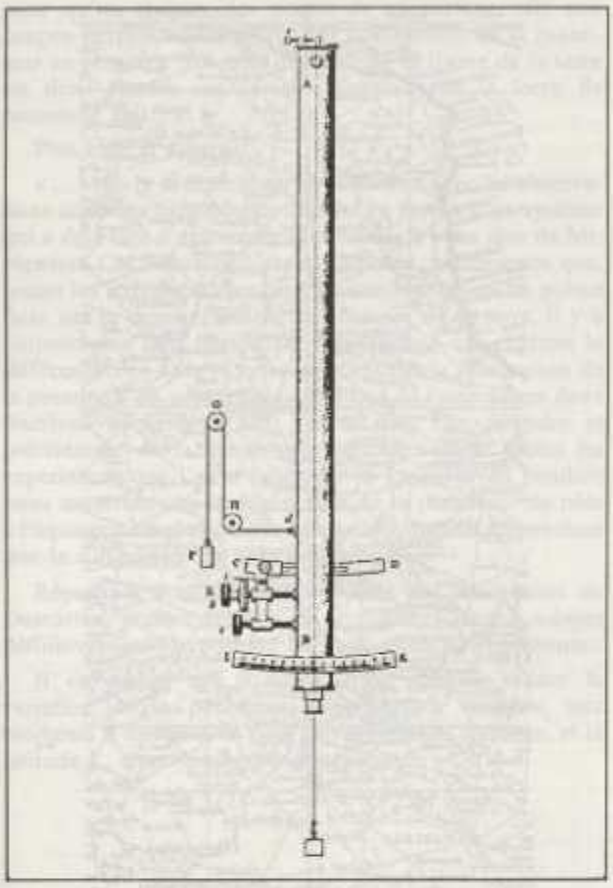


FIG. 4. — Secteur zénithal construit en 1727 par Graham, utilisé par Bradley (découverte de l'aberration et de la nutation). F = 3.8 m; E. *vis extérieure* (voir p. 629); c, vis auxiliaire servant à supprimer la pression de l'instrument sur la vis E, lorsqu'on lui donne de grands déplacements, pour réduire l'usure. (D'après W. Person, *Practical Astronomy*, Londres 1829 [fac-simile].) Le secteur de Maupertuis était de ce modèle.

La chaîne s'étend sur 100 km environ du nord au sud; elle comprend 9 sommets, et une base de 7.406,86 toises est rattachée au milieu de la chaîne.

Au fur et à mesure de la construction des signaux, les observations angulaires étaient activement poussées; elles étaient achevées le 2 septembre 1736.

On commença les observations astronomiques à Kittis où le secteur de Graham avait été envoyé et mis en station.

Du 30 septembre au 10 octobre on observa la distance zénithale du passage méridien de l'étoile δ Draconis. L'instrument fut alors expédié par le fleuve à Tornea où l'on reprit les mêmes observations sur la même étoile. On en déduisit une amplitude angulaire de 57′ 26″,93, toutes corrections faites.

Au mois de mars on reprit les observations de passage sur l'étoile α Draconis, à Tornea, puis à Kittis, ce qui donna une nouvelle valeur de l'amplitude, soit 57′ 30″,42, d'où une amplitude moyenne de 57′ 28″,7.

La base fut mesurée sur le fleuve gelé, aux environs de Noël 1736, par un froid très rigoureux; on utilisait des perches en bois soigneusement comparées à la toise étalon. Deux mesures indépendantes donnèrent l'une 7.406 toises, 5 pieds, 4 pouces, l'autre 7 406 toises, 5 pieds, soit environ 12 cm de différence.

Le calcul de la longueur d'arc donna par plusieurs enchaînements une longueur de 54.942,′5. La fermeture angulaire — sans tenir compte de l'excès sphérique — est de + 77″,3. La précision d'un angle, calculée par la formule de Ferrero est de l'ordre de ± 12″, valeur probablement optimiste.

Maupertuis conclut pour l'arc de 1° une valeur de 57 438 toises à la latitude moyenne des observations (66° 20′).

Les observations pendulaires à Pello, village correspondant à la station de Kittis attribuèrent au pendule simple battant la seconde, une longueur de 441,17 lignes.

Au mois de juin 1737, l'opération terminée, les géodésiens quittaient Tornea, pour la France, via Stockholm où ils prenaient congé des autorités suédoises et regagnaient Paris et Versailles où ils se présentaient au Roi et au Cardinal Fleury le 21 août 1737.

Le 14 novembre 1737, à la séance solennelle de l'Académie des Sciences, Maupertuis présentait un compte

Atem. de L'Acad. 1737. planche 12. page 468.

FIG. 5. — L'arc du méridien en Laponie (1736-1737). Carte des triangles.

rendu très complet de sa mission et déclarait « ... enfin notre degré, avec l'aberration, diffère de 950 toises de ce qu'il devrait être suivant les mesures que Mr. Cassini a établies dans son livre « Grandeur et Figure de la terre »... on voit que la terre est considérablement aplatie vers les pôles... ». Il évaluait l'aplatissement à 1/178.

RÉPERCUSSIONS EN FRANCE

Ces conclusions ne furent pas admises sans discussion par Jacques Cassini; ce dernier reprochait — à juste titre — à Maupertuis de n'avoir pas procédé au retournement de la lunette du secteur dans le méridien, opération de rigueur dans les observations astronomiques. La controverse dura quelque temps; Celsius, Maupertuis, Cassini, échangèrent des libelles, mais les disputes, auxquelles certains Jésuites s'étaient mêlés, s'éteignirent assez rapidement et le résultat fut acquis. L'aplatissement était démontré.

Reprise des mesures d'arc : La mesure du Nord confirmant donc la présomption d'erreurs dans les mesures des Cassini, il convenait de vérifier celles-ci et de les reprendre. Cassini et Maraldi, sur ordre du gouvernement Royal poursuivaient d'autre part la description géométrique du pays — constituant le canevas de la carte projetée par le contrôleur général Orry. La méridienne de France et le parallèle Strasbourg-St-Malo, les deux axes de coordonnées de la triangulation, devaient donc être révisés, puisqu'ils servaient d'appui à tout le reste. Dès 1739 Cassini de Thury et l'Abbé La Caille se mettaient au travail sur la méridienne de France (Figure 6).

D'autre part, dans l'impulsion de la mission de Laponie, Maupertuis et Le Monnier reprenaient les mesures astronomiques de Picard sur l'arc Paris-Amiens, en conservant intacts ses observations et ses calculs de triangulation.

Laissons-les pour l'instant à leurs travaux et examinons une des retombées les plus sensationnelles de l'expédition.

Pesanteur et aplatissement. Théories de Clairaut : L'expédition de Laponie ne s'était pas bornée aux mesures de triangulation. Elle avait également mesuré la longueur du pendule simple battant la seconde à Pello. A la fin de son exposé du 13 novembre 1787, Maupertuis ajoute une table « ... des augmentations de la pesanteur, que nous avons formée sur l'augmentation que nous avons trouvée de Paris à Pello, d'après le principe que les augmentations de la pesanteur de l'Equateur vers le pôle suivent à fort peu près la proportion des quarrés des sinus des latitudes... ».

Cette hypothèse, que suggéraient les mesures alors connues, devait recevoir pleine confirmation dans l'ouvrage capital de Clairaut — membre de l'expédition de Laponie — paru en 1743 sous le titre « Théorie de la figure de la terre tirée de l'hydrostatique », livre dont les répercussions sont encore sensibles de nos jours.

Le mieux est de lui laisser la parole. Dans le préambule de son livre, il examine la théorie des « tourbillons » de Descartes pour dire qu'elle ne convient pas au problème, qui doit être traité dans l'esprit des résultats de Newton aidés des lois de l'hydrostatique... « Les lois de l'hydrostatique ne pourraient-elles pas permettre que cette masse d'eau eut une forme irrégulière, qu'elle fût aplatie par un pôle, allongée de l'autre et que les méridiens ne fussent pas semblables. En ce cas les opérations faites en Laponie, en France et au Pérou ne pourraient nous donner la vraie figure de la terre... On sait par les premiers principes de cette science qu'un fluide ne saurait être en repos à moins que sa surface ne soit de niveau c'est-à-dire perpendiculaire à la ligne à plomb, parce qu'alors chaque goutte n'a plus de pente à couler d'un côté que de l'autre. De là il suit que si la force avec laquelle tous les corps tombent était toujours dirigée vers un même centre, la terre devrait être parfaitement ronde... mais si au contraire la pesanteur suit une ligne qui ne passe pas par le centre, la terre ne sera plus sphérique, mais elle aura la forme nécessaire

FIG. 6. — Segment de la Méridienne de La Caille et Cassini de Thury, fragment de la triangulation du Royaume (1744).

pour qu'en chacun des points de sa surface, elle soit coupée perpendiculairement par la direction de la pesanteur en ce point. Toute la question de la forme de la terre est donc fondée sur la loi selon laquelle la force de pesanteur agit... ».

Plus loin, il ajoute:

« ... Mais la comparaison de la théorie avec les observations achèvera peut-être de décider en faveur d'un système qui a déjà tant d'apparence d'être vrai, je veux dire de Mr. Newton. Car l'attraction étant supposée, je démontre que, toutes les hypothèses les plus vraisemblables qu'on puisse faire sur la densité des parties internes de la terre, il y a toujours une telle liaison entre la fraction qui exprime la différence des axes et celle qui exprime la diminution de la pesanteur du pôle à l'équateur que, si l'une de ces deux fractions surpasse 1/230, l'autre doit être moindre et précisément de la même quantité; or comme toutes les expériences que l'on a faites sur la longueur du pendule nous montrent que la diminution de la pesanteur du pôle à l'équateur est plus grande que 1/230, on doit en conclure que la différence des axes est moindre ».

Répudiant donc la vieille théorie des tourbillons de Descartes, encore révérée de certains, Clairaut adopte définitivement l'hypothèse de l'attraction newtonnienne.

Il en déduit ses équations très célèbres reliant la variation de la pesanteur à la surface terrestre, aux moments d'inertie A et C, à l'aplatissement terrestre, et la latitude L, d'un sphéroïde de révolution :

$$\alpha = 3/2 \frac{C - A}{Ma^2} + 1/2\ m$$

$$\beta = 2\alpha - 9/2 \frac{C - A}{Ma^2} + m$$

$$g = g_E\ (1 + \beta \sin^2 L)$$

$$\alpha + \beta = 5/2\ m$$

α est l'aplatissement terrestre..... $\alpha = (a-b)/a$

β la variation relative de la pesanteur entre Pôle et Equateur; $\beta = (g_p - g_e)/g_e$

m le rapport de la force centrifuge équatoriale $\omega^2 a$ à la pesanteur g_e, la valeur de ce rapport, 1/288 était déjà connue par l'expérience.

La célèbre relation $\alpha + \beta = 5/2\ m$ est valable quelle que soit la variation de densité interne. Les valeurs de l'aplatissement trouvées par Huygens : 1/576 et Newton : 1/230 sont des cas particuliers :

— si l'on suppose la densité constante, on trouve $\alpha = \beta = 5/4\ m$ soit $\alpha = 1/230$ valeur calculée par Newton

— si l'on suppose au contraire une grande concentration centrale des masses, on trouve $\alpha = 1/2\ m = 1/576$ résultat d'Huygens.

La citation de Clairaut correspond à l'écriture de son équation sous la forme $\alpha - 5/4\ m = 5/4\ m - \beta$ d'où cette conclusion très belle que l'aplatissement terrestre peut se déduire de l'observation de la variation de la pesanteur, et, passant à l'application Clairaut, déduit de ses équations que l'aplatissement de 1/230 trouvé par Newton est trop fort, ce qu'exprime la fin de la citation.

Il disposait pourtant à l'époque de peu de données dignes de foi:

— les mesures de Mairan à Paris, de Graham à Londres

— les mesures de l'expédition de Laponie à Pello

— les mesures de l'expédition du Pérou aux Antilles (Godin, La Condamine)

— les mesures de Richer à Cayenne.

Nous les résumons dans le tableau ci-dessous, où ne figurent que des mesures comparables :

Latitude	— 4° 56'	9° 33'	18° 27'	48° 50'	51° 31'	66° 48'
Auteur	Richer	Godin	Godin	Mairan	Graham	Maupertuis
Pendule simple	439.32	439.09	439.39	440.57	440.65	441.17
$\sin^2 L$	0.0063	0.0275	0.1002	0.5667	0.6128	0.8448

Une droite d'équation $l = 439.20\ (1 + 0.00533 \sin^2 L)$ représente assez bien les résultats d'où résulte un aplatissement :

$$\alpha = 5/2\ m - \beta = 0.00868 - 0.00533$$
$$\alpha = 0.00335 = 1/299$$

Clairaut, s'il a fait ce calcul, n'en donne pas le résultat mais affirme, nous l'avons vu, que l'aplatissement 1/230 de Newton est trop fort; cependant cet aplatissement restera longtemps encore considéré comme valeur sûre; Lambert l'utilisait encore vers 1770.

Il y avait pourtant matière à doute : en 1749 D'Alembert publie son célèbre ouvrage « Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de la terre dans le système newtonien » où il montre que ce mouvement dépend du quotient $(C - A)/C$ des moments d'inertie du sphéroïde terrestre; la valeur numérique de ce rapport est de l'ordre de 1/305 d'après les observations, or un calcul élémentaire montre que si le sphéroïde terrestre était homogène, son aplatissement serait égal $(C - A)/C$ précisément : il y avait donc incompatibilité entre le nombre de Newton $\alpha = 1/230$ et la valeur de $\alpha = 1/305$ dans la même hypothèse (homogénéité) telle qu'elle résultait de la théorie de la précession et des données expérimentales certaines. La contradiction ne pouvait être levée que si on admettait pour la terre une densité variable en fonction du rayon.

Dans son ouvrage, Clairaut étudie précisément cette hypothèse, toujours dans la perspective de l'équilibre hydrostatique, et établit une équation différentielle du second ordre, reliant aplatissement des couches internes, densité de ces couches et profondeur. Elle ne sera intégrée correctement que 140 ans plus tard.

AUTRES DÉTERMINATIONS

La Méridienne vérifiée : Cassini de Thury (fils de J. Cassini) et l'Abbé La Caille décidèrent en 1739 de reprendre la méridienne de France — nous l'avons vu. Cette opération approuvée par l'Académie Royale des Sciences fut particulièrement soignée : les quarts de cercle, de dimensions réduites pour pouvoir observer plus à l'aise dans les clochers, étaient munis de micromètres.

Le secteur astronomique de La Caille avait un développement de 50 degrés et les astronomes étaient rompus aux calculs des positions apparentes des étoiles; ils disposaient également de bonnes tables de réfraction.

La chaîne, très bien conformée, s'appuie sur 6 bases:

Dunkerque, Villers-Bretonneux (près d'Amiens), Juvisy (près de Paris), Bourges, Rodez, Perpignan, et 5 stations astronomiques, Dunkerque, Paris, Bourges, Rodez et Perpignan la jalonnent (Figure 6).

Initialement, La Caille comptait s'appuyer sur la base de Picard, ou plutôt sur un côté de sa triangulation issu directement de cette base.

Il y eut désaccord; les autres bases s'accordaient bien entre elles, mais les échelles des longueurs à Bourges et à Paris étaient inconciliables. Une nouvelle mesure de base, sur l'alignement utilisé par Picard, montra qu'il y avait entre la « toise de Picard » (1666) et la toise officielle de l'Académie (1735), sur laquelle on avait copié les toises de Laponie, du Pérou et de La Caille, une différence systématique de l'ordre de 1/1 000 — une comparaison directe était impossible car l'original de Picard était perdu, mais on avait retrouvé et identifié les termes de la base de Picard et deux termes intermédiaires; on avait donc pu comparer les deux unités indirectement.

Il semble que la toise du Châtelet avait évolué dans le temps (usure ?).

Le degré de Picard de 57 060 toises était donc erroné par rapport à l'étalon moderne et devait être ramené à 57 060 toises. D'autre part, les corrections d'aberration annuelle qu'il ignorait, auraient encore diminué cette valeur.

Par trois enchaînements différents, très bien conformés, La Caille avait été amené à attribuer au degré Paris-Amiens la valeur de 57 074 toises (de l'Académie).

Enfin Maupertuis et Le Monnier, reprenant en 1738 l'arc de Picard quant à l'amplitude astronomique, avaient trouvé pour ce même degré 57 183 toises « Picard » (puisqu'ils adoptaient sa triangulation).

La nouvelle méridienne, correction faite de l'échelle de la base de Picard infirmait complètement les conclusions de J. Cassini : les degrés allaient bien en diminuant du nord vers le sud comme en témoigne le tableau suivant publié ultérieurement (1758) mais déjà connu vers 1745.

Latitude	49° 56′	47° 58′	46° 51′	45° 45′	44° 53′	43° 31′
Degré	57086	57079	57056	57045	57037	57048

De plus, utilisant la nouvelle méthode de mesure des longitudes astronomiques par les signaux de feu, qu'il avait mise au point en 1738, et qui assurait sur les mesures des différences de longitude une précision de l'ordre de 1 seconde de temps, dix ou vingt fois meilleure que la méthode des éclipses des satellites de Jupiter employée par les Cassini, La Caille confirma le bon accord des nouvelles mesures avec l'hypothèse de l'aplatissement.

En 1744 par conséquent, année où parut la « Nouvelle carte qui comprend les principaux triangles qui servent de fondement à la description géométrique de la France, levée par ordre du Roy par MM. Maraldi et Cassini de Thury de l'Académie Royale des Sciences », il ne restait aucun doute possible sur la confirmation des conclusions de Maupertuis (Figure 6).

Retour de la mission du Pérou : Après huit ans d'absence passés à mesurer l'arc du Pérou, au milieu d'incroyables aventures, de tribulations, d'épreuves physiques épuisantes, de bouderies ou de querelles entre les principaux membres de l'expédition, Bouguer puis La Condamine rentraient à Paris, avec tous leurs résultats — Godin était resté sur place.

Le 13 novembre 1744 soit 7 ans presque jour pour jour après Maupertuis, Bouguer annonçait ses résultats en séance officielle à l'Académie Royale des Sciences. La mission assistée par deux officiers espagnols, Juan et Ulloa qui participèrent avec zèle, compétence et succès à sa réussite, avait mesuré un arc de trois degrés d'amplitude environ, appuyé sur deux bases. Les observations de triangulation proprement dite avaient duré deux ans, dans cette région où certains sommets avoisinaient 5 000 mètres d'altitude, où les itinéraires d'accès étaient inconnus, où les aides indigènes locaux étaient peu sûrs et incapables d'initiative, et les intempéries fréquentes et dévastatrices.

Les observations astronomiques avaient été difficiles : Bouguer et La Condamine étaient des astronomes débutants; Godin, leur chef, était lui, astronome confirmé, mais par suite de rivalités, de dissensions favorisées par l'exil, Godin opérait seul, sans aider ses collègues et sans leur communiquer ses résultats. Il faudra 3 ans pour que Bouguer et La Condamine puissent se fixer une amplitude astronomique à peu près sûre.

La précision des observations est correcte; la fermeture des triangles est du même ordre de grandeur que pour l'expédition de Laponie, les bases se recoupent à 3 pieds près, les azimuts à 40″ (Figures 7 et 8).

On a de multiples déterminations du degré assez indépendantes les unes des autres. Au niveau de la mer, Bouguer lui attribue 56 746 toises; le petit tableau ci-dessous en indique quelques autres :

Bouguer	La Condam.	Godin		officiers Espagnols	
56.746	56.749	56.752	56.772	56.794	56.753

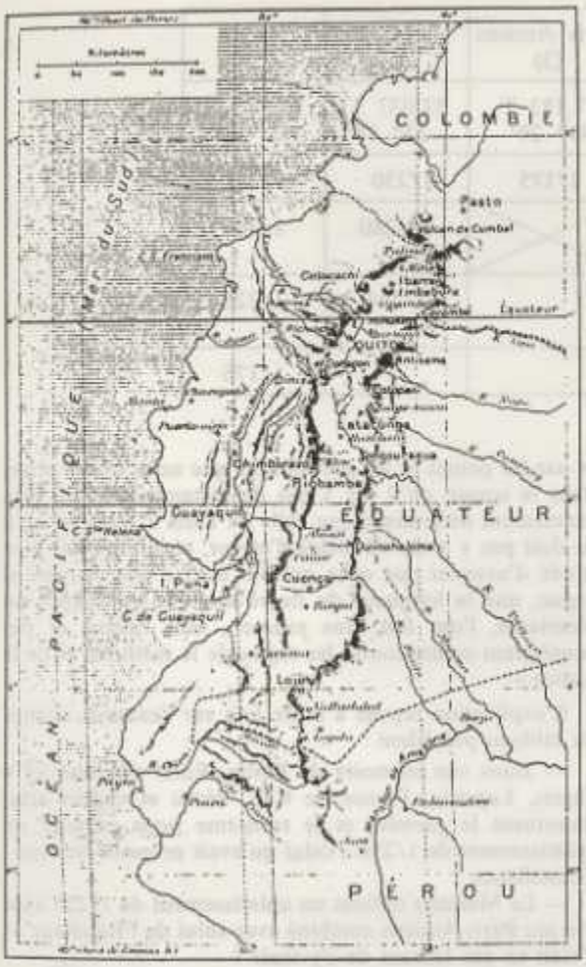


FIG. 7. — Carte de l'équateur, dans la région de l'ancien *Pérou* sur laquelle s'étend la triangulation des Académiciens français.

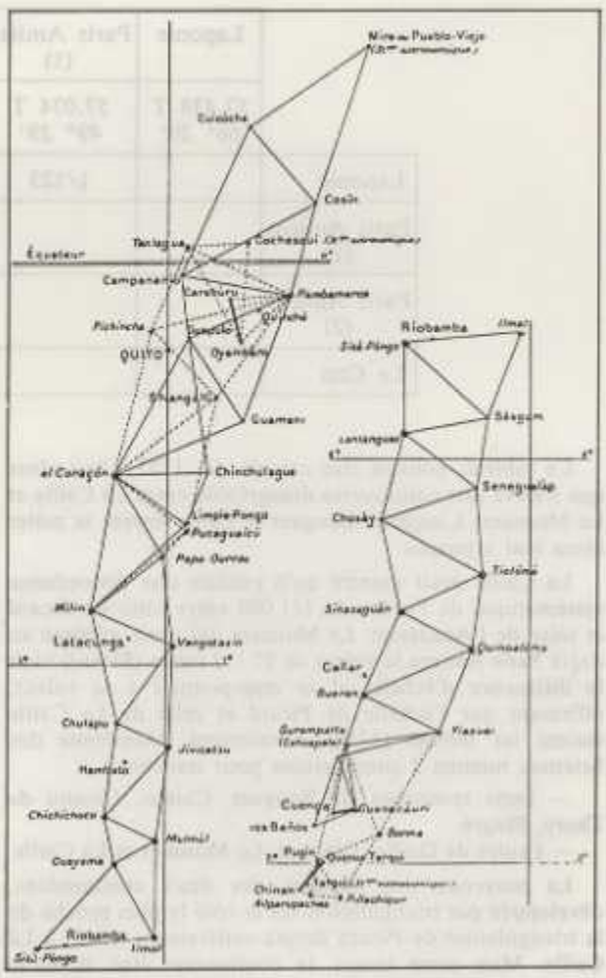


FIG. 8. — L'arc du Pérou (1736-1743). Carte des triangles. Ceux de Bouguer, La Condamine... sont ponctués; les autres sont ceux de Godin...; de *Milin* à *Cuenca*, les triangles sont communs aux deux troupes.

La longueur du pendule à Manta (niveau de la mer) à été déterminée à 439,07 lignes.

Enfin Bouguer avait eu l'idée de rechercher si la masse de la montagne du Chimborazo attirait le fil à plomb. Bien que très inférieure à la valeur attendue, cette déviation est très sensible, première observation de la déviation de la verticale. Bouguer avait enfin observé le pendule à Quito (438,83 lignes) et au sommet du Pichincha (438,71 lignes) d'où il déduit que l'interposition d'un plateau n'empêche pas la pesanteur de diminuer ce qui confirme les intuitions de Newton « ... la pesanteur primitive, cette force considérée même dans son origine est moindre dans la zone torride avant que d'avoir été attirée par la force centrifuge qui la diminue encore. En un mot, la terre est beaucoup plus aplatie dans le sens de son axe que ne l'avait prétendu Mr. Huygens... ».

Bref, la très dure mission de l'Equateur revenait avec des résultats très conformes à ceux de Maupertuis, et Bouguer expliquait, presque en s'en excusant : « Le voyage des Académiciens envoyés au Cercle polaire ne fut projeté qu'après le nôtre; il a été beaucoup plus court et le public en a déjà heureusement recueilli les fruits... ».

Le degré du Cap : Enfin La Caille en mission astronomique au Cap de Bonne Espérance mesurait en 1751 un petit arc de méridien, d'un degré d'amplitude environ, d'où il déduirait un degré de 57 037 toises à la latitude de 33°18'. Il trouvait pour la longueur du pendule du Cap, la valeur 440,07 lignes.

Les expéditions géodésiques de l'Académie Royale des Sciences étaient terminées.

⁂

Aplatissement par les mesures d'arc : L'aplatissement était surabondamment prouvé par les mesures d'arc. Restait à en calculer la valeur; nous résumons les résultats dans le tableau ci-dessous où la valeur de l'aplatissement issue de deux mesures d'arc est calculée par une formule approchée.

	Laponie	Paris Amiens (1)	Paris Amiens (2)	Le Cap	Pérou
	57.438 T 66° 20'	57.074 T 49° 29'	57.183 T 49° 29'	57.037 T —33° 18'	56.746 T —1° 30'
Laponie		1/123	1/175	1/230	1/207
Paris Amiens (1)				1/1280	1/300
Paris Amiens (2)				1/324	1/225
Le Cap					1/176

Ce tableau pouvait être calculé dès 1752. C'est alors que s'éleva une controverse désagréable entre La Caille et Le Monnier; à laquelle Bouguer et Euler vinrent se mêler assez mal à propos.

La Caille avait montré qu'il existait une discordance systématique de l'ordre de 1/1 000 entre toise de Picard et toise de l'Académie. Le Monnier qui avait attribué au degré Paris Amiens la valeur de 57 183 toises (Picard) niait la différence d'échelle et se cramponnait à sa valeur, affirmant que l'échelle de Picard et celle de La Caille étaient les mêmes (1756). Finalement l'Académie des Sciences nomma 2 commissions pour trancher :

— l'une composée de Bouguer, Camus, Cassini de Thury, Pingré.

— l'autre de Godin, Clairaut, Le Monnier et La Caille.

La moyenne des mesures des deux commissions, développée par triangulation sur le côté le plus proche de la triangulation de Picard donna entièrement raison à La Caille. Mais entre temps, la controverse était devenue publique, si bien qu'Euler écrivait en 1753 « ... mais on ne saurait plus douter qu'il se soit glissé une erreur assez considérable dans le degré de France, et qui pourrait bien monter à 100 toises et au-delà... et si nous voulions supposer entièrement justes les mesures du Cap et de Laponie, nous trouverions l'erreur du degré en France de 168 toises; on se serait trompé de 10" dans les observations célestes... ».

Bouguer de son côté écrivait à Euler (2-5-1754)... « il faut nécessairement abandonner une des trois déterminations précédentes... Laponie, France, Pérou... La difficulté naît principalement de la mesure du degré de France qu'il n'est pas possible de concilier avec les autres... ». Ce même Bouguer adressait le 11 août 1754 une lettre à un très haut personnage (il le nomme « Monseigneur ») dans laquelle il propose, étant donné les doutes qui subsistaient encore, de faire reprendre 2° ou 3° de méridien en France :

« ... N'est-il pas étonnant qu'on puisse se flatter d'avoir assez exactement la grandeur du degré en divers endroits du Globe, et qu'on n'ait pas le même avantage dans les environs de Paris... ». Il termine sur cette esquive :

« ... ce projet ne sera sans doute pas agréable à tout le monde, j'oserais vous supplier, si vous me faites l'honneur de l'approuver, de vouloir bien qu'il ne paraisse pas venir de moi... ». J'ignore si cette lettre fut envoyée (elle existe aux archives de l'Académie des Sciences) mais toute cette polémique provoqua une réaction cinglante et indignée de La Caille qui conclut:

« sans faire tort aux autres mesures, je suis convaincu, et par l'expérience que j'ai acquise en cette sorte de travail, et par les peines et les précautions que nous avons prises dans le temps, qu'il n'y a pas de distance terrestre plus exactement déterminée que celle de Paris à Amiens; qu'il ne doit pas y avoir 10 toises d'erreur, et je me crois bien fondé d'avancer que ceux qui ont écrit d'une manière si vague, que la longueur du degré mesurée en France est incertaine, l'ont fait sans examen, sans raison, et par conséquent contre toutes les règles de la méthode et de la justice ».

L'explication repose à notre avis sur l'examen attentif du tableau précédent :

— Dans son mémoire de Berlin, Euler examine les 4 degrés, Laponie, France, le Cap, Pérou et choisit arbitrairement le premier et le troisième pour calculer un aplatissement de 1/230... celui qu'avait proposé Newton ! Coïncidence ?

— Le Monnier obtient un aplatissement de 1/225 avec son arc Paris-Amiens combiné avec celui de l'Equateur — n'était-ce pas tentant de s'y tenir ?

C'est d'autant plus dommage qu'il est facile de montrer que son arc Paris-Amiens était en très bon accord avec celui de La Caille, toutes corrections faites. Il faut:

1° retrancher à sa longueur l'erreur systématique de 1/1000 (2)
soit 57 183 — 57 = 57 126 toises de l'Académie;

2° le corriger de la réfraction
soit 57 126 — 16 = 57 110 toises;

3° retrancher une faute manifeste de la triangulation de Picard qui attribue une valeur erronée de 25 toises au dernier côté (Sourdon-Amiens) de son arc d'où (en projection) 57 110 — 21 = 57 089 toises, en bon accord avec La Caille.

Tous ces résultats sont corroborés par ceux de Delambre (1795) qui établissent avec certitude la précision de la mesure de La Caille.

Il fallait donc, si on désirait garder au méridien une forme elliptique, trouver autre chose.

Doutes sur l'arc de Maupertuis : Lorsque Delambre eut à nouveau, avec les récents appareils de Borda, repris les mesures de la Méridienne de France (1794-1799 — Système métrique) et constaté comme Bouguer, l'influence

(2) C. Wolff, comparant les mesures de certaines parties de la table de la Méridienne de l'Observatoire de Paris exprimées par Picard en 1682 et par J. Cassini en 1729 a pu retrouver l'équation de comparaison. Il en déduit

1 toise Picard = 1 toise Cassini × (1-0.0011362) ou ... × (1-0.0011392).

des déviations locales, essayé plusieurs ellipses sur l'arc Dunkerque — Barcelone, il résolut, comme la Commission internationale, de calculer l'aplatissement de son ellipsoïde par l'arc de France et celui du Pérou... Il trouva ainsi en accord avec la gravimétrie des valeurs voisines de 1/330, 1/300 etc... et adopta finalement 1/308. Il n'avait pas utilisé l'arc de Laponie, qu'on commençait à soupçonner.

C'est l'Académie Suédoise des Sciences qui décida d'en confier la reprise à Svanberg qui de 1801 à 1803 observa un arc plus long avec des instruments de Borda. Sa mesure ramena le degré à 57 196 toises soit plus de 200 toises de moins que le degré de Maupertuis. La triangulation de Maupertuis ne pouvait expliquer cette erreur; c'est donc l'amplitude astronomique qui était erronée. Svanberg évaluait à 57' 39" l'amplitude que Maupertuis avait fixée à 57' 28" mais il n'avait pas stationné exactement les centres de Maupertuis.

En 1928 l'Institut Géodésique Finnois confia à Leinberg une recherche plus convaincante. On retrouva à quelques mètres près les stations de Maupertuis et l'on procéda aux nouvelles mesures astronomiques; on trouva une amplitude de 57' 37",5.... L'étude des mesures de Leinberg montre que l'erreur de Maupertuis provient d'une variation du point définissant le zénith de son secteur au cours des voyages de Kittis à Tornea, variation contre laquelle il aurait dû se prémunir en procédant dans les deux stations au retournement de son secteur dans le méridien, ce que J. Cassini lui avait tant reproché, à son retour, de n'avoir pas fait (3).

De sa nouvelle mesure Svanberg déduisait un aplatissement de l'ordre de 1/323. La liaison avec la théorie de Clairaut était donc rétablie; de nouvelles mesures de la pesanteur permettaient à Laplace d'évaluer à 1/359 l'aplatissement correspondant, mais ce dernier avait également, par l'étude de certaines perturbations de la lune, pu déduire un aplatissement de l'ordre de 1/305 lui aussi sans quitter son fauteuil. Bref, c'est seulement vers 1800 que l'on put parler en toute sérénité d'ellipsoïde terrestre.

La mesure de la méridienne de Dunkerque par Delambre et celle de Svanberg marquent le départ de la triangulation moderne. Les expéditions ou les mesures nationales du XVIIIe laisseront cependant des traces durables dans la géodésie. Si l'on adopte la toise comme unité (1,9490366 m) et la référence 1979 comme terme de comparaison, on peut calculer les degrés de méridiens du XVIIIe et les comparer aux valeurs théoriques.

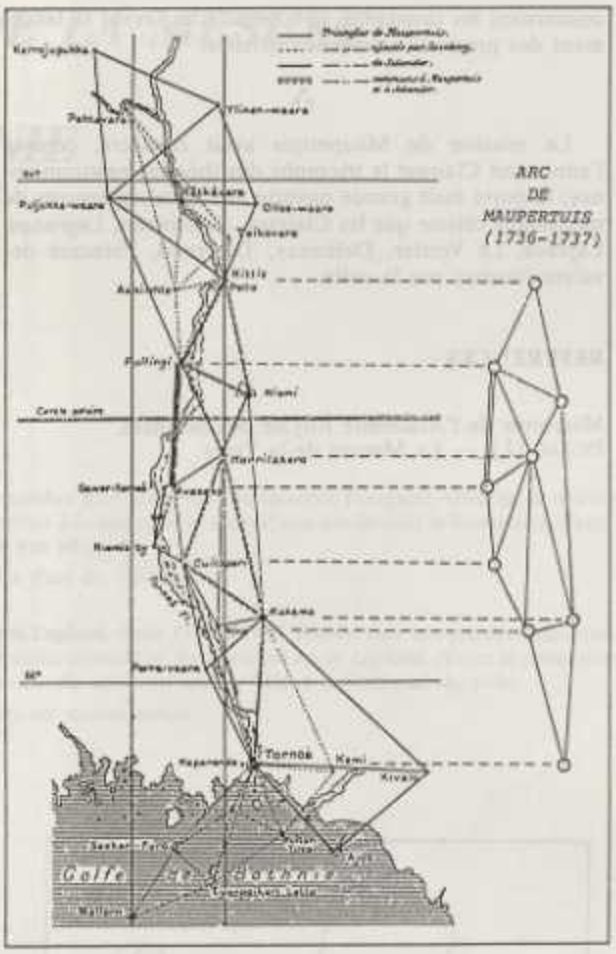


FIG. 9. — L'arc de Maupertuis, Selander et Svanberg.

	Pérou	Paris—Amiens	Svanberg
Observé	56746	57074	57196
Théorique	56733	57064	57214

L'arc de l'Equateur sera utilisé pendant très longtemps pour calculer les ellipsoïdes de référence; il l'avait bien mérité.

L'expédition de Laponie eut le bonheur de trancher de manière décisive — trop décisive — la question de l'aplatissement; mais surtout de susciter les réflexions de Clairaut.

L'intégration de son équation différentielle suscitera des travaux de Legendre de Hamy, de Radau qui le premier l'intègrera sans hypothèse additionnelle, de Poincaré qui montrera qu'elle fixe à l'aplatissement une borne supérieure de l'ordre de 1/297,2.

Helmert en 1903 déduira d'un grand nombre de mesures de g sa célèbre formule de pesanteur, basée sur les expressions de Clairaut :

$$g = 978.030\ (1 + 0.005302 \sin^2 L - 0.000007 \sin^2 2L)$$

Enfin, par un retour curieux au pays où elles furent vraisemblablement conçues pendant le long hiver 1736-1737, ces mêmes formules seront exploitées 200 ans plus tard par Weikko A. Heiskanen et ses disciples de l'Institut Géodésique Finnois, pour résumer en quelques nombres, ce que l'on pouvait alors obtenir de meilleur

(3) Que serait-il arrivé si l'erreur avait été commise en sens inverse ?

concernant les constantes géopotentielles, avant le lancement des premiers satellites artificiels.

⁂

La mission de Maupertuis avait consacré, comme l'annonçait Clairaut le triomphe des théories newtonniennes; la porte était grande ouverte aux développements de mécanique céleste que les Clairaut, d'Alembert, Lagrange, Laplace, Le Verrier, Delaunay, Tisserand, Poincaré devaient illustrer par la suite.

REFERENCES

Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.

PICARD (J.). — La Mesure de la Terre.

CASSINI (J.). — Traité de la grandeur et de la figure de la Terre.

MAUPERTUIS (P. de). — Relations du voyage fait par ordre du Roi au cercle polaire pour déterminer la figure de la Terre.

ABBÉ OUTHIER. — Journal d'un voyage au Nord en 1736-1737.

CLAIRAUT (C.). — Théorie de la figure de la Terre tirée de l'hydrostatique.

CASSINI DE THURY ET LA CAILLE. — La Méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du Royaume.

BOUGUER (P.). — La figure de la Terre déterminée par les observations de MM. Bouguer et La Condamine.

LA CONDAMINE (Ch. de). — Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral.

SVANBERG (J.). — Exposition des opérations faites en Laponie pour la détermination d'un arc de méridien en 1801-1802 et 1803.

LE 250e ANNIVERSAIRE DE LA MESURE DE L'ARC DU MÉRIDIEN EN LAPONIE (1736-1737)

par Juhani KAKKURI

Helsinki

RÉSUMÉ. — De 1736 à 1737, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, membre de l'Académie des Sciences Française, effectua sa célèbre mesure de l'arc du méridien en Laponie. Cette opération se rattachait à la controverse scientifique concernant la forme de la Terre. On en connaît universellement la solution : la Terre est aplatie aux pôles.

Mots-clés : Finlande — Pierre-Louis Moreau de Maupertuis — Mesure d'arc du méridien.

ABSTRACT. — **The 250th anniversary of the meridien arc measurement in Lapland.** *From 1736 to 1737, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, member of the Académie des Sciences Française, accired out his famous measure of the meridian arc in Lapland. It was in correlation with the scientific controversy about the Earth shape. We know now the universal answer : Earth is flatten at the poles.*

Key-words : *Finland — Pierre-Louis Moreau de Maupertuis — Meridian arc determination.*

En 1986, deux cent cinquante ans se sont écoulés depuis l'expérience scientifique importante pour la Finlande. Il y a en effet un quart de millénaire que l'expédition dirigée par Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, membre de l'Académie des Sciences Française, effectua sa célèbre mesure de l'arc du méridien en Laponie, de l'été 1736 à l'été 1737. Cette opération se rattachait à la controverse scientifique concernant la forme de la Terre. On en connaît universellement la solution : la Terre est aplatie aux pôles.

Le voyage de Maupertuis en Laponie est connu sous bien des rapports. Il est célèbre en raison de ses résultats scientifiques, mais aussi parce qu'il a produit une description enthousiaste renommée de la nature lapone. La région où les mesures ont été effectuées (Figure 1), formée de la vallée et des collines bordant le cours inférieur de l'imposante rivière de Tornio, a été portée à la connaissance des Européens, amateurs de voyages, précisément grâce aux descriptions dues à Maupertuis et à l'abbé Réginald Outhier, qui accompagnait l'expédition. L'ouvrage de Maupertuis, « La Figure de la Terre », publié en 1738, fut très lu à l'époque, et celui d'Outhier, « Journal d'un Voyage au Nord » fut l'objet d'un intérêt tout aussi vif lors de sa publication en 1744.

La mesure d'arc du méridien en Laponie eut lieu, comme il a été dit, dans la vallée de la rivière de Tornio (Tornionjoki), qui faisait alors partie du royaume de Suède. Cette rivière, qui forme aujourd'hui la frontière entre la Finlande et la Suède sur une distance de 185 kilomètres, est toujours à l'état naturel; aucun des grands rapides du cours principal n'a été utilisé pour servir les besoins de l'industrie électrique. La rivière a un volume d'eau important, l'écoulement lors du niveau moyen étant en effet de plus de 2 000 m³/s et, même lors des eaux basses moyennes, de 80 m³/s. La largeur en est par endroits de 1 à 2 km comme résultat des débordements

FIG. 1. — Le territoire sur lequel s'est effectuée la mesure de l'arc du méridien en Laponie fait partie de trois communes, celles de Tornio, de Ylitornio et de Pello.

ayant l'aspect de lacs et qui sont remplis d'alluvions amenés par la rivière. Même à l'endroit des rapides sa largeur est de 200 à 300 mètres. En hiver, elle est évidemment gelée et ne se libère en général de ses entraves de glace qu'au mois de mai. Cette libération s'effectue quelquefois d'une manière assez violente : la rivière s'étale

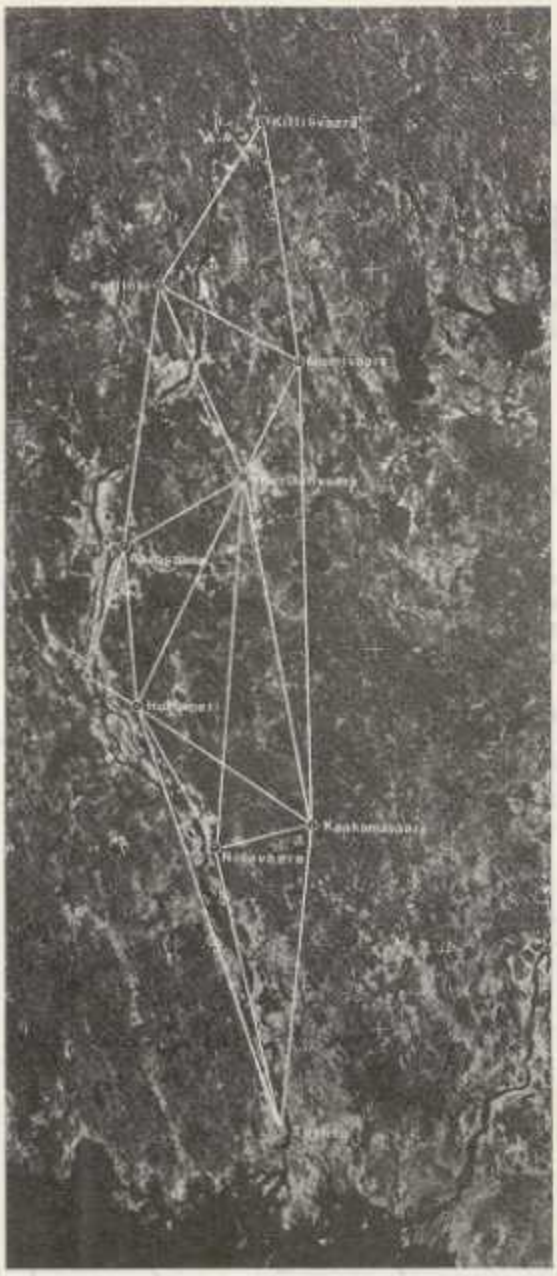


Fig. 2. — Photo de la région dans laquelle s'est effectuée la mesure de l'arc du méridien en Laponie, prise par le satellite artificiel Landsat.

Fig. 3. — La mesure de l'arc du méridien en Laponie d'après une carte imprimée en 1736. Extrait de l'ouvrage de Maupertuis, « La Figure de la Terre ».

sur une largeur de plusieurs kilomètres et couvre d'une eau glacée les îles et les prairies riveraines. La débâcle de la glace vers la mer crée un danger pour les habitations échelonnées le long de la rivière et s'accompagne de formidables craquements et grondements.

La vallée de la rivière de Tornio est connue depuis longtemps comme trajet touristique conduisant du sud jusqu'à l'Océan Glacial Arctique. C'est le long de ce trajet que l'on remonte jusqu'à l'extrême Nord afin d'avoir l'expérience du charme quasi magique de la Laponie sous forme du soleil rouge sang de minuit. Les voyages en Laponie étaient autrefois difficiles en raison des mauvaises communications, et, à défaut d'autres contretemps, les moustiques au moins étaient là en été pour harceler les voyageurs, tandis qu'en hiver, le froid était mordant. Aujourd'hui, le tourisme présente bien moins de difficultés en Laponie; les voyageurs ont à leur disposition de nombreux hôtels bien chauffés, des auberges de tourisme, des terrains de camping gardés et de bonnes routes.

A l'exception de Pullinki, les points de triangulation (Figure 2) de la mesure de l'arc du méridien sont placés sur des collines qui se trouvent du côté finlandais de la vallée. Ils sont situés sur les territoires de trois communes, la ville de Tornio ainsi que les communes de Ylitornio et de Pello (Figures 1 et 2). Les superficies et les chiffres de population de ces communes sont les suivants:

Commune	Superficie (km^2)	Population (1er janvier 1984)	Densité de la population (habitants par km^2)
Tornio	1 230	21 922	17,8
Ylitornio	2 279	6 789	3,0
Pello	1 796	5 838	3,3

On se rend compte de la nature du peuplement de la Laponie par le tableau ci-dessus : il est peu dense, même dans les agglomérations à concentration relativement élevée. La vallée de la rivière de Tornio est pourtant l'une des régions ayant la plus haute densité de population en Laponie, région très peu peuplée.

Les points de triangulation de la mesure de l'arc du méridien de Laponie ont disparu. Les crêtes et les collines sont bien sûr toujours là, et comme les points étaient placés sur les éminences les plus élevées à leurs sommets, il est possible de reconstruire la chaîne de triangulation avec assez d'exactitude. Projetée sur le méridien, la longueur en est de 57',5 environ, c'est-à-dire approximativement de 107 km. Aujourd'hui, il est possible de la voir « d'un coup d'œil », comme la photo prise par le satellite artificiel Landsat le fait comprendre (Figure 2). Ceci

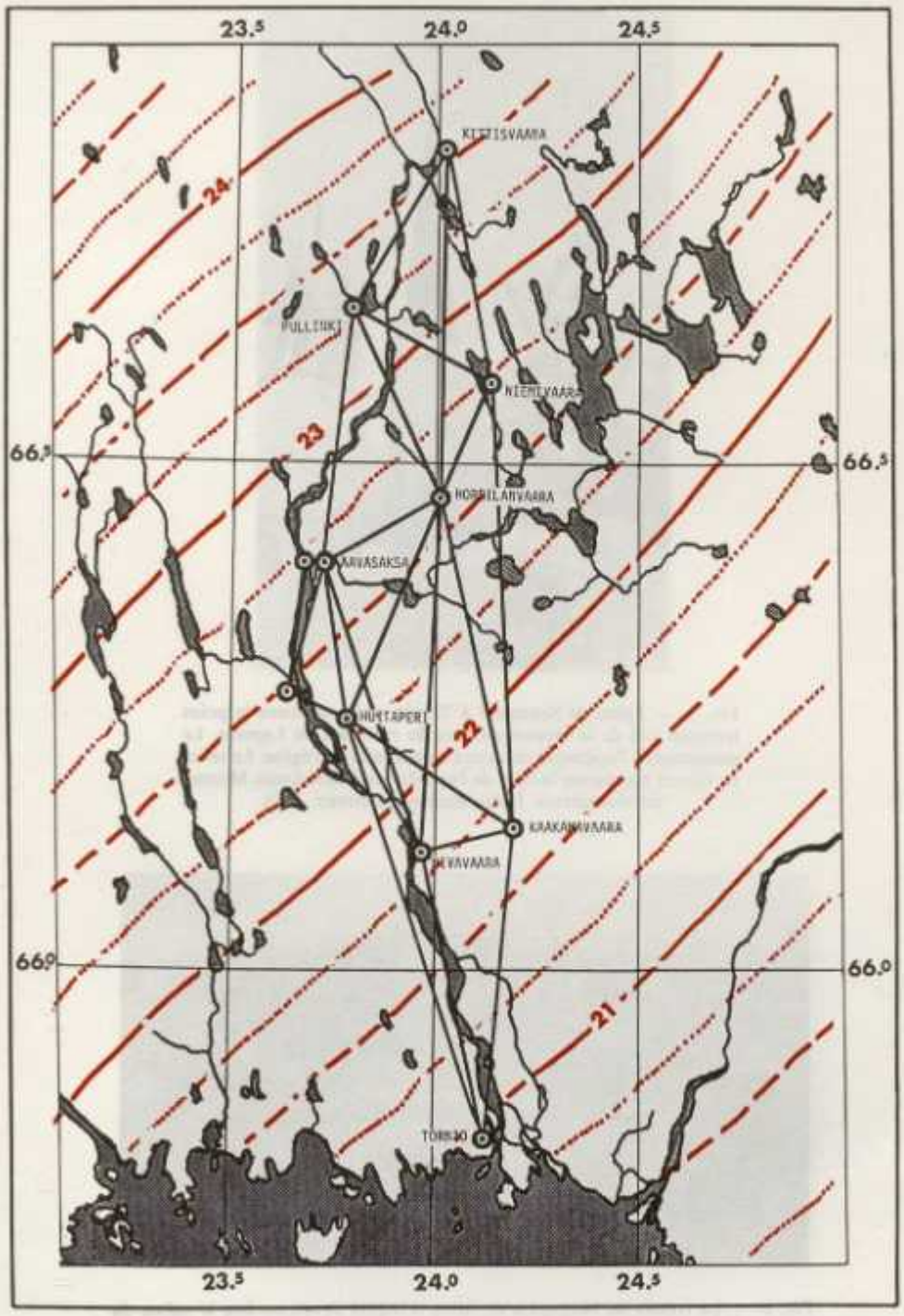


Fig. 4. — Géoide gravimétrique couvrant la région où s'est effectuée la mesure de l'arc du méridien en Laponie. Système de référence 1980.

n'était guère le cas du temps de Maupertuis. La figure 3, reproduisant une carte prise à l'ouvrage « La Figure de la Terre », fait voir aux prix de quelles difficultés les géodésiens du XVIIIe siècle se déplaçaient sur le terrain quand les cartes étaient défectueuses.

Avec ses compagnons, Maupertuis entreprit dans l'extrême Nord un travail qui n'a été mené à bonne fin que récemment. La carte gravimétrique du géoïde représentée sur la figure 4 fait en effet voir quel est l'aspect de la surface du géoïde décrivant la forme réelle de la Terre dans la région où s'est effectuée la mesure de l'arc du méridien en Laponie. C'est une partie du géoïde global établi par la collaboration des géodésiens du monde entier, tant Maupertuis que l'auteur du présent article.

La série d'images (No 5-14) fait enfin voir l'aspect présent des points de triangulation de Maupertuis. Ils ne doivent guère être bien différents de ce qu'ils étaient il y a 250 ans de celà.

FIG. 5. — Eglise de Suensaari à Tornio, qui constituait le point terminal sud de la mesure de l'arc du méridien en Laponie. Le monument à l'opération se trouve à proximité de l'église. Le relief en bronze représente le chef de l'expédition, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 6. — La colline de Nivavaara en hiver. L'aspect devait en être le même du temps de Maupertuis. La colline s'élève sur la rive de la rivière de Tornio. La hauteur en est de 124,4 m au-dessus du niveau de la mer. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 7. — Vue de la colline de Kaakamavaara en hiver. Un jalon-mire et un pilier en béton de la Direction Générale d'Arpentage sont placés au sommet. La hauteur de la colline est 188,6 m au-dessus du niveau de la mer. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 8. — Huitaperi aujourd'hui. Le sommet presque nu de la colline, couvert de neige, s'élève à 192,4 m au-dessus du niveau de la mer. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 9. — Aavasaksa se trouve dans un milieu lapon authentique. Ce sont les rennes qui assurent la subsistance des Lapons. Ceux-ci ont été photographiés sur les flancs enneigés de la montagne. La montagne est un rocher de granit aux versants abrupts de 242,1 m de haut, célèbre comme lieu où l'on se rend pour voir le soleil de minuit. Lors de la St-Jean, on y organise des fêtes populaires. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 10. — Horrilanvaara s'élève, majestueuse, au-dessus des granges à foin dans la vallée de la rivière. La hauteur de la colline est de 223,9 m au-dessus du niveau de la mer. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 11. — Pullinki vue de Kittisvaara. La hauteur de la colline est de 330 m au-dessus du niveau de la mer. C'est l'unique point de triangulation de la mesure de l'arc du méridien en Laponie qui est situé au-delà de la frontière suédoise. L'église de Pello se voit plus au premier plan. Photo M. Vuorelainen.

FIG. 12. — La puissante colline de Niemivaara, qui s'élève à une altitude de 219,9 m au-dessus du niveau de la mer, est pareille à un château enchanté des contes de fée. Elle fit une impression profonde sur Maupertuis, et son aspect est certes toujours imposant. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 13. — Un monument à la mesure de l'arc du méridien en Laponie se trouve sur la colline de Kittisvaara (altitude 156,7 m). La colline constituait la point terminal nord de la chaîne. Elle se trouve près du village de Pello. Photo Raimo Konttinen, 1986.

FIG. 14. — La ligne de base longue de 14 kilomètres mesurée par Maupertuis s'étendait sur un parcours strictement rectilinéaire sur la surface couverte de glace de la rivière de Tornio. La vue est à peu de chose près la même qu'il y a 250 ans de cela. La photo a été prise de l'Aavasaka vers le sud, c'est-à-dire du point terminal nord de la ligne vers le sud.

MON EXPÉDITION SOLITAIRE AU PÔLE NORD (MAI 1986)

par Dr. Jean-Louis ETIENNE

Paris

RÉSUMÉ. — La conquête des pôles a été l'enjeu des nations qui y ont engagé de très lourdes expéditions. Aujourd'hui aller seul au pôle Nord géographique, c'était rompre avec la tradition des précédentes expéditions lourdes. Traverser les 800 km qui séparent l'extrême Nord du Canada jusqu'à ce point immatériel où passe l'axe de rotation de la Terre était un engagement humain important, mais aussi un pari technologique. Parti le 9 mars 1986, j'ai atteint le pôle le 11 mai 1986 à 2 heures du matin, heure locale, après 63 jours de marche.

Mots-clés : Conquête pôle Nord — Expédition solitaire.

ABSTRACT. — **A One-Man Expedition to the North Pole (May 1986).** *The conquest of the pole has been a challenge for all nations who attempted numerous heavy expeditions to reach it. To get to the geographical North pole by oneself to-day, breaks the former traditional style of heavy expeditions. To cross the 800 km of ice-floe that separate the Far North of Canada, to that immaterial point represented by the earth axis of rotation, was of course, an important human engagement and also a technological challenge. Lightness and mobility were essential to the success of this adventure on the top of the world with the progress of modern technology. Leaving on March 9th, I reached the North pole on May 11th 1986 at 2 a.m. local time, after 63 days journey.*

Key-words : *Conquest of the North Pole — Solitary expedition.*

La route des pôles croise toujours la trajectoire des gens attirés par les voyages d'explorations et des expéditions sportives. La conquête des pôles a été l'enjeu des nations qui y ont engagé de très lourdes expéditions. Aujourd'hui, aller seul au pôle Nord géographique c'était rompre avec la tradition des précédentes expéditions lourdes. Traverser les 800 km de banquise qui séparent l'extrême nord du Canada jusqu'à ce point immatériel où passe l'axe de rotation de la terre était certes un engagement humain important mais aussi un pari technologique. Légèreté et mobilité étaient indispensables à la réussite de cette aventure « au sommet de la Terre » qui a bénéficié des technologies nouvelles dans différents domaines : nutritionnels avec la mise au point d'aliments spécifiques, matériel de progression, sécurité et navigation.

Parti le 9 mars 1986, j'ai atteint le pôle le 11 mai à 2 heures du matin, heure locale après 63 jours de marche.

L'EXPÉDITION PROPREMENT DITE

L'itinéraire

C'est de l'extrême nord de l'île d'Ellesmere dans la région du Cap Columbia que sont parties la plupart des expéditions pour le pôle Nord. Personnellement, je suis parti de Ward Hunt Island (83° 04 Nord. 74° 08 Ouest) qui est une petite île de ce secteur que les pilotes de Resolute Bay connaissent bien, avec une zone d'atterissage convenable, balisée très grossièrement avec quelques bidons de kérosène. Ce point est à 6 heures de Twin Otter de Resolute, avec une escale à la base météorologique d'Eurêka pour refaire le plein. Il y a deux compagnies privées qui font ces services : Bradley et Ken Borek.

Mon itinéraire était donc sur le 75° Ouest. C'est une route située entre le grand courant de dérive transpolaire à l'ouest et le courant circulaire de Beaufort à l'est; c'est donc un itinéraire relativement à l'abri des grands courants de dérive. Cependant, le pack qui vient s'écraser contre l'île d'Ellesmere est extrêmement torturé et chaotique jusqu'à environ 200 km au large, ce qui explique la lenteur de ma progression le premier mois.

La saison

Il n'y a qu'une saison pour aller au pôle Nord par voie de surface, de début mars au 15 mai dernier délai. Avant cette date, il fait nuit et les pilotes refusent de vous conduire au point de départ. Passé le 15 mai, la débâcle est très rapide et la progression est interrompue par de très nombreux chenaux qui s'ouvrent dans toutes les directions.

Les moyens

La conquête du pôle Nord est donc une course contre la montre, et pour réussir il faut être rapide et donc très léger. Lors de ma première tentative en 1985, j'avais échoué à cause d'un traineau bien trop lourd, qui pesait plus de 85 kg, et qui m'avait entrainé dans une crevasse. Cette année, le traineau en kevlar ne pesait que 3 kg, construit par Yves Megret, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Aéronautique de Toulouse. Avec la nourriture pour 15 jours, le réchaud et 5 litres d'essence, le matériel de camping, la balise mixte Argos-Sarsat et la radio BLU, l'ensemble ne dépassait pas 55 kg.

LA NAVIGATION

La localisation

Je souhaitais pour des raisons de sécurité que ma position soit connue avec précision, et je ne voulais pas passer trop de temps à faire des visées au sextant; la hauteur du soleil sur l'horizon varie tellement peu qu'il faut multiplier les visées pour limiter les risques d'erreur. J'ai choisi le système ARGOS. L'électronique CEIS. Espace est légère, peu encombrante et qualifiée pour fonctionner aux très basses températures (— 60°), avec une alimentation SAFT Lithium.

L'interrogation du terminal ARGOS au CNES à Toulouse s'est faite depuis le camp de base à Resolute Bay par Michel Franco (1) à l'aide d'un petit ordinateur connecté sur une ligne téléphonique. Je mettais tous les jours la balise en route vers 16 heures et généralement Michel Franco me donnait ma position à la vacation journalière de 19 heures. Les régions polaires sont très privilégiées pour les passages satellites et il suffit de deux heures d'émission pour avoir une localisation précise.

La direction

Pour raccourcir ma route, je me suis efforcé de rester le plus possible sur le méridien de départ : 75° W. Mon unique repère pour trouver le Nord était le soleil. Pour celà, Matra horlogerie m'a fait une montre qui fait un tour en 24 heures. Etant à l'heure solaire locale (TU — 5), il me suffisait de diriger l'aiguille vers le soleil, pour que le haut du cadran (0 et 24 heures confondus) m'indiquent la direction du Nord. Avec l'habitude, on marche avec un angle déterminé par rapport à son ombre. A 9 heures l'ombre de son corps est à 45° à l'ouest de la route. A midi on marche sur son ombre, et à 15 heures, l'ombre de 45° à l'est de la route. Quand le terrain était trop abimé, et c'est le plus souvent le cas, je montais sur un bloc de glace assez haut, faisait une visée sur un amer caractéristique et je m'efforcais d'atteindre ce bloc malgré tous les contours qu'imposaient les accidents du terrain. Ainsi, j'étais sûr de ma trajectoire et ce nouvel hummock me servait de perchoir pour la prochaine visée.

Quand le soleil disparait complètement sous les nuages on peut, pour se diriger, prendre un angle par rapport aux sastrugis. Ce sont les lignes d'érosion du vent sur la banquise. C'est un moyen de relai, en cas de disparition passagère du soleil. D'autre part, la boussole peut être utilisée au même titre que les sastrugis, comme repère transitoire. En effet, la déclinaison est relativement stable d'une journée à l'autre. La lecture biquotidienne permet d'entretenir l'évolution de la déclinaison et le maniement du compas qui demande un peu de pratique dans ce secteur où l'attraction magnétique de l'aiguille est assez faible.

LA DÉRIVE

Comme je l'ai souligné précédemment, ma trajectoire était à l'abri des grands courants de dérive. Cependant, le vent qui s'appuie sur toutes les aspérités de la banquise, et elles sont nombreuses, peut infléchir la route des courants. Par deux fois les grands blizzards de ouest-sud ouest qui soufflaient à 40 nœuds établis m'ont entraîné vers l'est, me faisant d'ailleurs gagner un peu vers le Nord, à la vitesse de 8 km par 24 heures. Michel Franco, qui était en relation avec la météo et le service des glaces du Canada me proposait souvent une route (en général 15° à W de ma route) pour anticiper sur la dérive. Mais j'ai toujours refusé, m'obstinant à faire la route directe vers le pôle, compte tenu de ma faible vitesse de progression. Vers la dernière semaine, un grand coup de vent d'est m'a rencontré sur le méridien de départ, et les trois derniers

(1) Michel Franco, 37 ans, Ingénieur diplômé de l'Ecole Centrale de Paris, était mon homme de camp à Resolute Bay.

jours, le vent du nord me faisait reculer de 6 km/24 heures, ce qui m'a contraint à marcher plus de 15 heures par jour, les deux derniers jours, et 22 heures non stop jusqu'au pôle.

SÉCURITÉ-COMMUNICATION

Pour prévenir à tout moment le camp de base à Resolute Bay, en cas d'une détresse éventuelle, j'avais une balise SARSAT, électronique CEIS Espace. Les deux électroniques ARGOS et SARSAT étaient couplées sur une alimentation unique (SAFT Lithium), et placées dans le même container. Cette balise mixte ARGOS-SARSAT construite par le CNES de Toulouse, ne pesait que 2,2 kg avec l'alimentatioin. Les deux essais expérimentaux m'ont rassuré sur l'efficacité du système SARSAT dans ce secteur à très basse température (– 52°). Dans les deux cas, Michel Franco à Resolute Bay, a été prévenu 20 minutes après la mise en route. La porteuse donne l'identité et la localisation très précise des sinistrés. De plus une émission simultanée sur la fréquence 121.5 permet, d'une part d'être capté par les avions de ligne, et d'autre part de guider en final le Twin Otter qui serait venu me secourir, et ceci est indispensable. En effet toutes les fois que l'avion me ravitaillait, il connaissait ma position ARGOS, et je devais cependant le guider sur moi par radio. Je n'étais qu'un petit point sur la banquise, comme le sont tous les naufragés à la dérive, et mon expérience me rend très pessimiste sur les chances de les repérer d'avion en plein océan, quand on a qu'une vague notion de leur position.

La communication avec le camp de base se faisait tous les soirs vers 20 heures, avec un appareil BLU, type SBX 11 A, du constructeur canadien SPILSBURY, alimentation SAFT Lithium, antenne bipolaire, tendue entre deux bâtons de ski ou posée à plat sur la glace, d'une longueur adaptée pour communiquer sur les quatre fréquences préréglées sur la bande des 5 MégaH. Dans l'ensemble j'ai toujours assez bien reçu la voix de Michel Franco qui avait un émetteur de 100 Watts. Par contre, mon émetteur de 10 Watts, qui ne pèse que 4 kg avec l'alimentation et l'antenne, avait, certains jours de mauvaise propagation, des difficultés à moduler le son de ma voix jusqu'à Resolute. Je n'ai eu que 5 jours de Black-out radio, et comme par miracle j'ai pu entrer 2 fois en communication avec les pilotes d'Air France qui font Paris-Anchorage-Tokyo.

L'ÉQUIPEMENT PERSONNEL

L'ensemble de mes vêtements étaient en matériaux synthétiques, à l'exception des gants en laine écrue. Pendant la marche je portais un ensemble de sous-vêtements en thermolactyl, un blouson en même textile et un anorak coupe-vent en Gore-tex. J'avais en plus une salopette qui me recouvrait la poitrine, construite en tissu matelassé. Aux pieds, un sac en polyéthylène à même la peau pour fixer la transpiration sur l'épiderme, des chaussettes, des chaussons en feutre, des chaussures en cuir et des surbottes en toile matelassée. Telle était ma tenue de marche. Dès que je m'arrêtais, je me recouvrais d'une parka qui descendait jusqu'à mi-cuisse. L'isolant de la parka et du sac de couchage était du qualofil, une fibre creuse de Dupont, enfermé dans de la toile de nylon imperméable. l'intérêt de la toile imperméable est de protéger l'isolant de l'imprégnation par la transpiration et la condensation.

LA SOLITUDE

En l'absence de toute organisation sociale, après quelques semaines de solitude, mes pensées se sont malgré moi structurées sur les acquis fondamentaux, la famille et les racines géographiques. Jamais je n'en avais autant

éprouvé la nécessité. Et après cette régression vers les couches archaïques de ma mémoire, j'ai pu rebâtir mon nouvel univers, polaire celui-là, en demandant à la glace, au blizzard et au pôle d'accepter que je m'immisce parmi eux. La solitude et l'épreuve du temps passé à marcher dans ce désert chaotique, m'ont permis d'accéder à un niveau très subtil de communion avec l'univers arctique.

Cette expédition d'un mode assez rustique (traction de l'homme à pied) est une aventure essentiellement moderne réussie, grâce au concours des matériaux modernes. Il y a quelques années cette aventure n'était pas envisageable. Souhaitons que l'homme puisse bénéficier de nouvelles technologies pour alléger davantage sa charge, afin d'envisager l'aller et le retour du pôle Nord par voie de surface en autonomie complète. Je suis pour le moment convaincu que cette expédition reste à faire.

BIBLIOGRAPHIE

ETIENNE (Jean-Louis), 1986. — *Le marcheur du pôle.* Paris : Ed. Robert Laffont. 252 p.

III. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

ENGINEERING

GREENLAND TO DAY, IS A HIGH TECH SOCIETY

by Gunnar P. ROSENDAHL

Greenland Technical Organization, Copenhagen

ABSTRACT. — The Development work in Greenland really started to accelerate in 1950. This work was almost 100 % financed by the Danish government. Thus Greenland Technical Organization (GTO) was established as a government body to coordinate and handle all technical activities.

The nature of the towns has changed altogether. The detached and modest small houses of the past have been replaced by urban buildings forming the framework of a complex society. The buildings have assumed a specific Greenlandic character of their own.

In all technical fields, solutions have been developed to operate under the specific conditions prevailing in Greenland. This applies not only to building work but also to the fields of power supply, district heating, water supply, sewerage, roads, airports, telecommunication etc. In fact, any technology required by a modern society has been made available.

During the initial years Danish contractors had to be used to a large extent. Over the years Danish labour has been replaced by local labour. The Greenlandic people got Home Rule in 1979.

Key-words : Geography — Population — Greenland Technical Organization — Technical development — Town planning — Energy — Housing — Public institutions — Water supply — Wastewater — Roads — Harbours — Airports — Telecommunication — Government.

RÉSUMÉ. — **Le Groenland d'aujourd'hui, une société à haute technicité.** *Le développement du Groenland a vraiment commencé en 1950. Ce courant a été financé presque à 100 % par le gouvernement danois. Ainsi, l'Organisation Technique du Groenland (GTO) a été créée comme une structure gouvernementale pour coordonner et conduire toutes les activités techniques.*

La nature dex villes a changé complètement. Les petites et modestes maisons individuelles du passé ont été remplacées par des immeubles urbains qui forment le cadre d'une société complexe. Ces immeubles ont adopté un caractère propre au Groenland.

Dans tous les domaines techniques, des solutions ont été développées selon les conditions particulières du pays. Cela s'applique non seulement à la construction, mais aussi à l'énergie, au chauffage urbain, à la distribution des eaux, aux égouts, routes, télécommunications, etc. En effet, toute la technologie inhérente à une société moderne a été recherchée.

Durant les premiers temps on a dû utiliser en grande partie des entrepreneurs danois mais au cours des années la main-d'œuvre locale les a remplacés.

Le pouple groenlandais a acquis son autonomie en 1979.

Mots-clés : *Géographie — Population — L'Organisation Technique du Groenland — Développement technique — Urbanisme — Energie — Logement — Institutions Publiques — Distribution des Eaux — Eaux Usées — Routes — Ports — Aéroports — Télécommunications — Gouvernement.*

INTRODUCTION

The technological development only has a meaning in relation to the society it serves, and the standard must be closely connected with the remaining level in this society. So in this paper less emphasis will be led on technical specifications and more on describing the background of the solutions which we have choosen in Greenland.

GEOGRAPHY AND POPULATION

Greenland is the largest island in the world, but is for the 9/10th part covered by the ice cap. The coast which is the ice-free zone where people live, is a rugged mountainous area.

The climate is Arctic all over Greenland. The average temperature during the warmest months does nowhere exceed 10 degrees centigrade. On account of this, there are no trees in Greenland. Even though all the country is in the Arctic zone, there is no permafrost in the southern part of Greenland where the average temperature during the year is above 0 degree centigrade.

The population is approximately 50,000 out of which 40,000 are Greenlanders while the 10,000 remaining are Danes. It has doubled over the past thirty years, but the Danish population has increased nine times.

The heavy growth in the Danish minority reflects the need of assitance from outside during the building up period. Greenland did not have — and still has not — sufficient trained manpower to handle the many tasks involved in a modern society. It is the official policy, that the Danes have to leave the country as soon as Greenlanders want to take over the responsibility for activities the Danes have taken care of.

Live resources i.e. fish, birds and mammals still constitute the major occupational basis. But the existence of the population which in the past was almost exclusively based on subsistence economy, is today mainly based on monetary economy. The majority has turned into wage earners, and this influences on the housing situation as well.

The development work

The development work in Greenland really started to accelerate in 1950. It was anticipated that, almost 100 %

financed by the Danish government, it would entail much building and construction work.

Thus, Greenland Technical Organization (GTO) was established as a government body and was to handle all technical activities so as to ensure the coordination of this work. When GTO started working in 1950, there were in Greenland no suitable workshops, equipment or any other technical facilities on which the work could be based. There was no skilled local labour to handle the assignments.

In fact, little was known about technical solutions suitable under Arctic conditions. Not much experience could be gained from abroad, either. Technology had not yet made its entry into the Arctic area.

The technology development over the past 35 years has brought about a considerable amount of change in the Greenlandic society. The most obvious part of the development is the establishment of a large number of new buildings and technical facilities, raised and settled in the Greenland towns. The nature of the towns has changed altogether. The detached small houses of the past have been replaced by urban buildings forming the framework of a complex society which technically is at the same level as similar societies in Denmark.

The buildings have assumed a specific Greenlandic character of their own. A Greenland building technique and architecture has been developed. In all technical fields, solutions have been found to operate under the specific inland conditions. This applies not only to building work but also to the fields of power supply, roads, ports, airports, water supply, sewerage, telecommunication etc. To-day the technical environment in the Greenland towns is well developed.

During the initial years, Danish contract-labour had to be used to a large extent to handle the building assignments concerned. Over the years, Danish labour has been replaced by local labour. To-day 85 % of the work in the technical sphere is being done by local artisans and workers. A considerable number of local private companies have been established within the technical sector. They have taken over the work of the Danish contractors.

Town planning

Both in Greenland and in the other Arctic areas, we had to experiment the construction of the right kind of town required. European mild zone planning cannot just be transmitted to the Arctic areas.

Originally it was thought that the Greenlandic towns ought to be compact and protect its inhabitants against the magnificent scenery outside. This was a typical European way of thinking. But Greenlanders prefer open cities and a good view even if it should be a little windswept.

Observations in Alaska, Northwest Territories, Greenland, and Siberia suggest that the indigenous populations in Arctic areas want to live with nature and not in defiance of it. It is important to respect these feelings when planning towns, even if it is cheaper and easier to provide high density town areas with public utilities. You must bear in mind that the local population prefer to live in scattered communities.

Energy planning

Generally the energy supply in the Arctic towns are due to undergo radical changes. To-day 98 % is covered by oil. This fact has caused serious consideration due to the isolated position of Greenland.

So in the autumn of 1981 an energy plan for Greenland was worked out. It was the aim of the energy plan to reduce the vulnerability of the present energy system by introducing various energy sources. According to the plan it would be possible in the year 2000 to cover 50 % of the energy consumption of Greenland by hydro power, 30 % by coal and to lower the demand for oil to 20-25 %.

The supply energy for future towns will be based on combined oil and coal burning power and heating stations supplying a district heating grid. It is also likely to become wholly or partly based on electricity produced by hydro-electric plants.

GTO has made investigations for hydro power since 1974 that cover a number of small basins on which the community energy supply may be based in the coming years. The use of the wind power might also provide a valuable addition.

Such trends in energy supply will have an effect on urban planning.

As a result it will be necessary to accept the construction of a substantial part of the housing accommodation as high-density urban areas.

Since 1974 GTO has also conducted an energy saving project for existing buildings and heating systems. The main purpose is to reduce the heat loss and utilize the fuel better, without changing the indoor comfort.

Housing

Like other areas of the Arctic regions, up to the Second World War, Greenland had no local house building tradition upon which a development could be based.

The bulk of the population lived in home-made huts of peat, rock, and drift wood. These huts undoubtly represented the maximum attainable based on entirely local conditions established by nature itself. But this construction did in no way offer qualities justifying attempts to promote further development with a view to establish proper houses for the local population. They could be described as nothing but highly dangerous.

A few houses had been constructed as modest imitations of the Danish civil servant residences. These wooden houses, built by the local population itself, were, however, usually of the same poor quality as the peat wall huts, poorly insulated and leaky. But at least they did have an inherent potential for development into something acceptable.

Thus, house building in Greenland during the 1950s did actually use this type of building for the take-off : the idea was to let the Greenlanders go on building their own houses.

However, it soon became evident that one thing is to build kayaks and make fishing and hunting tackle to an age-old tradition the other building houses. A completely unknown technical knowhow was required. In the middle of the 1950s it was realized that professional assistance was indispensable to the important task of providing houses for the population acceptable, in terms of human relations and health.

This task was entrusted to GTO who started off by standardizing the constructions of a few single-family house types. The house types formed a range varying

greatly in size — and thus in price — but the materials and principles of construction were rather uniform. The technical equipment of the houses was rather modest, indeed. It was limited to coal-fired stoves and, in towns having a power supply, electric light installations. However, there were neither water nor sewerage facilities. Local craftsmen and companies were able to construct these houses.

At the beginning of the 1960s, conditions influencing the housing situation changed considerably. The concentrated effort of the health service to combat especially the tuberculosis, ravaging Greenland as a national disease, now proved effective. The population increased by 34 % during the 1950s. Also, people seemed more inclined to move from the settlements to the towns.

Thus, it became evident that the accelerating need of housing could not be covered solely by building comparatively small and primitively equipped single-family houses, scattered in the area. As long as the number of houses in the towns remained moderate, primitive water supply and simple house wastewater discharge could be accepted. However, houses were now to be provided for many more people and in a small number of towns, too.

Under these circumstances, town hygiene of a standard as low as the one people had got used to could not be accepted. Modern water supply and actual sewerage facilities had to be established. Such facilities were, however,costly in the rocky ground of Greenland.

For maximum utility of the precious facilities — and also with a view to using the limited town areas suitable for building sites — building had to be undertaken in a more concentrated form than people were accustomed to. The building type selected was that of multistorey houses.

At the particular time, efforts were actually made throughout the entire industrialized world — and thus in Denmark, too — to develop an actual building industry, and it seemed obvious to follow up this development in respect of the Greenland housing schemes. The great housing expansion was implemented by Danish contractors whereas local craftsmen also acted as sub-suppliers for the contractors. However, in the course of development, some of the local companies grew in size, too, both in respect of capacity and ability and they have now taken over the construction of large house building schemes.

The reaction of the population to living in multistorey houses — a type of housing people had only heard about — was, of course, anxiously awaited. However, it seems that people have got used to the idea rather quickly, probably not least due to the technical facilities not known in the primitive single-family houses : central heating, warm and cold water, bathroom, waterflush closets etc.

Around 1970, there was a certain amount of reactions against the multistorey type of housing in Greenland similar to that encountered in Denmark and in Europe. People have reacted against the "confusing and boring" large housing areas; the term "grey concrete slum" has been used. Thus, housing schemes of recent years have been revised. Much lower multistorey houses, rowhouses, and single-family houses in groups have been built.

Interior design and standard

The Greenlandic way of life has changed considerably with the increased standard of living and the change in the pattern of occupation.

The original fishing and hunting trades have taken on a status of a more recreational kind of activity to many people, and as such make their mark on the interior design. This is duly expressed in the access facilities to the house or flat. In many new dwellings, the entrance is a combination of a front room and a sturdy and spacious scullery in which overcoats, boots and various gear, such as fishing tackle. may be cleaned and kept, and where the catch may be cleaned and prepared. This scullery-entrance is the only special Greenlandic solution. The rest of the lay-out do not differ with regard to design and equipment from that of similar houses in recent European building developments, leaving aside the fact that room sizes are slightly smaller than in Denmark.

In 1980, in connection with a status for the housing situation in Greenland, a comparison has been made between the housing standard in Nuuk/Godthaab, capital of Greenland, and the housing standard Copenhagen, capital of Denmark. Standard criteria were the percentages for residences with and without central heating, bathroom and water closet in the two capitals.

Certainly the majority of the residences in Nuuk/Godthaab have been built after 1960 whereas in Copenhagen there is still a large number of residences dating back to the time before 1900. Thus, it is natural that the comparison shows an average housing standard somewhat higher in Nuuk/Godthaab than in Copenhagen.

Capital	Nuuk/Godthaab	Copenhagen
Residences with central heating	88 %	67,4 %
Residences with a bathroom	79 %	63,4 %
Residences with a water closet	74 %	93,8 %

Public institutions

A harmonic development towards a higher standard of living would require simultaneous extension of all functions of society. On account of the poor state of health of the population and especially the wide spread of the tuberculosis, hospitals were, however, given top priority although particularly schools came very close.

The public institutions from this period were made to a standard rather lower than that of Denmark since it was found unfortunate that, for instance, schools and kindergartens should be well above the rather low Greenland housing standard at that time.

As from the middle of the 1960s, public institutions were increased considerably. The great population growth, people moving to the towns, the establishment of fishing industries, and the need of continuous improvement of education called for the building of day nurseries and kindergartens plus an extension of the schools.

During that period, the selection of institutions was made larger; the degree of coverage and the standard were raised so that schools, day institutions for children and young people as well as old people's homes were built to the same standard as that of similar institutions in Denmark. However, Greenland schools and children's institutions still do have a slightly smaller area per child.

Over the last few years, social and welfare institutions have been largely extended. It is emphasized that all essential institution needs should be met in Greenland.

Water supply

Until around 1950, Greenland water supply worked by manual collection of raw water from lakes and rivers. However, the health situation was precarious since water taken from neighbouring areas showed considerable pollution. From the middle of the 1950s long-term schemes were worked out for all towns. A gradual extension was aimed at in constructing waterworks so that the towns gradually obtain a regular all-year water supply, using water of satisfactory hygienic quality.

The most common procedure is that during the summer adequate quantities of water are accumulated in a reservoir to cover the winter water supply, for example for 5-7 months.

Water distribution inside the town represents one of the great problems of Greenland water supply. At the beginning of the 1950s water was led above the ground in insulated and frost-protected pipes. This led to so many town planning disadvantages that underground lines are being used nearly everywhere to-day.

The considerable cost of blasting or excavating underground lines means that only some of the consumers — primarily those using the largest quantities of water such as hospitals, industrial plants, and high density housing areas — receive water from the water lines. The water lines which have to be insulated and frost-protected on account of the permafrost. Very often the cooling water from the power station is used for this protection.

Wherever housing areas consist solely of single-family houses, it would not be financially possible to provide each individual house with water installations. Consequently, water is supplied to inhabitants by special tank trucks, or they have to collect water from public taps.

Wastewater

Sewers, extremely expensive to build, are established in high density town areas. Further, it is assumed that all central town areas will gradually have to be provided with sewers. In low density housing areas there will generally not be a sound financial basis for the establishment of a conventional water and sewer supply. Thus, an effort is being made to improve conditions by more comprehensive draining through ditches.

Towns in Greenland are situated so that raw sewage can be discharged directly into the sea without health risk or inaesthetic drawbacks. It is not expected that purification will be required before discharge.

In Arctic and Sub-Arctic conditions, surface runoff frequently poses a great problem, especially following winter and spring thaws. Adequate drainage of the very considerable quantities of water through actual rainwater sewers is not feasible under the prevailing climatic conditions. Thus, surface drainage will have to be made through a ditch and trench system. The ditch system will provide satisfactory conditions most of the year but the spring flood may, however, cause considerable difficulties in thaw periods. During these, it has to be accepted that roads will to a certain extent act as discharge channels for the runoff.

Roads

Roads in Greenland towns are to absorb internal traffic only. There are no roads between the individual towns. In view of the town sizes , driving traffic speeds are of minor importance, since it is not far to any place.

Maximum flexibility is shown in adapting roads to the mountainous surroundings, and — as part of ground care — a considerable effort is made to cover slopes and ditches with stone.

It is important to the tidiness in the towns that the areas between buildings are re-established after the building workers have completed their work. Over the last few years millions have actually been spent on reestablishing and consolidating the areas between the build-up areas since these areas will hardly resist the amount of wear to which they are being exposed. Thus, ground care will cover for instance sowing of grass, asphalting of squares and other areas having much pedestrian traffic, general clearing etc.

Harbours

Transport of passengers and goods between Greenland and Denmark and between inhabited settlements in Greenland has always been based on sailing. Only towards the end of the 1950s did flying take over a continously rising share of the passenger transport.

Due to the Arctic climate the Greenland ports are not navigable during certain months of the year. The towns only along the Southwestern coast are usually navigable throughout the year by ordinary ships.

Until the beginning of the 1950s unloading from ocean-going ships was made exclusively via barges but the increase of goods during that period made it necessary to establish quays in all major towns. Thus, since that time quays have been made for ocean-going ships in all Greenland towns.

The ports have been built under the lee of skerries and groups of islands or actually in sheltered inlets and bays. Owing to the great water depths close by the shore, breakwaters have been built only where filling up between groups of islands is possible.

Airports

The passenger transport between Greenland and Denmark by flight was established just after the Second World War. It was based on the airports of Soendre Stroemfjord and Narsarsuaq, constructed as U.S.A.F. military airfields during the war. These airports are still the gateways to Greenland.

The internal flying makes use of helicopters because the establishment of heliports in the mountainous country is relatively reasonable. On the other hand the working expenses for the helicopters are fairly high. All Greenland towns have heliports.

The rising of passengers necessitates the gradual introduction of flights with fixed wings of the STOL type (short take-off and landing) on the most active part of the internal airline network.

It has been planned that a large part of the helicopter flights should be replaced by STOL flights which,contrary to the requirments of conventional aeroplanes, will make a moderate demand on the dimensions of the runway. The first airport has been in use since the autumn of 1979 in Nuuk, the capital of Greenland. The next airport at Ilulissat in the northern part of Greenland was ready for

use in 1984. When a financial basis has been established, the STOL runway system will be extend by building 2-3 other runways on the western coast.

The interurban passenger transport is not intended to be based solely on aviation. A regular passenger ship traffic will be perserved too.

Telecommunication

It was not until 1971 that a lasting solution was found on the interurban telephone service. It has been prevented by the topographical conditions, which excluded the laying of cables between towns. In 1971 the continued development of microwave equipment had resulted in devices, which allowed a power consumption of only 36 W for a complete two-way repeater station making it feasible to construct unmanned repeater stations on mountain tops.

A microwave link was settled in South-West Greenland covering the most densely populated communities on a 1.500 km stretch. It allows the simultaneous transmission of both public trunk-calls, broadcasting programmes, telex, gentex, data etc.

Additionally TV-programmes are transmitted by applying the stand-by chanel on a 2' priority basis. This solution is judged acceptable in view of the systems very high reliability.

The communication out of Greenland relies upon satellite earth stations. The very same is now the case with the connections to a number of remote towns. Along with the construction of the microwave and the satellite system modern telephone exchanges have been installed. Subscriber dialling within the system and out of Greenland is possible.

The convenient comunication through the telephone service and together with the internal flying has gathered the scattered towns to a unity. The Greenlanders now feel like inhabitants of a common country and not as residents in a number of separated regions. The telephone service thus has been a condition of the Home Rule to act on behalf of the entire population.

Government

As I mentioned in the beginning, the entire technical activities were more or less financed by the Danish government, and the actual work was conducted by the Government Technical Organization, GTO. In 1975 a municipal reform was introduced in Greenland. The municipal boards were given a much larger responsibility for local affairs than previously. As an innovation, municipal technical administrations were taking over gradually a number of the technical assignments previously handled by GTO.

The Greenlandic population got Home Rule in 1979. This means that they have taken over full responsibility for a number of fields, for example education, radio and TV, social services, town planning, fire services, production and export, as well as collecting taxes and duties. The Danish State holds the responsibility of the remaining fields, such as health services, telecommunication, house building,harbours, airports, road making, sewerage, electricity and water supply. From 1987 the Home Rule intends to take over the full responsibility for all technical fields.

Employment

In Greenland there is just one mine in operation : a lead and zinc mine ("The Black Angel", owned by Canadians). Drilling for oil and gas offshore the west coast has so far been vain. In 1985 a hopefull prospecting for oil is started onshore the east coast of Greenland.

To-day Greenland only has the early possibilities of employment hunting and fishing. Even if one modernizes and mechanizes these original industries, the profit is potentialy limited.

Conclusions

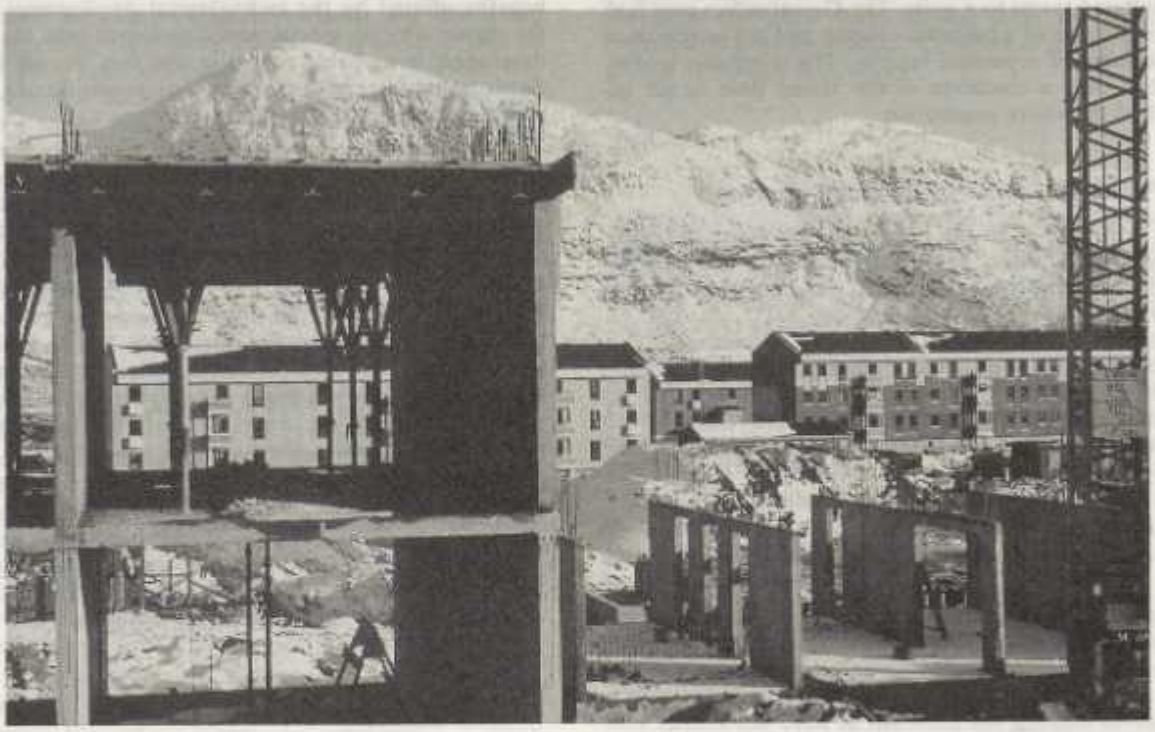
Building costs are high in Greenland. Thus, the Danish government offers subsidies averaging 85 % of the building price. With such heavy subsidies, houses — which are appropriately healthy — may be provided for a population whose primary basis of living is constituted by the live resources.

Attempt have frequently been made to simplify the technology transfered, but it may not be made primitive. The requests of the people in the cold regions are in this respect obviously the same as those of the people in the milder regions. They want to take part of the material benefits offered by the technological development. And the reason why no special Arctic residence type has been developed, is probably rooted in this fact. People in the Arctic want to live in the same way as people do in a more gentle climate.

It is a common characteristic that people in the cold regions — not least the younger part of the population — prefer blocks of flats to simple single-family houses. Everywhere, this is due to the conveniences of cold and hot water, bath, toilet, central heating etc., in fact the possibilities of benefiting from improved conditions of hygiene and health.

People would, of course, preferably live in a single-family house area with the full technical equipment but for reasons of economy this is not possible for the majority of the inhabitants in these part of the world where construction of water lines, sewers, and roads is very expensive.

The existence of the population which in the past was almost exclusively based on subsistence economy, is today mainly based on monetary economy. The majority has turned into wage earners.



During the initial years, Danish contract-labour had to be used to a large extend to handle the construction work. Over the years, Danish labour has been replaced by local labour. Today 85 % of the work in the technical sphere is being done by local artisans and workers.

Greenlanders want to live with nature. They prefer open cities and a good view even if it should be a little windswept. It is important to respect these feelings when planning towns.

To-day 98 % of the energy supply is covered by oil. An energy plan for Greenland is worked out. Its aim is to reduce the vulnerability of the present energy situation by introducting hydro power.

Building costs are high in Greenland. Thus, the Danish government offers subsidies overaging 85 % of the building price. Greenlanders want to take part of the material benefits offered by the technological development i.e. the conveniences of cold and hot water, bath, toilet, central heating etc.

The buildings have assumed a specific Greenlandic character of their own. A Greenland building technique and architectural has been developed.

Water supply and sewerage, extremely expensive to build, present great technical problems. All towns have gradually obtained a regular all-year water supply and all high density town areas have been sewered.

There are no roads between the individual towns. Roads in Greenland towns are to absorb internal traffic only. As part of ground care, a considerable effort is made to cover slopes and ditches with stone.

THE CONSTRUCTION OF NIPPON KOKAN ICE MODEL BASIN

by Nobutoshi YOSHIMURA, Masanobu SUDO, Shumei NARITA, Kazuhiko KAMESAKI, Susumu KISHI, Masanori HIROKAWA

Ice Engineering Laboratory, Tsu Research Laboratory, Engineering & Shipbuilding Research Center, City Mie

ABSTRACT. — In September 1982, a medium sized regular ice model experiment tank, first in Japan's private sector, was completed and put into operation at NKK's Tsu Research Laboratories, Engineering & Shipbuilding Research Center. This experiment facility consists of a model testing basin in an inslulated room with its refrigeration and air conditioning machineries, and various experimental apparatus for ice breaking model test

The ice tank makes it possible to simulate natural ice covered waters in the Arctic at a suitable model scale, and then to conduct model test for ice going vessels and polar offshore structures there. The present paper gives an outline of several aspects of this new compact facility which was realized with a good combination of efficiency and economy.

Key-words : Arctic — Engineering — Ice model basin

RÉSUMÉ. — **La construction d'un bassin à glace chez NKK.** *En septembre 1982, un bassin à glace, le premier dans le secteur privé japonais fut construit et mis en exploitation aux Laboratoires du Centre de Recherche en Ingénierie et Construction Navale de NKK à Tsu. Cette installation consiste en un bassin d'essais placé dans un bâtiment isolé et réfrigéré par air, les installations de réfrigération et les équipements nécessaires aux essais sur modèle de rupture de la glace.*

Le bassin à glace permet la simulation d'eaux arctiques recouvertes de glace naturelle à l'échelle des modèles, de conduire des essais sur navires navigant dans les glaces et de structures offshore polaires. L'article donne une description des divers aspects de cette nouvelle installation compacte qui fut réalisée avec un bon équilibre, efficacité et coûts modérés.

Mots-clés : *Arctique — Ingéniérie — Bassin à glace.*

1. PRÉFACE

Energy resources such as crude oil, natural gas, etc., and mineral resources such as iron, copper, nickel, etc., which are essential to the modern material civilization, have been discovered to exist underground below the ice-covered waters of the Arctic Ocean and its peripheral zones. With the oil crisis in 1973 as a momentum, it has become more and more active year by year to investigate oil resources as well as to try to exploit these resources on a commercial basis in shallow water zones such as the arctic coastal zones of Alaska and Canada, off the Sakhalin island, and the Bohai Bay. And it is expected that production and transportation of oil and gas on a full scale will be realized in the 1990s. In this contexte, a rapid increase of the demand for ice-going ships and ice-strengthened arctic offshore structures is anticipated in near future and therefore it is essential that we should develop such techniques that will enable us to design and construct these products appropriately. And this is nothing but a technical theme exactly suited to our company which has a lasting tradition in the construction of icebreaking ships.

Until recent years the arctic technology has been gradually formed as a compilation of empirical arts which was closely connected with the people's life in northern countries. But today, a new, more rational scientific approach of research and development is required so as to make it possible to construct such products that will endure operation in the Arctic Ocean where extremely severe ice conditions prevail. In recent years, it has become common to determine the shape and configuration of ships and structures, as well as to estimate their performance and behavior in ice, by means of model test in an ice model basin as a result of a remarkable advance in the modelling techniques of icebreaking phenomena. Usefulness of an ice model basin is particularly great in our country which has no ice-covered waters near at hand except the drift ice in the sea of Okhotsk. The testing facility of an ice model basin is very expensive, but it seems to be impossible to expect a definite progress of arctic technology in our country without the provision of this kind of facility. Since the world today has only a small number of ice model basins whose experimental productivity is generally low, the opportunity for making use of them has been very limited. In this point of view, it is quite timely that our compagny has come to possess an ice model basin for its exclusive use. Also it is expected that this facility will furnish our company with a strong propulsive force to the future advancement of research and development in this area of technology.

The ice model basin completed in September 1982 at NKK's Tsu Research Laboratories, Engineering & Shipbuilding Research Center is a regular experimental facility owned by a private company for the first time in Japan, subsequently to the one which belongs to the Ship Research Institute of the Ministry of Transportation. This experimental facility, in which an artificial ice-covered water dynamically similar to the one in real nature is created, and them model test of ships and offshore structures are conducted there, has some special features

which are not found in conventional clear-water tanks. In this paper, an introduction is made with respect to the primary functions of the ice model basin as well as to the various equipments and apparatus which support these functions, referring to its design concept.

2. FUNCTIONS OF ICE MODEL BASIN

This ice model basin is an experimental facility in which an artificial ice-covered water similar to the one in nature is created at a suitable scale and model experiments of ships and offshore structures are carried out there, thereby enabling the investigation on the icebreaking performance of ice-going vessels as well as on the ice forces acting upon the arctic off-shore structures. For the sake of understanding it concretely, an outline of experimental works carried out there is described below, following the typical operation cycle of the ice model basin.

1) Keep the air temperature of the ice tank room at − 20°C. A sheet of model ice with a crystal structure similar to that of natural sea ice is started to grow on the surface of tank water which contains some amount of urea or salt. As soon as the thickness of the ice sheet reaches to a prescribed value, the air temperature of the ice tank room is raised to approximately the melting point of the ice so as to reduce the strength of the model ice to a value required by the similitude law. More complicate ice conditions such as hammock ice or pressure ridges are created by working upon the level ice sheet further.

2) When the expected ice conditions and ice strength have been achieved, icebreaking model tests are conducted by running a model of ship or offshore structure which is connected to the towing carriage — an electric-driven carriage used for model experiment — which strides across the tank and moves in the longitudinal direction of the tank. Measurement of mechanical properties of ice as well as thickness distribution of ice sheet are carried out just prior or just after the model test.

3) The ice after for the experiment is dumped into the melting tank by using an ice-removing beam equiped at the front of the towing carriage. Then surface level and concentration of tank water are re-adjusted, and to homogenize the concentration and temperature of the tank water, stirring of the water is done while cooling it down. The next ice sheet is started to grow after these processes. At the initiation of the sheet, seeding by water spraying is carried out in order to make the size of ice crystals uniform.

As one might imagine by the above description, the fundamental function of an ice model basin and necessary equipment for it would be summarized as follows.

A. Functions of ice manufacture and ice properties control

These functions are to manufacture a model ice sheet of various thickness and various strengh with a high reproducibility. They are dependent upon the structure of the building and the tank including the insulation structure, refrigeration and air-conditioning equipments, as well as water supplying/draining, and water filtering equipments.

B. Functions of model testing and measuring

These functions are to conduct model tests for ships and offshore structures and to make measurement and observation in these tests. They are facilitated by heavy machineries such as a towing carriage and cranes, testing apparatus such as towing mechanisms for model ships, and the data aquisition and processing system, which consists of various types of sensors to measure forces or displacements etc., and of recording apparatus for these data.

The above has given a conceptual explanation on this kind of experimental facility, which is common to so-called an ice model basin in general. Whereas the next chapter refers to our ice model basin and its particular nature, and describe the typical features of various equipments and apparatus installed in it together with design concept of it.

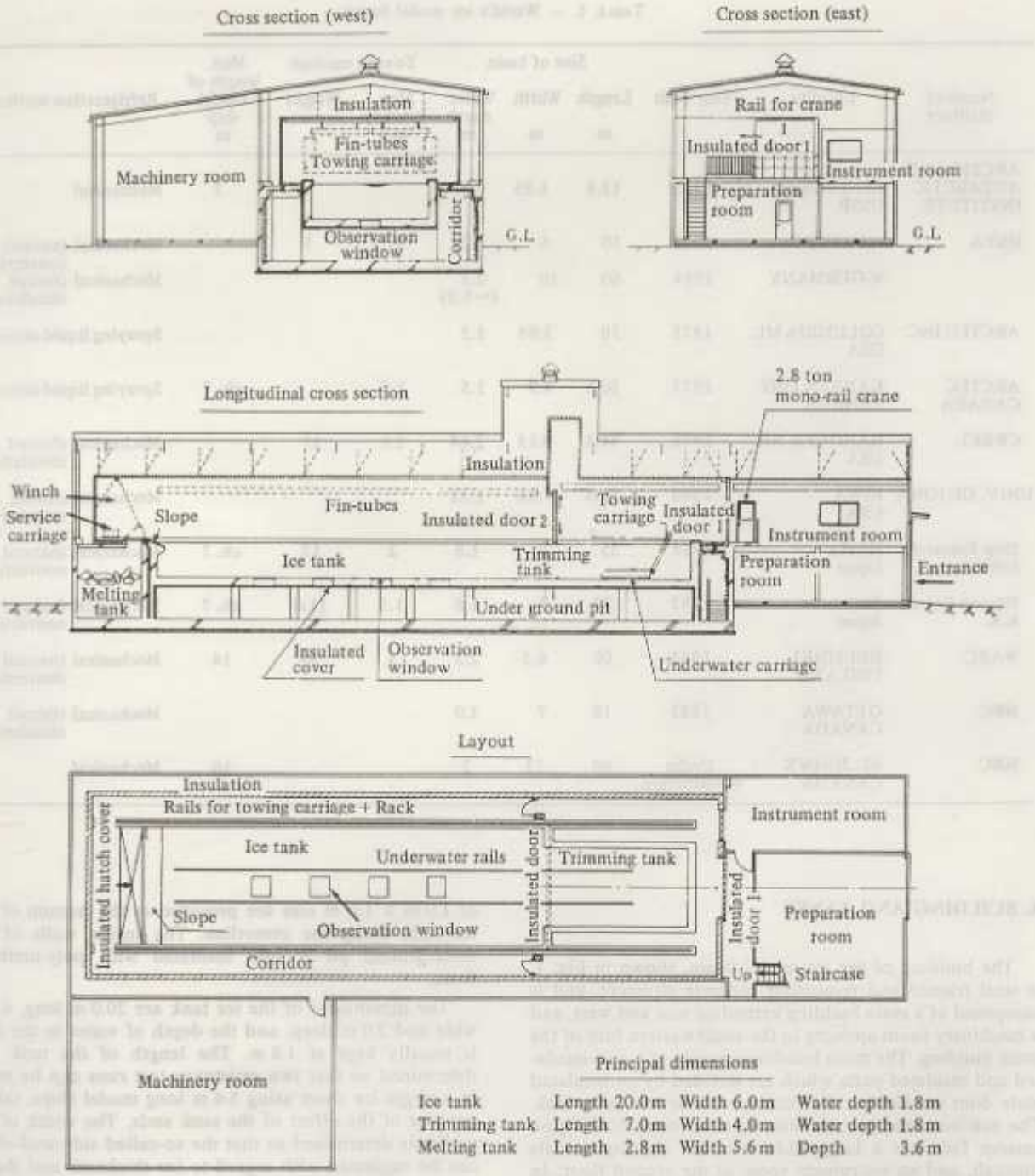
3. DESIGN CONCEPT

The design concept of this ice model basin may be summarized as follows; the facility should be a compact one materializing these functions to conduct, with a high reproductibility, such experiments as well as for the estimation of ice forces exerted on them, on todays world standard of the technique of model testing in ice.

The general layout of this facility is shown in (Fig. 1.) The size of the ice tank ice 20.0 m long, 6.0 m wide and 2.0 m deep, which is the minimum size necessary for conducting model tests for ships and offshore structures. Is this connection, the particulars of ice model basins in the world are shown in *Table 1*. Although the length of NKK ice model basin is shorter than the one in the Ship Research Institute and of the one in HSVA, the width of the former is equal to the latters. Therefore the test data produced by NKK ice model basin is thought to be as reliable as those produced by the latters, and this offers a merit of comparing these data directly with each other.

The primary reason for choosing a small ice model basin rather than a large one, may be that it was recognized that today's ice model basin as well as today's technique for model testing in ice were literally on the way of steady development. Consequently, this facility was thought to be so-called a pilot plant, and it was so designed that every part other than the ice tank itself should be as compact and whithout wastefullness as possible. By fully utilizing the existing facilities in Tsu Research Laboratories where it was possible, it was avoided to newly construct similar redundant facilities.

Among the aforementioned fundamental functions of the ice model basin, the function for ice manufacturing and ice properties control was thought to involve a large number of unknown technical factors on which this functions depended. Therefore, an intensive study was made with respect to insulation method and refrigeration and air-conditioning system in order to realize an ability to control the room temperature in a wide range as well as an ability to keep the air temperature uniform. Also the recycling of waste heat was persistently seeked after in order to reduce the running cost of the facility. As regards the tank water, in stead of saline water, which has been commonly in use to date, carbamide (urea) water was used in order to avoid corrosion. Consequently the piping



Principal dimensions

Ice tank	Length 20.0 m	Width 6.0 m	Water depth 1.8 m
Trimming tank	Length 7.0 m	Width 4.0 m	Water depth 1.8 m
Melting tank	Length 2.8 m	Width 5.6 m	Depth 3.6 m

FIG. 1. — General arrangement of ice model basin.

system of the tank and various experimental apparatus could be manufactured without using materials of special high quality. The reduction of maintenance cost for these facilities will amount to a considerable saving in the long run.

As regards the functions for conducting model test and measurement on the other hand, there was no technically big problem since there has already been a number of precedents. As for the choice of material as well as determination of the structural strength of the testing apparatus, emphasis was laid on the point that there should be no deterioration in their performance under large change of temperature and that they should stand a heavy fluctuating load of breaking ice. Since the data productivity of an ice model basin is low by nature, a full scale introduction of automation for conducting test and measurement or control of them by a large computer has been postponed until the performance of the ice model basin as a whole will be fully understood.

TABLE 1. — World's ice model basins.

Name of institute	Locality	Year built	Size of basin Length m	Width m	Water depth m	Towing carriage Max. velocity m/s	Weight t	Max. length of model ship m	Refrigeration method
ARCTIC AND ANTARCTIC INSTITUTE	LENINGRAD USSR	1955	13.4	1.85	1.3			3	Mechanical
HSVA	HAMBURG	1971	30	6	1.2	2	5		Mechanical (natural convection)
	W-GERMANY	1984	60	10	2.5 (~5.0)				Mechanical (forced circulation)
ARCTEC INC.	COLUMBIA ML. USA	1975	30	3.65	1.5				Spraying liquid nitrogen
ARCTEC CANADA	KANATA ONT. CANADA	1977	30.5	4.9	1.5	1.3		ab. 7	Spraying liquid nitrogen
CRREL	HANOVER NH. USA	1978	34.4	9.15	2.44	2.1	17		Mechanical (forced circulation)
UNIV. OF IOWA	IOWA USA	1980	19.8	4.88	1.22				Mechanical (forced circulation)
Ship Research Institute	Mitaka Japan	1981	35	6	1.8	2	17	ab. 7	Mechanical (natural convection)
Nippon Kokan K.K.	Tsu Japan	1982	20	6	1.8	1.5	11.0	ab. 7	Mechanical (natural convection)
WARC	HELSINKI FINLAND	1983	60	6.5	2.3	3	30	14	Mechanical (natural convection)
NRC	OTTAWA CANADA	1983	16	7	1.0				Mechanical (forced circulation)
NRC	ST. JOHN'S CANADA	Under construction	80	12	3			16	Mechanical

4. BUILDING AND TANKS

The building of the ice model basin, shown in Fig. 1, is steel framed and reinforced concrete structure, and is composed of a main building extending east and west, and a machinery room ajoining to the southwestern face of the main building. The main building consists of a non-insulated and insulated parts which are devided by an insulated slide door installed at the entrance of the trimming tank. The non-insulated part contains a preparation room whose eastern face has a large slide door for passing models through, and an instrument room at the second floor. In the insulated compartment, a trim tank and an ice tank are located in a line from east to west, and a melting tank stands at the western end of the ice tank. Integrated air-tight insulation walls and ceilings, which were fabricated with insulation panels made of poly-urethane foams as a basic material, surround the whole tank part except the melting tank. Also there is an insulated vertical slide door at the boundary between trimming tank and ice tank.

The ice tank and the trimming tank are supported by a number of small walls of reinforced concrete, 1.7 m high so as to be isolated from thermal effect of the earth, and the outer surface of the tanks are covered with insulation panels. In the compartment situated below the tanks, called the underground pit, there are corridors for passage at the right and left sides, and four observation windows of 1.0 m × 1.0 m size are provided at the bottom of the ice tank along the centerline. The inside walls of the underground pit is also insulated with poly-urethane foam.

The dimensions of the ice tank are 20.0 m long, 6.0 m wide and 2.0 m deep, and the depth of water in the tank is usually kept at 1.8 m. The length of the tank was determined so that two resistance test runs can be made in a virgin ice sheet using 5-6 m long model ships, taking account of the effect of the tank ends. The width of the tank was determined so that the so-called side-wall-effect can be neglected with regard to ice thickness and model width usually in use. As for the depth, it was determined so that experiments for floating type offshore structures could be carried out.

The trimming tank is 7.0 m long and 4.0 m wide, and as deep as the ice tank. It is wide enough to handle models of offshore structures and testing equipments as well as to run two small ship models side by side. The bottom of the trimming tank has the same level as that of the ice tank, and a pair of stainless steel rails for underwater carriages are laid in full length of the tanks. At the boundary of these tanks, two insulated vertical slide doors, one for above water and the other for underwater, are provided to separate these compartments.

The melting tank is 2.8 m long. 5.6 m wide and 3.6 m deep. It has a 5.6 wide hatch at the top provided with a

hinged insulated hatch cover. Used ice is pushed up along the slope at the western end of the ice tank then dumped into the melting tank through this hatch to be melted.

Since the tanks are made of reinforced concrete, it is necessary to protect the tank surface against wide temperature change (− 25°C to + 5°C usually) of the ice tank room. For this purpose, the top of the tank walls was convened with blocks of compiled wood, and side of the walls just below the blocks were covered, to the depth of 10 cm below the water surface, with artificial wood which has low thermal conductivity. The inner surface of the tanks was coated with a type of hydro-epoxy paint of good penetrability into concrete in order to ensure water tightness of the tanks. In order to present a fine sight and to enhance illumination effect, a light blue colour paint was applied as a finish. The floor of the corridors surrounding the tanks is made of reinforced concrete sandwitching insulation panels in it. The floor is covered with vinyl sheets and pavel with grated plastic mats for the sake of efficient drainage, easiness of separating ice and easiness for various works there.

On determining such matters as the transverse cross-section plan of the ice thank room, the installation hight of fin-tube type coolers, the arrangement and configuration of piping system for the refrigerant and the supporting structure for them, deliberate consideration was made by taking account of heat capacity of the building, the pattern of convection flow of air inside the tank room etc. Since these details are too complicated, they are omitted in this paper.

5. REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING MACHINERIES

It is essential that the model ice produced in the ice tank should always have constant properties throughout the year, if the control parameters for the refrigeration machineries are kept equal. Therefore not only the ice tank room but also the trimming tank room, the underground pit and the preparation room should be appropriately air conditioned in order to avoid the penetration of seasonal change of temperature and humidity of outside air into the ice tank room. Since the target of refrigeration and air conditioning varies depending on the compartment, a suitable type of refrigerator and cooler was chosen for each compartment. The principal particulars of refrigeration and air conditioning machineries are shown in *Table 2.*

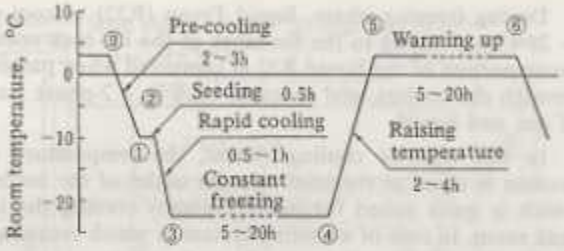


FIG. 2. — Control cycle for ice tank room air temperature.

Corresponding to the operation cycle of the ice model basin described in chapter 2, the control of air temperature inside the ice tank room generally follows such a course as shown in (Fig. 2). It is cooling down phase ② → ③ when the refrigerator is loaded most heavily. During constant freezing phase ③ → ④ the room temperature is kept at about − 20°C, and in this atmosphere an ice sheet of 50 mm thickness can be grown within 15 hours. On determining the design value of thermal load for the refrigeration system, the above conditions were taken into account. The coolers for the ice tank are of a type called a copper pipe/plate fin type (hereinafter to be referred to as a fintube.), and 48 units of the cooler are hanged below the ceiling of the ice tank in such a way that cooled air will come down uniformly to the water surface all over.

TABLE 2. — Principal particulars of refrigerating machineries.

Compartment / Main particulars	Ice tank room	Trimming tank room	Underground pit	Preparation room
Type of compressor	Single screw compressor	Reciprocating compressor	Reciprocating compressor	Package air conditioner
Motor for compressor	440V, 110kW	220V, 11kW	220V, 11kW	200V, 7.5kW
Refrigeration capacity	86 000kcal/h	22 000kcal/h	24 000kcal/h	22 400kcal/h
Coolant/brine	Freon (R22) (Liquid pump method)	Freon (R22) Ethylene glycol	Freon (R22) (Dry type)	Freon (22) (Dry type)
Type of cooler	Plate fin type (Natural convection)	Fan coil unit 2 set	Fan coil unit 3 set	Plate fin type (Forced circulation)
Range of temperature conntrol	−25 ~ +5°C	−5 ~ +5°C	−2 ~ +5°C	+15 ~ +20°C (Summer use only)
Cooling tower	Use in common	Cooling capacity 3 120 000kcal/h Water capacity 1 040l/h		32 200kcal/h

During freezing phase, liquid Freon (R22) as cool as − 26°C is pumped to the fin-tubes in the ice tank room. Some portion of the liquid R22 is vaporized when passing through the coolers, and it comes back in a 2-phase state of gas and liquid.

In this type of cooling system, the temperature of coolant is equal at the inlet and the outlet of the cooler, which is quite suited for homogeniously cooling the ice tank room. In case of a cooling system in which secondary coolant (brine) is used, a complicated piping arrangement is required for cooling evenly and it is difficult to realize a rapid change in the room air temperature, and in addition this system has a rather low cooling efficiency. In the phase of raising the room temperature ④ → ⑤ the refrigeration system is stopped and eight electric fan heaters (24 kw in total) installed at the corridors are turned on. During so-called 'warm-up period' ⑤ → ⑥ the room temperature is kept at a prescribed value by intermittently feeding cold liquid Freon to the fin-tubes in the ice tank room.

The refrigeration system for the ice tank room is illustrated in (Fig. 3). Basically this system is the same as that of a common dry type refrigerator, but it has special features such as a large capacity low-pressure receiver for containing liquid Freon and a pump to feed this liquid to the fin-tubes. This system is furnished with such functions as follows, by means of which substantial energy saving has been achieved;

1) To cool liquid Freon with cold water in the melting tank.

2) To warm up water in the heat-reserve tank with waste heat of the oil cooler.

3) To produce hot Freon gas for defrosting use with the heat in the heat-reserve tank.

The air conditioning system for the underground pit is constantly operated throughout the year, because it is very important to maintain the temperature of this compartment at around 0°C as well as to dehumidify the air inside.

The aim of air-conditioning the trimming tank room is two folds; one is to dehumidify the inside air as the towing carriage and various testing apparatus in the room should become wet due to condensation of water vapor, the other is to prevent the penetration of heat into the ice tank via the trimming tank by keeping the temperature in this compartment at around 0°C.

The trimming tank room is frequently exposed to outside air, because the insulated doors are opened in many occasions such as carrying models etc. So as to remove this adverse effect quickly, it was decided to

1. Overhead coolers
2. Melting tank
3. Screw compressor
4. Oil separater
5. Condenser
6. High pressure receiver
7. Liquid pre-coolter
8. Liquid cooler
9. Low pressure receiver
10. Oil cooler
11. Heat reserve tank
12. Brine tank
13. Defrost heat exchanger
14. Fan heater

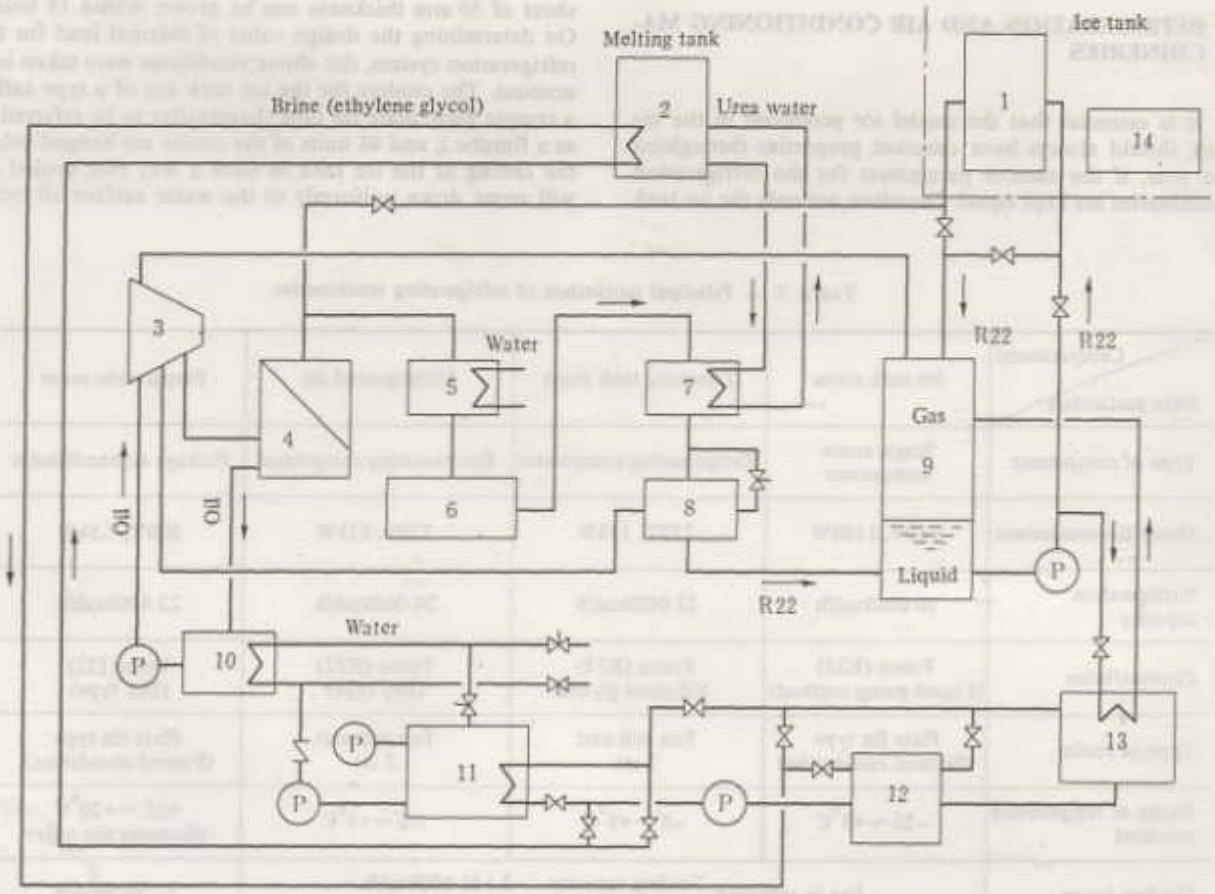


FIG. 3. — Refrigeration system for ice tank room.

introduce a system which had a relatively larger refrigerating capacity for the compartment volume with powerful fans and a dehumidifier.

The air-conditioning system for the preparation room was installed in order to prevent the hot, humid atmosphere of summer season from invading into the insulated compartments. It has a capability to keep the air temperature and the humidity of the room at 20°C and 45 % respectively, even when the worst situation of summer prevails where the air temperature and humidity of outside air rise as high as 35°C and 80 % respectively.

The operation of these refrigeration facilities is done in the following manner. In order to manufacture an ice sheet suitable for model experiment in the ice tank room, the four processes, which are 'cooling down', 'constant freezing', 'raising temperature' and 'warming up' as shown in (Fig. 2), should be properly carried out in accordance with a program determined in advance. An automated control of these processes was realized by introducting a special micro-processer which operates according to pre-set parameters of time and temperature for each process. As for the refrigeration and air-conditioning facilities in other compartments, they are manually controlled since they are at most of the time operated at a constant rate.

6. TOWING CARRIAGE ETC.

In the ice model basin, a towing carriage and an underwater carriage were installed to facilitate conducting model experiments of ships etc., and in addition, in order to carry out various works such as conveying things or preparing models etc., a service carriage and a mono-rail crane were provided.

6.1. The towing carriage

The towing carriage is an electric-driven car of a box-girder steel structure weighing about 11 tons with all appendages. The carriage is propelled with a pair of rack-pinion type propulsion system driven by two units of DC motors of 11 kw rating controlled by a Thyristor-Leonard system. The carriage speed can be continuously changed in two ranges of 0-0.4 m/sec and 0-1.4 m/sec, each one of them can be chosen by a shift-gear. The minimum speed is 0.006 m/sec. The acceleration capability is 0.1 G at the maximum, and the traction capacity is such that at the low speed range the carriage can make a smooth steady progress under a fluctuating load of + 300 kgf. The speed fluctuation while travelling is not greater than 0.003 G with regard to the frequency component under 10 Hz.

As for the rails for the towing carriage, steel rails of 50 kg class JIS standard for rail use were selected. They were machined and fitted with racks on their stem. Rails cut in 6 m length as a unit were carried into the ice model basin and connected together using enclosed-arc welding technique. Then their deflection was straightened with a special tool and the welded buts were grinded to be smooth. The rails were laid on the covering blocks on the top of tank walls via rail chairs which were anchored to the concrete body of the tank.

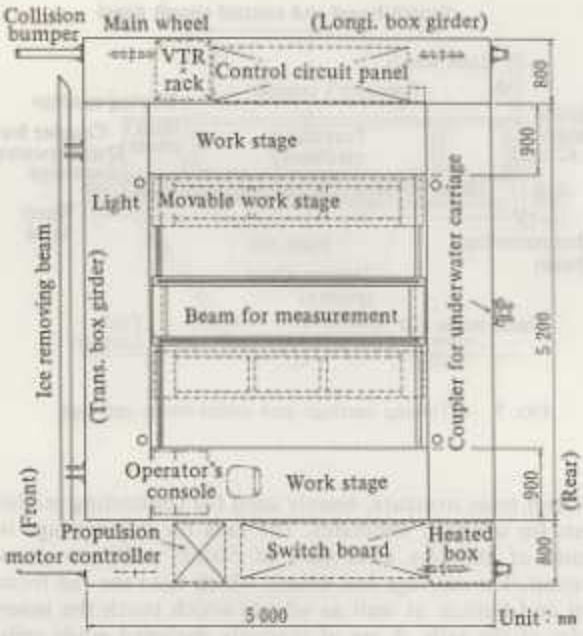


FIG. 4. — Plan of towing carriage.

The laying accuracy of the rail at north side (standard rail) has come to be + 0.2 mm, + 0.4 mm vertically and horizontally respectively. The vertical accuracy for southern side rail was the same as that of northern rail, the horizontal accuracy was achieved in such a way that the gearing accuracy of rack and pinion at both sides was equal.

Inside of the box girders at both sides of the carriages, installed are the propulsion machineries such as electric motors etc., and on top of the girders a switch board and a drive control circuit panel as well as a junction box for signal cables are mounted. At the front of the carriage a manual wind-up type ice-removing beam is installed, and at the rear face it is possible to mount an extension beam for measuring or a coupler for the underwater carriage. There is a wide rectangular opening of 3.4 m × 3.2 m size at the center of the carriage, where a strong beam carrying testing equipments is normally installed, and a light movable work stage is provided at each side of the beam to facilitate various experimental works such as setting of models or testing equipments.

Electric power supply and transmission of measurement signals is facilitated via hanger cables. Due to the existence of the insulation door between the trimming tank and the ice tank, the hanger rails for cables have a discontinuity at this boundary, therefore connecting rails with a hinge at the trimming tank side are provided to make connection by manual handing. The control circuit panels and the operator's desk are always warmed up by space heaters in order to avoid condensation of humidity. Incidentally, the air temperature in which the carriage is usually operated is above − 10°C and therefore no special measure was taken for the electric motors or transmission system to protect them against coldness.

The underwater carriage, as shown in (Fig. 5), is propelled by the towing carriage with a pushing rod. This carriage is 2.00 m long, 1.83 m wide and 0.2 m high, and

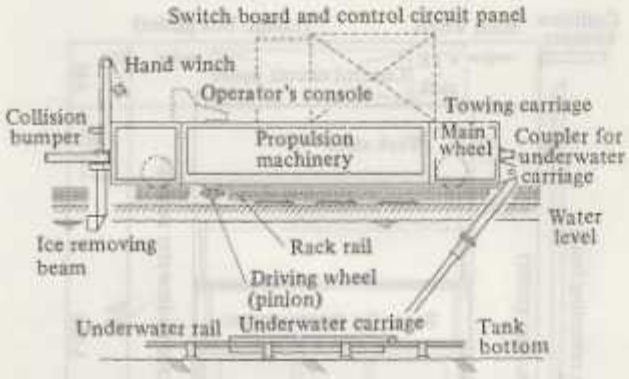


FIG. 5. — Towing carriage and under-water carriage.

of steel truss structure, mainly used for conducting model tests for offshore structures. The rails for this carriage is made of stainless steel bars of 50 mm × 50 mm cross section. The carriage has wheels which hold the rail from top and bottom as well as wheels which touch the inner sides of the rails. A set of specially designed guide rails are provided at the bottom of the trimming tank which make it possible to put the under-water carriage on the rails without draining up the tanks.

6.3. Service carriage and crane

The service carriage is of a steel truss structure which is moved on the rails of the towing carriage with human power. It is mainly used for conducting strength tests for model ice as well as various works accompanying experiments. It is 6.5 m wide and 1.0 m long and any one of wooden planks flooring over the entire span of carriage can be detached when strength tests of ice sheets as well as sampling of ice specimen is carried out just beneath the floor. It is usually parked above the melting tank when not in use.

The crane is mono-rail type and used for carrying models between the preparation room and the trimming tank room. It has a lifting capacity of 2.8 ton with a control pendant, and moves only along the center line of the tanks.

7. EXPERIMENTAL APPARATUS AND INSTRUMENTATION

Taking account of unfavorable working conditions as well as cold atmosphere on the towing carriage into consideration, all of the measuring instruments except sensors were installed in the instrument room which is air-conditioned. Also experimental apparatus except large ones such as the towing mechanisms for model ships were decided to be taken out of the tank area after experiments. The measurement signals of the tests conducted on the towing carriage or in the ice tank room were transmitted to the instrument room through regular cables, and recorded on magnetic tape recorders etc., after appropriate amplification or conversion. Consequently, it became unnecessary to make the instruments proof against the coldness or to provide them with heaters. Further-more, this made it easy to change the wiring arrangement in accordance with various experimental needs as well as to

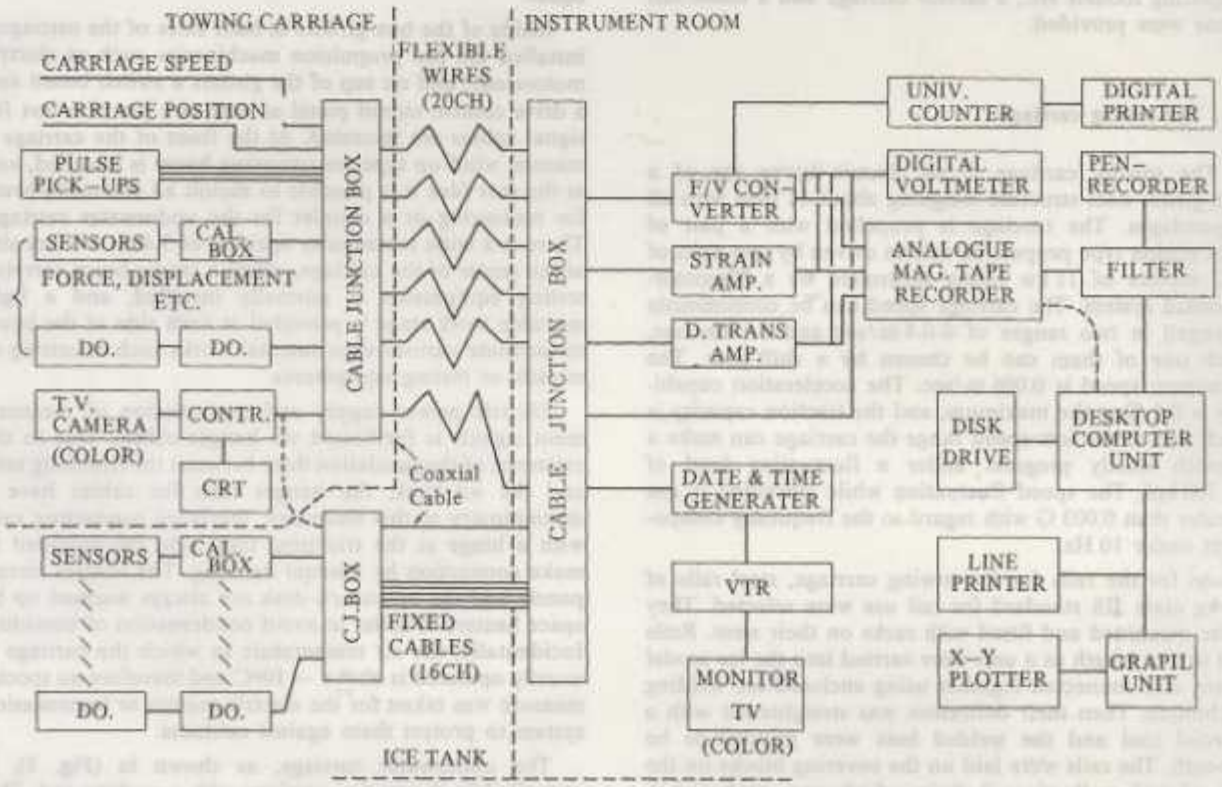


FIG. 6. — Outline of measuring system.

make inspection or maintenance of the measuring system. The outline of the measuring system is illustrated on (Fig. 6).

Experimental apparatus are roughly devided into those for ships, for offshore structures and for testing ice. Though they are different in many respects, it was decided to limit the types of sensors to a small number so as to use the amplifiers and signal converters etc. in common for various experiments. As visual observation of phenomenon is very effective for understanding the mechanism of icebreaking, a 16 mm movie camera and a colour video system were provided for this purpose.

To carry out resistance tests for ship, a resistance dynamometer which consists of a load cell and heaving-rod mechanism together with a heaving-rod type guide are used, which allows the model to roll, pitch and heave but restrict other types of motion. A cramp mechanism holds the model when the carriage accelerates in order to protect the dynamometer from extreme loading. There are three different ways for conducting self-propulsion tests. One is towed-self-propulsion test where the model is connected to the testing equipments for resistance test and partially propelled and partially towed. The other is guided free running test where the model is completely self-propelled but is course is guided. The third is free running test without any restriction to the model's motion. Strain gauge type load cells and rotary potentiometers are used to sense forces and angular displacement respectively. Testing apparatus for other kind of tests, such as ramming test or manoeuvring test, are also being developed or under consideration. The outlook of the testing apparatus for resistance test of ships is shown in (Photo 1).

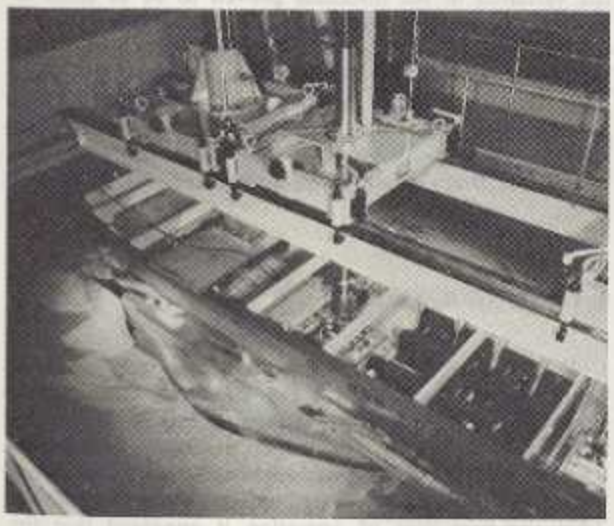


Photo 1

As regards the experiments for offshore structures, each of which requires a suitable device to measure forces as well as special jigs, depending on the types, floating or fixed etc. For measuring forces, multicomponent load cells of strain gauge type are usually used. An illustration of a set-up of model testing equipement for an offshore structure mounted on the under-water carriage is shown in (Fig. 7).

As for testing machines for ice strength etc., specialized machines were developed for measuring elastic bending modulus of an ice sheet, bending strength and compressive

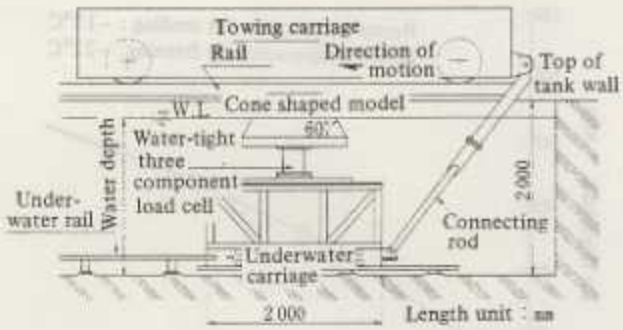


Fig. 7. — An example of testing apparatus for an offshore structure in ice.

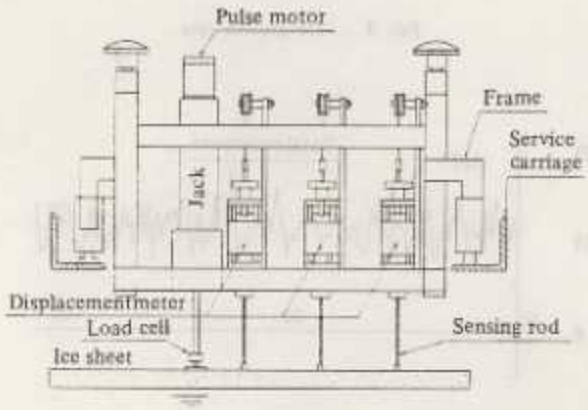


Fig. 8. — A measuring apparatus for bending modulus of ice sheet.

strength respectively. Each of them has a loading mechanism of jack screw and sensors for detecting forces and displacement as shown in (Fig. 8). Because most of the mechanical properties of ice depend largely on loading rate, these machines were carefully designed so that a steady loading rate be realized. Besides, a testing machine for determining friction force between ice and rigid surfaces was also designed and manufactured.

8. PERFORMANCE

The planning of the ice model basin began in April 1981 and after eight months of detailed design development the construction of the building was started. Due to smooth progress of the construction work, the ice model basin together with all major facilities was completed in September 1982. Several months were spent to confirm the performance of various component facilities as well as to make further improvement and development of experimental apparatus. In March 1983, the ice model basin came to have the appearance of today, and it has been put into constant operation for about one year since then.

The total fundamental performance of the ice model basin could be represented by its ice manufacturing results which have been obtained, which was partly due to the establishment of operating technique obtained through accumulation of experience. The characteristics of air

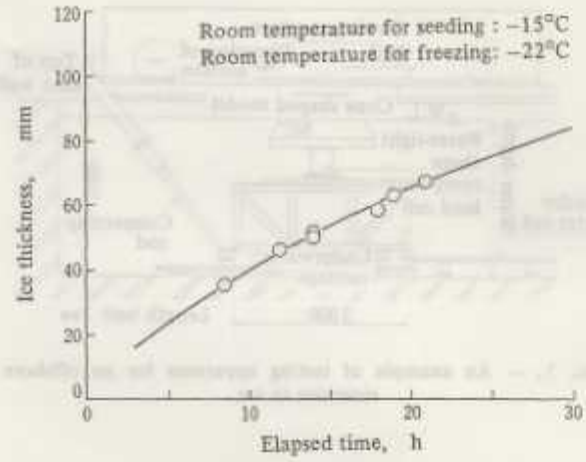


FIG. 9. — Ice growth rate.

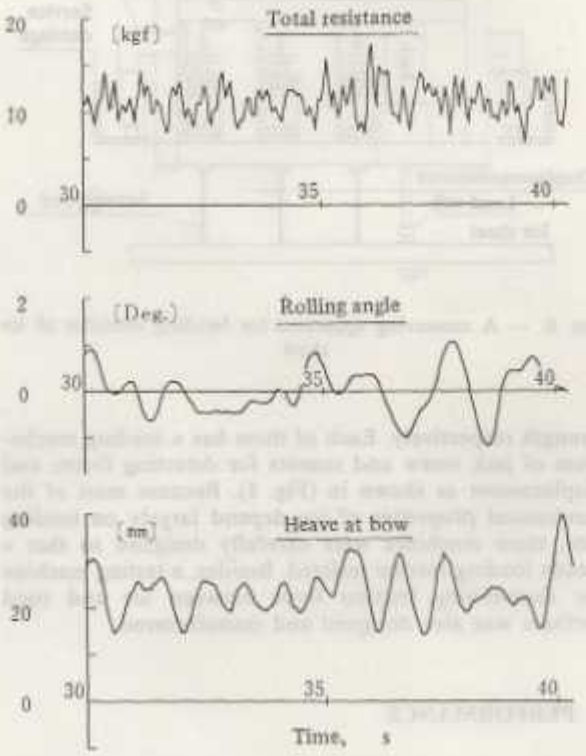


FIG. 10. — Resistance test data.

temperature control performance of the refrigeration system for the ice tank room proved to be in accordance with design specification and resulted in an excellent reproducibility of ice sheet. The relation between freezing time and ice thickness — ice growth rate — is shown in

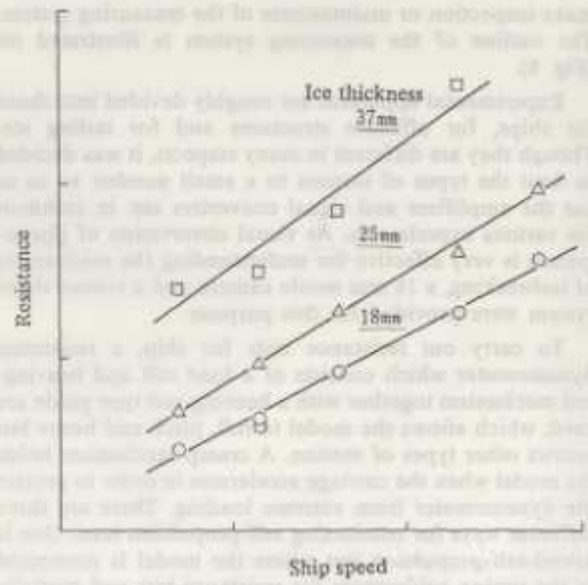


FIG. 11. — Ice resistance at different ice thickness and ship speed.

(Fig. 9). To grow a 40 or 50 mm thick ice sheet, it takes about 10 or 15 hours respectively and this growth rate slightly exceeded the design value. As regards the distribution of ice thickness, satisfactory even distribution was realized except the end parts of the basin where three dimensional flow of cold air was generated. For example, the variation of ice thickness proved to be as small as + 1.0 mm for an ice sheet of 50 mm thickness. And it was confirmed that it was possible to conduct two resistance tests for an ice-going ship model using one ice sheet. Some of the data obtained in resistance test, and the relation of ice resistance versus ship speed deduced from the former data are shown in (Figs. 10 and 11) respectively. In each case the accuracy of measurement and consistency of data points were satisfactory.

9. CLOSING REMARKS

With regard to the ice model basin completed in September 1982 at NKK's Tsu Research Laboratories, Engineering & Shipbuilding Research Center, an outline has been reported in this paper describing the design concept, specifications of various component facilities and their operational performance confirmed after completion. After the first year of operation it appeared that the quality of the facility and its performance may be highly evaluated in comparison with other existing ice model basins in the world. It is keenly hoped that full utilization of this ice model basin will make a lot of contribution to the design and development of ice-going ships and arctic offshore structures as well as to the improvement of model testing techniques in ice itself.

LES PLATES-FORMES OFFSHORE ARCTIQUES

par Yves LE BER

Entrepose pour les Travaux Pétroliers Maritimes, Nanterre

RÉSUMÉ. — L'environnement arctique présente de grandes variations d'un site à un autre et n'est toujours pas bien défini quant aux besoins des concepteurs. Ainsi, la conception des plates-formes pétrolières laisse le champ libre à l'imagination des ingénieurs, comme le montre la grande variété de types proposés. L'article donne une large vision des différents types existant, en service, ainsi que de ceux proposés pour les projets futurs. La première partie donne au lecteur les principaux éléments techniques permettant de comprendre le choix des concepteurs.

Mots-clés : Arctique — Plates-formes offshore

ABSTRACT. — **The Arctic offshore platforms.** *The Arctic environment presents a large variation from one site to another and is always not totally well defined with respect to design necessities. Therefore the conception of offshore platforms allows designers to leave their imagination free as can be seen when looking at the proposed concepts. This paper give a large review of the various existing types in service and of proposed concepts for future projects. The first part gives to the reader the main technical points which explain the choice of designers.*

Key-words : *Arctic — Offshore platforms.*

INTRODUCTION

Fonction des plates-formes offshore

Depuis que l'on a commencé à exploiter les hydrocarbures sous la mer ou dans des lacs, au début du siècle, le but des plates-formes pétrolières est avant tout de ramener le plancher de travail au-dessus du niveau de l'eau. La plate-forme de travail appelée pont est elle même supportée par une structure porteuse. Cette structure peut être flottante ou posée et/ou fichée dans le fond de la mer. Les plates-formes pétrolières offshore se divisent en deux groupes : les plates-formes d'exploration et les plates-formes d'exploitation.

— La fonction des plates-formes d'exploration est le forage. La plate-forme est positionnée pour un forage d'exploration et une fois les opérations terminées, la plate-forme est déplacée sur un nouveau site, sa caractéristique principale est la mobilité.

— Les fonctions des plates-formes d'exploitation sont plus variées :
- forage
- production
- habitation
- injection d'eau
- utilités.

Ces plates-formes ou groupes de plates-formes sont en général de véritables usines en mer. Elles sont installées pour la durée de vie d'exploitation du champ pétrolier.

La plate-forme de travail ou pont est reliée au fond de la mer par différents équipements (figure 1) :

— les puits de forage
— les canalisations de collecte et d'expédition de la production appelées risers.
— les canalisations de pompage d'eau de mer (pour injection d'eau, eau industrielle ou eau domestique)
— des cables électriques et d'instrumentation.

Nous traiterons principalement des plates-formes d'exploitation.

LES PLATES-FORMES DANS L'OFFSHORE CLASSIQUE

Plates-formes d'exploration

Dans les conditions offshore classiques sous climat chaud ou tempéré, les plates-formes d'exploration sont des plates-formes de forage mobiles :

— à support flottant :
Plates-formes semi-submersibles
Navires de forage
— à support posé sur le fond en opération :
Plates-formes auto-élévatrices.

Plates-formes d'exploitation

Les plates-formes sont fixes. Le support de la plate-forme est en général de type jacket (figure 1), cependant il existe des supports gravitaires.

Les conditions de charges qui dimensionnent la plate-forme sont :

— Les conditions d'exploitation : charges verticales des équipements en opération.
— Les conditions d'environnement : charges horizontales dues au vent, au courant, à la houle et au séisme.

Dans les supports type jacket les charges verticales sont reprises par des piles fichées dans le fond de la mer. Le jacket lui-même, structure tubulaire réticulée est destiné à relier ces piles entre elles pour les rigidifier et à résister aux efforts horizontaux (contreventement).

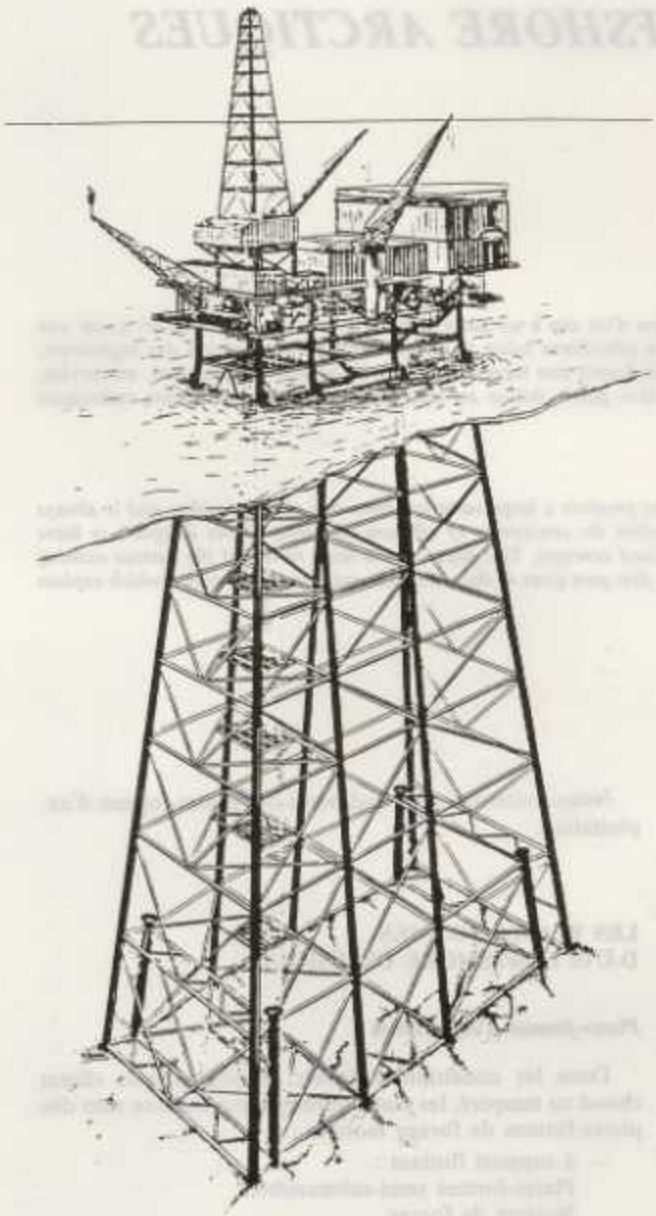


FIG. 1. — Jacket type.

Dans les faibles et moyennes profondeurs d'eau et conditions d'environnement modérées, les fonctions des plates-formes sont en général dissociées :

— plate-forme de forage
— plate-forme de production
— plate-forme d'habitation.

Lorsque la profondeur d'eau augmente ou que les conditions d'environnement sont sévères, pour des raisons économiques on tend à regrouper le plus grand nombre possible de fonctions sur une même plate-forme : fonctions forage, production et habitation. De plus les plates-formes sont prévues pour forer un plus grand nombre de puits. Les puits de forage se trouvent à l'intérieur de la structure du jacket, et les risers sont en général attachés aux faces du jacket.

La séquence d'installation de ces plates-formes est :

— Installation du jacket
— Battage des piles dans les jambes ou les guides appropriés
— Installation du pont
— Installation des équipements sous forme de modules;
— Raccordement des modules et commissionning.

Cette installation requiert la présence d'importants moyens navals de levage et d'habitation pendant toute sa durée qui peut être supérieure à 1 an. La durée des raccordements des divers équipements de production (hook up) et du commissionning de la plate-forme, opérations de coût très élevé, sera dépendante du degré de fractionnement des modules et des conditions météorologiques. On cherche à diminuer cette durée en installant des colis de plus en plus lourds (le record est de 5 400 t), ou des ponts dejà équipés partiellement (cas des plates-formes gravitaires en Mer du Nord).

LES PLATES-FORMES POUR LES CONDITIONS ARCTIQUES

Nous considérons ici les plates-formes des régions arctiques proprement dites, c'est-à-dire, situées dans l'océan arctique et celles des régions subarctiques où la mer est gelée pendant une plus ou moins grande partie de l'année, ou bien véhicule de la glace (Mer de Barentz, Mer de Bering, Mer d'Okhotsk, Mer du Labrador).

Critères particuliers aux conditions arctiques.

Les régions arctiques sont caractérisées par des conditions climatiques rigoureuses qui entraînent :

— La présence de la glace sous différentes formations :

- glace de l'année
- glace pluriannuelle
- icebergs
- glace stationnaire rattachée au rivage
- glaçons de grande dimension se déplaçant
- banquise
- crêtes de pression

— La possibilité de travailler avec des moyens navals conventionnels seulement pendant la période où la mer est libre de glace.
— L'isolement logistique de la plate-forme une fois installée.

Les moyens conventionnels d'exploration sont utilisés dans les zones subarctiques lorsque la période libre de glace est suffisamment longue. Mais pour les zones arctiques et pour prolonger la saison d'exploration il a fallu imaginer d'autres méthodes.

La glace constitue le paramètre le plus important que l'ingénierie doit prendre en compte pour l'étude et la réalisation d'ouvrages en mer arctique. Quel que soit le type de formation de glace les efforts dus à la pression et aux chocs sont très importants : la pression locale due à la glace est plus de 20 fois supérieure à celle due à la houle. Une première conséquence est que les équipements de liaison avec le fond, tels que tubes de forage, risers, lignes de pompage ne sauraient résister aux efforts de poussée de la glace; ils doivent donc être protégés par une enveloppe extérieure.

D'autre part, le créneau de temps permettant l'installation de la structure est parfois très court et l'emploi de

moyens traditionnels d'assistance à l'installation est réduit; de plus l'isolement logistique durant la période où la mer est gelée conduit à prévoir une autonomie de la plate-forme pendant plusieurs mois. Ces considérations, spécifiques aux mers gelées, conduisent à éliminer les supports type jacket qui ne sauraient résister aux efforts locaux de la glace tout en protégeant les équipements et qui demandent une période d'installation plus longue que celle autorisée.

Au contraire on est conduit à concevoir des plates-formes massives de type mono-support de grandes dimensions renfermant toutes les liaisons, comportant de grandes capacités de stockage et qui doivent être installées en un seul bloc opérationnel. Ces plates-formes auront tout naturellement une grande masse dont la stabilité sera assurée par son propre poids.

Les forces appliquées par la glace dépendent de la largeur de la structure, et du mode d'interaction entre la glace et la structure.

La préoccupation des ingénieurs a été depuis le départ de diminuer les charges :

- en minimisant le diamètre de la structure au niveau d'action de la glace : solution monopode dans laquelle la structure a un diamètre juste nécessaire pour protéger les équipements qui traversent la surface de la mer et pour supporter les charges de pont;
- en réalisant une forme tronconique au niveau d'interaction glace-structure pour provoquer la rupture de la glace par flexion plutôt que par écrasement.

Cependant d'autres facteurs sont à prendre en compte pour l'optimisation de la structure tels que stabilité en flottaison pendant le remorquage, et l'immersion, stabilité sur fondation, capacité de stockage, possibilités de construction. Il est un fait que les structures qui ont été réalisées sont des structures caisson de grand diamètre au niveau de la glace.

CONCEPTS ET ÉTUDES POUR LES STRUCTURES D'EXPLORATION

Les premières études et réalisations ont concerné des îles artificielles construites sur place dans de très faibles profondeurs d'eau. Ce type de structure est limité aux faibles profondeurs et peu pratique car non transférable. Il a donc fallu très rapidement étudier d'autres solutions. De très nombreux concepts de structures mobiles ont été étudiés et proposés par l'industrie et l'ingénierie pendant les dix dernières années. Dans leur grande majorité ces plates-formes sont conçues comme des structures gravitaires de deux types principaux :

Les caissons caractérisés par une structure porteuse de grandes dimensions proches de celles de la superstructure.

Les monopodes dans lesquels la structure porteuse a un diamètre nettement plus faible que les superstructures dans la zone de glace.

Quel que soit leur type les plates-formes ont une embase de grandes dimensions permettant de distribuer la pression sur le sol de fondation. La paroi en contact avec la glace peut être verticale ou inclinée (un monopode peut alors être appelé monocone). Contre des parois verticales la glace se brise par écrasement, la paroi inclinée étant destinée à provoquer la ruine de la glace par flexion, et diminuer ainsi les forces appliquées. Cependant l'utilité du mur conique ne fait pas l'unanimité, certains spécialistes avançant même l'hypothèse que dans certains cas, il pourrait être défavorable.

La stabilité des plates-formes est assurée par ballastage d'eau de mer et leur caractéristique principale reste la mobilité avec, comme conséquence, l'adaptation à une gamme de profondeurs d'eau et à différentes conditions de sol.

Les matériaux de construction des plates-formes sont l'acier, le béton ou hybrides : acier-béton.

Les structures ont en commun un mur extrêmement résistant au niveau de la glace. Pour les structures purement acier ceci entraine un raidissage très serré de la paroi. Afin d'éviter cette construction coûteuse on a étudié des murs composites formés de parois d'acier avec du béton à l'intérieur, le béton et l'acier travaillant ensemble. De nombreux projets de plates-formes acier font appel à cette technique. Par ailleurs le béton et l'acier ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients et le choix pourra être guidé par des considérations de mobilité, de profondeur d'eau d'opération, de stabilité, de facilité de construction, de résistance à la corrosion et en final par des raisons économiques. Un certain nombre de concepts ont été réalisés et opèrent ou ont opéré en Mer de Beaufort.

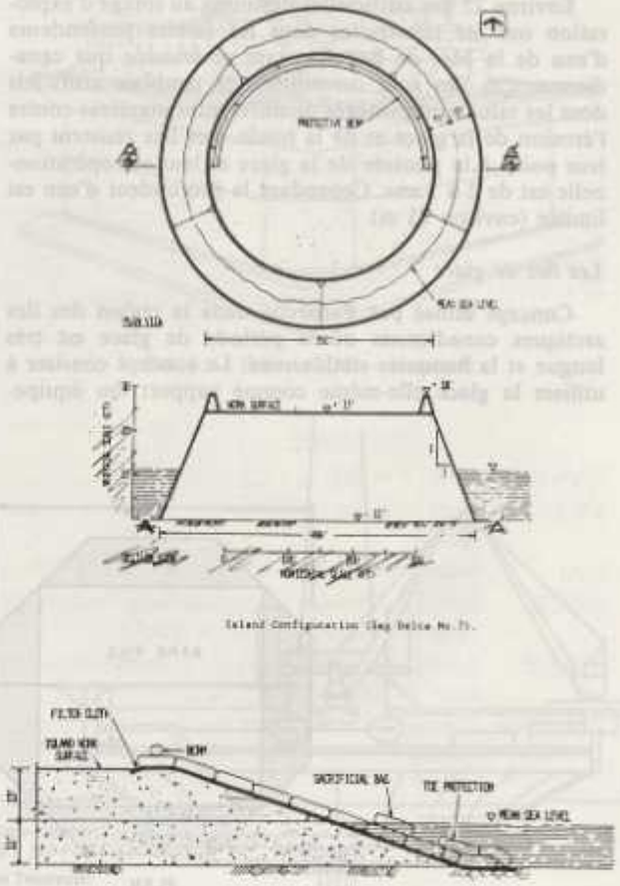


FIG. 2. — Ile Artificielle.

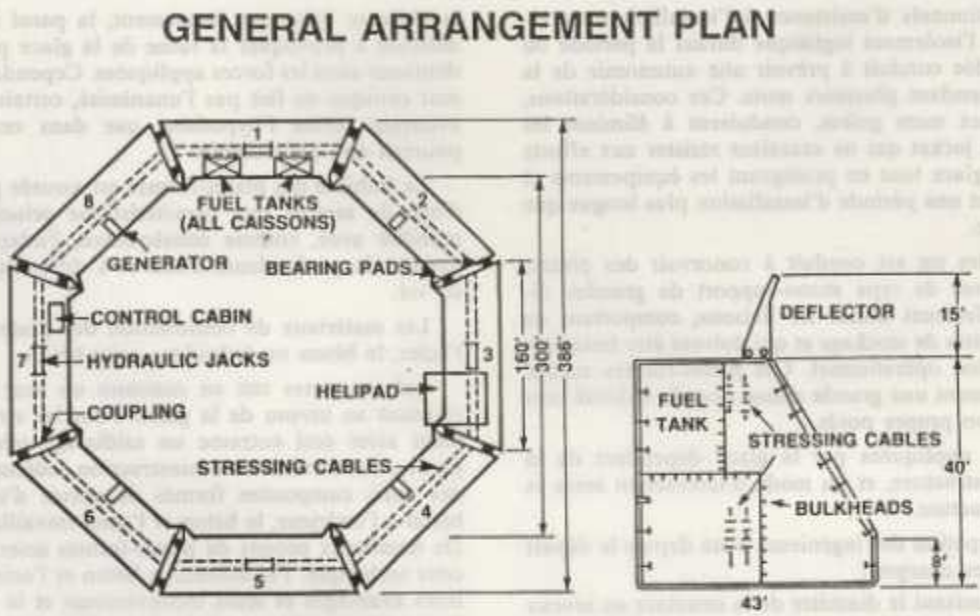


FIG. 3. — Caissons acier — Kadluk

Structures d'exploration existantes

Les îles artificielles (figure 2)

Environ 25 îles artificielles destinées au forage d'exploration ont été construites dans les faibles profondeurs d'eau de la Mer de Beaufort tant américaine que canadienne. Ces îles sont constituées de remblais artificiels dont les talus sont protégés de différentes manières contre l'érosion de la glace et de la houle. Les îles résistent par leur poids à la poussée de la glace et leur vie opérationnelle est de 2 à 5 ans. Cependant la profondeur d'eau est limitée (environ 15 m).

Les îles de glace

Concept utilisé par Panarctic dans la région des îles arctiques canadiennes où la période de glace est très longue et la banquise stationnaire. Le concept consiste à utiliser la glace elle-même comme support des équipements de forage en l'épaississant par projection d'eau afin de la rendre suffisamment résistante.

Les îles retenues par des caissons

Deux îles de ce type ont été construites pour la Mer de Beaufort. Le principe en est l'installation de caissons préfabriqués reliés entre eux et le remblaiement de la partie interne sur laquelle on installe les équipements de forage. Un remblai sous-marin est construit avant l'installation des caissons afin d'augmenter la profondeur d'eau d'utilisation.

Les caissons en acier du champ de Kadluk (figure 3) pour Esso Canada composés de huit caissons disposés sous forme d'octogone. Un remblai sous-marin est nécessaire pour une profondeur d'eau supérieure à 9 m. Il a été installé dans 18 m d'eau sur le champ de Kadluk.

Les caissons en béton du champ de Tarsiut (figure 4). Quatre caissons en béton armé léger reliés entre eux par des portes métalliques. Un remblai sous-marin est néces-

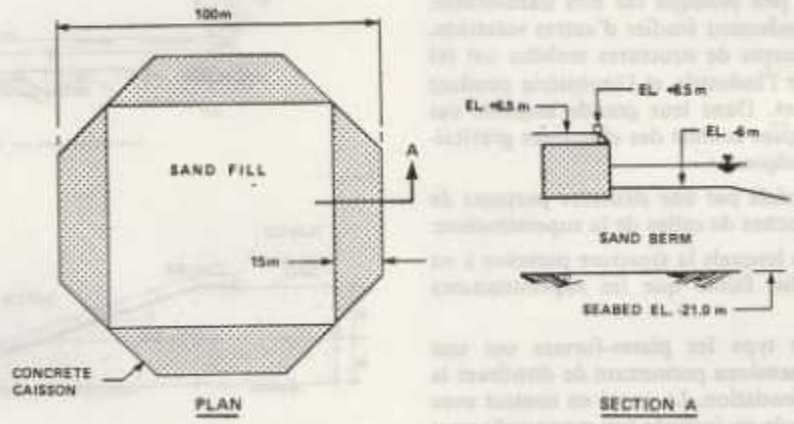


FIG. 4. — Tarsiut Island

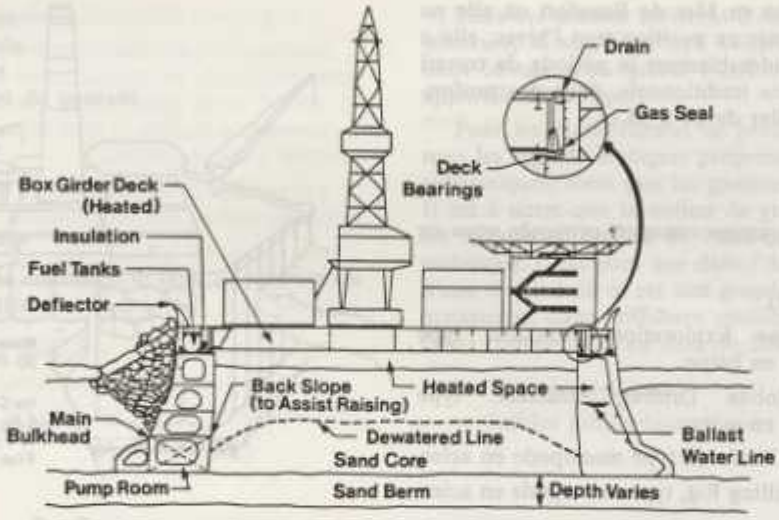


FIG. 5. — Molikpaq — Section through caisson

saire pour une profondeur d'eau excédant 6,5 m. Il a été installé par 22 m d'eau à Tarsiut.

Les plates-formes caisson

Trois caissons ont été construits pour la Mer de Beaufort.

Le SSDC (Single Steel Drilling Caisson) est une unité de forage en acier fabriquée à partir d'un pétrolier de grande capacité (VLCC). L'avant et l'arrière ont été enlevés et les côtés ont été notablement renforcés pour résister aux forces de glace, à l'aide d'acier et de béton.

La profondeur d'eau de travail va de 4,6 m à 9 m et il doit être installé sur une fondation spécialement préparée, avec un remblai si la profondeur d'eau est supérieure (il a déjà été installé dans 35 m d'eau).

Le Molikpaq (figure 5)

C'est un caisson annulaire en acier à huit côtés avec des faces inclinées. La partie centrale de l'annulaire est destinée à être remplie de sable ce qui assure sa stabilité. C'est la raison pour laquelle certains auteurs le classent comme une île retenue par des caissons. Cependant l'annulaire est formé d'un seul bloc et est équipé d'un pont supportant les équipements de forage. Le caisson peut être déplacé avec tous ses équipements. La paroi externe en acier est étudiée pour résister aux forces de glace et la profondeur d'eau d'installation est de 21 m.

Le super CIDS (Super Séries Concrete Island Drilling System) (figure 6) est une structure hybride composée d'une base en acier, un corps en béton lui-même constitué de 1 ou 2 épaisseurs de modules préfabriqués suivant la profondeur d'eau, et d'un pont en acier. La structure de béton en nids d'abeilles est étudiée pour résister à la glace. La profondeur d'eau opérationnelle varie de 11 m à 17 m.

Plate-forme caisson flottante (figure 7)

Le KULLUK ou plate-forme conique flottante de forage est une plate-forme flottante en forme de tronc de cône inversé entièrement en acier. La coque est renforcée pour résister à des conditions de glace modérée (1,2 m d'épaisseur) et elle est positionnée à l'aide de 12 lignes d'ancrage.

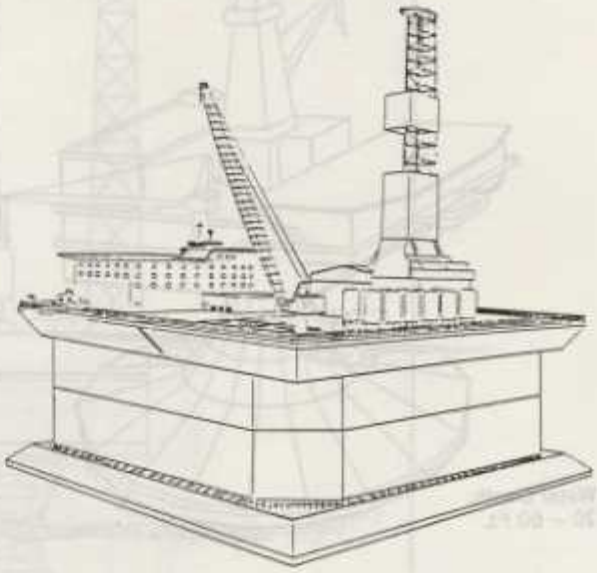


FIG. 6. — Super CIDS — isometric

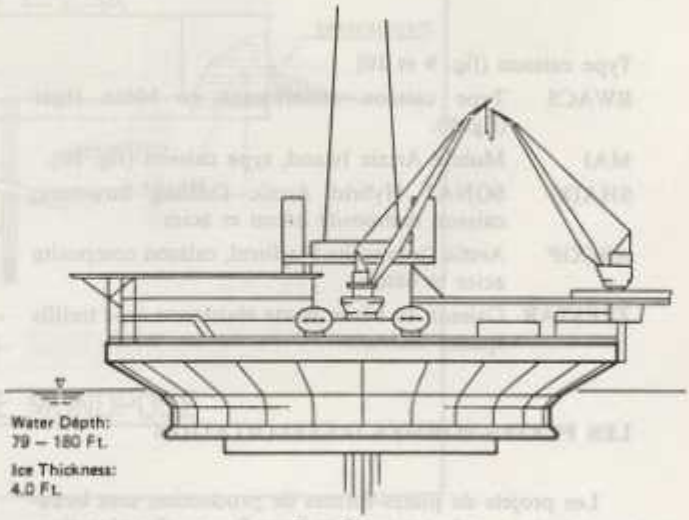


FIG. 7

La plate-forme opère en Mer de Beaufort où elle ne peut cependant pas rester en position tout l'hiver; elle a permis d'allonger considérablement la période de travail par rapport aux moyens traditionnels, dans des profondeurs d'eau pouvant aller de 24 à 56 m.

Etudes et Concepts

Parmi les nombreux autres concepts proposés nous en citons quelques-uns :

Type monopode (fig. 8) :

ACES Arctic cone Exploration Structure, type monocone en béton.

AMDS Arctic Mobile Drilling Structure, type monocone en acier.

Mobile Arctic Gravity Platform, type monopode en acier.

Monopode Jackput Drilling Rig, type monopode en acier.

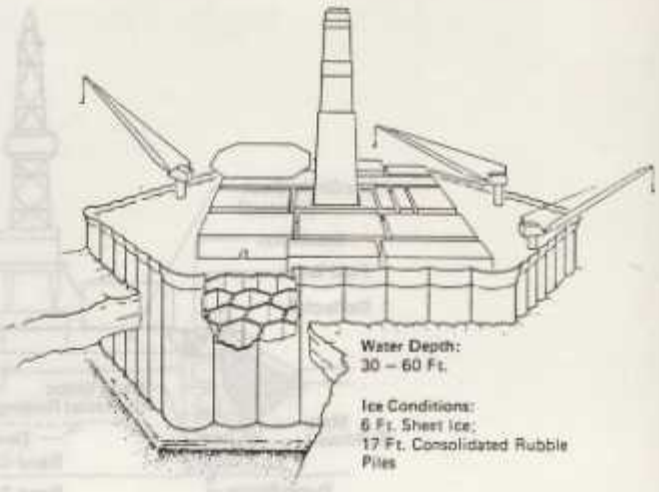


FIG. 9

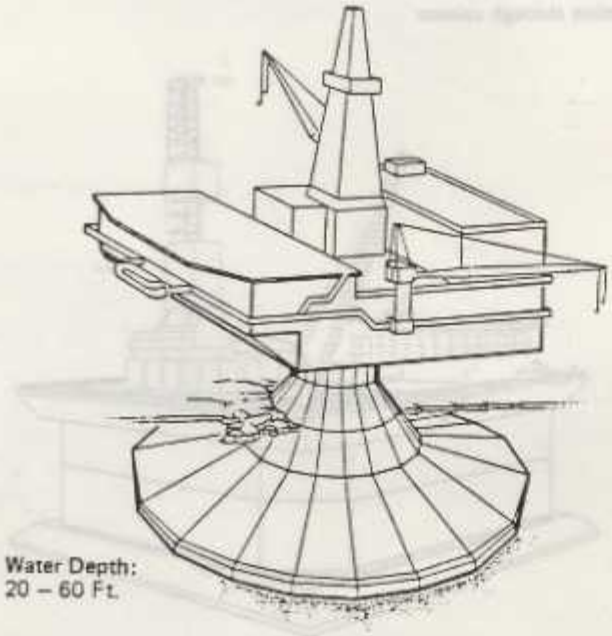


FIG. 8

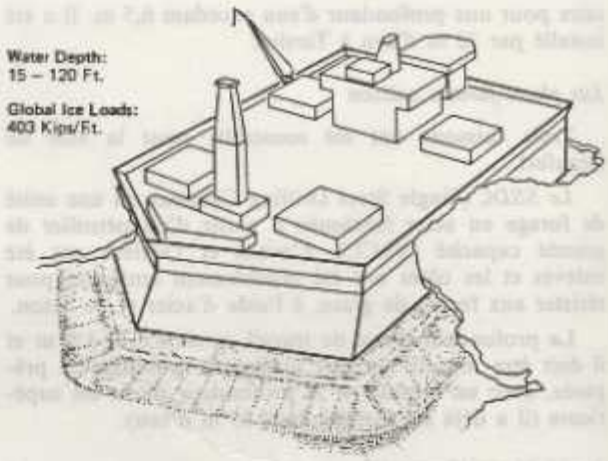


FIG. 10

Type caisson (fig. 9 et 10)

BWACS Type caisson entièrement en béton léger (fig. 9).

MAI Mobile Arctic Island, type caisson (fig. 10).

SHADS SONAT Hybrid Arctic Drilling Structure, caisson composite béton et acier.

ARCOP Arctic Composite Platform, caisson composite acier et béton.

ZEESTAR Caisson en béton haute résistance avec treillis spatial intérieur.

LES PLATES-FORMES D'EXPLOITATION

Les projets de plates-formes de production sont beaucoup moins nombreux que les plates-formes d'exploration, et encore certains en sont restés pratiquement au simple dessin d'architecture. Les plates-formes sont permanentes, elles doivent donc être adaptées à une profondeur d'eau et à un sol de fondation déterminé. D'autre part compte tenu de la durée de vie prolongée les critères de calcul sont plus sévères. Aux conditions arctiques s'ajoutent les conditions liées aux plates-formes de production en environnement sévère.

A priori on retrouve le type de plate-forme gravitaire. La géométrie des structures et les matériaux de construction seront déterminés en fonction des critères suivants :

a. *Critères d'opération*

- Différentes fonctions de la plate-forme
- Volume des équipements de pont
- Nombre de puits et de risers
- Capacité de stockage de consommable
- Stockage éventuel de la production.

b. *Critères d'environnement*

- Profondeur d'eau

— Action de la glace
— Action de la houle
— Action du séisme
— Action du vent et du courant

c. *Critères de fondation*

— Conditions de sol

d. *Critères de construction*

— Site et moyens de construction dont on dispose ou que l'on veut utiliser.

e. *Critères d'installation*

— Tirant d'eau
— Stabilité en flottaison.

Tous ces critères serviront à faire le choix du type de structure, la structure type caisson étant mieux adaptée dans le cas d'un grand nombre de puits et de deux appareils de forage.

Pour les plates-formes de production nous distinguerons les régions arctiques proprement dites et les régions subarctiques, ainsi que les gammes de profondeur d'eau. Il est à noter que la notion de grande profondeur d'eau est relative et dépend de l'état de développement de la technique. C'est ainsi que dans l'Arctique une profondeur d'eau de 50 à 60 m est une grande profondeur alors que maintenant dans l'offshore classique les grandes profondeurs commencent au delà de 300 m.

Les régions arctiques :

— Faibles profondeurs d'eau.

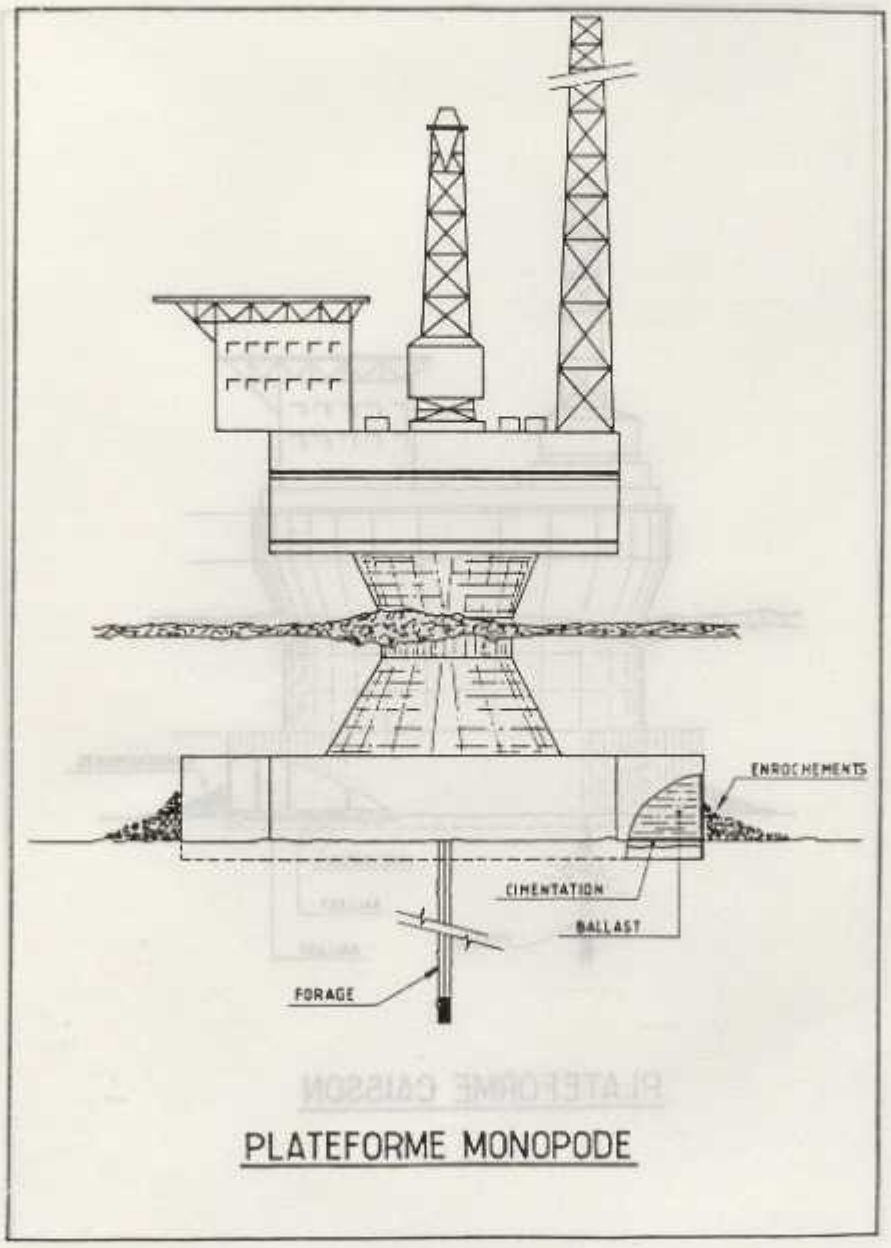


Fig. 11

De même que pour l'exploration, les premiers développements sont prévus à l'aide d'îles artificielles. Le premier développement en mer arctique sera certainement le champ de ENDICOTT en Mer de Beaufort US, situé à 4 km offshore par une profondeur d'eau de 4 à 5 m, dont la construction des structures a été commencée.

Le schéma de développement prévoit deux îles artificielles : une île principale de production et une île satellite de forage; 120 puits sont prévus, environ la moitié sur chaque île. Les îles sont reliées au rivage par une digue devant supporter les canalisations d'évacuation de la production.

Ce champ est développé par SOHIO/EXXON.

Le concept des îles artificielles pour la production est limité aux faibles profondeurs d'eau (environ 10 m).

— Moyennes et grandes profondeurs d'eau (10 à 60 m).

Les concepts proposés sont des structures gravitaires de type monopode ou caisson, avec ou sans forme conique au niveau de la glace. Ainsi que nous l'avons vu précédemment la structure de type caisson semble être la mieux adaptée à ces conditions.

Les matériaux de construction sont également l'acier et le béton, utilisés seul ou ensemble.

La figure 11 montre une plate-forme monopode en béton. On voit que ce type de plate-forme permet l'installation d'un seul appareil de forage.

La figure 12 montre une plate-forme caisson en béton.

Pour supporter ces plates-formes, le sol de fondation peut être renforcé par gel à l'aide de piles thermiques.

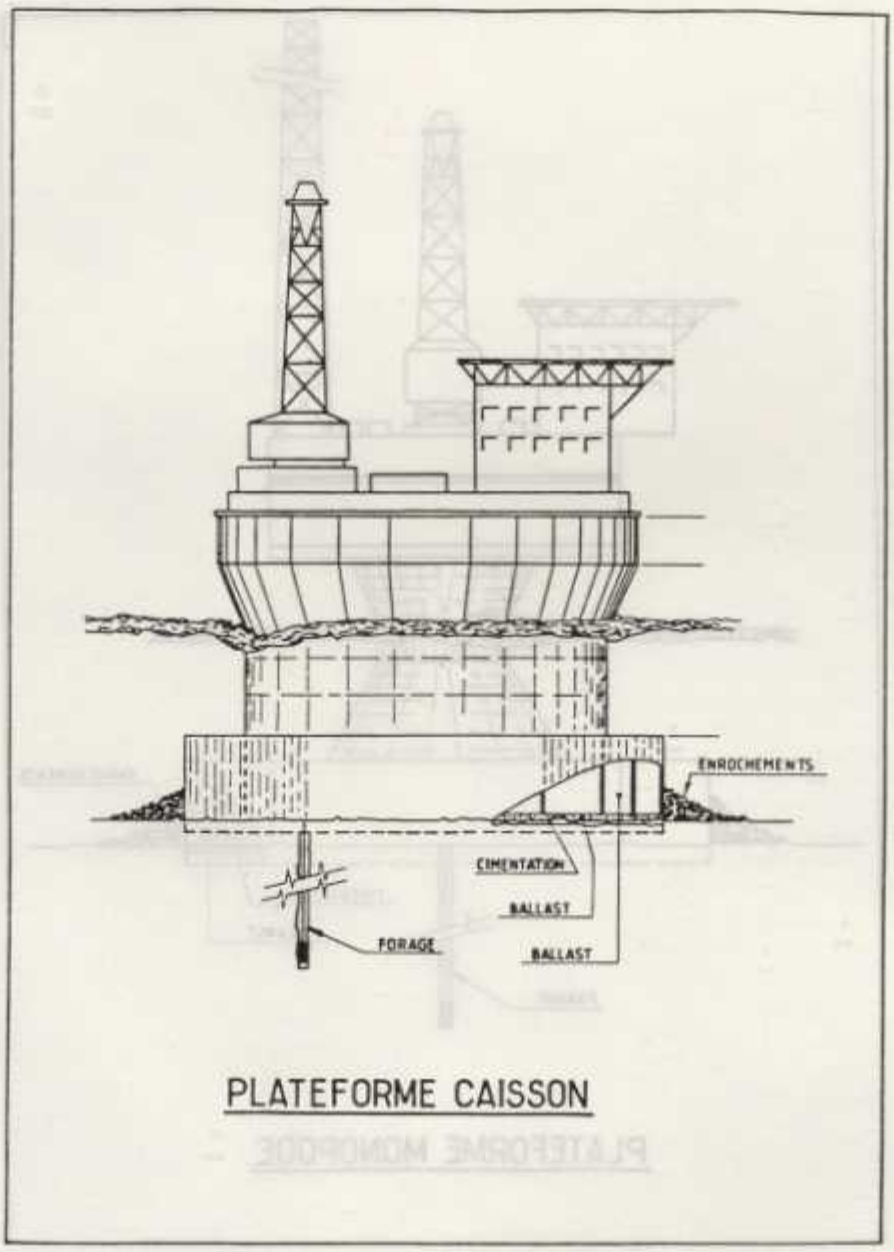


Fig. 12

Profondeurs supérieures à 60 m.

Il est communément admis que la technologie existante ne permet pas et ne permettra pas à moyen terme de concevoir des plates-formes fixes pour des profondeurs d'eau supérieures à 60 m. Cependant les techniques sont en pleine évolution. On pense qu'il faudra probablement recourir aux développements sous-marins, dont la technologie est encore relativement peu développée, et dont la fiabilité devra être éprouvée avant d'être utilisés dans un environnement aussi hostile que l'Arctique.

Les régions subarctiques.

Elles sont caractérisées par des conditions de glaces nettement moins sévères que les régions arctiques :

— pas de glace pluriannuelle
— épaisseur entre 1 et 2 m.

Par contre les conditions de houle peuvent être notablement plus sévères et approcher, dans certains endroits, les conditions de la Mer du Nord (Bassin de Navarin dans la Mer de Bering par exemple).

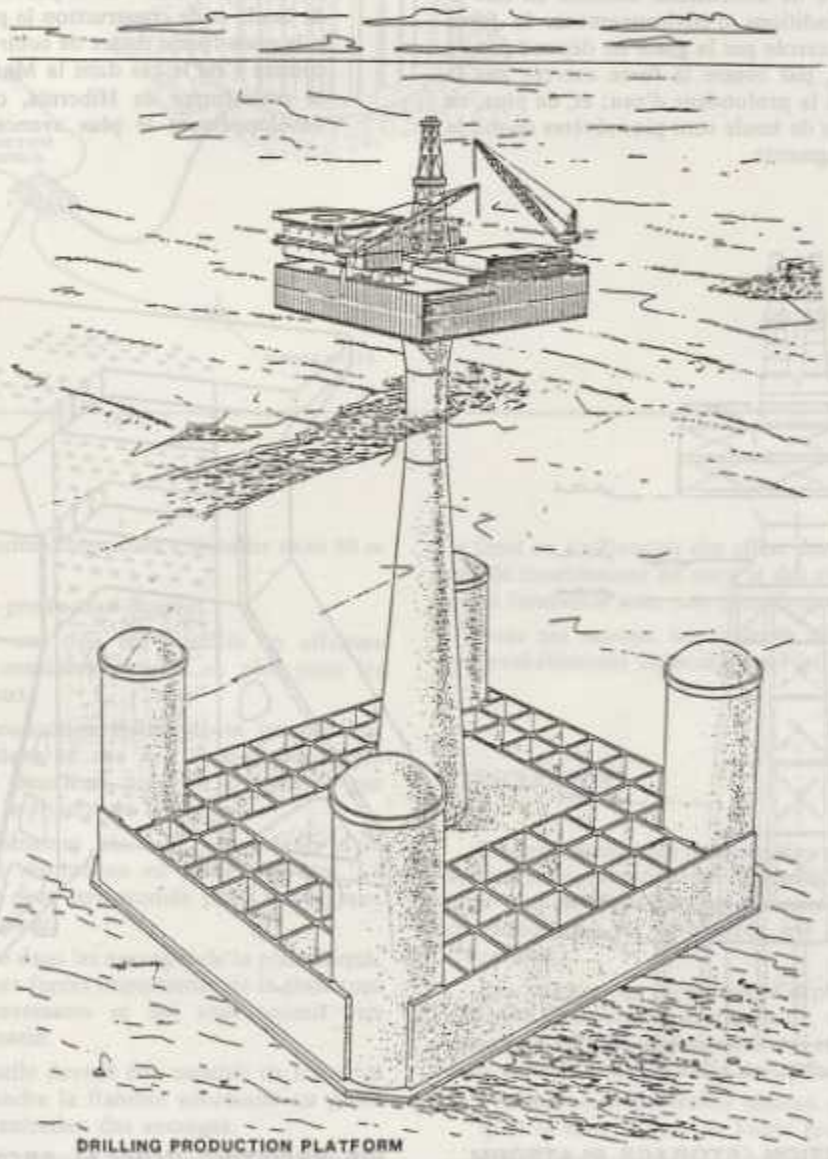
La présence de la glace impose la protection des équipements et élimine la solution jacket classique.

— Faibles et moyennes profondeurs d'eau (10-60 m)

Les concepts gravitaires proposés pour l'Arctique proprement dit sont valables, avec l'avantage de forces de glace plus faibles.

Cependant il faut mentionner ici les structures du Cook Inlet au Sud de l'Alaska, où des plates-formes multipode ont été installées.

Les caractéristiques particulières de la région sont un très fort courant de marée, et donc des glaçons de petites



DRILLING PRODUCTION PLATFORM
NAVARIN BASIN
BERING SEA

Fig. 13

dimensions se déplaçant à vitesse relativement élevée ce qui évite le risque d'accumulation entre les jambes.

Trois types de plates-formes ont été installées dans les années 1964 à 1968 dans 20 à 25 m d'eau; elles sont toutes en acier et fixées par l'intermédiaire de piles dans le fond de la mer :

— plates-formes quadripode
— plates-formes tripode
— plates-formes monopode.

Les jambes des plates-formes sont de grand diamètre car elles contiennent les tubes de forage et les risers. Les jambes des multipodes sont contreventées en dessous du niveau des plus basses eaux : au niveau d'impact de la glace les seules obstructions sont les jambes des plates-formes.

— Grandes profondeurs d'eau (jusqu'à 150 m).

Il est toujours nécessaire de protéger les équipements au niveau de la glace.

Pour une structure de dimensions données en tête et pour les mêmes conditions d'environnements la force horizontale globale exercée par la glace ne dépend pas de la profondeur d'eau, par contre la force exercée par la houle augmente avec la profondeur d'eau; et, de plus, en général les conditions de houle sont plus sévères quand la profondeur d'eau augmente.

Donc très rapidement pour une plate-forme gravitaire la stabilité globale sur fondation sera déterminée par la houle et non par la glace. Il est donc nécessaire de chercher à diminuer les efforts de houle.

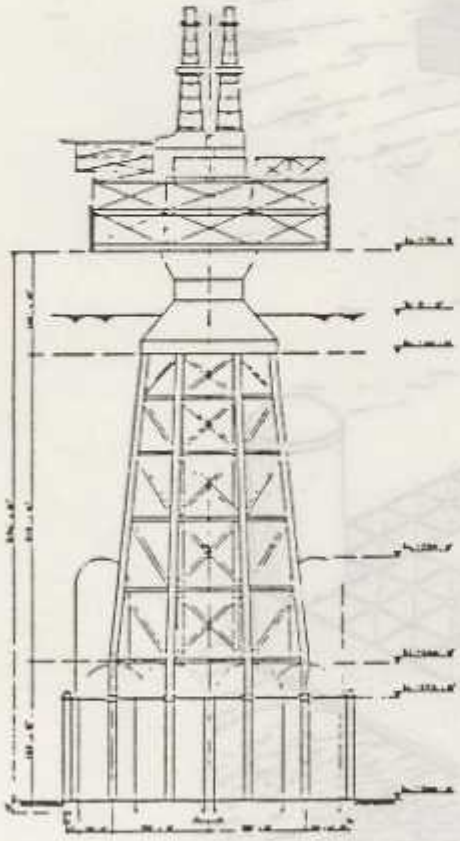
Très peu de concepts ont été étudiés pour ces conditions, bien que l'exploration soit assez active.

Parmi les concepts possibles on peut citer :

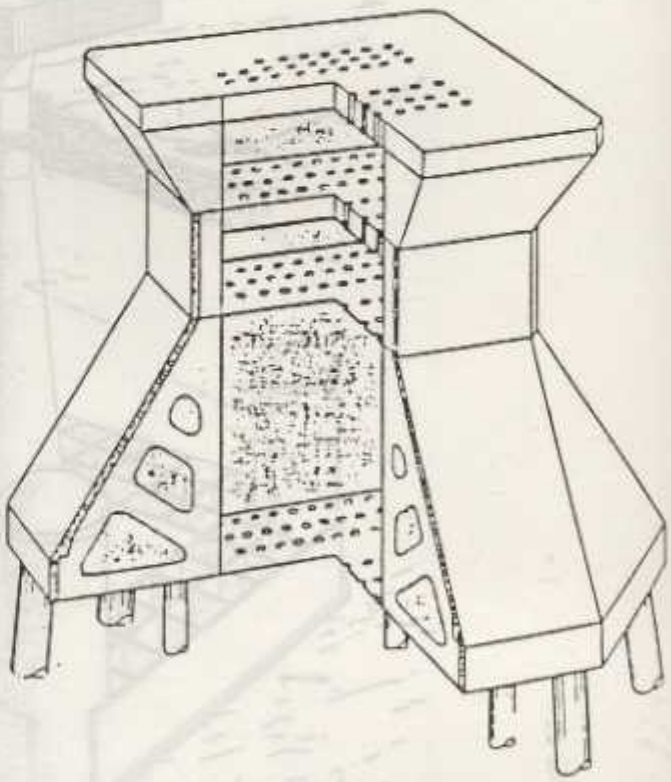
a. Les plates-formes gravitaires de type semblable à celles de la Mer du Nord, monopodes, ou multipodes si les conditions de glace le permettent (la figure 13 montre une monopode).

b. Un concept de plate-forme hybride constituée d'un support du type de ceux des profondeurs moyennes posé sur un autre support offrant moins de résistance à la houle (figure 14).
Ce support inférieur peut être soit gravitaire et composé de colonnes, soit de type jacket fixé par piles dans le fond de la mer.

c. Le concept caisson n'est pas exclu si les conditions de houle et de construction le permettent, et surtout si la plate-forme risque de subir l'action des icebergs comme c'est le cas dans la Mer du Labrador. Ainsi la plate-forme de Hibernia, qui est le projet de développement le plus avancé (figure 15) est un



CENTRAL PRODUCTION/STORAGE PLATFORM
GENERAL ARRANGEMENT



ICE RESISTING CONICAL SECTION

FIG. 14

PRODUCTION SYSTEM COMPONENTS

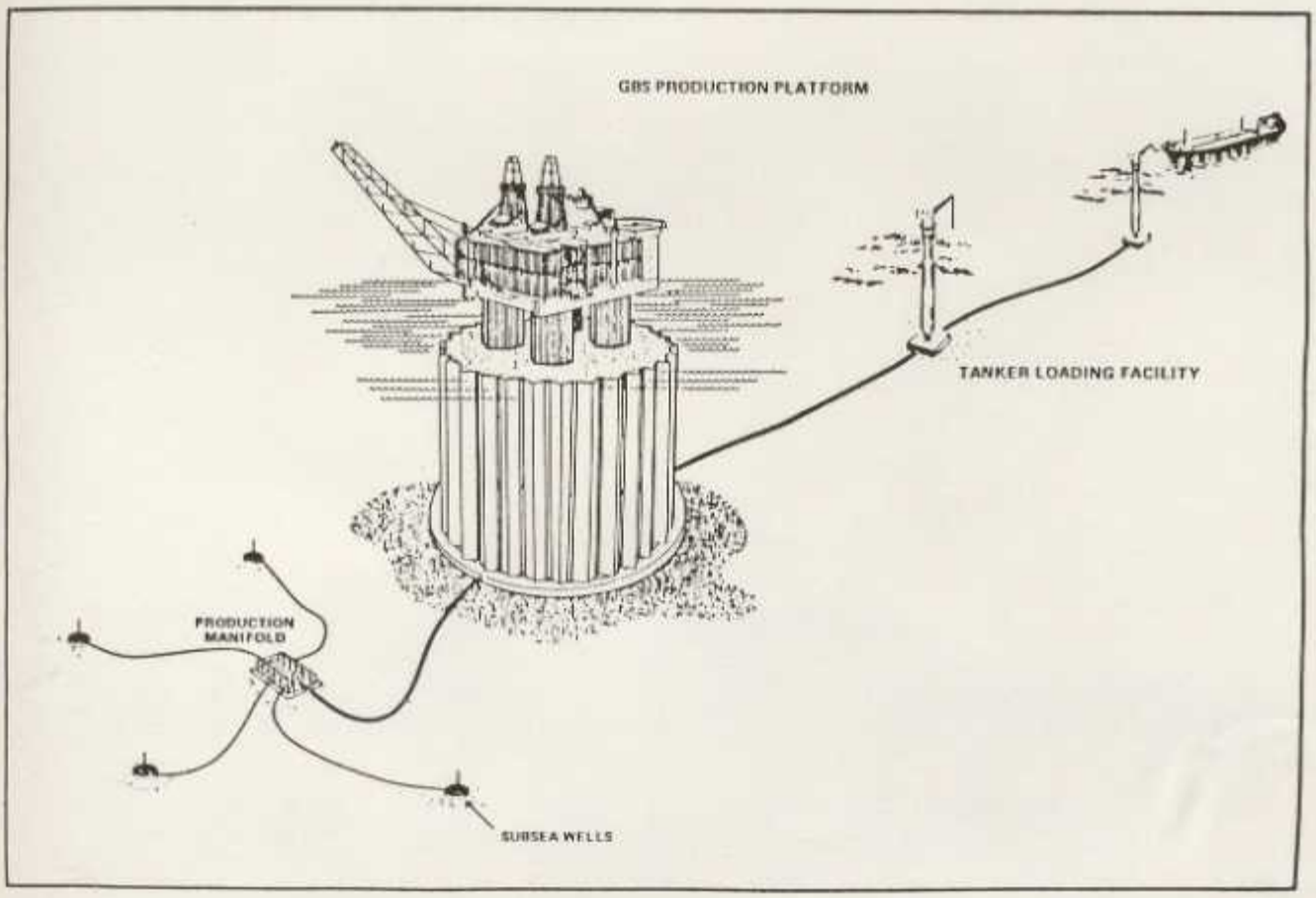


FIG. 15

caisson de grandes dimensions à installer dans 80 m d'eau.

d. Le système de production flottant.

De tels systèmes ont déjà été installés en offshore classique et on les considère de plus en plus pour les champs dits marginaux.

Le système de production flottant peut trouver une bonne application dans le cas des mers subarctiques (c'était d'ailleurs la deuxième solution considérée par Mobil Canada pour le champ de Hibernia).

Les différents problèmes liés aux mouvements d'un support flottant sont résolus ou en passe de l'être. La structure du support peut être étudiée pour résister aux efforts locaux de la glace.

Le problème réside dans les ancrages de la plate-forme, qui doivent résister aux forces importantes de la glace tout en limitant les mouvements et qui sont soumis aux attaques du milieu marin.

La technique actuelle devrait être capable de résoudre ce problème, et atteindre la fiabilité nécessaire au point de vue résistance et entretien des ancrages.

Le système flottant présente un autre avantage dans les zones subarctiques soumises à une activité sismique relativement importante (Golfe d'Alaska, Mer de Bering, Mer d'Okhotsk) : du fait que la plate-forme ne repose pas sur le fond on s'affranchit des effets des vibrations du sol en cas de tremblement de terre et des risques d'affaissement de la fondation sous une plate-forme gravitaire.

Pour ces raisons, les systèmes de production flottant ont probablement un avenir dans les régions subarctiques.

CONCLUSION

En conclusion nous pouvons dire que de très nombreux systèmes d'exploration ont été étudiés et que l'originalité n'est plus de mise dans ce domaine. La grande majorité des concepts a été développée par les Américains et les Canadiens.

Par contre, les systèmes d'exploitation demandent encore à être étudiés sérieusement; et si l'industrie française veut sa part du futur marché offshore arctique c'est dans cette direction qu'elle doit pousser ses recherches :

- Plates-formes gravitaires caisson pour les zones arctiques et subarctiques de faible profondeur.
- Recherche sur les concepts adaptés aux conditions subarctiques grande profondeur, gravitaires ou à piles, et surtout systèmes flottants qui semblent présenter un intérêt certain.

IV. — PROFILS DE PERSONNALITÉS ARCTIQUES

ARCTIC PERSONALITIES

UN FRANÇAIS À LA RECHERCHE DE SIR JOHN FRANKLIN : LE SACRIFICE DE JOSEPH-RENÉ BELLOT

par François BELLEC

Musée de la Marine, Paris

RÉSUMÉ. — En mai 1851, l'Enseigne de Vaisseau français Joseph-René Bellot embarquait à bord du *Prince-Albert* armé par Lady Franklin pour participer aux recherches de l'explorateur polaire disparu depuis six ans.

Il disparaissait dans une crevasse de glace le 18 août 1853, au cours d'une seconde campagne, à bord du navire anglais *Phoenix*.

Mots-clés : Arctique — Histoire — Exploration — Bellot — Franklin.

ABSTRACT. — **A French in search of Sir John Franklin : Joseph-René Bellot's sacrifice.** *Joseph-René Bellot, Sub-Lieutenant French Navy, was welcomed on board* Prince-Albert *on may 1851. He intended to participate in the search of the polar explorer Sir John Franklin, vanished since 1845.*

Bellot disappeared on August 18th 1853, during a second stay in the Arctic Ocean, on board an english polar ship.

Key-words : *Arctic — History — Exploration — Bellot — Franklin.*

« Mes chers et excellents amis,

Si vous recevez cette lettre, j'aurai cessé d'exister, mais en remplissant une mission de péril et d'honneur. Vous verrez dans le journal qui fait partie de mon bagage comment, notre capitaine et quatre hommes ayant dû être laissés derrière nous dans les glaces pour le salut du reste, nous avons dû songer, après cela, à aller au secours de ces braves gens.

Peut-être n'aurais-je pas le droit de disposer ainsi de moi, sachant combien je vous suis nécessaire à tous égards; mais ma mort elle-même attirera peut-être sur les divers membres de ma famille la considération des hommes et des bénédictions du ciel.

Adieu, au revoir là-haut, si ce n'est ici-bas. Ayez foi et courage.

Je vous embrasse. »

J. BELLOT

Mercredi 10 septembre 1851.

Cette lettre fut retrouvée par la famille d'un jeune officier de Marine français deux ans après les circonstances périlleuses qui l'avaient justifiée. Il venait de disparaître au cours d'une autre mission dangereuse, pendant son deuxième séjour dans l'Arctique.

En 1853, deux officiers français se trouvèrent, loin l'un de l'autre, engagés au nord du cercle polaire à bord de navires britanniques, dans les recherches de l'explorateur Sir John Franklin.

La fortune des mers boréales les aurait réunis à bord du même bateau, le *Phoenix*, au printemps 1854, sans la disparition accidentelle de Joseph Bellot huit mois plus tôt.

La disparition du Capitaine de Vaisseau — puis Amiral — Franklin et des 134 hommes de *l'Erebus* et du *Terror*, est l'un des plus impressionnants mystères de l'histoire de la conquête du pôle Nord et du passage du nord-ouest.

Ils étaient partis d'Angleterre le 26 mai 1845. Des baleiniers les perdirent de vue deux mois plus tard jour pour jour, au nord de la mer de Baffin.

On ne retrouva aucune trace avant 1851, et la mort de Franklin fut attestée treize ans après sa disparition.

19 expéditions rassemblant 41 navires et embarcations participèrent entre 1848 et 1854 à cette recherche désespérée de l'expédition évanouie entre la mer de Baffin et le détroit de Béring, le long d'une côte que Franklin avait déja explorée par voie de terre entre 1819 et 1821.

A l'autre bout du monde, en d'autres temps, Sir John Franklin avait accueilli *l'Erebus* et le *Terror* à Hobart Town le 16 août 1840, dans ses fonctions de Gouverneur de la Tasmanie, alors qu'ils exploraient l'Antarctique sous la conduite de James Clark Ross.

Il en avait pris à son tour le commandement, moins de deux ans après leur retour en Angleterre, assisté par le Capitaine de Vaisseau Francis Crozier qui conservait la charge du *Terror*.

Au moment où les navires appareillaient pour la mer de Baffin, un jeune Elève de 2e classe de la corvette française *Le Berceau* venait de se distinguer en sauvant, au péril de sa vie, un homme tombé à la mer entre les Mascareignes et Madagascar.

Dirigeant le feu d'une batterie de campagne devant Tamatave, il était blessé à la cuisse le 1er juillet 1845, quelques jours avant que les baleiniers perdissent de vue, dans un tout autre monde, *l'Erebus* et le *Terror*.

Promu Elève de 1re classe et décoré de la Légion d'Honneur à moins de vingt ans, Joseph-René Bellot passait sous le tropique du Capricorne, à bord de la frégate *La Belle Poule* le 1er juin 1846.

Le Capitaine de Vaisseau Romain-Desfossés, Com-

PHOTO 1. — Vision romantique de *l'Erebus* et du *Terror* dans les glaces de l'Arctique.
Ph. Musée de la Marine.

PHOTO 2. — Sir John Franklin.
Lithographie de Maguire et Negelen.
Un exemplaire de ce portrait fut offert à Bellot par Lady Franklin.
Ph. Musée de la Marine.

PHOTO 3. — Découverte du message relatant la mort de Sir John Franklin.
Ph. Musée de la Marine.

mandant la station de Bourbon, le prenait pour aide de camp.

Au nord du cercle polaire arctique, tout allait bien encore à bord des navires anglais, puisqu'un message optimiste daté du 24 mai fut trouvé douze ans plus tard dans les restes d'un camp du cap Felix, au nord de la Terre du roi Guillaume.

Le Commandant Crozier avait ajouté hélas l'année suivante sur le même message : « Sir John Franklin est mort le 11 juin 1847. Les pertes à ce jour sont de neuf officiers et de quinze hommes. »

Joseph-René Bellot ne songeait alors qu'à son prochain retour en France et à l'examen qui lui permettrait d'être promu Enseigne de Vaisseau le 1er novembre.

Personne ne savait encore que l'expédition Franklin était désormais en détresse, mais le destin du jeune officier brillant était déja arrêté.

L'inquiétude croissante sur le sort de l'expédition dont on était sans nouvelles après trois hivers passés dans l'Arctique devint insupportable au printemps 1848. Les expéditions de recherche commencèrent. Sir James Ross, Sir Richardson, le Capitaine Moore, revinrent l'un après l'autre sans le moindre indice.

D'autres les suivirent, financés par le gouvernement britannique, les Etats-Unis, des souscriptions publiques. Lady Franklin eut à cœur d'armer la goélette *Prince-Albert*, qui effectua une première campagne en 1850.

Pendant l'été 1851, on découvrit des vestiges du premier hivernage sur l'île Beechey, dans le détroit de Barrow.

Bellot était à ce moment à Rochefort, sa ville d'adoption depuis qu'il avait cinq ans. Venant d'effectuer une campagne en Océanie à bord de la corvette *La Triomphante* sur laquelle il avait embarqué dès sa promotion au grade d'Enseigne de Vaisseau, il était affecté au Dépôt des cartes et plans.

C'est dans cette relative inaction qu'il mûrit le projet de participer à la seconde campagne de recherche du *Prince-Albert* et demanda son détachement.

L'accueil de Lady Franklin fut celui d'une mère. Celui de l'Amirauté britannique fut chaleureux et prévenant.

En mai 1851, réalisant son rêve, Bellot embarqua à Aberdeen sur le *Prince-Albert*, sous les ordres du Capitaine Kennedy.

De multiples témoignages d'affection de la société écossaise, la remise d'un pavillon français, l'attribution des fonctions de commandant en second de la mission, démontrèrent au jeune officier l'estime et l'amitié que son geste avait suscitées dans les cœurs. Le *Prince-Albert* venait de prendre ses dispositions pour hiverner dans la baie de Batty, dans le passage du Régent, quand Bellot se lança le 11 septembre à la recherche de son commandant, isolé depuis plusieurs jours au cours d'une exploration de la côte, par une brutale arrivée du pack qui avait obligé le navire à s'éloigner. Trois tentatives lui permirent de retrouver le Capitaine Kennedy au Port-Léopold six semaines plus tard.

Il avait pensé, avant de quitter le navire, à écrire en cas de malheur la lettre d'adieu qui servirait deux ans plus tard.

Promu Lieutenant de Vaisseau le 3 février 1852, Bellot rentra à Aberdeen le 7 octobre, couvert d'éloges pour sa conduite, son intelligence, son dévouement et ses qualités

PHOTO 4. — Joseph-René Bellot.
Lithographie de Duval et Collin.
Ph. Musée de la Marine.

de cœur, laissant dans l'Arctique un détroit et un cap à son nom.

La notoriété de la participation de Bellot à l'exploration de l'Arctique à laquelle la France ne contribuait pas, est comparable à maints égards à celle qui s'attache aujourd'hui aux cosmonautes français engagés dans les grands programmes spatiaux. L'aventure arctique au milieu du XIXe siècle valait bien une telle émotion et un tel enthousiasme.

Un second officier français, l'Enseigne de Vaisseau de Bray, sollicita à son tour l'honneur de partager les risques des recherches.

Il embarqua dans la petite flotte qui réunissait aux ordres de Sir Edward Belcher en 1852, les deux frégates *Assistance* et *Resolute*, le transport *South-Star* et les deux vapeurs *Pioneer* et *Intrepid*.

Il arriva le 7 septembre à l'Ile Melville, où la *Résolution* allait hiverner avec *l'Intrepid*.

Le 4 février 1853, renonçant à convaincre la France d'armer un navire pour l'Arctique, Bellot s'en ouvrit à Lady Franklin. Son souvenir était tel, qu'il reçut par retour de courrier l'offre de prendre le commandement du

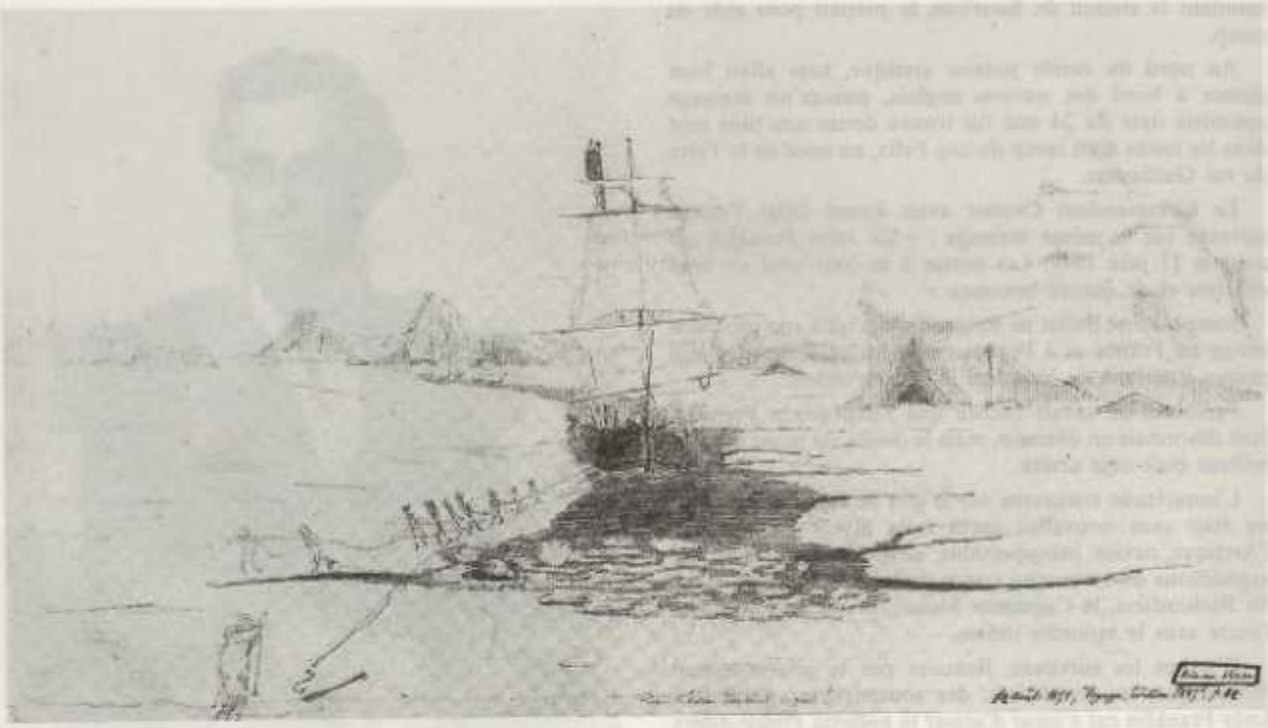


PHOTO 5. — Dessin original de Joseph-René Bellot, montrant le *Prince-Albert* dans les glaces, le 12 août 1851.
Musée de la Marine, fonds Bellot.
Ph. Musée de la Marine.

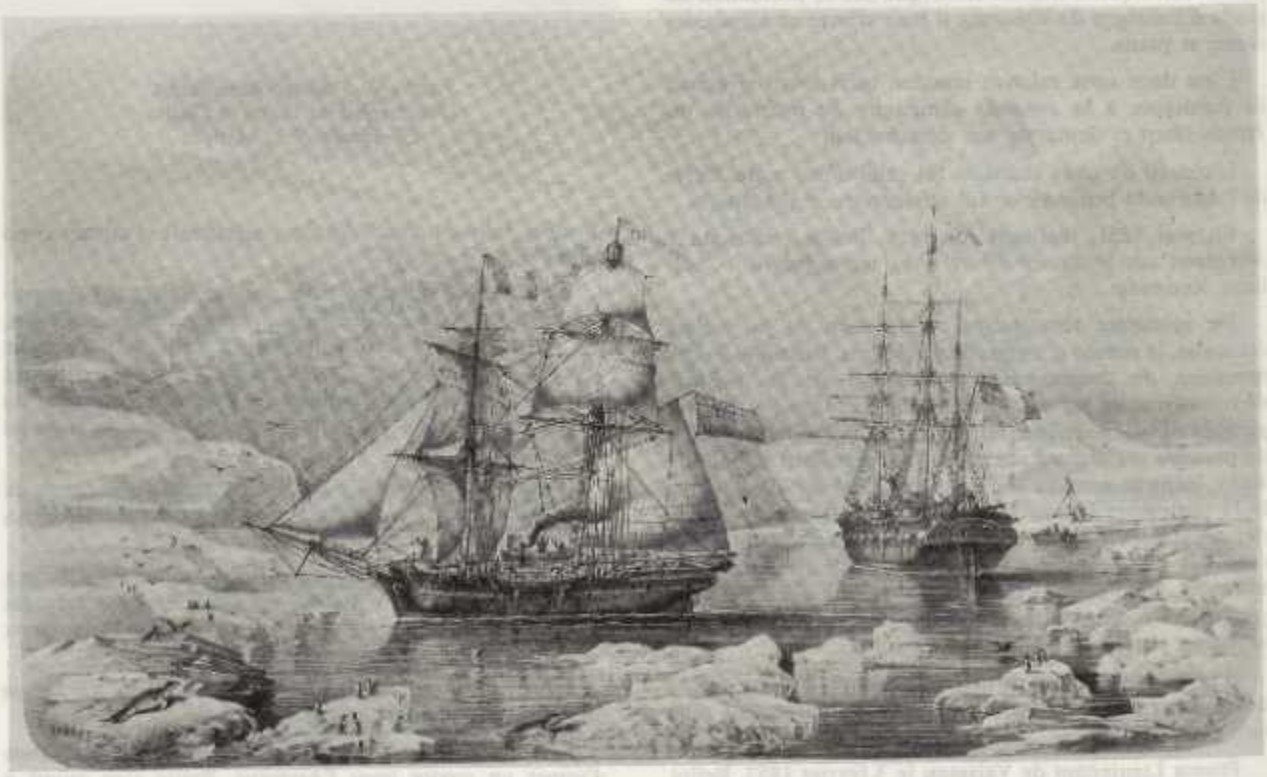


PHOTO 6. — Le *Prince-Albert* en compagnie du *South Star*, arborant des pavillons français en l'honneur de Bellot.
Ph. Musée de la Marine.

Photos 7 et 8. — Deux représentations populaires de la mort du Lieutenant de Vaisseau Bellot.
Ph. Musée de la Marine.

steamer *Isabelle*, armé par l'ancien équipage du *Prince-Albert*, volontaire pour servir immédiatement sous ses ordres. Qui plus est, le Capitaine Kennedy s'offrait lui-même à servir sous les ordres de son ancien lieutenant.

De tels témoignages attestent la valeur professionnelle et humaine d'un jeune homme exceptionnel, qui refusa délicatement tant d'honneurs et d'amitié par crainte de froisser certains britanniques. Finalement, après une ultime tentative pour décider notre ministre de la Marine, Bellot fut autorisé à embarouer le 10 mai 1853 à Woolwich sur le *Phoenix*, commandé par le Capitaine Inglefield.

La dernière lettre de Bellot est datée du 8 août suivant.

Le transfert de dépêches urgentes du *Phoenix*, mouillé en baie Erèbus en compagnie du *North Star*, sur les navires de Sir Edward Belcher dans le canal Wellington, justifia son départ le 12, en raison d'un concours de circonstances qui avait éloigné le Capitaine Inglefield de son navire.

Bellot se mit en route avec quatre hommes des deux équipages, un traineau et un canot léger.

Dans la nuit du 14 au 15, dans une tempête de neige, un mouvement de la banquise isola l'officier français et les matelots Hook et Johnson sur un bloc de glace à la dérive.

Bellot sortit pour quelques instants à 6 heures du matin le 18 août 1853, de l'abri précaire qui les protégeait du vent, afin d'apprécier l'évolution de la situation.

On ne le revit plus.

Hook et Johnson furent recueillis épuisés 36 heures plus tard par Lord Belcher.

Le 8 mai suivant, l'Enseigne de Vaisseau de Bray abandonna à 7 heures du soir, en compagnie de leurs équipages, conformément aux ordres de Lord Belcher, la *Resolute* et *l'Intrepid*, prisonniers des glaces au milieu du détroit de Barrow.

Ils atteignirent les navires de leur chef dix sept jours plus tard. De Bray rentra en Angleterre à bord du *Phoenix* où l'on pleurait son camarade.

Bellot avait écrit, au moment d'appareiller d'Aberdeen en 1851 pour sa première campagne, des mots pleins de noblesse.

« Je vais tenir un journal (1) exact de tout mon voyage, afin que, si je meurs dans cette campagne, mon jeune frère suive mon exemple et apprenne à se dévouer à sa famille, à la science et à l'humanité. »

(1) Joseph-René BELLOT, 1854. *Journal d'un voyage aux mers polaires (1851-1852)*. Paris : Ed. Perrotin.

HOMAGE TO Dr. DIAMOND JENNESS (1886-1969)

by Anne McDOUGALL

Carleton University, Ottawa

Jean MALAURIE

Centre d'Etudes Arctiques (C.N.R.S.-E.H.E.S.S.), Paris

Graham ROWLEY

Carleton University, Ottawa

ABSTRACT. — Homage to Dr. Diamond Jenness. Biographical profile of the Inuit and Canadian Indians famous ethnologist. Biography written by three specialists, Graham Rowley, archaeologist, Jean Malaurie anthropogeographer and geomorphologist and Anne McDougall, author of a thesis on Diamond Jenness' works. These three biographies emphasize the importance of Diamond Jenness' fieldwork which promoted Canadian eskimology and gave an international dimension to ethnology.

Key-words : Canada — Biography — Diamond Jenness — Ethnology — Eskimology — Archaeology — Inuit — Indians — Canadian Arctic Expedition 1902-1903 — Jean Malaurie — Graham Rowley — Anne McDougall.

RÉSUMÉ. — **Hommage au Dr. Diamond Jenness.** *Profil biographique du célèbre ethnologue des Inuit et des Indiens du Canada. Biographie rédigée par trois spécialistes, Graham Rowley, archéologue, Jean Malaurie, anthropogéographe et géomorphologue et Anne McDougall, auteur d'une thèse sur l'œuvre de Diamond Jenness. Ces trois biographies situent l'importance de l'œuvre de terrain de Diamond Jenness, fondatrice de l'esquimaulogie canadienne et la dimension internationale de l'ethnologue.*

Mots-clés : *Canada — Biographie — Diamond Jenness — Ethnologie — Esquimaulogie — Archéologie — Inuit — Indiens — Expédition arctique canadienne 1902-1903 — Jean Malaurie — Graham Rowley — Anne McDougall.*

A French homage to Dr. Diamond Jenness

by Jean MALAURIE

I first met Diamond Jenness at Ottawa in november 1961 when, after two canoe and dog-sledge missions I returned from a micro socio-economic study in Iglulik (North Hudson Bay). As I was writing my mission's report for the Centre of Northern Coordination (Ministry of North Canada), I had access to its public and confidential documents, dispatches, financial files and statistics. On the same floor, not far from the little office where I was consulting these files, Diamond Jenness, the famous Canadian ethnologist also worked. He was then working on the book which was to create so many controversies : "Eskimo Administration".

Tall, straight, a little bit British, with a kind insight. We immediately took to each other and often had lunch together in the local pizzeria. As I was discussing with him my first conclusions in anthropo-geography and ethnohistory, he told me how delighted he was to see that French research was once again taking interest in the Arctic regions.

Diamond Jenness who studied anthropology at Cambridge was particularly concerned with the works of great sociologists such as Levy-Brühl, Durkheim and Mauss, the founder of modern sociology but, most of all, he expressed his profound attachment to the person and the work of the prehistorian and ethnologist Henri Beuchat, a fellow student of Marcel Mauss (1), and his companion aboard the ship Karluk during the first Canadian Arctic expedition (1913-1916).

His remarkable knowledge of prehistory and his broad perspectives on comparative research in social anthropology fascinated Diamond Jenness and he took the death by starvation on Wrangel Island of this French scholar — aboard the Karluk with Stefansson's unfortunate and badly organized expedition — as a personal tragedy.

(1) Marcel MAUSS, Henri BEUCHAT. — *Seasonal variations of the Eskimo, a study in social morphology.* Londres, Boston : Routledge & Kegan Paul, 1979. 138 p.

Jenness was too much of a gentleman to criticize openly Stefansson's leadership of the expedition, but his silence on this matter was more eloquent than any words. I can still hear him as he painfully remembered the death of his friend : "Beuchat, Beuchat, an exceptional researcher... and so passionate — what a loss for both France and Canada !" (2) (3).

We often talked with a passionate emotion held in check of the future of the Inuit. Jenness was a New Zealander and thus observed closely the evolution of the Maori. He thought it was a positive experience as they seemed to adapt themselves to their double life as Maori and New Zealanders. In his severe study of Canadian policies (or lack of policies) for the Eskimos, he kept in mind the memory of his companions of 1913, of these proud and magnificent hunters. The then difficult situation of Canadian Inuit was upsetting him and he was wondering if, out of respect of these men, the assimilation process shouldn't be sometimes accelerated; according to him, nothing seemed worse than these so-called "reservations" that the hypocrisy of "wait and see" policies was to devise for these men "par excellence".

As for me I had just begun, with the passion and the innocence of a young academic, an inquiry on a particular problem : facial tattoos. I had sent a questionaire in all North-West Territories, to administrators and missionaries who expressed their surprise at the fact that "one could still be interested in these archaisms bound to confuse the minds of their flock, at last rid of all shamanistic thinking !" One advised me that a priest has not to cooperate with the scholar about pagan practice. His time is devoted to God... The missionaries — most of the priest OMI were born in France — and the teachers don't like too much records of outsiders. Of course there are splendid exceptions (4). It was the last occasion to collect facts about the last archaic generation of traditional Eskimos.

Jenness who told me the keen interest he had taken in my thesis "Thèmes de recherche géomorphologique dans le Nord-Ouest du Groenland", and in my book "The Last Kings of Thule", was immediately thrilled by this inquiry. He knew, as well as I did that then facial drawings were to disappear with the generation of Eskimos born between 1900-1920 and that here was an irreplaceable key to their vision of the world. He kindly offered me his help in my search for documents among the photographic archives of the museum.

Unfortunately, the museum was being renovated, the collections had been stored elsewhere and Jenness was so sorry, he was not able to help me to find a greater number of photos. He has done his best, even searching for pictures of tattoos left in storage. On this matter, he regretted that such an inquiry was not organised by the competent Canadian'services. "How long will it take for the Canadian authority to realize the importance of scientific research in these high latitudes ?". But, sadly, Jenness was to die too early to see the remarkable efforts made in this field by the Canadian government in the 70's.

(2) Same remark from W. Laird McKinlay, whom I went interviewed in Glasgow. As a companion of Stefansson, who survived the winter on Wrangel Island, he will never forgive Stefansson his lack of preparation and subsequent reaction. I shall publish the interview.

(3) William LAIRD MCKINLAY. *Karluk*. Préf. Magnus Magnusson. Paris : Ed. Maritimes, 1978. 282 p.

(4) I am so pleased to mention my friend Father Jean Fournier and Father Henry.

During our conversations, Jenness also told me how happy he was to see that a French speaking Canadian, Jacques Rousseau, was appointed to the direction of the National Museum but he expressed his profound regret of jealous Quebeckers (5) had obliged him to resign, after a pathetic polemic of "noisemakers", from this high office. He had been himself the fellow student of the great folklorist Marius Barbeau, who had recommended him to Edward Sapir, then director of the National Museum. The future of Canada relied, for him, on the permanence of a dialogue between French and English speakers. He knew France well, both its civilisation and its courage in adversity. In 1916, when he returned from the tragic Mackenzie expedition where he had come within an ace

(5) Jean MALAURIE. — Jacques Rousseau, précurseur des études amérindiennes. Paris : Ed. Mouton, 1972. *Inter-Nord* n° 12. p. 375-380. Jacques Rousseau has taken refuge in France; meanwhile he was assistant professor at the Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS) Paris (1960-1964) I had just created. (1957).

of death, he joined the Canadian army as a volunteer to serve in France in the artillery.

From time to time, we spoke about the Indians he was the great specialist of, and about Champlain who, by historical fate, had chosen the wrong Indian people, the Huron (first Indian people met). By military logic, this Indian tribe had to be defeated by the Iroquois allied to the British.

Jenness invited me to supper on several occasions in his house in Happyfield (French speaking district) and I had the pleasure to discover the extreme modesty (and total indifference to financial matters) of this immense scholar who showed such a great courage and tenacity during his heroic missions in North Canada. One was struck initially by Jenness' particular concern with the gathering of indisputable ethnographic facts, his typically British rigour, his distase for theoretical controversies, his honesty, contrary to this new restrictive and mortal tendancy; his quotations of colleagues were total. But one soon discovered that he was also extremely open-minded, greatly cultured and had an innate sense of poetry and nuances : such rare qualities among specialists in social sciences. He possessed this rare intuition of legendary beauty, of which Turner's country seems — may be more than any other closest to piercing the mystery.

Time has gone by, and Jenness is not now among us. In september 1987, I was reading in Ottawa's beautiful National Library Department of Manuscripts, his still unpublished memoirs and realized in the silence of the public Record office'room how brief the story of a life can be. Diamond Jenness' shadow was in front of me. How could the exceptional life of the greatest Canadian specialist of both Indians and Eskimos could be here, reduced to a few typed pages and manuscripts, in my hands ? (6) I really hope his memoirs will be published as his son, a geologist in the Arctic, told me they would, during a dinner at his home. "Unfortunately, I dare not ask him too much about his extraordinary life. I am his son and that's now too late", said he.

I have decided to meet after reading his father's manuscript. I immediately decided to publish the complete list of Jenness' works — Jenness' work is not sufficiently studied and analysed in Europe among the new generation of scholars; but what means ethnic history if you have not begun at the very base — and revive his memory, so that, through *Inter-Nord*, France can pay a vibrant homage to this remarkable, honest man and great scholar. An anthropologist gentleman.

(6) Anthropologica (Ottawa) kindly wished to publish it in English immediately. I rejected this offer to include it in a more general study. It is not yet published but will be.

Diamond Jenness : Canada's renowned pioneer anthropologist who wrote up his notes

by Anne McDOUGALL

Diamond Jenness (1896-1969) is considered Canada's outstanding pioneer anthropologist, associated with two key discoveries in Eskimo culture (the Dorset and the Old Bering Sea), acclaimed internationally for work in early Indian societies. Gentle and modest, he combined unusual talents that gave him enormous influence. While circumstances threw him into dangerous adventure, quiet courage and tenacity saw him through. He had a carcful, inquiring, scientific mind, but also an artist's sensitivity to peoples' lives. Most valuable of all, he was blessed with a real talent for writing. This "consummate ethnologist", as William E. Taylor, Jr. calls him, did not bury his notes in museum records. Instead he published what amounts to his own life story, in a stream of 100 books and articles, written in a precise, graceful style and including "The Indians of Canada" and "People of the Twilight", still the best accounts of early Indian and Eskimo life.

Jenness was born in New Zealand, and from Victoria University College in Wellington won a travelling scholarship to Oxford. He pursued classics (Lit.Hum. 1911) but picked up the excitement of the new science, anthropology. He was influenced by the enthusiasm of a fellow scholar, the Canadian ethnologist and folklorist, Marius Barbeau, who returned to work for Canada's National Museum where he suggested to the Director, Edward Sapir, that Jenness be invited to join the Canadian Arctic Expedition, under V. Stefansson, forming in 1913 to explore the life of the Copper Eskimo in the Coronation Gulf, N.W.T.

Jenness, with Stefansson, was in the ship that was lost; he spent 3 years in the north, 2 of them wandering with the Copper Eskimo in their winter settlements on S.W. Victoria Is (where today an island is named in his honour), and writing a diary every night whose pencilled entries and sketches would result in a series of remarkable articles on the mores, food, laws, linguistics, music and artifacts of this mysterious people.

When rescued, Jenness returned to Ottawa. Because World War I was still on (1916), he joined up. At war's end, he returned to the staff of the National Museum in Ottawa, where he spent the balance of his professional life. He made innumerable field trips to Indian tribes across the country; he examined the unusual, dark artifacts from Cape Dorset which crossed his desk in 1925 and wrote of "A New Eskimo culture in Hudson Bay". In 1926 he went to Cape Prince of Wales and Little Diomede Island, in Bering Strait, and wrote another landmark article on the "Old Bering Sea" culture. Very musical himself, Jenness regretted the loss of phonograph equipment (in the shipwreck) that would give him chants and songs, but managed all the same to write down dozens of Eskimo songs which he later published. In 1952 he recommended the regulations that would be used to protect archaeological sites. In the '60's he wrote five volumes on Eskimo

Administration, influential in the Canadian government's policies. In 1964 he wrote : "we must develop a more profound sense of our obligations (with the added atomic responsibility) than even the Eskimo possessed, or follow the dinosaur into oblivion".

Jenness filled his diary, and later his articles, with accurate drawings and photographs of rock paintings, carving, embroidery, ivory work, which have been examined by archaeologists, and also art historians, all over the world. He made an incalculable contribution to our understanding of the origins and values of Canada's first peoples.

While chief anthropologist at Canada's National Museum, Jenness represented Canada at many international conferences, and served as president of the Society for American Archaeology in 1937 and the American Anthropological Association in 1939. He was Deputy Director of intelligence for the RCAF in 1940, chief of the InterService Topographical Section, and later organized the Geographical Bureau. He received 5 honorary degrees and was a member of the Royal Canadian Geographical Society, winning the Massey Medal in 1962. He was also appointed a companion of the Order of Canada, Canada's highest honour.

Annotated bibliography of the writings of Diamond Jenness

by Anne McDOUGALL*

In compiling this bibliography I have been helped by the work of Asen Balikci, Anthropologica, No. 4, 1957 : the article by Henry B. Collins and William E. Taylor, Jr. on Jenness' death, which includes Jennessiana, Arctic 23 (2), 1970 : Frederica de Laguna's obituary, which also includes a bibliography, American Anthropologist, 73 (1), 1971. There are a number of entries supplied by Jeff Hunston, Department of Archaeology, University of Simon Fraser, as well as a few of my own.

The form chosen is chronological. Many of Diamond Jenness' articles are as important as his books, and there seemed value in watching his development as he lived and wrote about it. Where I have seen the publication I have used the code below. All institutions are in Ottawa, Canada.

OOA : Public Archives of Canada
OOAg : Library of Department of Agriculture
OOG : Library of Geological Survey
OONL : National Library of Canada
OONM : Library of National Museums of Canada
Carleton University Library

* (Prepared for my MA Thesis, "Diamond Jenness and his Contribution to the Study of Eskimo Art History", Carleton University, Ottawa, 1981).

The term "Eskimo" has been used instead of "Inuit". The latter is the modern usage but Jenness used "Eskimo" and this deals with his period.

1916

"The ethnological results of the Canadian Arctic Expedition, 1913-16". *American Anthropologist*. 18 (4) : pp. 612-15. (OONM).

The first published notes from Jenness' experiences living with 1) Alaskan Eskimos and 2) Copper Eskimos. In Alaska he had more luck following the dialect, than with the Copper, and collected folklore stories, noting an integrated social and religious life, with shamanistic performances, that dispelled old theories of the "backward savage". With the Copper Eskimos he took many photos, used later; made 130 individual studies; gathered weapons, household utensils, clothing; noted white influence on artifacts, e.g. rifles, pots.

1917

"The Copper Eskimos". *Geographical Review*. 4 (2) : pp. 81-91. (OONL).

An asterisk by the title explains : "In 1916 Mr. Jenness made a report for the Canadian government on his work among the Copper Eskimos. The report is dated July 18, H.M.S. Alaska, Young Point, North West Territories. It is published here for the first time, and with appropriate alterations, by courtesy of the Commissioner of the North West Mounted Police at Regina." Jenness describes the 2 years, Sept. 1914 - July 1916 living in Copper Eskimo winter settlements and wandering with them in S.W. Victoria Is. Family mores, food, trapping, shamans, customs of law are detailed. 10 bl. and wh. photos. 1 map of Coronation Gulf.

1918

"The Eskimos of northern Alaska : a study on the effect of civilization", *Geographical Review*. 5 (2) : pp. 89-101. (OONL).

As ethnologist, Jenness tells how in 1880 whalers arrived, changing the way of life. Eskimos traded whalebone, caribou meat and skins for firearms, flour, sugar and tea. Dependence replaced former self-sufficiency. Disease, family breakup, lethargy, missionaries (replacing old customs) followed. He sees hope for rebuilding, given the intelligence of the N. Alaskan Eskimo.

1 map. 7 photos.

1920a

And the late Rev. A. Ballantyne. *The Northern d'Entrecasteaux*. Preface by R.R. Marett, Oxford : Clarendon Press, 219 pages. Carleton Univ. Library).

Doing research under the Committee of Anthropology of the Univ. of Oxford, Jenness worked with his brother-in-law, described in the title page as "sometime Methodist Missionary at Bwaidoga, Papua". In 16 chapters he writes of the physical setting, social milieu, language, magic, myths, morals. An appendix gives tables of hamlets and their totems. 36 bl. and wh. photos. 1 map. Index.

1920b

"Papuan cat's cradles". *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 50 : pp. 299-326. (OONL).

Acknowledging the children of Mud Bay mission station as his teachers, Jenness outlines 48 designs (41 illustrated), used by the natives of Goodenough Is., D'Entrecasteaux Archipelago, Papua, e.g. The Crab, the Bald Man, The Yam, etc.

1920c

"Proposals for ethnological research in New Zealand". *New Zealand Journal of Science and Technology*, 3 (4) : pp. 213-16. (OOG).

An asterisk by the title explains : "The proposals in this paper were made by Mr. Jenness at the suggestion of the Director of the Dominion Museum and are published because of their general interest. Work of the kind suggested was commenced by the Dominion Museum in 1919."

Jenness urges study of the Maoris before they are totally assimilated, under 1) physical anthropology, i.e. different physical types, 2) songs and traditions, 3) anthropometric study, using a suggested Swiss set of instruments.

1920d

"Heroes of the Frozen North". *Travel*, 34 : pp. 10-13. Not seen. OONL lists as held in Metro Toronto Library.

1920e

Note on Cadzow's "Native copper objects of the Copper Eskimo", in : Discussion and Correspondence of *American Anthropologist*, 23 : p. 235. (OONL).

1921a

"The 'blond' Eskimos". *American Anthropologist*, 23 (3) : pp. 257-67. (OONL).

A discussion of the mysterious copper-blond Eskimos encountered by Stefansson and Jenness on Coronation Gulf. In spite of their light brown hair and sometimes hazel eyes, Jenness decides against any infusion of European blood as explanation. No illus.

1921b

"The cultural transformation of the Copper Eskimo". *Geographical Review*, 11 (4) : pp. 541-50. (OONL).

Jenness traces early explorers who encountered this rare group of Eskimos, isolated 1000 miles north of Winnipeg and even in 1914 still living in the Stone Age. Rapid change since 1916, when his own expedition went in, has enslaved these people to the world of the south. 1 map.

1922a

"Eskimo art". *Geographical Review*, 12 (2) : pp. 161-74. (OONL).

While Hoffman, Boas and Thalbitzer all remarked on the unusual work in bone and ivory, Jenness looks for the first time at sketches in pencil on paper, in which a tiny hunter is overshadowed by huge walrus, seals or polar bears. He finds "little perspective and a disregard for individuality" but notes superiority in Alaska perhaps because of Indian and/or Russian influence. 18 illus.

1922b

"Eskimo music in northern Alaska". *The Musical Quarterly*, 8 (3) : pp. 377-83. (OONL).

A musical Jenness regrets the Can. Arctic Expedition's disaster that prevented making phonograph records, but managed to write down the music for The Sparrow Song, The Seal Poke, Song of Aksiatak and Song of Asetsak, noting the music from Barrow to the Alaska-Canada boundary is almost all vocal. The drum is the only instrument, used for dances. The tempo is 2/4; intonation is nasal. Songs are either 1) folk (mostly for children), or 2) dance or topical songs.

1922c

A critical review of Stefansson's book, *The Friendly Arctic*, published in *Science* 56 (1436), July 7, 1922, and reprinted in a pamphlet by the National Museum of Canada. (OONL).

Raymond Pearl had reviewed Stefansson's book in *Science*, March 24, 1922. Jenness felt there were inaccuracies that needed correcting and here refutes many of Pearl's assertions, using his own government documents for reference.

1922d

"Hunting caribou with the Copper Eskimo". *Travel*, 39 : pp. 21-25. Not seen. OONL lists as held at Montreal Municipal Library.

1922e

"Copper objects of the Copper Eskimo — a reply to Mr. Cadzow." In Discussion and Correspondence of *American Anthropologist*, 24 : pp. 89-92. (OONL).

Jenness replies to Cadzow's request for details on objects made by Eskimo for a market begun by Capt. Bernard of the schooner, *Teddy Bear*.

1922f

Review of Five Books on Oceanic Cultures. *Geographical Review*, 12 : p. 502 (OONL).

1923a

"Eskimo string figures". *Journal of American Folk-Lore*, 36 : pp. 281-94. (OOMN).

Jenness dips into his research done with the Can. Arctic Expedition to illustrate a number of the string figures Eskimos have invented.

1923b

"The Copper Eskimos". Part A : The Life of the Copper Eskimos. *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 12. 277 p. Reprinted 1970, Johnson Reprint Corporation, N.Y. and London. (OONL).

Preface by Arctic Publications Committee. In 18 chapters Jenness describes exploration of the country, trade, dwellings, food, winter and summer life, hunting and fishing, religions, shamanism, psychology, morality.

Illus. with 9 plates, 69 text figures, 2 maps. Appendix. Bibliography. Index.

Note : Parts A, B, and C of this Report were published together by the King's Printer, Ottawa, 1923. (OONL).

1923c

"The Copper Eskimos". Part B : Physical characteristics of the Copper Eskimos. *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 12. 89 pp. (OONL).

Section 1 : Field data giving specific measurements of individuals, also tables.

Section 2 : Conclusions reached from studying these tables.

1923d

"The Copper Eskimos". Part C : Osteology and dentition of the Western and Central Eskimos. Report of the *Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 12. 79 pp. (OONL).

Jenness thanks John Cameron and Stephen G. Ritchie for 2 articles on osteology and dentition, respectively, written as a result of examining specimens he brought back. 9 plates.

1923e

"Origin of the Copper Eskimos and their copper culture." *Geographical Review*, 13 : pp. 540-51. Also Microfiche F, MC-70. (OONL).

Jenness uses 4 of his own photos (total of 6) to discuss possible origins, noting the appearance of the Thule culture. 1 map.

1923f

"Two monuments in Arctic Canada". *The Canadian Historical Association Report*. Pub. by Can. National Parks Branch of the Interior Department. (OONL).

In 2 1/2 pages Jenness writes about the cairn of Dease in Coronation Gulf and the cairn of Sir John Richardson in Cape Krusenstern, using photographs.

1923g

"Indian religion". *The Canadian Magazine*, 61 : pp. 66-70. (OONL).

Jenness describes the Indians' belief in a Great Spirit, but also a hierarchy of supernatural beings. True expression was not in their mythology but in the fastings and spiritual experiences of individuals, some of whom became shamans.

1923h

Review of *Among unknown Eskimo : an account of twelve years intimate relations with the primitive Eskimo of ice-bound Baffin land, with a description of their ways of living, hunting, customs and beliefs*, by J.W. Bilby. *Geographical Review*, 13 : 642 pp. (OONL).

Jenness finds the book suitable for popular reading but inaccurate in its maps and low on new ethnological data.

1923i

Review of *A summer in Greenland*, by A.C. Steward. *Geographical Review*, 13 : pp. 642-3. (OONL).

Jenness likes the description of physical aspects : botanical, geological, fossil, plants and shells.

1924a

"Eskimo Folk-Lore". Part A : Myths and traditions from Northern Alaska, the Mackenzie Delta and Coronation Gulf. *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 13 : Southern Party, 1913-1916. 90 pp. Microfiche MC-7. (OONL).

Jenness outlines in English the stories of 94 myths and legends, with Eskimo texts written phonetically above, e.g. The Boy's Revenge, Contest of the Shamans, etc.

1924b

"Eskimo Folk-Lore". Part B : Eskimo string figures. *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 13 : Southern Party, 1913-1916. 90 pp. (see 1923a) (OONL).

229 illustrations show one, sometimes two, people using their hands to form brown bears, butterflies, mice, etc. with string.

Appendix 1 : Eskimo superstitions on string figures.

Appendix 2 : Distribution of Eskimo string figures.

1924c

Review of *The Ammassalik Eskimo*, by William Thalbitzer. *Geographical Review*, 26 (4). 2nd part of a 2-volume book. (OONL).

Jenness pays tribute to the massive, sound scholarship of Thalbitzer. Also compares nursery rhymes of other Arctic Eskimo. Notes similarity with some Indian myths would indicate early close relations.

1925a

"A new Eskimo culture in Hudson Bay". *Geographical Review*, 15 (3) : pp. 428-37. (OONL).

A key article in which Jenness quietly announces the Dorset culture, basing his conjecture on differences in artifacts sent to him at the National Museum from Cape Dorset, i.e. darker in patina, difference in design, absence of drill holes, gouging taking the place of the bow drill. He also notes here Mathiassen's confirmation of his hypothesis of a "general movement from inland about 7 or 8 centuries ago, both to the northern coast line and western shores of Hudson Bay" of a culture called Thule ("Origin of the Copper Eskimos and their Copper Culture," *Geog. Rev.* 13, 1923). The Thule, Jenness notes, had open harpoon heads; the modern are closed; the Dorset are different again.

1 sketch map; 7 bl. and wh. figures.

1925b

And Helen H. Roberts. "Songs of the Copper Eskimos". *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 14. 506 pp. (OONL).

In which details of collected songs are given, along with plates.

1925c

"Shudd'ring tenant of the frigid zone". *Travel*, 45 : pp. 21-2. Not seen. OONL lists as held in Metro Toronto Library.

1926a

"Bwaidogan Grammar". *The Journal of the Polynesian Society*, 35 (4) : pp. 290-314. (OONM).

Written by Jenness and Rev. A. Ballantyne, the article analyses the consonants, vowels, accent, formation of words, parts of speech, nouns, case, pronouns, syntax of substantive, etc., of the natives of Mud Bay on Goodenough Is., S.E. Papua. For writing, they used the plain phonetic script taught by Methodist Missions. 1 sketch map of Mud Bay.

1926b

Review of *Primitive labour*, by L.H. Dudley Buxton. *Geographical Review*, 16 : pp. 347-8. (OONL).

Jenness criticizes haste and carelessness in an otherwise interesting look at labour as divided between men and women in various tribes around the world.

1927a

"Notes on the Beothuk Indians of Newfoundland". *National Museum of Canada Bulletin* No. 56. pp. 36-38. (OONL).

On a field trip to Newfoundland in 1927 Jenness searched out Beothuk remains to compare them with Eskimo findings. He discovered 1) harpoon heads with rectilinear sockets, 2) triangular arrow points of flint, 3) knives notched on each side of the base for hafting, 4) curved-edge knives of flint and quartz. He recognizes these as "Dorset" and draws the conclusion that there was close contact between Beothuk and Eskimo in Newfoundland.

1927b

"Notes on the phonology of the Eskimo dialect of Cape Prince of Wales". *International Journal of American Linguistics*, 4 (2-4) : pp. 168-80. (OONM).

Working with material collected at 1) Barrow, Mackenzie River Delta and Coronation Gulf in 1913-16 and 2) notes obtained in 1923 in Seattle from a Cape Prince of Wales boy, Jenness concludes the Cape Prince of Wales dialect is the link between the dialects of the north and east and the very different dialect of the Yukon Delta. Barrow is archaic and harsh; Mackenzie River Delta and Coronation Gulf are gentler; POW is intermediate, with very rapid articulation and a throaty sound which makes it sound more difficult than it is.

1927c

Review of *Early migrations of the Eskimo between Asia and America*, by Waldemar Bogoras. *Geographical Review*, 17 : pp. 342-44. (OONL).

Jenness counters Bogoras' theory that Asiatic Eskimo peopled the entire Arctic, referring instead to Thule and other early people of Hudson Bay and N.W. Greenland.

1928a

"Archaeological investigations in Bering Strait, 1926". *National Museum of Canada Bulletin* No. 50 : pp. 71-80. (The annual report for 1926, published 1928, King's Printer, Ottawa). (OONL).

Digging at 1) Wales, Jenness found body armour (rectangular plates of ivory like coat of mail, unknown outside Bering Sea), indicating war with Asians; also ivory sinkers for fish-lines. He dates his dig (based on iron harpoon points) to period when Russians reached Anadyr in N.E. Siberia and iron got to Chukchee who are close to Siberian Eskimos; at 2) Little Diomede Is. he discovered scroll, curvilinear work, leading to the theory of an older culture, perhaps under Indian influence. He asks, in conclusion, whether the Thule tribes invaded from the north ? Also notes an unusual rock painting on Tuksuk River. The article became a landmark for future scholars, establishing the name "Old Bering Sea" culture.

1928b

"Eskimo language and technology". Part A : Comparative vocabulary of the Western Eskimo dialects. *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918*, Vol. 15 : Southern Party, 1913-1916. 134 pp. (OONL).

Using the material gathered in the winters 1913-1916 at Coronation Gulf, Mackenzie River Delta and Barrow, Jenness adds material from Seattle (1924) and Bering Strait (1926) to enlarge his notes on Eskimo vocabulary. He also includes East Cape (Siberia), Inglestat and Nunivak Island.

1928c

"Ethnological problems of Arctic America". Published in a book called *Problems of Polar Research*. Pub. by *American Geographical Society*, special publication, No. 7 : pp. 167-75. (Series of papers by 31 authors, edited by W.L. G. Joerg). (OONL - loan).

Jenness outlines Mathiassen's Thule culture, also the Cape Dorset findings, and the Bering Sea discoveries. He conjectures that somewhere along the shores of the Arctic the primitive littoral (coast) culture of some "proto-Eskimo" tribe awaits discovery, i.e. to predate these three. 3 illus. show Thule, Dorset, Old Bering Sea harpoon heads.

1928d

"The Land of the midnight sun". *The Country Gentleman*, Dec. 1928. (Not seen; listed in the Collins-Taylor Jennessiana).

1928e

"Language, mythology, and songs of Bwaidoga, Goodenough Island, S.E. Papua". *Memoirs of the Polynesian Society*, 8 : 270 pp. (OONM).

Written with Rev. A. Ballantyne, the material includes, as Part I : Bwaidogan grammar (see 1926 entry); Part II : Folklore texts and translations; Part III : Incantations and songs; Part IV : Bwaidoga vocabulary. Index. Same sketch maps as 1926.

1928f

The People of the Twilight. New York : The MacMillan Co. 247 pp. Preface by F. Nansen. Reprinted 1959. Univ. of Chicago Press. Chicago and London. With Nansen preface and epilogue by Diamond Jenness. (OONL).

A description of Jenness' experiences among the Eskimos of the Coronation Gulf region. Drawings by Claude Johnson.

1928g

"The National Museum of Canada". *American Anthropologist*, 30 (1). 2-page article in Anthropological Notes and News Section. (OONL).

Jenness writes of the Beothuk culture, noting probable contact with Eskimo before 1400 AD and mutual borrowing with Eskimo extending down into Newfoundland, and Beothuk perhaps affecting Dorset culture.

1928h

Review of *Archaeology of the Central Eskimo*, by Therkel Mathiassen. Report of the Fifth Thule Expedition, 1921-1924, Vol. 4, Parts 1 & 2. *Geographical Review*, 18 : pp. 696-8. (OONL).

1929a

"The ancient education of a Carrier Indian". *National Museum of Canada Bulletin* No. 62 : pp. 22-27. (OONL).

A study of a southern tribe of Athabaskans, showing how a simple belief in the supernatural power within all creatures was replaced by more complex influences when the tribe crossed the Skeena and the Rockies, got fixed dwellings and a maternal inheritance in place of free hunting. The god Sa was adopted (or Christian Utakke); rifles replaced old weapons; home regulations and taboos slipped out of place. The old education, involving instruction in everyday tasks combined with story-telling, gave way.

1929b

"Ivory carving of North America". *Encyclopedia Britannica*, 14 Ed. Vol. 12 : pp. 816-8. (OONL).

A 2-page article by Jenness within a 20-page study of world-wide ivory carving. Full page of bl. and wh. engravings (some courtesy of Nat. Mus. of Canada, Maritime Museum, Hull) shows walrus, narwhal and elephant (available in Alaska). Jenness describes the earliest Bering Sea scrolls, comparing Maori and Melanesian art.

1929c

"Little Diomede Island, Bering Strait". *Geographical Review*, 19 (1) : pp. 78-86. (OONL).

Jenness writes of stone houses like those in Greenland, bearing out a single culture called Thule by Mathiassen. He also came upon fine scroll work on Little Diomede Is. as well as different harpoon heads (like Siberia) which suggested a separate culture, much older than Thule judging by the depth, but needing more elucidation. Map of Diomede Is. and 5 photos.

1929d

"Notes on the Beothuk Indian". *National Museum of Canada Bulletin* No. 56 : pp. 36-39. (OONM).

Illustrated Dorset and Beothuk harpoon heads show the similarities and differences in the 2 cultures.

1929e

Review of *The Silent Force : Scenes from the life of the Mounted Police of Canada*, by T. Morris Longstreth. *Geographical Review*, 19 : pp. 523-4. (OONL).

Jenness praises what amounts to a "regimental history", regretting the omission of such trips as Sergeant Joy's exploration of Ellesmere Is; Inspector French's journey from Baker Lake to Bathurst Inlet; Sergeant Wright's trip across Baffin Island.

1929f

Review of *The cruise of the 'Northern Light'*, by Mrs. John Borden. *Geographical Review*, 19 : pp. 350-1. (OONL).

Kindly review of adventures to the Aleutian Peninsula and Arctic Ocean north of Bering Strait, hunting brown bear, white bear and walrus.

1929g

Review of *Alcuni data demografici sugli Esquimesi*, by Giorgio Carega. *Geographical Review*, 19 : pp. 336-7. (OONL).

Jenness maintains that insufficient statistics, i.e. no census in early days, invalidates Carega's theory that European blood in Greenland raised the birth rate.

1930a

"The Indian's interpretation of man and nature". *Transactions of the Royal Society of Canada*, Vol. 24, section 2, Third Series. Meeting of May, 1930. pp. 79-91. (OOA).

A vivid outline of the Indian's tripartite concept of man : 1) soul (heart and will); 2) body and 3) image (brain, shadow). The third category deals with split personality, personality changes, many of the phenomena that white civilization turns over to psychologists. Indians believe that not only man has a soul, but all nature.

1930b

"The Yukon telegraph line". *Canadian Geographical Journal*, 1 (8) : pp. 695-714. (OONL).

A trip Jenness made with an old guide-telegraph operator, Angus Beaton, for 80 miles on the upper waters of the Skeena, to reach the village of Old Kuldo. The famous line gave Dawson City its first all-year communications. 14 photos show piles of snow, totems poking out, tracks of fox, coyote, bear, moose.

1930c

"The Indians of Canada". In : *The Cambridge History of the British Empire*. Vol. 6, Canada and Newfoundland. Cambridge : pp. 3-16. (OONL).

With A.P. Coleman, professor emeritus of geology at the University of Toronto, Jenness wrote Chapter 1 : The geographical and ethnical background.

1931a

"Wild Rice". *Canadian Geographical Journal*, 2 : pp. 477-82. (OONL).

A precise description of rice-gathering in which two Indians per canoe inch their way through rice fields knocking the grain until the kernels fall into the canoe up to 10-12 bushels. On land, grain is separated from the chaff. 5 engravings of rice-gathering, 1 inset photo of Diamond Jenness, looking like a young Alec Guinness.

1931b

"Indian prehistory as revealed by archaeology". *The University of Toronto Quarterly*, 1 (1) : pp. 164-82. (OONL).

Without literature, -bone, antler, stone, pottery, ivory and shell survive to tell the Indian story, and Eskimo as well. The occasional rock drawing and petroglyph fill in the picture. Jenness sketches possible prehistory of eastern Canada, St. Lawrence river valley, prairies, B.C., Arctic coast and Labrador. For the Eskimo he traces the interior region, Thule, Dorset and Bering Strait, suggesting the Barren Lands west of Hudson Bay as perhaps the original home of the earliest people.

1931c

"Who are the Eskimos ?" *The Beaver*, Outfit 262 : pp. 267-270. (OONL).

Tells of the early impressions 17th and 18th century explorers had of a "blubbery people", giving way to respect for Eskimo intelligence and cheerfulness. Gradual unravelling through archaeological digs. Migrations traced from west to east and inland to the sea (in central Canada). 3 photos.

1931d

"Three Iroquois wampum records". *National Museum of Canada Bulletin*. No. 70. Annual Report for 1931 : pp. 25-28. (OONL).

Chief William D. Loft, a Mohawk of Caledonia, Ont., gave the Nat. Museum 3 wampum records which Jenness describes : 1) Covenant of the League of Five Nations (made by women c. 1580 AD of more than 1800 white beads; 2) mnemonic record (300 beads) of each nation; 3) record of three sisters : 900 white and purple beads. Jenness describes these as unique records of community living. I full-page bl. and wh. plate showing the 3 wampum beads.

1932a

The Indians of Canada. National Museum of Canada Bulletin, No. 65 : 446 pp.
Second edition 1934. *Anthropological Series*. No. 15.
Third edition, enlarged, 1955.
Fourth edition 1958.
Fifth edition 1960.
Sixth edition 1963 (reprinted in 1967, 1972).
Seventh edition 1977. *University of Toronto Press*. Toronto and Buffalo. Foreword by William E. Taylor, Jr., Nat. Museum of Man. 132 illustrations, including 13 photos by Jenness. Map in back pocket.
First edition photo page 23 (of Chinook rush lodge by Paul Kane) changed in later editions to an interior of Iroquois long-house from R.J. Tucker painting.
First and second editions have Appendix A (Notes on linguistic map) and B (Bibliography). Third edition adds Appendix C with 5 pages on tree-ring method dating, also carbon 14 method.

Jenness' great definitive book on the Indians of this country in which he includes the Eskimos.

1932b

"Fifty years of archaeology in Canada". *Royal Society of Canada Anniversary Volume*, 1882-1932. Ottawa : Royal Society of Canada : pp. 71-76. (OONL).

Because the Indians were wanderers, and the B.C. coast covered by thick fallen trees, remains have been difficult to unearth. Jenness gives list of early writers in archaeology, including Harlan I. Smith of B.C. The Arctic proved more successful, with Stefansson's excavation, in 1909, of an Eskimo village, followed by Mathiassen, Birket-Smith, Jenness.

1932c

"The population possibilities of Canada". *University of Toronto Quarterly*, 1 (4) : pp. 387-423. (OONL).

Jenness makes the point that only 1/15th of Canada's land can be ploughed.

1933a

"Canada's fisheries and fishery population". *Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada*, Vol. 27, section 2 : pp. 41-46. (OONL).

An examination of the Atlantic (cod), Pacific (salmon), inland fisheries and Arctic and Hudson Bay, leads Jenness to estimate 100,000 as maximum number to be employed as fishermen and perhaps 1/2 million in associated activity, i.e. only about 1/3 more than at time of writing.

1933b

The American aborigines : their origin and antiquity. A collection of papers by 10 authors published for presentation at the fifth Pacific Science Congress, Canada, 1933, edited with preface by Diamond Jenness. Toronto. *Univ. of Toronto Press* : 396 pp. Foreword by Dr. H.M. Tory. Also published 1973, Cooper Square, Publishers, Inc., N.Y. Tory foreword omitted. (OONL).

Paper by Jenness, No. 10, on the Problem of the Eskimo. pp. 373-96.

1933c

"An Indian method of treating hysteria". *Primitive Man*. 6 : pp. 13-20. (OONM).

A vivid first-hand account of an Indian seance at Hagwilgate, 4 miles from Hazelton, with the Carrier Indians, at which Jenness was invited to witness the first stages of healing of a hysterical woman by a carefully-chosen group. Only those who had suffered from Kyan, or mountain-sickness, could beat the tambourines, whistle, drum and dance until the whole roomful was hysterical. Then the Kyan spirit was dissipated and the troubled woman began to calm down.

1934a

"Fading scenes on Quatsino Inlet". *Canadian Geographical Journal*, 8 : pp. 88-97. (OONL).

An account of the disappearance of the sea otter and white dentalium shells from the northwest coast of Vancouver Island, reducing the Kwakiutl from 800 to 50. Tone of regret.
Photos of early days show stone oil dish, totems (with coppers) and potlatch costumes.

1934b

"Indian-Vikings of the northwest coast". *Canadian Geographical Journal*, 8 : pp. 235-246. (OONL).

A description of the Haida who lived in the Queen Charlotte Islands and like the Vikings raided the coast Indians for slaves. Their history unknown, Jenness guesses Asia, via the Bering Strait. He writes of a complex feudal society, huge houses, some holding 700 people, awe-inspiring totems at entrance, life built around salmon and halibut, without agriculture.

1934c

"Myths of the Carrier Indians of British Columbia". *Journal of American Folk-lore*, 47 (184-195) : pp. 98-257. (OOA).

Jenness gives a precis for each of 82 myths, collected in the winter of 1924-5 at Hagwilgate, Stellaco (Fraser Lake), Fort Fraser and Stony Creek, four Carrier settlements on the transcontinental railway in northern B.C.

1934d

"The vanished Red Indians of Newfoundland". *Canadian Geographical Journal*. 8 : pp. 27-32. (OONL).

In 1928 Jenness explored interior lakes of Newfoundland for remains of Beothuk, finding skeletons, but also implements that strangely resembled Eskimo ruins to the north. He concluded the Beothuk were a branch of Algonkian, Cree, Montagnais, Micmac and the rest who inhabited eastern Canada but had lived in Labrador a few centuries before the white man and crossed the strait of Belle Isle 3-400 years before Cabot. He noted that the Beothuk stole Breton and Basque fish, and sails, and the Europeans offered the Micmac financial reward for every Beothuk they killed. 9 bl. and wh. photos.

1935a

"The Ojibwa Indians of Parry Island, their social and religious life". *National Museum of Canada Bulletin*, No. 78, Anthropological Series, No. 17 : 115 pp. (OONL).

The result of 7 weeks' investigation of Parry Is. (Georgian Bay) with six Indian consultants who reminisced on man and nature, man's contact with supernatural world, medicine men, grand medicine society, taboos, cycle of life and death. Summer spent in 1929.

1935b

"The population of aboriginal America north of Mexico". Review of A.L. Kroeber's *Native American population*. *Geographical Review*, 25 : pp. 514-16. (OONL).

Generally favorable review of Kroeber's division of Indian tribes into 80 cultural groups.

1936a

The Eskimos by Kaj Birket-Smith : Foreword by Diamond Jenness. London. Methuen : 250 p. Cyriax Collection. (OOA).

Jenness pays tribute to fellow-ethnologist, Birket-Smith, who travelled by dog sled across northern Canada with Rasmussen in 1921. He praises his "globe-encircling vision" in trying to draw together the histories of many peoples.
32 plates and end paper map.

1936b

"The prehistory of the Canadian Indian". In *Custom is King. Essays presented to R.R. Marett*. Edited by L.H. Dudley Buxton. London. Hutchinson's Scientific and Technical Publications : pp. 63-84. (OONM).

Emphasis on diversity of the 50 Indian tribes, speaking 11 dialects as different as Russian and English (when Champlain arrived). Strains of mongoloid, negroid, Melanesian, white, seen in Indians. Algonkian may be the oldest. Man in America 10,000 years (dinosaur dates).

1936c

"The village of the crossroads : Pond Inlet, the Dominion's most northerly habitation". *Illustrated Canadian Forest and Outdoors*, January 1936 : pp. 14-20. (OONL).

Tells of Captain Parry "the most successful perhaps of all Arctic explorers", anchoring 100 years ago off Pond Inlet on northern Baffin Island. This outermost limit of human habitation, gateway of the polar sea, is a crossroads for white man now, instead of roaming Eskimo tribes — the "ultima Thule".
2 photos, Eskimo women and RCMP barracks.

1936d

"The Canadian field". *American Antiquity*, 1 (4) : pp. 253-55. (OONM).

Jenness invites Americans to help Canadians dig ! In central Canada he sees need to search pre-Iroquois remains; on the plains excavations should be carried back beyond 400 years; in B.C. there is much scope, although Mackenzie River is difficult. Eskimo ruins and B.C. shell heaps might go back to 2nd half of 1st millenium AD. A search should be made of postglacial Lake Agassiz; Mackenzie River basin lakes; heads of Upper Yukon and Liard Rivers.

1937a

"Arrow-straighteners, thong-smoothers, and bâtons-de-commandement". *Man*, (A monthly record of anthropological science, published by Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland). 37 : pp. 73-74. (OONL).

A comparison of implements, made of ivory, used by Greenland, Alaska and Copper Eskimos. A full-page plate shows the differences.

1937b

"A Hare Indian dog". *The Canadian Field-Naturalist*, 51 (4) : pp. 47-50. (OOA).

From the woolly dog Capt. Vancouver noted in 1790, which Fraser River Indians used for blankets, through the

Hare Indian dog, named by Sir John Richardson at Great Bear Lake, 1829, to the Tahltan Bear Dog, found by James Teit, 1915, Professor Glover M. Allen of Harvard concludes that on the Stikine is the survival of an aboriginal American dog. Illustrated with photos of these dogs.

1937c

"The Indian background of Canadian history". *National Museum of Canada Bulletin*, No. 86, Anthropological Series. No. 21 : pp. 46. Also in French : « La trame indienne de l'histoire du Canada », pp. 49. (OONL).

Part I : traces backwardness of the American aborigine, due to inadequate transportation, poor economic resources, isolation, late agricultural development.

Part II : prehistory of the Canadian Indians. Same article as published in Marettt essays (1936, above) with new opening paragraph here and new illustrations.
5 figures, showing movement of Eskimo/Athapaskan, Pacific coast, eastern Canada and Plains Indians.

1937d

"The Sekani Indians of British Columbia". *National Museum of Canada Bulletin*, No. 84, Anthropological Series. No. 20 : pp. 82. (OONL).

Based on Jenness' 1924 visits to Fort McLeod on Mackenzie Lake and Fort Grahame on Finlay River. Describes subdivisions of Sekani; physical appearance and culture; social organization, etc. 14 plates, 3 figures. Map.

1938a

Review of *Archaeology of St. Lawrence Island*, by Henry B. Collins. *American Antiquity*. 4 (2) : pp. 173-76. (OONM).

Jenness finds value in Collins' notes on 1930-31 dig at Gambell, northwest corner of St. Lawrence Is., wherein he distinguishes Old Bering Sea, Punuk and Modern cultures. Origin of the mature Old Bering Sea remains unsolved; Chinese Shang dynasty and Melanesia both suggested (from designs). Jenness conjectures Old Bering Sea may be local artistic phase of generalised pattern in Siberia from which the Birnirk and Thule evolved. He asks whether Dorset might be related to Birnirk ? Wintemberg found jumping stones in northwest Newfoundland that resemble those on Gambell that were Dorset.

1938b

Guide leaflets to the Indians of Canada. Ottawa. *National Museum of Canada*. (OONM).

Leaflets, in French and English, on 7 main aspects : General pamphlet on Canadian Indians, Algonkians, Iroquois, Mackenzie River Tribes, Indians of the Plains, the Cordillera Indians, Pacific Coast Tribes.

1938c

Report of the American Association for the Advancement of Science. 101st session. Ottawa. 1938. Section H, anthropology. *Science*, N.S. 88 (2) : p. 96. (OOG).

2-column report by Jenness.

1938d

"The Sarcee Indians of Alberta". *National Museum of Canada Bulletin*, No. 90, Anthropological Series. No. 23 : 98 pp. (OONL).

Based on notes Jenness made in Alberta in 1921.
8 illus. plates and 8 figures.

1939a

"Canada's debt to the Indians". *Canadian Geographical Journal*, 18 (5) : pp. 269-75. Republished *Can. Geog. Jr.* 65 (4). 1962. (OONL).

As guides (to Champlain, Samuel Hearne, Alex Mackenzie); in politics (Joseph Brant, Chief Crowfoot); in equipment (canoe, snowshoe, toboggan, dog sled, kayak, lacrosse) and food (corn, maple syrup, tobacco, wild turkey), the Indians have contributed to life in Canada. Jenness finds their mark substantial, given the mere 200,000 living here before the Europeans arrived.
13 bl. and wh. illus., inclusing 2 Eskimo photos.

1939b

"The 'Snare' Indians". *Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada*, Series 3. Vol. 33. Section 2 : pp. 103-05. (OOA).

Examination of a curious band of Indians who carried no firearms and were often attacked by other tribes which drove them into destitute country to hide. David Thompson marked Snare Indian River at the headquarters of the Athabaska River in 1916. Palliser called them "Snakes" in 1857. At Kamloops they were called Shinpoos. Jenness concludes they were not Athapaskan (as Franklin had thought in 1823) but part of the North Thompson branch of the Salish, surviving in mixed Cree-Iroquois-Shuswap, near Jasper.

1939c

Review of *The Native Tribes of British Columbia*, by Alice Ravenhill, Banfield, Victoria. (Not seen, listed in Can. Union Catalogue).

1939d

"Edward Sapir (1884-1939)." *Proceedings and Transactions of Royal Society of Canada*, Third Series. Vol. 33. Appendix B. (OONM).

A tribute to the German-born anthropologist, Columbia graduate, scholar of western U.S. Indian languages, chief of anthropology at National Museum in Ottawa, author of revolutionary text book on language. Photo.

1940

"Prehistoric culture waves from Asia to America". *Journal of the Washington Academy of Science*, 30 (1) : pp. 1-15. Also in : *Smithsonian Institution, Annual Report, 1940* : pp. 383-96. (OONM).

Jenness gives linguistic evidence to show the Indians separated completely from the Old World more than 2000 years ago. There are signs of Siberian-Eskimo-Indian connections (p. 388). He maintains Dorset is a genuine Eskimo culture that has absorbed certain Indian traits, not

vice versa. Rowley (Iglulik, 1937) and Collins have expanded Dorset knowledge. Jenness thinks Dorset stems from same parent trunk as ancient culture of Alaska and may have entered Canada 2000 BC. Then the Athapaskans, who crossed the Bering Sea from Asia, would have pushed the Dorset to the eastern Arctic.

1941a

"An archaeological collection from the Belcher Islands in Hudson Bay". *Annals of the Carnegie Museum*, 28 : pp. 189-206. (OONM).

In which Jenness describes a collection of 1,000 specimens (Eskimo) given by J. Kenneth Doutt and Lawrence C. Woods of Pittsburgh to the National Museum (through Robert Cruickshank, factor of the Hudson Bay trading post). In his analysis, Jenness concludes the extensive use of slate, bone and ivory predates the historical period, but at least 3 of the specimens show the arrival of iron. The open-socketed harpoon heads, tanged ulo blades and double-shouldered snow knives suggest late Thule, but the triangular chipped arrowheads with concave bases, stone blades with one or more notches on each side, peculiar chisel on boot-creaser, slate blades ground on opposing edges and small ground arrow-point, seem Dorset. Also a few entirely new items, e.g. a long bladder-dart head. 9 bl. and wh. full page plates with total of 112 archaeological objects. Also 2 pendants of carved ivory, and teeth.

1941b

And Robert Bentham. "Eskimo remains in S.E. Ellesmere Islands". *Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada*, Third Series. Section 2. Vol. 35 : pp. 41-55. (OOA).

Jenness wrote up Bentham's notes (summers of 1937, 8). Whale ribs at Smith Island, and open sockets suggest Thule. An ivory doll with hair bunched on back resembles Baffin Is. more than Greenland. Jenness concludes : Craig Harbour shows mixture of Thule and Dorset; Igloo-Point seems most recent (end of 18th century, early 19th); the inhabitants were Central Eskimo, related to Baffin Is. Eskimo.

1941c

"William John Wintemberg". *American Antiquity*, 7 : pp. 64-66. Also in *Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada*, Third Series. Vol. 35 : pp. 155-57. Appendix B : Biographical Sketches of Deceased Members, 1876-1941. (OOA).

Jenness calls the always-frail Wintemberg the leading authority on Canadian archaeology. He was associate archaeologist at the National Museum, Ottawa. Dug in 1912 and 1915 at Indian village of Roebuck, 40 miles south of Ottawa. Also in northwest Newfoundland, revealing that Eskimo, not Indians, had occupied north coast before white man (probably offshoot of Dorset). Photo.

1941d

"Canada's Indian problems". *America Indigena*, 2 (1) : pp. 29-38. Organo oficial del Instituto Indigenista interamericano. Mexico. (OONML). Also in *Annual Report of the Smithsonian Institution, 1942* : pp. 367-80. (OONL).

A general article, in English with Spanish summary, describing coming of white man to Canada; adjustment of French and Indian; guerilla zone on the prairies with Indians declining; steadfastness of Blackfoot; unique B.C. Indians; Eskimo strain, with strong temperament for endurance.
1 bl. and wh. woodcut of Canadian totem pole.

1942

"The Carrier Indians of the Buckley River, their social and religious life." *Bureau of American Ethnology. Bulletin*, No. 133. Anthropological papers No. 26 : pp. 469-586. (OONL).

Based on 3 months at Hazelton and Hagwilgate, winter 1924-25, and a week each at Fort Fraser, Stony Creek and Prince George, Jenness' article describes political organization, crests, chiefs, cycle of life, religion, medicine men, with Appendix 1 : hunting territories and Appendix 2 : phratic organization of other Carrier subtribes. 11 illus., 2 text figures.

1944a

"Eskimo language. Part B. Grammatical notes on some Western Eskimo dialects". *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-18*, Vol. 15 : pp. 34. (OONL).

Jenness completes this aspect of his study.

1944b

"The Eskimos : Their past and future." *Queen's Quarterly*, 51 (2) : pp. 17. (OONL).

A clear précis by Jenness of the Birnirk, Dorset, Thule, Inugsuk cultures, enlarging on the Old Bering Sea and Ipiutak in Alaska.

1945

"Exploration of the Beaufort and Chukchi seas in western American Arctic". National Defence Dept. Inter-Service Topographical Section. Dec. 1945. 5 pages mimeographed, map.
(Not seen, but listed in Can. Union Catalogue of Books).

1946a

"Material culture of the Copper Eskimos". *Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-18*, Vol. 16. Southern Party, 1913-16 : pp. 148. (OONL).

In which Jenness says he let Rasmussen's "Intellectual Culture of the Copper Eskimos" (1921) stand for these years, but now notes a profound change, since the 1914 quartering of the C.A.E. at Bernard Harbour : e.g. plank cabins replacing old snow houses, imported wool replacing fur, rifles and metal pots changing life. In 4 pages he writes of neat, symmetrical art, not inspired (he shows a few crude drawings). 5 chapters. 189 illustrations, drawn by Miss W.K. Bentley and O.E. Prudhomme. 4 coloured plates, showing woman's stocking, coat, and dancing cap of fur.

1946b

"Ethnology and Archaeology". In : *A program of desirable scientific investigations in Arctic North America.* Compiled by R.F. Flint. *Arctic Institute of North America Bulletin*, 1 : pp. 57-9. (OONM).

A careful list by Jenness of areas he thinks warrant study : N. Alaska, central and eastern Arctic, early man in Yukon, Labrador; as well as linguistic problems on both sides of Bering Sea, and socio-economic problems, with the effect of European contact on Coronation Gulf Eskimo, also Indian tribes of the Mackenzie River basin.

1949

"Some impressions of post-war Italy". *International Journal*, 4. No. 4. Autumn. Toronto. (OONM).

Jenness writes of the north/south antagonism within Italy, the 5-million over-population, slogans left over from Mussolini's time, Communist efforts to woo the people, gratitude for U.S. Marshall aid and general feeling of *lotta* (struggle).

1950a

"The recovery program in Sicily". *Geographical Review*, 40 (3) : pp. 355-63. (OONL).

Report based on 6-month study of economic and social conditions in Italy, 1949-50, when Jenness headed Inter-Service Topographical Section of National Defence. He is impressed by land reform. 5 photos show new road, dam at Gela, irrigation, all in Palermo, evidence of European Recovery Program.

1950b

"Discussion of the Ipiutak culture, its origin and relationships," by Helge Larsen. In : *Indian tribes of aboriginal America : selected papers of the 29th International Congress of Americanists.* Sol Tax, editor. Vol. 3. University of Chicago Press. Chicago : pp. 30-34 (reprinted Cooper Square Pub. Inc., N.Y. 1967). (OONL).

In 5 pages of "Discussion" following Larsen's article, Jenness questions the lineal descent of Hudson Bay Dorset from Ipiutak, suggesting instead a still earlier ancestor for both. He also considers direct contact between Eskimo and Pacific Coast Indians 2-2500 years ago, as well as connection (made by Larsen) with Siberia or China.

1950c

"Italy's demographic crisis". *Queen's Quarterly*. 57. Autumn, 1950 : pp. 269-80. (OONM).

Jenness drives from the Po valley down to Sicily to see for himself whether inadequate cultivation of the land was responsible for poverty. He concludes that industrialization and agrarian reform must be accompanied by a lower birth-rate, since emigration cannot take care of present over-population.

1952

"Preservation of archaeological remains in Canada". In : *Alaskan Science Conference of the National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C. November 8-11, 1950. Selected Papers edited by Henry B. Collins.* Washington, D.C. : pp. 60-65. (OOG).

Jenness writes that between 1920-30 he was perturbed by spoliation of Eskimo ruins in the Hudson Bay region (mostly by Eskimos, to earn money). He recommended adoption by Canada of the old League of Nations regulations for protection of archaeological remains. This became the Ordinance respecting the care and protection of archaeological sites in the North West Territories. Severe fines were imposed, and the N.W. Mounted Police backed them up. For Alaska, Jenness suggests the educational authorities circulate in Eskimo schools a brochure outlining archaeological findings and problems in conservation.

1953a

"Did the Yahgan Indians of Tierra del Fuego speak an Eskimo tongue ?" *International Journal of American Linguistics*, 19 (2) : pp. 128-31. Pub. Baltimore, Md., by Indian University. (OONM).

In hospital, Jenness writes, he was lent E. Lucas Bridges' autobiography *Uttermost Part of the Earth* and was struck by the Eskimo flavour in Yahgan words. A detailed comparison follows, with Jenness concluding Yahgan and Eskimo are related but broke contact some 3000 years ago, resulting in great differences in vocabulary.

1953b

"Stray notes on the Eskimo of Arctic Alaska". *Anthropological Papers of the University of Alaska*, 1 (2) : pp. 5-13. (OONM).

Notes collected Dec. 1913-June 1914, along the coast from Pt. Barrow to Alaska-Canada boundary. 1) Stories about shamans (from Nome, Wales, Pt. Hope, Pt. Barrow, Endicott Mountain Eskimos); 2) Miscellaneous superstitions; 3) Children's games (14 games described, with the words used).

1954a

"Among the Eskimos". *The Beaver*, Outfit 285. Winter 1954-55 : pp. 24-30. (OOA).

In the last of 5 articles in the series "Enter the European", Jenness traces the history of the white arrivals : from the Norsemen, Dutch whalers, Vitus Bering, American whalers in Hudson Bay, New England whalers in western Arctic, through Canada's neglect in the middle of the country. He notes the oncoming of disease, lack of good diet, and says the Eskimos became slaves to the Hudson's Bay Co. need for fur. He sees hope in jobs as longshoremen, and at airports. 7 photos of early Eskimos : 1921, 1942, 1865, 1896, etc.

1954b

"Canada's Indians yesterday. What of today ?" *Canadian Journal of Economics and Political Science*, 20 (1) : pp. 5-13. (OOA).

This was a paper presented at the annual meeting of the Canadian Political Science Association in London, June 4, 1953.

Jenness writes critically of what he calls Canada's "apartheid system" toward the Indians. Failure to promote welfare, education and health among them resulted in sorry conditions among Canada's Hudson's Bay Eskimos which shocked the Dane, Knud Rasmussen, on his 1921-4 expedition. Scabies in the Upper Peace River and trachoma on the Nass and Skeena contrast badly with Eskimos in Greenland. By 1953 Jenness sees improvement but asks for end of 200-year apartheid that was meant to be short-term.

1955a

"Canadian Indian religion". *Anthropologica*, No. 1 : pp. 1-17. (OONL).

Jenness notes the 50 Indian tribes were very uniform in their inner beliefs, i.e. the kinship of man with nature. They accepted evil, and tried to avoid it. Taboos were important, especially on food supply. They prayed, fasted, had very little human sacrifice. Dreams were important. No organized priest-hood, but a very fluid religion, with many myths. "Realism and mysticism blend strangely", says Jenness.

1955b

"The faith of a Coast Salish Indian". *British Columbia Provincial Museum Memoirs*, No. 3 : 92 pp. (OONL).

Jenness spent several weeks among the Salish on Vancouver Island in 1936, then visited the Indian reserve of Katzie, on the Fraser River, 25 miles from Vancouver, home of Coast Salish tribe. With the help of Old Pierre, a 75-year old medicine man, Jenness writes 8 chapters on guardian spirits, rituals, cycle of life, etc., and 6 appendices on masked dance, priests, etc. Photo of Old Pierre, c. 1895.

1956a

"The Chipewyan Indians : an account by an early explorer". Edited by Diamond Jenness. *Anthropologica*, No. 3 : pp. 15-23. (OONL).

Jenness has edited an unpublished manuscript from the Masson papers at McGill University Library. It may have been written by one of Sir Alexander Mackenzie's contemporaries, John Macdonnell. Jenness finds value in the notes on Chipewyan customs, since the tribe disappeared during the 19th century. He has added relevant passages from Hearne, Mackenzie and Thompson, for future students. The writer of the original manuscript finds the Indians "in a state of darkest superstition and ignorance... beggarly, cowardly and mean in their nature but on the other hand susceptible of slights, persevering and ingenious".

1956b

"The Corn goddess and other tales from Indian Canada". *National Museum of Canada Bulletin*, No. 141 : pp. 111. (OONL).

Foreword by F.J. Alcock, Chief Curator, National Museum of Canada. Illustrations by Winnifred K. Bentley.

1957

Dawn in Arctic Alaska. Minneapolis : University of Minnesota Press : pp. 222. Pub. in Great Britain, India and Pakistan by Oxford Univ. Press. (OONL).

Inscribed "To my sons", this is Jenness' informal account of the time he spent with the Stefansson expedition, beginning with the letter from Edward Sapir, in Ottawa, while he was in New Zealand, suggesting he rendez-vous with the Canadian Arctic Expedition in British Columbia.
Illustrated by Giacomo Raimondi.

1961a

"Human resources of Canada's northlands". A paper presented at the Resources for Tomorrow conference, Montreal, Oct. 26, 1961. (Manuscript lent by Graham Rowley, Ottawa).

Jenness contrasts the Maori assimilation with neglect of Canada's Indians, and dependence of Eskimos on white civilization. He considers the military value of the Arctic, and also possible mining expansion. Concluding that efforts to buttress Eskimo economy in the north have failed, he suggests bringing young Eskimos south for training, perhaps to be called "Eskimo Pioneers". This might help lead toward eventual assimilation.

1961b

Obituary for R.M. Anderson, 1877-1961. *Arctic*, 14 (4) : p. 268. (OONL).

Jenness recalls Anderson's strength and cheerfulness travelling up the Coppermine River, 1914-5. Anderson later became chief of biology, National Museum of Canada.

1962a

"America's Eskimos : Can they survive ?" Waterloo Lutheran University. 15 pages. (OONL).

A lecture delivered under the auspices of Waterloo Lutheran University, Oct. 16, 1962, and published as a pamphlet.

1962b

The Economics of Cyprus, a survey to 1914. McGill University Press. Montreal. pp. 219. (OONL).

With the help of a Canada Council grant, Jenness publishes his view on Cyprus in this book;
Bl. and wh. illus. maps, 1 folded.

1962c

Eskimo Administration, 1 : Alaska. *Arctic Institute of North America*, Technical Paper No. 10: pp. 64. (OONL).

Jenness writes the first of 5 volumes, comparing attitudes and specific handling of Eskimo administration in 4 different areas. Ranks as one of his major undertakings.

1964a

Eskimo Administration, 2 : Canada. *Arctic Institute of North America*, Technical Paper No. 14 : pp. 186. (OONL).

1964b

"The Canadian Eskimo". In : *The Unbelievable Land*. Edited by I. Norman Smith. Ottawa : Queen's Printer. For the Department of Northern Affairs and National Resources and the Northern Service of the CBC. (OONL).

With a foreword by Georges Vanier and a conclusion by R. Gordon Robertson, the book contains articles by 29 experts. Jenness says we must develop a more profound sense of our obligations (with the added atomic age

responsibility) than even the Eskimos possessed, or follow the dinosaur into oblivion. He cites Eskimo humour and inventiveness, great assets in their 6000 years' existence in the north.
34 bl. and wh. photos.

1965

Eskimo Administration, 3 : Labrador. *Arctic Institute of North America*, Technical Paper No. 16 : pp. 94. (OONL).

1966

"The administration of northern peoples : America's Eskimos — pawns of history." In : *The Arctic Frontier*. Edited by R. St. J. Macdonald. University of Toronto Press. Toronto : pp. 120-29. (OOA).

Jenness compares Alaska, Canada and Labrador, in their Eskimo administration, concluding Newfoundland has the best record. In 1939, he notes, the Supreme Court decided Eskimos were Indians. Jenness acknowledges automation is a problem for everyone in a complex society.

1967a

"The ascent of Mount Madawana, Goodenough Island". *Canadian Geographical Journal*, 74 : pp. 100-08. (OONL).

Written 50 years earlier, 1911, the article tells of 300 butterflies Jenness sent to Oxford's Pitt-Rivers Museum, and of his experiences climbing one of the highest peaks, Madawana, recently feared for cannibal activities.
11 bl. and wh. photos. 2 sketch maps.

1967b

Eskimo Administration, 4 : Greenland. *Arctic Institute of North America*, Technical Paper No. 19 : pp. 176. (OONL).

1967c

"The Indians". In : *Canada*. Edited by Earle Toppings. Ryerson Press. Toronto : pp. 15-6. (OONL).

An overview by Jenness of Canada's pre-European population noting linguistics and social distinctions in Indian and Eskimo tribes from the Pacific to the Atlantic.

1968

Eskimo Administration, 5 : Analysis and Reflections. *Arctic Institute of North America*, Technical Paper No. 21 : pp. 72. (OONL).

1969

"Eskimo". *Encyclopedia Britannica*, Vol. 8. London : pp. 702-5. (OONL).

Under 2 headings, "Early Life and Customs" and "Eskimo Archaeology", Jenness discusses the 50,000 people from Bering Sea to Greenland and Labrador, excluding Aleut people, but including the Siberian shore. He dates Thule culture from Mathiassen's findings; Dorset from his own. Very good bibliography.

1970a

"The Canadian Eskimo". *United States and Canada, a Handbook*. Book 2. Anthony Blond Limited. London. U.K. (Listed on Collins/Taylor list as "in press"; unable to trace; may never have been published).

1970b

Foreword to Banks Land Story. Yellowknife. Centennial Centre. (Listed on Collins/Taylor list as "in press"; unable to trace; may not have been published).

Diamond Jenness

by Graham W. ROWLEY (1)

DIAMOND JENNESS, CC, the outstanding authority on the Eskimos and Indians of Canada, died at his home at Cascades, near Ottawa, on 29 November 1969.

He was born in Wellington, New Zealand, in 1886 and went to school and university there, graduating from Victoria University College with first class honours in classics. A scholarship then took him to Balliol College, Oxford, where he followed his BA (Lit Hum) with a Diploma in Anthropology in 1911. This led to an anthropological expedition among the northern d'Entrecasteaux Islands of New Guinea. Soon after he returned to New Zealand, he was invited to join the Canadian Arctic Expedition, organized by Vilhjalmur Stefansson, as an ethnologist, and he spent the period from 1913 to 1916, first among the Eskimos on the northern coast of Alaska, then with the Copper Eskimos, mainly in Victoria Island. In 1916 he returned south to join the Canadian Army and served overseas with the artillery. After the war he was appointed an ethnologist on the staff of the National Museum of Canada and became Chief of the Anthropological Section in 1926. As well as directing the anthropological work at the museum, he carried out ethnological studies among the Sekani, Carrier, Coast Salish, and Sarcee Indians, and made archaeological investigations in Alaska and Newfoundland.

During the Second World War, Jenness served first with the Dependants' Allowance Board and then successively as Deputy Director of Intelligence in the Royal Canadian Air Force and Chief of the Inter-Service Topographical Section. Subsequently he was responsible for the organization of the Geographical Bureau, where he was Director of Research until he retired in 1947. Few scholars can have had a more active retirement. He continued his many anthropological and geographical interests and, in particular, studied the economy of the island of Cyprus and prepared a series of monographs on the administration of Eskimo affairs in Alaska, Canada, Labrador, and Greenland.

Jenness made contributions of the first importance in many fields. He wrote with a clarity and literary style that made his publications a delight to read. His reports on the Copper Eskimos and how they lived, his linguistic studies, his book on the Indians of Canada, his accounts of the time he spent in the north, and his work on Eskimo administration stand as permanent testimony to his scholarship and versatility. He will be long remembered also for his remarkable contributions to Eskimo archaeology, particularly his brilliant identifications of the Cape Dorset culture in the eastern Canadian Arctic and the Old Bering Sea culture in Alaska. Honorary degrees were conferred on him by the University of New Zealand, Waterloo University, University of Saskatchewan, Carleton University, and McGill University. He was awarded the Massey Medal of the Royal Canadian Geographical Society for outstanding personal achievement, and appointed a Companion of the Order fo Canada, his adopted country's highest honour.

He earned the respect and affection of all who were fortunate enough to know him. He was always modest, gentle, and unassuming, but under these qualities lay an iron will that would allow no compromise where issues of principle were involved. His advice, given in a self-deprecating way, was sought and valued on all questions concerning the native peoples of Canada, whose interests were always close to his heart.

Among his chief publications were *Dawn in Arctic Alaska* (Minneapolis, 1957); *Eskimo administration. I-V* (Montreal, 1962-68) (Technical Bulletins of the Arctic Institute of North America); *Eskimo string figures, Comparative vocabulary of the Western Eskimo dialects, Grammatical notes on some Western Eskimo dialects, The life of the Copper Eskimos, Material culture of the Copper Eskimos, Myths and traditions from northern Alaska, the Mackenzie delta and Coronation Gulf,* and *Physical characteristics of the Copper Eskimos,* Ottawa, 1922-46 (Reports of the Canadian Arctic Expedition, 1913-18); *The Indians of Canada* (Ottawa, 1932) (first edition); A new Eskimo culture in Hudson Bay, *Geographical Review,* Vol. 15, 1925; and *The people of the twilight (New York, 1928).*

(1) Reprinted from "Obituary" in *Polar Record,* vol. 15, n° 96, p. 361-362.

L'ETHNOLOGIE RUSSE : A.N. MAKSIMOV ET SES RECHERCHES SUR LA SIBÉRIE ET LE NORD EUROPÉEN[1]

par O.J. ARTIOMOVA

Institut d'Ethnographie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moscou

RÉSUMÉ. — Cet article présente l'un des représentants éminents de l'ethnologie russe, un savant caractérisé par son érudition, l'originalité de ses recherches scientifiques, un esprit critique et indépendant, une grande fidélité envers ses convictions scientifiques, attitude difficile à conserver à son époque.

Mots-clés : A.N. Maksimov (1872-1941) — Sibérie — Ethnologie — Nord européen.

ABSTRACT. — **The Russian ethnology : A.N. Maksimov and his Siberian and North European researches.** *Through this article, one of the Russian ethnology's eminent representative is pictured. This scholar is caracterized by erudition, original scientifical researches, a critical and independent mind, a hard-preserving at this time fidelity towards his scientifical convictions.*

Key-words : *A.N. Maksimov (1872-1941) — Siberia — Ethnology — Northern Europe.*

Un ensemble de circonstances fit qu'Alexandre Nikolaevič Maksimov, savant cultivé et original qui enrichit notablement l'ethnologie, tomba presque dans l'oubli peu après sa mort. Une seule publication lui rend hommage, à savoir sa nécrologie rédigée par S.A. Tokarev en 1947 (2). Depuis plus de quarante ans, on ne trouve que quelques rares mentions de Maksimov (d'ailleurs pas toujours objectives) dans certaines historiographies. Or, ses principaux travaux n'ont rien perdu de leur valeur théorique et méthodologique. Certaines de ses conclusions, longtemps réfutées et même ignorées par l'ethnologie soviétique, furent redécouvertes par des savants contemporains, indépendamment de ses travaux. C'est ainsi que certaines de ses questions et suggestions revinrent à l'ordre du jour et que quelques-unes attendent encore leurs réponses.

Le trait le plus caractéristique de A.N. Maksimov, qu'il s'agisse de son œuvre ou de sa vie, fut une grande indépendance d'esprit et d'action, un cheminement très personnel.

Fils d'un pope, il est né en 1872 à Orel. Après le gymnase de la ville, il entra à l'université de Moscou (Faculté de Physique et de Mathématiques). Mais, vite déçu, il quitta l'université et se mit à gagner sa vie avec sa plume tout en poursuivant ses études en autodidacte; il devint au bout de quelques années l'un des journalistes russes les plus instruits, très ferré en histoire et en ethnographie. Jusqu'en 1917, Maksimov fit concorder son travail scientifique avec ses activités journalistiques. D'abord collaborateur du journal « Russkie Vedomosti », il en devint ensuite le vice-directeur; il fut l'un des dirigeants du Département Ethnographique de la Société des Amateurs des Sciences Naturelles, d'Anthropologie et d'Ethnographie (Obščestvo Ljubitelej Estestvoznanija, Antropologii i Etnografii), enfin collaborateur permanent du Dictionnaire Encyclopédique de Granat. Après 1917, il enseigna à l'Institut de l'Asie Antérieure et à l'Université de Moscou (respectivement 1918-1922, 1919-1930) et fut membre du secteur scientifique des Bibliographies à la Bibliothèque Lénine (de 1919 à la fin de sa vie).

A l'instar des autres savants russes de son époque (W.G. Bogoraz, L.J. Šternberg, W.I. Jokhel'son, etc.) Maksimov s'intéressa à l'ethnographie lors de son exil dans la province d'Arkhangel'sk où il vécut trois ans (1895-1898), condamné pour sa participation à l'organisation illégale « Narodnoe Pravo / Le Droit du Peuple ». Il se trouve que Maksimov occupe dans cette pléïade d'ethnographes renommés, une position très originale : il s'initia à cette science, non pas en étudiant les mœurs et la vie de tel ou tel peuple, ou en s'interrogeant sur une question ethnographique particulière, mais en tentant d'analyser d'emblée l'Ethnographie dans son ensemble, d'en saisir les méthodes, d'en étudier l'essor, son état actuel et son devenir, d'en comprendre les problèmes intrinsèques et de faire le point sur les recherches antérieures.

Il ne se cantonna jamais dans un problème ethnographique, par trop spécialisé. Il connaissait bien les études faites sur les peuples de l'Eurasie, de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Océanie. Dès les premières années de ses recherches ethnographiques, il témoigna d'un intérêt permanent envers les sujets qui passionnaient alors le monde scientifique, à savoir l'histoire de la famille, du mariage, de l'organisation clanique, des croyances religieuses. D'où l'attention portée sur les peuples vivant encore les structures archaïques, et en particulier sur les sociétés de la Sibérie et de l'Extrême-Nord de l'Europe.

(1) Traduit du russe par Mme Arlette Fraysse, Centre d'Etudes Arctiques.

(2) A.N. Maksimov est mort en 1941. Sa nécrologie ne put être publiée avant 1947, du fait de la Seconde Guerre Mondiale (N.d.A.).

Si Maksimov était parfaitement au courant des thèses passées et contemporaines, il n'appartint à aucune école. Il dénonça les théories évolutionnistes tout en appréciant les travaux de certains de leurs adeptes, Tylor par exemple, dont il partageait l'opinion sur de nombreuses questions essentielles et dont il appréciait la personnalité brillante, cultivée, fortement originale. Il vit dans les études des diffusionnistes d'intéressantes perspectives et soutint les représentants de l'Ecole Culturelle et Historique américaine. Mais bien qu'il se fût senti proche de F. Boas, quant à sa méthodologie et sa philosophie, ses écrits ne reflètent pas ces influences.

Il entama ses activités scientifiques aux alentours de notre siècle, c'est-à-dire à un moment où l'on percevait clairement que la pensée théorique en ethnologie était dans l'impasse et où les savants les plus avant-gardistes opposaient aux conceptions prétendument universelles de l'évolution de la société, des méthodes générales de recherches, afin de se prémunir contre les simplifications et les errements de l'époque précédente tout en résolvant des problèmes-clés, mis en lumière par les fondateurs de l'ethnologie.

Maksimov, sceptique à l'égard des théories antérieures, demeura à l'écart des nouvelles tendances non sans les avoir disséquées et évaluées à sa façon. Ce n'est pas un hasard si sa première publication importante fut « K voprosu o metodakh izučenija istorii sem'i / A propos des méthodes d'études de l'Histoire de la Famille », 1899.

Précisons qu'alors, le concept « Histoire de la Famille » couvrait un domaine beaucoup plus large qu'aujourd'hui et englobait ce que l'on appelle « l'organisation sociale primitive. » Après avoir étudié les méthodes d'analyse scientifique des chercheurs les plus brillants (E.B. Tylor, E. Westermarck, R. Hildebrandt, E. Grosse, etc.), Maksimov en vint à la conclusion que même les méthodes les plus prometteuses présentent des grandes insuffisances et ne peuvent en aucun cas servir de « panacée ». Qui plus est, il en vint même à douter de la possibilité et de la nécessité à ériger des schèmes généraux de méthodologie ethnographique. La découverte d'une telle « panacée » ne constitue pas à ses yeux « un élément obligatoire au succès de la recherche » (1899, p. 34-35). En fin de compte, chaque nouvelle recherche concrète engendre une méthodologie définie par les matériaux utilisés et ses buts. Ce qui est essentiel reste la preuve scientifique rigoureuse.

Ces principes formulés dans son premier ouvrage, exigeant la rigueur dans le choix des preuves scientifiques, le refus de tout a priori, l'examen méticuleux des faits, furent strictement observés par A.N. Maksimov et caractérisèrent son œuvre.

Dans nombre de ses travaux, il s'attacha à faire une synthèse critique des acquis de son temps. Il analysa les théories évolutionnistes de la préhistoire de l'humanité, mit en lumière leurs faiblesses, souleva de nouvelles questions pertinentes et complexes. Pour cela, il puisa à diverses sources, dont les matériaux sibériens : il lui arriva souvent en les compulsant, afin de vérifier telle hypothèse, de faire des conclusions en soi recevables, parfois inattendues et originales.

Ainsi, le thème de « Čto sdelano po istorii sem'i / Qu'est-ce qui a été fait sur l'histoire de la famille », 1901, est la réfutation du postulat qui ferait de la promiscuité une étape particulière dans l'évolution des relations entre sexes, la critique des analyses sur l'exogamie, le matriarcat ou la gynécocratie. En outre, se référant aux Nivkhes (Guiliaks), Nanaï (Gol'des), Itel'mènes, Koriaks, Samoyèdes, Bouriates et autres peuples sibériens, Maksimov recense les divers modes de conclusion du mariage (rapt, échange, achat, rachat par le travail), tente d'en découvrir les origines et d'en suivre les parcours historiques.

Dans « Gruppovoj brak / Le mariage de groupe », 1908, ouvrage critique à l'égard de Morgan qui stipule que le mariage de groupe a précédé partout le mariage individuel, Maksimov examine d'abord cet axiome et la méthodologie de ses adeptes, en montre les failles, dont la reconstruction des formes disparues du mariage, supputées à partir de la terminologie de la parenté classificatoire. Puis, il dissèque les faits, présentés par Morgan et ses disciples comme étant des survivances du mariage de groupe, notamment l'institution remarquée par Bogoraz du « Peremennyj Brak / Le mariage alternatif » (3) chez les Tchouktches, et celle notée par les premiers observateurs des « Polovinščiki / associés » (4) chez les Aléoutes et les Esquimaux. Après avoir soigneusement étudié ces témoignages, Maksimov estime que ces deux coutumes sont un phénomène isolé par rapport aux données avancées par les tenants du mariage de groupe, *id est* qu'ils ont une tout autre origine, d'autres fonctions que, par exemple, la coutume du pirrauru et pirraugaru (5) chez les Dieri et Urabunna australiens, ou encore la polygynie et polyandrie combinées des Naires du Malabar aux Indes; selon lui, ces deux coutumes sont nées après le mariage individuel, en seraient le complément et ne correspondent nullement à la terminologie de la parenté des Tchouktches, des Esquimaux et des Aléoutes, comme on aurait pu s'y attendre, selon les hypothèses de Morgan. En outre, si ces deux coutumes n'ont aucune importance par rapport aux théories du mariage de groupe, elles offrent par contre un intérêt exceptionnel pour éclairer les échanges culturels entre l'Asie et l'Amérique où l'on a relevé les mêmes coutumes chez les Esquimaux et certains Amérindiens (1908, p. 38).

Dans cet ouvrage, il réfute en même temps le témoignage de Šternberg quant à l'existence du mariage de groupe chez les Nivkhes (Guiliaks) (Maksimov, 1908, p. 39-42; Šternberg, 1904, p. 23-25; 1893, p. 26.).

Dans tous ses écrits, Maksimov témoigne d'une nette réticence vis-à-vis d'une monotypie, d'une unité fonctionnelle ou de liens génétiques entre des ensembles phénoménaux précis; il en veut pour preuve que nombre de faits regroupés dans une « unité synchrone » ou dans un suivi génétique, proviennent de sources diverses, sont nés de causes multiples et remplissent des fonctions variées selon les sociétés. Cette méfiance est particulièrement nette dans son ouvrage « Teorija rodovogo byta / Théorie du clan », 1913, où il démontre qu'il n'y a pas, en ethnologie, de concepts plus répandus et mal définis que les termes « clan, structure clanique », souvent appliqués à des groupes sociaux parfaitement dissemblables, tant au niveau structurel que fonctionnel.

---

(3) Deux hommes ou plus, parfois apparentés, concluent un accord leur donnant des droits réciproques sur leurs épouses. Les célibataires et les veufs peuvent en faire partie et disposer des femmes (N.d.A.).

(4) Une femme a, outre un « mari principal », un « mari supplémentaire » vivant sous son toit, et aidant au ménage (N.d.A.).

(5) Les personnes mariées avaient le droit d'avoir des relations sexuelles avec « les époux ou les épouses supplémentaires ». Avec l'accord de la communauté (N.d.A.).

Maksimov affirme qu'il n'y a aucune définition *substantielle* satisfaisante de ces notions et que dans les énoncés généralement admis figurent impérativement deux paramètres qu'il qualifie « d'externe, de formel » : l'exogamie et la parenté unilinéaire. D'où les fréquentes difficultés rencontrées par les savants lorsqu'ils tentent d'accoler le concept « clan » à divers groupes constitués d'une société donnée. Il étaye ses assertions avec des exemples convaincants pris chez les peuples sibériens.

Insistant sur la nécessité d'une révision radicale de la théorie de la structure clanique en tant que stade obligatoire dans l'évolution de la société et d'une refonte du concept même de « clan », Maksimov avance que les ethnographes peuvent à la rigueur parler d'un clan iakoute, toungousse ou iroquois, etc., mais en aucun cas du clan ou d'une organisation clanique en général puisqu'aucune preuve décisive n'atteste de liens génétiques entre ces institutions sociales, dénommées « clans » chez les peuples les plus différents. L'obtention d'une telle preuve ne pourrait s'envisager que dans une investigation globale; mais, comme cette dernière relève de l'avenir, la théorie de la structure clanique est, pour l'heure, irrecevable, même dans ses formulations les plus générales. Plus tard, il tenta de vérifier cette hypothèse en dépouillant le matériel à sa disposition, *id est* les groupes apparentés des populations de la Sibérie Orientale. Mais les résultats de ces recherches ne furent pas publiés, hormis quelques extraits repris dans « K voprosu o totemizme v Sibiri / A propos du totémisme en Sibérie », 1928, sur lequel nous reviendrons plus loin.

Depuis la parution de la « Théorie du clan » l'ethnologie a beaucoup progressé. Aujourd'hui, ainsi que le souhaitait Maksimov, plus personne ne met sur le même plan le Seok des Altaïtses, l'Akha-Uga des Iakoutes (6) ou le groupe totémique des aborigènes australiens. La preuve fut faite que dans de nombreuses sociétés archaïques, il n'y avait pas de clans.

On découvrit une différence fondamentale entre les groupes apparentés des sociétés pré-agricoles et agricoles, etc. En particulier, la notion de « patronyme » introduite par Kosven, puis reprise et approfondie par d'autres (Kosven, 1963; Peršic, 1981, p. 89-91) permit de démarquer les groupes apparentés en fonction de leurs formations plus ou moins précoces (ou tardives). Cependant, les concepts « clan, structure clanique » maintiennent leur position dominante dans les recherches soviétiques sur la préhistoire, surtout dans les tentatives de reconstruction de ces lointains stades de l'humanité dont on ne rencontre aucune analogie même dans les sociétés qui récemment encore étaient traditionnelles. Or, il est vrai qu'aujourd'hui, le concept « clan » reste toujours flou. La raison nous semble en être que l'on n'a pas découvert de prémisses fondamentales, inhérentes à l'impératif vital, des causes matérielles essentielles qui conditionneraient l'universalité du stade clanique. Car, tout comme par le passé, on définit le clan à partir de critères « externes et non substantiels », tels l'unilatéralité ou l'unilinéarité et l'exogamie (ou agamie, Semenov, 1986, p. 121); les chercheurs contemporains y ont adjoint un autre critère, un lointain et oublié ancêtre. Mais d'autres formations sociales présentent ces critères sans être pour autant des clans : les phratries australiennes.

(6) Le Seok et l'Akha-Uga sont des groupes d'apparentés unilinéaires (N.d.A.).

L'esprit extrêmement critique d'ouvrages tels que « Qu'est-ce qui a été fait sur l'histoire de la famille ? », « Le mariage de groupe », « Théorie de clan », ancra l'opinion que dans l'œuvre de Maksimov régnait « le principe de destruction » : dénigrant systématiquement toutes les théories, il n'aurait rien proposé *en échange*. Opinion à l'évidence injuste car « le principe de création » s'y manifeste tout aussi nettement.

Dans certains ouvrages, ses idées maîtresses frappent par leur aspect extraordinaire, voire paradoxal. Il est vrai qu'*en échange* des concepts globaux et vulnérables à la critique, avancés par autrui, Maksimov ne proposa jamais ses propres concepts tout aussi globaux et discutables. Ce qui le différencie de tous ceux qu'il critiqua rigoureusement, fut l'ampleur de ses thématiques de recherches. Convaincu que l'heure des théories globalistes n'avait pas encore sonné pour l'ethnologie et qu'en attendant il valait mieux dépouiller systématiquement les matériaux disponibles, Maksimov s'intéressa à diverses questions, parfois assez spéciales mais en y épuisant toutes les ressources possibles concernant telle région plus ou moins vaste.

Ainsi, dans « Iz istorii sem'i u russkikh inorodcev / Extrait de l'histoire de la famille chez les allogènes russes », il tenta une argumentation suivie sur la matrilocalité ou la bilocalité temporaire de la résidence matrimoniale dans la plupart des sociétés traditionnelles de l'Asie centrale, de la Volga, de l'Extrême-Nord européen et de la Sibérie. Dans cette étude, il utilise avec intelligence et prudence la méthode des survivances. La dernière partie offre un intérêt certain, lorsqu'il s'interroge sur l'origine de la dot et du Kalym. Constatant que la dot comprend, dans la majorité des cas, outre les vêtements, les parures

et objets domestiques exclusivement féminins, les ustensiles, indispensables à l'homme, mais aussi le cheptel, des vivres et surtout l'habitation (chez les nomades, čum, kibitka, etc.), Maksimov date l'institution de la dot de l'époque de transition de la résidence matrilocale à la résidence patrilocale. Arrachant son épouse à sa famille et la contraignant à venir vivre dans son clan, l'homme prit en même temps qu'elle, l'habitation et tous les biens qu'ils auraient partagés dans la famille de la femme. Tous ces biens (en tous les cas, l'habitation et les ustensiles) étant l'apanage féminin dans un système matrilocal suivirent la femme lorsque la résidence matrimoniale changea. Mais la famille de la femme devait obtenir une compensation, et ce fut le Kalym.

Maksimov démontra que chez tous les peuples étudiés (Ioukaguirs, Tchouktches, Koriaks, Nivkhes (Guiliaks), Evènes (Lamoutes), Evenks (Toungousses), Karagasses, Kačinètses, Samoyèdes, Khantes et Manses (Ostiaks et Vogoules), Sâmes (Lopares) Komi-permiaks, etc., ce kalym était grosso modo l'équivalent de la dot. Si bien qu'*à l'origine* le kalym n'était pas un rachat de la femme, mais un troc contre la dot, une compensation en échange des biens meubles sans lesquels une femme ne pouvait fonder un foyer.

Cette analyse de Maksimov fut reprise par G.A. Bonč-Osmolovskij et F.A. Fiel'strup (1926) dans leurs études sur les peuples turcs. Cependant, une autre hypothèse prévaut dans la littérature russe et soviétique, à savoir que le kalym est bel et bien un achat de la femme, l'indice du mariage par achat, qu'il a une autre origine plus ancienne que la dot (L.V. Malinin, 1890; M.O. Kosven, 1925; N.A. Kisljakov, 1959). Ces deux derniers auteurs associent la création du Kalym avec l'apparition des relations patriarcales et la formation des vastes familles, la dislocation donc du collectivisme primitif et l'essor de la propriété privée; quant à la dot, elle aurait pour origine la nucléarisation de la famille monogame dont elle assure le minimum vital indispensable à une indépendance économique.

A la lumière des données et des concepts ethnologiques modernes, ces interprétations prêtent autant le flanc à la critique que celles de Maksimov. A l'encontre de ce dernier, certaines sociétés pratiquent l'usage du kalym et non celui de la dot. A l'encontre de Kosven et de Kisljakov, on peut citer des sociétés encore parfaitement primitives de chasseurs-cueilleurs où l'homme donne aux parents de l'élue des armes, des outils, puis après le mariage, durant de longues années, leur remet une partie de la chasse; cf. les tribus australiennes, les Bushmen du Kalahari (région Dobe), (Malinovski, 1963; Lie, 1984, p. 76). De même l'usage de la dot a été constaté dans des sociétés bien plus primitives que celles décrites par ces deux auteurs soviétiques. Enfin la succession des formes de l'organisation familiale dont seraient issus kalym et dot, n'est pas considérée aujourd'hui comme universelle. A l'évidence, cette question reste à résoudre.

Maksimov aimait à répéter un axiome essentiel à la méthodologie : des phénomènes d'apparence similaire existant dans des sociétés diverses peuvent relever de sources variées et exercer des fonctions disparates; à l'inverse des phénomènes d'apparence diverse peuvent être proches par leur fonction et leur origine. En raisonnant « à la Maksimov », on pourrait supposer que les coutumes « kalym » et « dot » sont en fait hétérogènes et hétérofonctionnelles : ces origines et fonctions différentes étant, selon les sociétés, tantôt celles attribuées par Maksimov, tantôt celles avancées par ses contradicteurs. Il n'est pas exclu que cette hétérogénéité et hétéro-fonctionnalité aient été induites par le type de résidence matrimoniale. Or, ces résidences, à notre avis, ainsi que l'a brillamment demontré par G.P. Murdoch (1965, p. 200-222) pouvaient varier dans des systèmes économiques identiques et se développaient, se succédaient en-dehors de tout schéma préconçu, absolument pas selon un enchaînement historique universel.

Toujours dans « Extraits de l'histoire de la famille chez les allogènes russes », Maksimov analyse une autre coutume matrimoniale, certes moins répandue que le kalym ou la dot, relevée par les premiers observateurs chez les Tchouktches, les aborigènes du Kamtchatka, et appelée « empoigner la fiancée » : le fiancé avant de pouvoir exercer ses droits d'époux devait toucher certaines parties du corps de la jeune fille, non sans lui avoir au préalable arraché un grand nombre de vêtements, vaincu sa résistance acharnée et une multitude d'obstacles préparés par les parents et les amies de l'élue. Maksimov réfuta l'opinion que cette violence était la survivance de l'ancien mariage par rapt, car l'opposition manifestée n'avait rien de symbolique : d'abord, le fiancé était loin d'atteindre facilement son but, et les coups qu'il recevait de la part de sa future femme et de ses alliés le laissaient souvent complètement épuisé, parfois sérieusement blessé et même estropié. Maksimov y voit non pas une coutume déformée, mais une pratique spécifique, comparable aux rites d'initiation où il s'agit pour l'homme de prouver sa force, sa résistance, sa virilité avant de jouir de plein droit du statut d'homme marié, *id est* d'homme mûr.

Deux années plut tôt, Maksimov avait donné la même explication à plusieurs coutumes, regroupées sous le concept de « la couvade », coutumes qu'il subdivisa en trois catégories :

1) Imitation par l'homme de l'enfantement au moment de l'accouchement de la femme.

2) Observance des tabous y compris alimentaires par le père avant et après la naissance de l'enfant.

3) Jeûne et épuisement du père après la naissance.

A ses yeux, ces trois types de couvade avaient une fonction et une origine différentes. Remarquant que le type 3, contrairement aux types 1 et 2, ne concerne que le premier-né et qu'un premier-né confirme le statut de l'homme, Maksimov associe ces rites aux épreuves initiatiques endurées par les jeunes gens pour accéder au statut d'adultes, par les chefs pour « monter sur le trône » ou encore par les sorciers pour être reconnus, etc.; autant d'épreuves nécessaires pour obtenir un nouveau statut social (Maksimov, 1900). Si bien que, dans ses premiers ouvrages, Maksimov énonça l'idée qu'à des rites d'apparence très variée se référait une seule et même fonction que Van Gennep allait désigner en 1908 par le concept de « Rites de passage ».

Maksimov revint sur ce rituel de « l'empoignade de la fiancée » dans l'article « Ob odnom svadebnom obrjade / A propos d'un rite de mariage », 1908a : connu uniquement des Tchouktches, des aborigènes de Kamtchatka, ce rite a des parallèles en Amérique du Nord chez des Indiens dont certains géographiquement éloignés du détroit de Bering. Cette similitude ajoutée à de nombreuses autres analogies (dont certaines mentionnées dans « Le mariage de groupe ») ouvre de larges perspectives d'études sur les liens génétiques entre les paléo-cultures des deux continents. A ce titre, Maksimov fait partie des premiers ethnographes russes à avoir envisagé cette vaste question.

Ces parallèles asiatico-américains se répètent dans l'étude « Prevraščenie pola / Le transsexualisme », 1912 : chez les autochtones de la Tchoukotka et du Kamtchatka, chez de nombreux Indiens, y compris les Sioux et les Pueblos, certaines personnes (le plus souvent des hommes) à un moment précis de leur vie semblaient changer complètement de sexe; adoptant toutes les caractéristiques féminines (y compris sexuelles), ils en acquéraient aussi le statut social, les manières, les habitudes, le costume, etc. Ces pratiques existèrent plus ou moins régulièrement. Contrairement à quelques-uns de ses prédécesseurs, Maksimov n'y vit pas là une perversion mondialement connue, mais une vraie institution sociale, relativement délimitée dans l'espace et inhérente à un rituel. Après avoir fait une synthèse de divers témoignages, il démontra que les transsexuels étaient soit des chamans, soit des individus ayant une fonction cultuelle particulière. Il envisagea aussi l'éventualité dans l'évolution de cette pratique de caractéristiques psycho-physiologiques fréquentes chez ces peuples

A ses yeux, en général, nombre de rituels, de tabous plongeaient leurs racines dans la psyché, tout comme certaines coutumes familiales, et même, ce qui est inattendu, quelques branches de l'activité économique.

L'un de ses meilleurs ouvrages est consacré au problème de « l'évitement », terme que Maksimov jugea impropre et remplaça par la périphrase dont il intitula son étude « Ograničenie otnošenij meždu odnim iz suprugov i rodstvennikami drugogo / Restriction des relations entre l'un des conjoints et les parents de l'autre, » 1908b. A sa publication, cet ouvrage était la monographie la plus complète sur les tabouisations inter-familiales. Maksimov fait référence à plus de cent peuples du monde entier : Sibérie, Asie centrale, bassin de la Volga, Caucase, Afrique, Amérique, Australie, Mélanésie, Polynésie, Indonésie.

Il relate d'abord l'historiographie de cette étude et recense les explications données sur les origines de cette coutume :

1) Le mariage par rapt provoque inévitablement un conflit entre le mari et les parents de l'épouse enlevée. Cette explication est erronée car elle ne concerne que les restrictions relationnelles entre le mari et sa belle-famille. Or, souvent, ces restrictions visent l'épouse par rapport aux parents de son mari.

2. La prévention sexuelle entre alliés; cette interprétation ne prend pas en considération le fait que les limitations touchent souvent des personnes du même sexe mais d'âges et même de générations différentes et souvent n'existent pas entre individus de sexe opposé mais du même âge.

3. La cohabitation de l'un des conjoints avec la famille de l'autre qui présente plusieurs cas :

a) dans le cas de la matrilocalité, les restrictions visent le mari, dans celui de la patrilocalité, la femme;

b) en cas de bilocalité, toutes les restrictions s'ajoutent.

Quoi qu'il en soit, ces tabous soulignent avant tout l'extranéité du conjoint par rapport au cercle familial de l'autre, dont il partage toutefois la vie. C'est le troisième motif, avancé par Tylor, qui paraît le plus satisfaisant, quoiqu'imparfait, à Maksimov, même si des faits l'infirment : quelques sociétés patrilocales imposent des tabous au mari vis-à-vis des parents de sa femme, et inversement dans des sociétés matrilocales. Maksimov chercha une réponse plus adéquate. Selon lui, tous les types de tabouisations inter-familiales proviennent du caractère même des relations entre alliés. Celles-ci, contrairement aux relations entre consanguins, ne sont ni *naturelles* ni *progressives*, mais sont *artificielles* et s'inscrivent dans un temps relativement court. Cette différence s'exprime dans la terminologie de la parenté et de l'alliance : tandis que la première est limitée chez certains peuples, la seconde offre un vaste éventail. Les relations consanguines se forgent d'elles-mêmes au fur et à mesure de la croissance de l'enfant. Les relations par mariage naissent à l'âge adulte et n'ont rien à voir avec les habitudes relationnelles prises dès le plus jeune âge. Il faut les créer à chaque nouvelle alliance. Ce processus psychologiquement difficile a été formalisé par des réglementations strictes et tâtillonnes, dont des restrictions relationnelles allant jusqu'à l'évitement, en vigueur surtout les premières années du mariage. Ici, on pourrait illustrer l'axiome : « Quand on ne sait pas comment se comporter, mieux vaut ne rien faire. » A la suite d'une formalisation excessive, les règles régissant les comportements d'un/d'une conjoint(e) vis-à-vis des parents de la femme/du mari, ont pris un caractère extrêmement artificiel, outré. Dans leurs aspects les plus outranciers, se reflètent les états et les mobiles psychologiques qui, comme l'a compris Maksimov, s'expriment particulièrement nettement dans les relations que les hommes et les femmes entretiennent avec les parents de leurs conjoints : d'une part, un malaise, une timidité, un sentiment d'isolement, de l'autre du respect. Maksimov estime naturel et psychologiquement compréhensible que les règles définissant et délimitant les rapports entre apparentés appartenant à des générations différentes soient plus répandues et en général plus strictes que celles concernant les alliés de la même tranche d'âge. En effet, les relations entre un jeune époux et les frères et les sœurs de sa femme se

noueront plus spontanément qu'avec les parents plus âgés. Les relations avec ces derniers seront toujours plus contraintes et par là même artificielles, p. 76.

Cette interprétation maksimovienne de l'évitement fut adoptée par N.A. Kisljakov dans son ouvrage « Očerki po istorii sem'i i braka u narodov Srednej Azii i Kazakhstana / Histoire de la famille et du mariage chez les peuples d'Asie Centrale et du Kazakhstan », 1969, et partiellement, par I.S Smirnova dans « Sem'ja i brak u narodov Severnogo Kavkaza / La famille et le mariage chez les peuples du Caucase septentrional », 1983.

Maksimov consacra de nombreuses années à étudier les formes primitives de l'économie. Les résultats n'en furent publiés qu'en partie dans les Učenye Zapiski Instituta Istorii :

« Skotovodstvo malokul'turnykh narodov / L'élevage du gros bétail chez des peuples peu civilisés », 1927.

« Proiskhožđenie olenevodstva / Origine de la renniculture », 1928a.

« Nakanune zemledelija / A la veille de l'agriculture », 1929.

Dans le premier ouvrage, il relève plusieurs traits fondamentaux de l'élevage primitif du bétail :

- l'emploi exceptionnel de la chair de l'animal domestique dans l'alimentation.
- la mauvaise volonté des éleveurs à se séparer de leurs bêtes qu'il s'agisse de vente ou de troc.
- faible production laitière.

Si bien que Maksimov le qualifie « d'élevage d'amateur », entendant par là, l'attachement des éleveurs à leurs bêtes et leur disponibilité totale pour en prendre grand soin plutôt que d'en tirer un quelconque profit.

Il considère ce dilettantisme, *id est* ce désir de posséder des animaux en dehors de tous motifs économiques, ce besoin psychologique du contrat, comme le moteur initial de la domestication. L'utilisation économique des animaux apparut beaucoup plus tard.

L'autre opinion généralement admise selon laquelle les animaux ont été domestiqués par des chasseurs désireux de s'assurer en permanence de la viande, n'eut pas l'agrément de Maksimov : s'il est possible d'imaginer que les chasseurs de temps à autre épargnaient la vie des animaux afin de se les réserver au cas où, ils ne pouvaient guère avec cette méthode les domestiquer ou les apprivoiser; à la première occasion, ils les mangeaient, l'inquiétude pour l'avenir n'existant pas chez les chasseurs et cueilleurs primitifs, comme l'a attesté l'ethnographie.

Toutefois, poursuit Maksimov, peut-être les chasseurs primitifs capturaient-ils non pas quelques animaux, mais des troupeaux entiers, si nombreux qu'en dépit de leur imprévision et de « leur appétit homérique », ils étaient incapables de consommer entièrement durant un laps de temps réduit. Les exemples de grandes battues sont nombreux. Mais il y a une différence sensible entre rabattre une harde pour la massacrer ou pour la parquer. On le sait, les chasseurs primitifs n'avaient ni la mentalité, ni les moyens de garder de nombreux animaux. L'existence et l'utilisation de grands pièges naturels, indispensables à un pacage prolongé, relèvent du pur hasard. Faire découler l'élevage d'un tel concours de circonstances est une vue de l'esprit.

En outre, dit Maksimov, l'ethnographie nous enseigne que, lorsque les primitifs épargnent parfois les animaux piégés, ils le font, non pas pour les consommer, mais sans but utilitaire apparent, pour leur seul plaisir et amusement.

Ainsi, les rapports de l'homme au chien, le premier animal domestiqué, le plus répandu et l'un des moins utiles du point de vue économique. De plus, grande est la signification de la prévention absolument infondée « du point de vue culinaire » à se nourrir de sa chair, prévention quasiment générale, contrairement à la plupart des autres tabous alimentaires; l'origine de ce tabou, l'un des plus résistants, remonte à la nuit des temps et signifie pour Maksimov que ni le souci alimentaire, ni d'autres intérêts économiques ne furent à l'origine du dressage du chien.

De même, pour la domestication des autres animaux, Maksimov exclut-il de quelconques soucis économiques; plus tard, les hommes élevèrent des espèces animales pour le transport, et éventuellement, pour la traite. Progressivement, au fur et à mesure que les hommes en tirèrent un profit économique, leurs sentiments évoluèrent : d'amis, de compagnons de jeux, les animaux tombèrent au rang de bétail et alors seulement se développa l'élevage de boucherie. Cet avis rejoint l'observation de Schrenck (qui toutefois chez certains peuples se révèle fausse), selon laquelle les peuples qui consomment de la chair canine sont ceux qui les emploient au transport, *id est* des peuples qui traitent leurs chiens comme du bétail indispensable à l'économie.

Mais ces idées ne furent pas retenues par les savants soviétiques. On pense aujourd'hui, comme à son époque, que la domestication résulte du souci de se garantir une alimentation carnée. Qui plus est, si l'on en croit l'archéologie, l'élevage est né non pas chez des chasseurs-cueilleurs, mais chez des agriculteurs sédentaires (Šnirel'man, 1986, p. 245). S'il en fut bien ainsi, l'un des arguments majeurs de Maksimov, l'imprévoyance des chasseurs primitifs, s'écroule de lui-même. La psychologie des premiers agriculteurs devait être déjà différente. Quelques faits ethnographiques ne concordent pas avec l'hypothèse maksimovienne de la séquence évolutive obligatoire : élevage pour le transport, la traite, puis la consommation; or, certaines sociétés pastorales primitives consomment leurs animaux domestiques sans les traire ni les utiliser au transport. Maksimov a méconnu dans la pratique de l'élevage ce que l'on appelle « l'économie de prestige » et aussi les rituels animaliers : sacrifices propitiatoires des animaux domestiques et prestige grandiose des « festins-potlatchs » avec abattage massif et repas pantagruéliques; pratiques impliquant que les formes primitives de l'élevage furent beaucoup plus complexes que ne l'imagina Maksimov.

Par contre, son idée-maîtresse, à savoir que les premières domestications n'eurent pas de buts intéressés mais furent le fruit d'exigences psychologiques, garde toute sa force. Pour que la domestication ait pu réussir, il a fallu d'abord que l'homme renonce, à long terme, à manger la chair des animaux élevés. Il est symptomatique que ces idées maksimoviennes aient trouvé, dans les années 1980, un écho dans les théories psychologiques soviétiques selon lesquelles des activités non adaptées et non utilitaires sont une nécessité universelle inhérente à l'humanité, un puissant facteur du progrès de la civilisation dans son ensemble et du progrès matériel et technique en particulier (Asmolov, 1986).

En ce qui concerne l'origine de la renniculture, il adopta, une fois n'est pas coutume, une position tranchée. A l'encontre de la plupart des chercheurs, il la fit éclore en deux centres : en Scandinavie et dans le Sud sibérien,

se référant au Suédois K. Wiklund (ce dernier toutefois recense quatre foyers rennicoles).

A propos de la renniculture sâme, il reprend les thèses de Frijs (1872) : Les Lopares ont emprunté la renniculture à la population germanique de la Scandinavie, assez tardivement puisqu'au IXe ils étaient exclusivement chasseurs et pêcheurs. Frijs, cependant, n'offre aucune argumentation à son hypothèse. Puisant à diverses documentations dont la relation d'Other (7) qui, aux alentours de 890, longea les côtes de la Norvège et de la presqu'île de Kola jusqu'à l'embouchure de la Dvina, et fut le premier à témoigner sur les Lopares, Maksimov en conclut que les Nordmen/Normands dans leur progression vers le Nord apprivoisèrent les rennes : ils y furent momentanément contraints car leurs animaux habituels supportant mal les rigueurs climatiques, beaucoup moururent. Puis, quand ces animaux se furent enfin acclimatés, les Normands renoncèrent à la renniculture. Entre-temps, les Lopares les avaient imités. L'un des arguments en faveur de cette thèse est que les Lopares sont les seuls renniculteurs à avoir une vraie économie laitière. Cette dernière, très développée par les Normands, éleveurs de gros bétail à cornes, fut transférée sur les rennes et les Lopares adoptèrent à la fois l'élevage rennicole et l'économie laitière.

A propos de la renniculture sibérienne, Maksimov démontra que les Nénètses ne l'héritèrent pas des Lopares, mais de certaines tribus de la Sibérie méridionale, lorsque les Samoyèdes occupaient la région des Saïans. Chez les Kamasinètses, Karagasses et Urjankhajtses, rejets des peuples samoyèdes, la renniculture (avec monte) y aurait pris sa forme originelle. A ses yeux, l'utilisation du renne comme monture ou animal de bât, relève d'une lointaine tradition de la renniculture sibérienne. La traite, estime-t-il, vint bien plus tard, empruntée aux pasteurs mongols et turcs. De même, l'attelage de rennes fit une apparition tardive, inspiré des attelages de chiens, ainsi que l'ont démontré des auteurs comme L. Schrenck, B. Laugher, G. Hatt.

Quant à la renniculture tchouktche et koriak, dérivant de la renniculture évenk, elle aurait la même origine que celle des Samoyèdes méridionaux.

En se référant essentiellement aux chroniques chinoises, il en conclut que les premiers rennes domestiqués en Sibérie le furent par un peuple pastoral qui, comme les Germains de Scandinavie, furent poussés sous la pression de facteurs climatiques à se « reconvertir » : « les premiers rennes furent domestiqués par un peuple toungousse, anciennement éleveur de gros bétail et qui dès lors demeura rennicole; ou encore par une tribu turque ou mongole pour laquelle cet élevage fut temporaire comme pour les Normands, mais qui le transmit à des voisins; peu importe qui et comment; ce qui est certain, c'est que la renniculture des peuples sibériens, tout comme la renniculture lopare est un phénomène dérivé, un avatar de l'élevage du gros bétail (bovidés, équidés, ovidés) »..., 1928a, p. 32.

La renniculture sibérienne, en particulier, qui utilisa d'abord le renne pour le bât ou la monte, s'inspira de l'hippoculture : Maksimov estime que cette domestication fut l'œuvre des Turcs ou des Mongols qui la transmirent aux Samoyèdes, lesquels inspirèrent à leur tour les Toungousses.

(7) — ou Ottar de Halogaland (N.d.A.).

Telles sont les principales thèses de cet ouvrage; Maksimov y analyse aussi l'origine des divers harnais, l'utilisation des rennes — appâts (manščiks), les racines de l'économie laitière sibérienne, etc.

Les dernières recherches rejoignent Maksimov dans son hypothèse méridionale de l'origine de la renniculture sibérienne.

D'ailleurs, G.M. Vasilevič et M.G. Levin reprennent la thèse de l'influence de l'hippoculture sur la naissance de la renniculture sibérienne (1951, 1961) en lui attribuant toutefois deux foyers d'éclosion : les Saïans et la Trans-Baïkalie (envisagés aussi par Maksimov). Ces auteurs pensent non pas aux Turco-Mongols, mais aux Samoyèdes (Saïans) et aux Toungousses (Trans-Baïkalie) qui auraient hérité les techniques pastorales des hippoculteurs turco-mongols. S.I. Vajnštejn (1970, 1971) opina pour l'origine ethnique sud-samoyède de la renniculture dans les Saïans.

Quant à l'origine de la renniculture sâme, avancée par Maksimov, les dernières recherches n'ont pu la confirmer; aujourd'hui, on opine pour une source orientale, sans pour autant en être assuré (Šnirel'man, 1980, p. 181); les deux

arguments majeurs de Maksimov infirmant une source sibérienne, économie laitière et spécificité des harnais sâmes gardent toute leur vigueur.

En 1928 parution de « K voprosu o totemizme v Sibiri / A propos du totémisme en Sibérie ». Dans l'une de ses premières publications, Maksimov s'était insurgé contre la théorie d'un universalisme de totémisme en tant que stade obligatoire de l'évolution spirituelle de l'humanité. Tout en réitérant cette opinion dans cette nouvelle étude, Maksimov juge possible de donner une définition générale aux phénomènes désignés sous le terme de « totémisme » et de leur accorder une aire géographique d'application plus vaste. Maksimov présente donc des preuves d'existence d'un ou deux indices du totémisme chez certains peuples : témoignages des XIX-XX sur les Khantes, les Manses, les Nénètses, les Iakoutes et les Karagasses, ou encore les écrits de Rachid-el-Din (XIIIe) sur les Turcs du Moyen-Age. De ces témoignages, trop peu nombreux et trop fragmentaires, Maksimov estime qu'il ne convient pas de conclure à l'existence passée du totémisme en Sibérie. Toutefois, avance-t-il, les faits découverts sont suffisamment sérieux pour persévérer à rechercher les preuves d'un ancien totémisme sibérien; il montre comment, concrètement, on doit mener les missions scientifiques et analyser les anciens écrits.

L'un des premiers chercheurs à poursuivre cette quête, A.M. Zolotarev, publia en 1934 « Perežitki totemizma v Sibiri / Survivances du totémisme en Sibérie »; malheureusement, cette étude, à l'instar de nombreuses parutions ultérieures consacrées au totémisme, pèche par manque d'analyse critique des sources et par l'absence de rigueur dans le choix des arguments, contrairement au texte de Maksimov.

Maksimov publia ensuite deux études australiennes :

— Nakanune zemledelija / A la veille de l'agriculture, 1929.

— Materinskoe pravo v Avstralii / Le matriarcat en Australie, 1930. Puis, jusqu'en 1941, date de sa mort, il n'a pu publier qu'un compte-rendu de la bibliographie sur le chamanisme en Sibérie établie par A.A. Popov (1934). En 1930, il dut renoncer à son enseignement à l'Université de Moscou, ne conservant que son activité de bibliographe à la Bibliothèque Lénine. Sa dernière étude « Le matriarcat en Australie » lui fut peut-être fatale car elle apporte des preuves détaillées à l'encontre du matriarcat qui, dans les années 30, jouissait d'une suprématie dans l'ethnographie soviétique et ne fut détrôné que dans les années 1970.

Les ouvrages de Maksimov restent modestes par leur volume, le plus long ayant 170 pages (« Qu'est-ce qui a été fait sur l'histoire de la famille ? »). Il a un style concis, très suggestif, cinétique; il manifeste comme nous l'avons déjà dit un humour qui devient acide lorsqu'il se lance dans ses critiques. C'est avec regret que l'on referme ses écrits trop brefs nous laissant sur notre faim.

Le dernier ouvrage de Maksimov a été publié il y a 58 ans et cependant, hormis quelques affirmations, il demeure d'actualité. En outre, même dans ses conclusions les plus aberrantes, on trouve des points très intéressants pour la science, car riches en interrogations originales. Lui-même ne défendit-il par ardemment « la liberté de recherche et de critique scientifique, faisant fi de tout impérialisme scientifique » et faisant taire « la voix de l'amour-propre » (1913a, p. 37).

BIBLIOGRAPHIE

ASMOLOV (A.G.), 1986. — Istoriko- evoljucionnyj podkhod k ponimaniju ličnosti : problemy i perspektivy issledovanija / Approche historico-évolutionnelle pour la compréhension de la personnalité : problèmes et perspectives, In : Voprosy psikhologii, N° 1.

BONČ-OSMOLOVSKIJ (G.A.), 1926. — Svadebnye žilišča tureckikh narodnostej / Les huttes de mariage des peuples turcs, In : Materialy po etnografii, T III, vyp. 1.

VAJNŠTEJN (S.I.), 1970. — Problema proiskhoždenija olenevodstva v Evrazii / Sur l'origine de la renniculture en Eurasie. I. - Sajanskij očag / Le foyer saïan, In : Sovetskaja Etnografija (SE), N° 6; 1971. — II. - Rol' sajanskogo očaga v rasprostranenii olenevodstva v Evrazii / Rôle du foyer saïan dans l'extension de la renniculture en Eurasie, In : SE, N° 5.

VASILEVIČ (G.M.), LEVIN (M.G.), 1951. — Tipy olenevodstva i ikh proiskhož denie / Les types rennicoles et leur genèse, In : SE, N° 1; 1961. — Olennyi transport, In : Istoriko-etnografičeskij atlas Sibiri, Moscou. A. van Gennep, 1908. — Les rites de passage, Paris.

ZOLOTAREV (A.M.), 1934. — Perežitki totemizma u narodov sibiri / Les survivances totémiques chez les peuples sibériens, Moscou.

KISLJAKOV (N.A.), 1957. — Sem'ja i brak u tadžikov, XIX-XX / La famille et le mariage chez les Tadžiks, XIX-XX, Moscou-Leningrad.

KISLJAKOV (N.A.), 1969. — Očerki po istorii sem'i i braka u Narodov Srednej Azii i Kazakhstana / Essai sur l'histoire de la famille et du mariage chez les peuples d'Asie centrale et du Kazakhstan, Leningrad.

KOSVEN (M.O.), 1925. — Brak-pokupka / Le mariage-achat, In : Krasnaja nov', N° 2.

KOSVEN (M.O.), 1963. — Semejnaja obščina i patronimija / Le groupe familial et la patronymie, Moscou.

LEE (R.B.), 1984. — The Dobe.

MAKSIMOV (A.N.), 1899. — K voprosu o metodakh izučenija istorii sem'i / A propos des méthodes d'études de l'histoire de la famille, In : Etnografičeskoe obozrenie (EO), N° 4.

MAKSIMOV (A.N.), 1900. — Neskol'ko slov o kuvade / Quelques remarques sur la couvade, In : EO, N° 1.

MAKSIMOV (A.N.), 1801. — Čto sdelano po istorii sem'i ? / Qu'est-ce qui a été fait sur l'histoire de la famille ? Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1802. — Iz istorii sem'i u russkikh inorodcev / Extraits de l'histoire de la famille chez les allogènes russes, In : EO, N° 1.

MAKSIMOV (A.N.), 1908. — Gruppovoj brak / Le mariage de groupe, In : EO, N° 3.

MAKSIMOV (A.N.), 1808a. — Ob odnom svadebnom obrjade / A propos d'un rite de mariage, In : EO, N° 4.

MAKSIMOV (A.N.), 1808b. — Ograničenie otnošenij meždu odnim iz suprugov i rodstvennikam drugogo / Restriction des relations entre l'un des conjoints et les parents de l'autre, In : EO, N° 1-2.

MAKSIMOV (A.N.), 1910. — J.G. Frazer Totemism and exogamy, compte-rendu critique, In : EO, N° 3-4.

MAKSIMOV (A.N.), 1912. — Prevraščenie pola / Le transsexualisme, In : Russkij antropologičeskij žurnal, N° 1.

MAKSIMOV (A.N.), 1913. — Teorija rodovogo byta / Théorie du clan, In : Sbornik v čest' 70-letija D.N. Anučina, Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1913a. — Naučnye metody V.F. Millera / Les méthodes scientifiques de V.F. Miller, In : EO, N° 3-4.

MAKSIMOV (A.N.), 1927. — Skotovodstvo malokul' turnykh narodov / L'élevage du gros bétail chez les peuples peu

civilisés, In : Učenye Zapiski Instituta Istorii (UZII), T 2, Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1928. — K voprosu o totemizme u narodov Siviri / A propos du totémisme chez les peuples sibériens, In : UZII, T 7, Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1929a. — Proiskhoždenie olenevodstva / Origine de la renniculture, In : UZII, T 6, Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1929. — Nakanune zemledelija / A la veille de l'agriculture, In : UZII, T 3, Moscou.

MAKSIMOV (A.N.), 1930. — Materinskoe pravo v Avstralii / Le matriarcat en Australie, Moscou-Leningrad.

MAKSIMOV (A.N.), 1934. — A.A. POPOV. — Materialy dlja bibliografii russkoj literatury po izučeniju šamanstva severno-aziatskikh narodov / Matériaux pour une bibliographie de la littérature russe sur le chamanisme des peuples nord-asiatiques, In : SE, N° 4.

MALININ (L.V.), 1890. — O svadebnykh platežakh i o pridanom u kavkazskikh gorcev / A propos de l'argent dans les mariages et de la dot chez les montagnards caucasiens, In : EO, N° 3.

MALINOVSKI (B.), 1963. — The family among the Australian aborigenes, New York, first ed. 1913.

MURDOCK (G.P.), 1965. — Social structure, Toronto, first ed. 1949.

PERŠIC (A.I.), 1981. — Dinamika tradicij i vosmožnosti ikh istočniko-vedčeskogo istolkovanija / Dynamique des traditions et latitudes d'interprétation de leurs sources documentaires, In : Narody Azii i Afriki, N° 5.

SEMENOV (J.I.), 1986. — Vozniknovenie pervobytnoj rodovoj obščiny / Apparition de la société clanique primitive, In : Istorija pervobytnogo obščestva. Epokha pervobytnoj rodovoj obščiny.

SMIRNOVA (J.S.), 1983. — Sem'ja i brak u narodov Severnogo Kavkaza / La famille et le mariage chez les peuples du Caucase septentrional, Moscou.

TOKAREV (S.A.), 1947. — A.N. Maksimov, nekrolog / A.N. Maksimov, nécrologie, In : SE, vyp. VI-VII, Moscou-Leningrad.

FRUS (J.A.), 1972. — Wanderungen in den drei Lapplandern, In : Globus bd. XXII, N° 1, 2, 4, 11.

FIEL'STRUP (F.A.), 1926. — Svadebnye zilišča tureckikh narodnostej / Les huttes de mariages chez les peuples turcs, In : Materialy po etnografii, T. III, vyp. 1, Leningrad.

FRAZER (J.G.). — Totemism and exogamy, Leningrad.

ŠNIREL'MAN (V.A.), 1980. — Proiskhoždenie skotovodstva / Origine de l'élevage du gros bétail, Moscou.

ŠNIREL'MAN (V.A.), 1986. — Pozdnepervobytnaja obščina zemledel'cev-skotovodov i vyssikh okhotnikov, rybolovov, sobiratelej / La dernière étape de la société primitive des agriculteurs-pasteurs, des chasseurs pêcheurs et cueilleurs, In : Istorija pervobytnogo obščestva... Moscou.

ŠTERNBERG (L.J.), 1893. — Sakhalinskie giljaki / Les Guiliaks de Sakhalin, In : EO, N° 2.

ŠTERNBERG (L.J.), 1904. — Giljaki / Les Guiliaks, In : EO, N° 1.

A.P. OKLADNIKOV, UN ÉMINENT SPÉCIALISTE DE LA PRÉHISTOIRE DE L'ASIE (1908-1981) (1)

par Anatolij P. DEREVJANKO

Institut d'Histoire, de Philologie et de Philosophie de l'Académie des Sciences de l'URSS, Novosibirsk

RÉSUMÉ. — Okladnikov est l'un des plus célèbres archéologues de l'URSS. Il découvrit et étudia une grande quantité de sites sibériens, comblant ainsi un considérable fossé dans l'histoire de l'humanité. A.P. Okladnikov est décédé le 18 novembre 1981 à Novosibirsk.

Mots-clés : Sibérie — Archéologie — A.P. Okladnikov — Préhistoire — Art pariétal.

ABSTRACT. — **A.P. Okladnikov an eminent specialist of Asia prehistory.** *Okladnikov is one of the most famous archaeologists of the USSR. He discovered and analysed an incredible amount of Siberian sites, filling in a considerable gap in mankind's history. A.P. Okladnikov died in 1981.*

Key-words : *Siberia — Archaeology — A.P. Okladnikov — Prehistory — Rock art.*

Aleksej Pavlovič Okladnikov est né le 3 octobre 1908 à Konstantinovščin, bourgade de la haute Léna, dans l'oblast' d'Irkutsk. Son père était instituteur, sa mère une femme d'humble origine, presque illettrée. Son père lui légua sa passion des études, sa mère et sa grand-mère un goût pour les légendes et récits populaires. De nombreuses affinités rapprochent Okladnikov des chasseurs et trappeurs de la taïga de la Léna, et surtout, l'amour de la nature, l'irrésistible appel des voyages, une grande force intérieure, alliée à une remarquable résistance et à une naturelle modestie, autant de qualités indispensables à toute expédition. Dès son enfance, il apprit à respecter les savoirs populaires, précieusement transmis de génération en génération.

Ses succès scientifiques résultent justement de sa perspicacité, au-delà de simples vestiges culturels, à ressusciter l'homme, son âme, ses pensées et ses émotions, cet homme qui au fil des ans, des siècles, des millénaires, ne cessa de progresser, léguant ses acquis à ses descendants.

Car les quelque deux millions d'années de notre histoire sont inextricablement liées. Les centaines de milliers d'années du paléolithique préparent le néolithique avec son agriculture et son élevage, qui engendre à son tour l'âge des métaux, lequel enfante les premiers états. La remarquable floraison artistique de la Grèce, le Moyen-Age, le puissant essor culturel de la Renaissance, sont certes des périodes bien distinctes qui cependant s'insèrent toutes dans le Grand Livre de l'Humanité. Le vingtième siècle, creuset du vingt-et-unième, n'aurait pas existé sans le dix-huitième.

Okladnikov consacra sa vie à décrypter les pages oubliées de l'histoire humaine. A 17 ans, il accomplit sa première mission scientifique et à 18 ans publia son premier article (1925-1926). Ses nombreuses expéditions le conduisirent régulièrement le long des grands fleuves asiatiques : Léna, Angara, Amour, Kolyma, Indigirka. Il parcourut l'Asie Moyenne (2), la Mongolie, la Corée, l'Arctique, étudia la préhistoire de l'Alaska, des îles Aléoutes, de Sakhaline et des Kouriles. A plus de cinquante ans, Okladnikov, au premier vol des freux, ces hérauts du printemps, et au premier dégel, repartait explorer sans plus tarder les régions les plus diverses de notre pays. Et chaque mission lui offrait de nouvelles découvertes, de nouvelles lumières. Il a rédigé plus de 60 ouvrages et 500 articles. Son érudition, aussi vaste que ses intérêts scientifiques, fut d'une grande fécondité : origines de la société humaine, naissance de l'art, préhistoire et histoire de l'Asie Moyenne, Centrale, Orientale et Septentrionale (3), depuis leur peuplement initial jusqu'au Moyen-Age.

En 1925, Okladnikov entre à l'Université d'Irkutsk où enseigne alors un remarquable savant et pédagogue, B.E. Petri (4). Ancien élève de l'académicien V.V. Radlov et de L.J. Šternberg, il fit de brillantes études scientifiques au Musée d'Anthropologie et d'Ethnographie de Pétersbourg et, au début du XXe, unit sa destinée à la Sibérie. En effet, on peut considérer Petri comme le fondateur de l'Ecole sibérienne des ethnographes et archéologues. Sous

(1) Traduit du russe par Mme Arlette Fraysse, Centre d'Etudes Arctiques.

(2) Les géographes soviétiques distinguent l'Asie Moyenne (Srednjaja Azija) de l'Asie Centrale ou Intérieure (Central'naja, Vnutrennaja Azija) : la première s'étend de la mer Caspienne à la frontière chinoise et de l'Irtyš (mer d'Aral) à l'Iran et l'Afghanistan; la seconde tout ce qui est à l'est du Pamir et au N-O. de la Chine et de la Mongolie (N.d.T.).

(3) Ou Extrême-Orient soviétique, y compris l'Extrême-Nord (N.d.T.).

(4) Bernard Eduardovič Petri (N.d.A.).

l'égide de la chaire de la Culture Primitive à l'Université d'Irkutsk, il créa un Cercle d'Archéologie dont Okladnikov devint un membre actif, aux côtés de M.M. Gerasimov, G.D. Debec, A.G. Sosnovskij, G.V. Ksenofontov et d'autres jeunes chercheurs qui devinrent par la suite des savants réputés.

Tous les ans, Okladnikov explore la basse Sélenga et la Haute Léna, soutenu par le Musée qui ne peut lui octroyer qu'un modeste pécule, ne disposant que d'un faible budget. Et chaque année, il revient de mission, rapportant sa moisson de nouveaux matériaux, insoupçonnés jusqu'alors, sur la préhistoire (néolithique et bronze) des tribus cisbaïkaliennes.

En 1935, il entre comme aspirant (5) à l'Institut d'Histoire de la Culture Matérielle (futur Institut d'Archéologie) de l'Académie des Sciences à Leningrad. Le célèbre archéologue soviétique P.P. Efimenko fut le guide scientifique de ce futur savant qui s'était toutefois déjà formé à la rude école de l'archélogie sibérienne. A Leningrad, professaient alors de brillants savants (N.J. Marr, I.A. Orbeli, V.V. Struve, V.I. Ravdonikas), dont Okladnikov put suivre les enseignements. A la fin des années 20 et durant les années 30, sortirent des promotions de jeunes archéologues dont beaucoup devaient s'illustrer (B.B. Piotrovskij, B.A. Rybakov, S.V. Kiselev, S.P. Tolstov, N.P. Tret'jakov, M.P. Grjaznov, S.N. Bibikov, etc.).

Durant ces premières années à Leningrad, Okladnikov poursuivit ses travaux sur le bassin de l'Angara, fit la synthèse des matériaux collectés sur les centaines de sites de la Cisbaïkalie et élabora un schéma des séquences culturelles. Il en résulta une monographie en deux volumes « Neolit i bronzovyj vek Pribajkal'ja / Le néolithique et le bronze de la Cisbaïkalie », sans compter divers ouvrages et articles [4, 22, 24, 25, 31].

Ces années le consacrèrent comme l'un des plus grands archéologues et préhistoriens. On lui doit d'innombrables découvertes, et surtout celle du Néanderthalien de la grotte de Tešik-Taš en Ouzbekistan.

Au début de 1938, le célèbre savant M.E. Masson, brillant spécialiste de l'Asie Moyenne, évoqua l'impérieuse nécessité de retrouver des sites paléolithiques en Ouzbekistan. Grâce aux travaux des Orientalistes, dont les académiciens V.V. Bartol'd, N.I. Veselovskij, les archéologues V.L. Vjatkin, M.E. Masson, R. Pampell', A.J. Jakubovskij, S.P. Tolstov, etc., on connaissait alors les étonnantes civilisations agricoles de l'Asie Moyenne dont les traces les plus anciennes ne dépassaient pas le néolithique. Or, il devenait évident que ces civilisations n'avaient pas jailli du néant, qu'une longue histoire les avait précédées.

C'est ainsi qu'en 1938, Okladnikov partit en Asie Moyenne pour diriger les fouilles. Il décida de débuter les prospections dans la vallée du Turgan-Dar'ja en Ouzbekistan, d'aval en amont. Il en résulta une longue et épuisante excursion vers les sommets montagneux où les chasseurs de chèvres sauvages connaissaient depuis des temps immémoriaux des grottes dans lesquelles auraient pu vivre les hommes du paléolithique. L'une de ces grottes, Tešik-Taš, recélait en effet des horizons moustériens. Mais son trésor le plus sensationnel se révéla être la tombe d'un jeune Néanderthalien dont l'inhumation impliquait déjà un rituel funéraire élaboré. Tešik-Taš est l'une des découvertes majeures d'Okladnikov en Asie Moyenne. En Turkménie, Tadžikistan, Kirkhizie (1947-1958), il localisa et étudia des dizaines de sites, de carrières, de grottes des paléolithiques inférieur et supérieur, dégagea de nouveaux sites mésolithiques et néolithiques [5].

De 1940 à 1946, Okladnikov prospecta le bassin de la moyenne et basse Léna, et l'Extrême Nord-Est asiatique. Durant ces éprouvantes années de la guerre, il put néanmoins parcourir ces vastes taïga et toundra boréales, découvrir des dizaines de carrières, de sites, de villages, de pétroglyphes, du paléolithique au XVIIe, date de l'arrivée des Russes en Iakoutie. Il recueillit aussi de nombreuses légendes, amassa un important matériel folklorique (6) et ethnographique. Il en résulta un ouvrage sur l'histoire de la Iakoutie avant l'arrivée des Russes, trois volumes de comptes rendus, de nombreux articles et divers essais [2, 3, 17, 50].

Si Okladnikov eut l'heur d'assembler de nombreuses pages du passé de l'humanité, ce ne fut pas seulement grâce à son exceptionnelle ardeur au travail et à son savoir encyclopédique, mais aussi grâce à son extraordinaire intuition, avivée par la chance sur le terrain. Grâce à ses découvertes, cette « lointaine et mystérieuse » Asie Centrale, comme l'écrivait le grand chercheur français M. Boule, dévoila son passé paléolithique.

Vers la fin du XIXe, le célèbre paléontologue américain, H.F. Osborn, puis le géologue W.D. Matthew, plus tard, les académiciens russes, l'anthropologue D.N. Anučin et le zoologue P.P. Suškin, avancèrent l'hypothèse originale d'une origine centralo-asiatique de l'humanité. Afin de la vérifier, dans les années 20, une importante expédition américaine en Asie Centrale, dirigée par le renommé biologiste R.Ch. Andrews, s'enfonça au cœur de la Mongolie. Cette expédition comprenait des chercheurs et scientifiques de différents pays : Teilhard de Chardin, N.C. Nelson, H.F. Osborn, W.D. Matthew, R.Ch. Andrews, W. Granger, Ch.R. Berkey, F.K. Morris, E. Licent...

Les membres de cette exemplaire entreprise scientifique exhumèrent une grande quantité d'animaux fossiles dont le colossal charnier de dinosaures au cœur même de l'Asie Centrale, dans le désert de Gobi à Baindzak (signifiant en langue mongole « le Luxuriant Saxaoul ») (7) dit aussi Šabarak-usu (éponyme du gouffre L'Eau Argileuse).

Mais le principal problème ne fut pas résolu, les sites les plus anciens, découverts près des lacs de Cagan-nur et Orok-nur, ne datant que de l'époque terminale du paléolithique supérieur, selon les estimations de Nelson.

A partir de 1949, Okladnikov et ses collègues soviétiques et mongols effectuèrent près d'une vingtaine de missions en Asie Centrale, traversant plus d'une fois l'Altaï du Gobi, la Mongolie Centrale et Orientale, le désert de Gobi. Des dizaines de sites exceptionnels du paléolithique inférieur et supérieur furent découverts. Okladnikov distingua dans le paléolithique de l'Asie Centrale deux principales techniques lithiques, correspondant, il est vrai, aux deux vagues migratoires qui se sont succédées, peuplant la Mongolie. L'analogie constatée entre l'outillage lithique de la Mongolie et ceux de l'Asie Orientale et de l'Asie du Sud-Est permet de dater les

(5) Bénéficiaire d'une bourse d'Etat afin de préparer une thèse de doctorat (N.d.T.).

(6) Par « folklore », les Soviétiques entendent surtout l'art oral des peuples sans écriture (contes, fables, légendes, grandes épopées, etc.), (N.d.T.).

(7) Arbuste d'Asie Centrale (N.d.T.).

premières installations humaines à — 300/400 000 ans. Il n'en résulte certes pas que la Mongolie fut le centre d'éclosion de l'humanité, mais, il est clair qu'ici, comme en Asie du Sud-Est, l'homme existe dès le paléolithique inférieur [20, 34, 38, 39, 41, 46].

Okladnikov travailla dans de nombreuses régions de notre pays, mais quels que fussent les trajets de ses missions, tous les ans inlassablement, ses pas l'entraînaient vers l'Angara, la Léna, le splendide Baïkal. Et malgré un programme surchargé en été, il retourna plus d'une fois sur les lieux de ses premières missions, là où gisaient ses premières pistes archéologiques qui, depuis, lui avaient donné accès à la voie royale des découvertes, éclairant le passé de l'humanité.

Dès 1933, Okladnikov s'intéressa aux paléo-cultures de l'Extrême-Orient soviétique. A cette époque, les connaissances archéologiques sur ce territoire étaient maigres. Okladnikov et ses collaborateurs dégagèrent des centaines de sites les plus variés, depuis le paléolithique jusqu'à l'arrivée des Russes, dévoilèrent les cultures néolithiques très originales du bassin de l'Amour et du Primor'e, caractérisées surtout par un art très affirmé et très spécifique, établirent la chronologie de l'âge du fer et de l'essor de l'économie de production, à dater du néolithique supérieur [6, 15, 21, 29, 43, 44, 49].

Les matériaux récoltés dans les centaines de sites de la Sibérie et de l'Extrême-Orient lui permirent de ressusciter brillamment l'histoire des tribus qui se disséminèrent dans les espaces infinis entre l'Oural et le Pacifique. Cette histoire commence au paléolithique inférieur. L'un de ses jalons les plus révélateurs est celui d'Ulalinka, dégagé dans l'enceinte de Gorno-Altajsk. Ce site contenait de grossiers nuclei, des coups-de-poing, des racloirs et d'autres pièces lithiques. Okladnikov data ce site du paléolithique inférieur. Les analyses paléomagnétiques l'estiment à — 550/600 000 ans. Bien que, jusqu'à présent, les témoins du paléolithique inférieur soient extrêmement rares en Sibérie et en Extrême-Orient, on peut espérer que les fouilles inlassables, et les études d'Okladnikov apporteront quelques réponses aux nombreuses questions en suspens.

Le paléolithique supérieur sibérien s'est, par contre, considérablement enrichi. C'est en 1937 qu'Okladnikov localisa le site désormais célèbre de Buret', à l'embouchure de Sukhaja Pad'. On y exhuma des vestiges d'habitats construits avec des os de mammouths et de rennes. Ces habitats évoquent les demeures des Esquimaux du XIXe, aux soubassements enterrés, avec leurs toitures en coupole reposant sur une souple charpente faite de perches et de cornes de rennes. Il découvrit bien d'autres sites et villages du paléolithique supérieur dans l'Altaï en Sibérie occidentale et orientale, en Iakoutie et en Extrême-Orient. Il s'avère qu'il y a 30 à 20 000 ans, l'homme peuplait non seulement les régions méridionales de la Sibérie et de l'Extrême-Orient, mais s'était avancé loin dans le Nord, jusqu'à l'océan Arctique, avait franchi le pont béringien et s'était infiltré en Amérique. De fait, ces « paléo-Sibériens » furent les pionniers du Nord : poursuivant les troupeaux de mammouths, de rhinocéros et de rennes sauvages, ils investirent ce nouveau continent, en foulèrent le sol vierge, y allumèrent les premiers feux, jetant ainsi les bases des futures cultures et civilisations du Nouveau Monde. Okladnikov s'attarda avec passion sur ce problème et dirigea le groupe soviétique de la première expédition soviéto-américaine qui travailla en Alaska et sur les îles Aléoutes [47, 51, 52].

De même il mit à jour divers sites mésolithiques et néolithiques de l'immense territoire asiatique et élabora une chronologie des séquences néolithiques de la Sibérie Orientale et de l'Extrême-Orient, sans oublier le néolithique des steppes asiatiques (Turkménie, Tadžikistan, Kirghizie, Mongolie).

Nombreux furent les archéologues de renom qui consacrèrent leur vie à l'étude exhaustive d'une période de l'humanité, limitant volontairement leurs recherches dans un cadre chronologique et territorial précis. Ce qui est fort compréhensible car aujourd'hui l'archéologie est devenue une science si complexe et si riche qu'un individu seul ne peut raisonnablement en couvrir tous les domaines. Or, Okladnikov fut, parmi les archéologues, un des rares savants au savoir vraiment encyclopédique, connaissant aussi bien le paléolithique, que l'âge des métaux ou le Moyen-Age. On lui doit de nombreuses études sur l'âge du bronze et du fer en Cis et Transbaïkalie, Bouriatie et Extrême-Orient.

Parmi les sujets d'étude préférés d'Okladnikov : l'ethnogénèse des peuples de la Sibérie et de l'Extrême-Orient, problème exigeant précisément une vaste érudition archéologique, paléo-anthropologique, ethnographique, linguistique, etc. Son apport fut décisif quant à la génèse des Toungousso-Mandchous, des Iakoutes, des Bouriates, des Paléo-Asiates. Il considérait l'archéologie et l'ethnographie comme deux parties inséparables d'un tout, la seconde donnant accès aux secrets de la première, déchiffrant la pensée pétrifiée de l'homme ancien, sa vision de l'univers, son monde spirituel. Il utilisa toutes les possibilités de cette confrontation scientifique, ressuscitant des mondes disparus à l'aide, par exemple, des contes, légendes, récits divers [1, 26, 30, 47].

Le génie créateur d'Okladnikov se manifesta tout particulièrement dans son analyse extrêmement fine de l'art paléolithique qui n'aurait pu éclore si l'homme alors n'avait été un être pensant, désireux de comprendre son univers et agité de mille émotions.

Il écrivit de nombreux ouvrages et essais sur l'origine de l'art dont un, très important, intitulé « Utro iskusstva / L'aube de l'art » et publié en 1967 [12]. Dans son style à la fois clair et imagé, il déroule sous nos yeux la fresque de la genèse de l'art, depuis ses premiers balbutiements jusqu'aux merveilleux tableaux de tous les sites pariétaux connus. Les découvertes de l'art rupestre en Sibérie et Asie Centrale élargirent considérablement les limites géographiques de cette fantastique explosion artistique et du foyer de son éclosion.

Peu nombreux étaient alors les chercheurs qui auraient osé imaginer une quelconque activité artistique en Asie septentrionale. Or, les villages de Mal'ta et de Buret', respectivement fouillés par M.M. Gerasimov et A.P. Okladnikov, livrèrent de superbes sculptures d'animaux, de serpents, d'oiseaux, des statuettes féminines et des parures, attestant la parfaite maîtrise de leurs auteurs.

Sur la Léna, Okladnikov découvrit près du village de Šiškino d'autres splendides parois ornées. L'Asie eut donc aussi ses artistes, extrêmement doués, qui, au-delà des silhouettes d'animaux disparus, créèrent des chefs-d'œuvre, capables de nous émouvoir comme toute œuvre d'art [8].

Au néolithique, cette floraison artistique, loin de s'éteindre, se répandit de l'Oural au Pacifique, privilégiant un style réaliste, essentiellement animalier.

Okladnikov a rédigé des dizaines d'articles passionnants, des livres brillants sur l'art paléolithique des peuples du monde, mais ses plus belles pages sont sans conteste celles consacrées à l'art des peuples sibériens qui peignirent ou gravèrent leurs œuvres dans les endroits les plus divers : sur les roches abruptes des fleuves de la taïga, depuis le piémont de l'Oural jusqu'à l'Amour, dans les steppes infinies de la Transbaïkalie, des dépressions de Tuva et du Minussin, dans l'Altaï, sur les roches ceignant le Baïkal, cette « mer intérieure » de l'Asie profonde. Okladnikov a étudié pratiquement toutes ces galeries rupestres, tant celles de l'Asie septentrionale que de l'Asie Moyenne et Centrale. Chacune de ces trois grandes régions, sans compter certains sites pariétaux isolés, a développé un style inimitable, en fonction de son histoire, de ses cultures (8).

Les roches ornées ne sont pas qu'une simple « galerie de peinture ». Certaines témoignent de rites magiques de sorcellerie. Ainsi, sur l'Angara, au milieu de dizaines et de centaines de dessins d'animaux, d'oiseaux et de poissons, on ne voit qu'un seul homme, schématisé, dans une pose curieuse : accroupi comme s'il dansait, les bras levés au ciel. Okladnikov y voit un homme priant les forces obscures et redoutées de la nature. L'art pariétal est le livre sacré des millénaires dont le langage mystérieux peut être parfois décrypté à l'aide des légendes des tribus de la taïga sibérienne.

L'homme s'accomplit pleinement quand le métier qu'il a choisi est en parfaite harmonie avec ses aspirations les plus secrètes, lorsque réflexions et résolutions l'occupent sans réserve et le comblent de joie. Okladnikov fut l'un de ces hommes qui se donna entièrement à sa passion dévorante de comprendre notre passé, de découvrir nos ancêtres. Sa vie fut un titanesque labeur.

Outre ses éminentes qualités scientifiques, Okladnikov fut aussi un organisateur né et un extraordinaire pédagogue. Il travailla longtemps à Leningrad, de 1935 à 1961, date à laquelle il créa à Novosibirsk l'Institut d'Histoire, de Philologie et de Philosophie du Département sibérien de l'Académie des Sciences de l'URSS, tout en dirigeant la Chaire d'Histoire Générale à l'Université de Novosibirsk. Aujourd'hui, ses élèves travaillent dans diverses villes de notre pays. Sous son impulsion, de nombreux laboratoires et chaires d'archéologie et d'histoire furent créées en Sibérie et en Extrême-Orient. Il dirigea plusieurs grandes expéditions : sur l'Angara, la Léna, à Bratsk, en Asie septentrionale, en Mongolie. Il fut l'un des concepteurs et le rédacteur en chef de l'« Histoire de la Sibérie » en cinq tomes, collabora à d'innombrables ouvrages collectifs sur l'histoire et l'archéologie de notre pays.

Pour ses inestimables contributions scientifiques, l'académicien A.P. Okladnikov reçut deux Prix Gouvernementaux de l'URSS, le titre de Héros Socialiste du Travail, de Membre Emérite de la Science et des Techniques de la RFSR, de l'ASSR de Bouriatie et de Iakoutie (9). Il fut élu membre actif de l'Académie des Sciences de Hongrie, de Mongolie, membre-correspondant de l'Académie Royale de Grande-Bretagne.

(8) cf. Bibliographie N° 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 23, 27, 28, 32, 33, 36, 37, 40, 42, 45, 48, 53, 54.

(9) Ces prix couronnent entre autres sa monographie sur Tešik-Taš (1950) et son *Histoire de la Sibérie* en cinq volumes (1973) (N.d.A.).

Il mourut en 1981, dans la plénitude de ses forces créatrices. Quelques mois avant son décès, il était reparti en mission dans l'Altaï... Mais il survit dans l'œuvre de ses élèves et collègues, dans ses multiples ouvrages et publications.

BIBLIOGRAPHIE DES PRINCIPAUX OUVRAGES de L'Académicien A.P. OKLADNIKOV

[1] 1937. *Očerki iz istorii zapadnykh burjat-mongolov (XVII-XVIII vv.)* / Essai sur l'histoire des Bouriato-Mongols occidentaux (XVII-XVIIIe). Leningrad, Socekgiz, 428 p.

[2] 1945. *Lenskie drevnosti* / Les Antiquités de la Léna. Vyp. 1. Otčet ob arkheologičeskikh issledovanijakh v nizov'jakh r. Leny (Jakutsk-Žigansk) v 1942 i 1943 / Rapport sur les fouilles archéologiques menées sur la basse Léna (Jakutsk-Žigansk) en 1942 et 1943. Iakutsk, 100 p.

1946. *Id.* Vyp. II. *Otčet ob arkheologičeskikh issledovanijakh na nižnej Lene ot Žiganska do Kumakh-Surta v 1942-1943* / Rapport sur les fouilles archéologiques faites sur la basse Léna de Žigansk à Kumakh-Surt en 1942-1943. Iakutsk, 187 p.

1950. *Id.* Vyp. III. *Otčet ob arkheologičeskikh issledovanijakh v rajone s. Pokrovskogo i g. Jakutska v 1940-1946* / Rapport sur les fouilles archéologiques menées alentour du village de Pokrovskij et de la ville de Iakutsk en 1940-1946. Moscou-Léningrad, 198 p.

[3] 1949. *Istorija Jakutii.* T 1. Jakutija do priroda russkikh / Histoire de la Iakoutie. T I. La Iakoutie avant l'arrivée des Russes. Iakutsk, 438 p.

[4] 1950. *Neolit i bronzovyj vek Pribajkal'ja* / Le néolithique et l'âge de bronze de la Cisbaïkalie. Part. 1-2. Moscou-Léningrad, 412 p.

1955. Id. Part 3. *Glazkovskoe vremja* / L'époque de Glazkovo. Moscou-Léningrad, 374 p.

[5] 1950. *Tešik-Taš. Paleolitičeskij čelovek* / Tešik-Taš. L'homme paléolithique. Moscou-Léningrad, Izd. AN SSSR, 143 p. (co-auteurs : N.A. Sinelnikov et M.A. Gremjackij).

[6] 1959. *Dalekoe prošloe Primor'ja* (Očerki po drevnej i srednevekovoj istorii Primorskogo kraja) / Le lointain passé du Primor'e (Préhistoire et Moyen-Age du kraj du Primor'e). Vladivostok, 292 p.

[7] 1959. *Lenskie Pisanicy. Naskal'nye risunki u derevni Šiškino* / Les Pétroglyphes de la Léna. Les dessins rupestres près du village de Šiškino. Léningrad, Izdatel'stvo AN SSSR, 145 p., (co-auteur : V.D. Zaporožskaja).

[8] 1959. *Šiškinskie pisanicy. Pamjatnik drevnej kul'tury Pribajkal'ja* / Les pétroglyphes de Šiškino. Site préhistorique de la Cisbaïkalie. Irkutsk, 211 p.

[9] 1963. *Drevnee poselenie na poluostrove Pesčanom u Vladivostoka* / Un ancien village sur la presqu'île Pesčanyj près de Vladivostok. Moscou-Léningrad, Izdatel'stvo AN SSSR, 355 p.

[10] 1964. *Olen' Zolotye Roga. Rasskazy ob okhote za naskal'nymi risunkami* / Le Renne aux Cornes d'Or. Récit de chasse aux dessins rupestres. Moscou-Léningrad, Iskusstvo, 239 p. Traduit en japonais, Tokyo, 1968, 330 p.

[11] 1966. *Petroglify Angary* / Les pétroglyphes de l'Angara. Moscou-Léningrad, Nauka, 322 p.

[12] 1967. *Utro iskusstva* / L'aube de l'Art. Léningrad, Iskusstvo, 135 p.

[13] 1968. *Liki drevnego Amura : petroglify Sakači-Aljana* / Images du passé amourien: les pétroglyphes de Sakača-Aljan'. Novosibirsk, Zapadno-Sibirskoe knižnoe izdatel'stvo, 238 p.

[14] 1969-1970. *Petroglify Zabajkal'ja* / Les Pétroglyphes de la Transbaïkalie. Part I et II. Léningrad, Nauka, 219 et 263 p. (co-auteur : V.D. Zaporožskaja).

[15] 1970. *Pol'ce - poselenie rannego železnogo veka u s. Kukelevo* / Pol'ce, un village de l'âge de fer initial près de Kukelevo. Novosibirsk, vyp. 1, 304 p., (co-auteur. A.P. Derevjanko).

[16] 1971. *Petroglify Nižnego Amura* / Les pétroglyphes du bas Amour. Léningrad, Nauka, 335 p.

[17] 1971. *Drevnie poselenija Baranovo mysa* / Les anciens sites du cap Baranov. Novosibirsk, Nauka, 214 p. (co-auteur : N.A. Beregovaja).

[18] 1972. *Petroglify Srednej Leny* / Les pétroglyphes de la moyenne Léna. Léningrad, Nauka, 271 p. (co-auteur : V.D. Zaporožskaja).

[19] 1972. *Sokrovišča Tomskikh pisanic : naskal'nye risun i epokhi neolita i bronzy* / Les trésors des pétroglyphes du Tom' : les dessins rupestres du néolithique et du bronze. Moscou, Iskusstvo, 225 p., (co-auteur : A.I. Martynov).

[20] 1972. *Central'noaziatskij očag pervobytnogo iskusstva : peščernye rospisi Khojt- Čanker Aguj (Sangri-aguj, Zapadnaja Mongolija* / Un foyer centralo-asiatique de l'art primitif : les peintures rupestres de Khojt-Čanker Aguj (Sangri-aguj, Mongolie occidentale). Novosibirsk, Nauka, 76 p.

[21] 1973. *Dalekoe prošloe Primor'ja i Priamur'ja* / Le lointain passé du Primor'e et du bassin de l'Amour. Vladivostok, Dal'nevostočnoe knižnoe izdatel'stvo, 440 p. (co-auteur : A.P. Derevjanko).

[22] 1974. *Neoličeskie pamjatniki Angary : ot Šiškino do Bureti* / Les sites néolithiques de l'Angara : de Šiškino à Buret'. Novosibirsk, Nauka, 319 p.

[23] 1974. *Petroglify Bajkal'ja- pamjatniki drevnej kul'tury narodov sibiri* / Les pétroglyphes du Baïkal : sites préhistoriques des peuples de la Sibérie. Novosibirsk, Nauka, 125 p.

[24] 1975. *Neoličeskie pamjatniki Srednej Angary (ot ust'ja r. Beloj do Ust'- Udy)* / Les sites néolithiques du moyen Angara (du confluent de la Belaja jusqu'à Ust'- Uda). Novosibirsk, 319 p.

[25] 1976. *Neoličeskie pamjatniki Nižnej Angary (ot Serovo do Bratska)* / Les sites néolithiques du bas Angara (de Serovo à Bratsk). Novosibirsk, Nauka, 328 p.

[26] 1976. *Istorija i kul'tura burjatii* / Histoire et culture de la Bouriatie. Ulan-Ude, Burjatskoe knižnoe izdatel'stvo, 458 p.

[27] 1976. *Pisanicy reki Olekmy i Verkhnego Priamur'ja* / Les pétroglyphes de l'Olekma et du bassin du haut Amour. Novosibirsk, Nauka, 189 p., (co-auteur : A.I. Mazin).

[28] 1977. *Petroglify Verkhnej Leny* / Les pétroglyphes de la haute Léna. Léningrad, Nauka, 323 p.

[29] 1977. *Gromatukhinskaja kul'tura* / La culture de Gromatukhin. Novosibirsk, Nauka, 285 p., (co-auteur : A.P. Derevjanko).

[30] 1977. *Drevnij Zaŝiversk : drevnerusskij zapoljarnyj gorod* / Zaŝiversk-le-Vieux : ancienne ville russe polaire. Moscou, Nauka, 211 p., (co-auteurs : Z.V. Gogolev, E.A. Aŝčepkov).

[31] 1978. *Verkholenskij mogil'nik - pamjatnik drevnej kul'tury narodov Sibiri* / Le cimetière de la haute Léna - site préhistorique des peuples de la Sibérie. Novosibirsk, Nauka, 288 p.

[32] 1979. *Pisanicy bassejna reki Aldan* / Les pétroglyphes du bassin de l'Aldan. Novosibirsk, Nauka, 152 p., (co-auteur : A.I. Mazin).

[33] 1979. *Petroglify doliny reki Elangaš (Jug Gornogo Altaja)* / Les pétroglyphes de la vallée de l'Elangaš (sud du Gornyj Altaï). Novosibirsk, Nauka, 137 p. (co-auteurs : E.A. Okladnikova, V.D. Zaporožskaja, E.A. Skorynina).

[34] 1980. *Petroglify Central'noj Azii : Khobd-Somon (gora Tsbš)* / Les pétroglyphes d'Asie Centrale : Khobd-Somon (Mont Tsbš). Léningrad, Nauka, 271 p.

[35] 1980. *Jugo-Vostočnoe Zabajkal'e v epokhu kamnja i rannej bronzy* / La Transbaïkalie sud-orientale à l'âge de pierre et au début du bronze. Novosibirsk, Nauka, 177 p., (co-auteur : I.I. Kirillov).

[36] 1980. *Petroglify Gornogo Altaja* / Les pétroglyphes du Gornyj Altaï. Novosibirsk, Nauka, 140 p., (co-auteurs : E.A. Okladnikova, V.D. Zaporožskaja et E.A. Skorynina).

[37] 1980. *Novye petroglify Pribajkal'ja i Zabajkal'ja* / Les nouveaux pétroglyphes de la Cis et Trans-Baïkalie. Novosibirsk, Nauka, 40 p., (co-auteurs : V.I. Molodin et A.K. Konopackij).

[38] 1981. *Petroglify Mongolii* / Les pétroglyphes de la Mongolie. Léningrad, Nauka, 228 p.

[39] 1981. *Petroglify Čulutyn-gola (Mongolija)* / Les pétroglyphes de Čulutyn -Gol (Mongolie). Novosibirsk, Nauka, 183 p.

[40] 1981. *Petroglify Čankyr-Kelja. Altaj. Elangaš* / Les pétroglyphes de Čankyr-Kel'. Altaï. Elangaš. Novosibirsk, Nauka, 146 p., (co-auteurs : E.A. Okladnikova, V.D. Zaporožskaja, E.A. Skorynina).

[41] 1981. *Paleolit central'noj Azii : Mojltyn am (Mongolija)* / Le paléolithique d'Asie Centrale : Mojltyn am (Mongolie). Novosibirsk, Nauka, 461 p.

[42] 1982. *Petroglify urošiŝča Sary-Satak (dolina r. Elangaš)* / Les pétroglyphes de Sary-Satak (vallée de l'Elangaš). Novosibirsk, Nauka, 149 p., (co-auteurs : E.A. Okladnikova, V.D. Zaporožskaja, E.A. Skorynina).

[43] 1983. *Drevnee poselenie Kondon (Priamur'e)* / L'antique village de Kondon (bassin de l'Amour). Novosibirsk, Nauka, 160 p.

[44] 1984. *Keramika drevnego poselenija Kondon (Priamur'e)* / La céramique de l'antique village de Kondon (bassin de l'Amour). Novosibirsk, Nauka, 124 p.

[45] 1985. *Drevnie risunki kyzyl-kelja* / Les antiques dessins de Kyzyl-kel'. Novosibirsk, Nauka, 147 p., (co-auteur : E.A. Okladnikova).

[46] 1986. *Paleolit Mongolii* / Le paléolithique de la Mongolie. Novosibirsk, Nauka, 232 p.

ADIEU AU PROFESSEUR ASBJØRN S. NESHEIM (1906-1989)

par Christian MERIOT

Université de Bordeaux II

RÉSUMÉ. — Aperçu de la carrière du Professeur A.S. Nesheim et compte rendu bibliographique de ses travaux. Le Professeur Nesheim fut surtout connu pour le rôle qu'il joua au sein du *Comité sâme* (SameKomiten) qui, en 1956, jeta les bases de la reconnaissance du statut sâme.

Mots-clés : Asbjørn S. Nesheim — Norvège — Ethnologie — Sâme.

ABSTRACT. — **Homage to Professor Asbjørn S. Nesheim (1906-1989).** Survey of Professor Asbjørn Nesheim's carrier and bibliographic review of his studies. Professor Nesheim was well known for the part he played in the *Sâme Committee* (SameKomiten) which laid foundations of the Sâme status recognition in 1956.

Key-words : *Asbjørn S. Nesheim — Norway — Ethnology — Sâme.*

UNE PERTE POUR LES SÂMES ET LES SÂMOLOGUES.

Après de longues années de maladie qu'il sut supporter avec courage, notre collègue et ami Asbjørn Nesheim s'est éteint le 19 janvier 1989 à Oslo.

Né le 14 décembre 1906 à Trondheim d'une famille d'enseignants, il fut étudiant à partir de 1925 à l'Institut des Langues finno-ougriennes à l'Université d'Oslo, d'Helgsingfors et d'Åbo. Dès l'âge de 23 ans, il fut remarqué par le professeur Konrad Nielsen qui en fit son assistant à l'*Institut for samenlignende Kulturforskning* pour la rédaction de son grand dictionnaire lapon (sâme, norvégien, anglais). A cette occasion, il collabora avec un informateur qui devint un ami, Hans J. Henriksen de Polmak (Tana).

C'est en 1942 qu'il obtint son doctorat à Oslo avec une thèse sur le duel en lapon. En 1951, il fut nommé premier conservateur au *Norsk Folkemuseum* à Oslo. Il y fut le chef du département sâme nouvellement créé jusqu'à la fin de sa carrière. Parallèlement à ces travaux de muséologie, il fut à partir de 1954 enseignant de sâme à l'Université d'Oslo après avoir été professeur invité à l'Université d'Indiana (USA) en 1953-1954. Il fut nommé à titre personnel professeur de langue et culture sâme en 1959.

Sa bibliographie est impressionnante comme on pourra s'en rendre compte en consultant la liste ci-dessous, elle touche un très large champ de connaissances dont il s'était soucié d'assurer la diffusion non seulement dans les revues scientifiques *ad hoc*, mais aussi dans la presse quotidienne et les ouvrages de vulgarisation. Elle est écrite en sâme, en norvégien, en anglais, en allemand, en français.

Son activité s'étendit jusqu'à la direction de la rédaction des 12 ouvrages de la série *Samiske Samlinger* et des annales de la société sâme d'Oslo *(Samiid Searvi) : Sami Aellin/Samiliv* qui sont deux sources importantes pour la recherche contemporaine. Il collabora aussi au sein du *Ministère de l'Eglise et de l'Enseignement* à la rédaction de nombreuses notices et fut membre rédacteur de la Commission pour le nouveau *livre des psaumes sâme* (1965). Il présenta des thèmes culturels sâme, finnois, ostiak dans des conférences et diverses interventions.

Son travail l'amena à devenir un des premiers supporters de la plus ancienne des associations sâme actuellement en activité. Ce travail déboucha avec l'aide des professeurs Gjessing, Ruong, Nickul sur la proposition de constitution du *Nordisk Samerâd* en 1956.

Il eut en son temps à cœur de défendre l'idée d'une Université à Tromsø où il prononça le discours d'ouverture pour l'année 1967.

Il fut surtout connu pour le rôle qu'il joua au sein du *Comité sâme* (SameKomiten) qui, en 1956, jeta les bases de la reconnaissance du statut sâme en vue de consolider et de constituer sur le plan culturel et économique l'insertion des Sâme dans la société.

Les propositions de ce comité éveillèrent de grands intérêts dans divers milieux et suscitèrent des débats véhéments qui marquèrent un changement définitif de temps et de perspectives.

Parmi ses titres les plus prestigieux, citons qu'il fut membre correspondant de la *Société Finno-Ougrienne* (1947), de l'*Association pour la littérature finnoise* (1947), de l'*Académie des Sciences* (1948), de la *Société du Kalevala* (1951), de la *Société Sâme* (1950-1952), de l'*Association pour la protection de la culture sâme* (1952), du *Musée de Tromsø* (1956).

Président de l'*Association norvégienne pour la connaissance des langues* (1957-1958), de la *Société pour les recherches culturelles norvégiennes* (1961-1962), il fut décoré en 1968 de la médaille Nansen par le Comité du Fram pour son œuvre scientifique et en 1979 de la médaille d'or du recteur Qvigstad pour sa contribution à la recherche sâme.

Inter-Nord se devait de rappeler ainsi la carrière et l'œuvre du Professeur Nesheim.

Il faut ajouter, pour ceux qui l'ont connu, que tous ont apprécié, outre sa compétence très sûre, sa grande modestie, son extrême courtoisie et sa chaleureuse disponi-

bilité à l'égard des jeunes chercheurs qui venaient solliciter son aide et ses lumières, disponibilité qui allait jusqu'à s'inquiéter de leur situation personnelle.

La communauté scientifique lui sera longtemps reconnaissante de ses divers travaux où se sont appliquées avec excellence, sa rigueur et l'amplitude de sa culture linguistique.

La communauté sâme perd en lui un avocat qui a œuvré pour elle avec sagesse et sympathie et qui a posé les fondements politiques de son renouveau matériel, culturel et linguistique.

BIBLIOGRAPHIE DU PROFESSEUR ASBJØRN NESHEIM

1942:

Der lappische Dualis. Mit Berücksichtigung finnisch-ugrischer und indo-europäischer Verhältnisse. 145 p. Thèse de doctorat (Skrifter utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. II. Hist.-filos. klasse 1941 : 5).

1945 :

« Koaffikset » n i den lappiske possessive deklinasjon. (Hommage à Konrad Nielsen pour ses 70 ans. 28 aug. 1945 = *Studia Septentrionalia* II, p. 149-175).

1947 :

Lappisk fiske og fisketerminologi. I. (Lapponica, = *Studia Septentrionalia III*, p. 69-210).

Russiske og russisk-finske lånord i Finnmark-lappisk. (Hommage à Olaf Broch pour ses 80 ans = Avhandlinger utg. av *Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo.* II. *Hist.-filos. klasse* 1947, p. 155-167).

1949 :

Noen samiske krakker og stoler. (*By of Bygd.* Norsk Folkemuseums årbok, 6, 1948-49, p. 81-86).

Traits from life in a Sea-Lappish district. Told by Anders Monsen from Repparfjord. (*Nordnorske Samlinger.* Utg. av Etnografisk Museum VI. Bidrag til finnernes bygdehistorie og etnografi. B. 2:3, p. 137-168).

Compte rendu de Knut Kolsrud : Finnefolket i Ofoten. Oslo 1947. (*Heimen* 8, 1949, p. 41-43).

På samemøte i Fatmomakke. (*Aftenposten* 14. juli 1949).

Samene klager på skatten. Noen betraktninger fra samenes store møte i Alta i sommer. (Norske reindriftssamers landsforenings 3. årsmøte). (*Aftenposten* 5. august 1949).

Sjøsamene — et levedyktig folk. (*Aftenposten* 5. november 1949).

1950 :

On the question of consonant combinations in Finno-Ugrian. (Commentationes Fenno-Ugricae in honorem Y.H. Toivonen, = *Mémoires de la Société Finno-Ougrienne* 98, Helsinki 1950, s. 165-188).

Studiet av den samiske kultur. (Om Instituttet for Sammenlignende Kulturforskning). (*Aftenposten* 28. januar 1950).

1951 :

Finnish hiisi and Lappish sii'dâ. (*Finnisch-ugrische Forschungen* 30, Helsinki 1951, p. 292-302).

Noen opptegnelser fra samisk kulturområde. (*Håløygminne* 8, Svorkmo 1951, p. 325-329).

Samiske tekster. Oslo 1951. 40 s.

Gloser til øvelsesstykkene. Oslo 1951. 8 p. Sâmiid sær'vi, en redegjørelse. (Svar på artikkel av Henrik Ravna : Sâmiid Sær'vi enda en gang, i *Finnmarken* 9. mars 1951). (*Finnmarken* 6. april 1951).

Den nye samiske ABC. Compte rendu de Margarethe Wiig : ABC. Oslo 1951. (*Aftenposten* 7. juni 1951).

1952 :

Kielellinen lisä lappalaisten hylkeenpyynnin historiaan. (Résumé : Note linguistique sur l'histoire de la chasse aux phoques chez les Lapons, p. 236). (*Virittäjä* 1952, Helsinki, p. 172-175).

Samisk og norsk i Lyngen. (*Sameliv. Samisk Selskaps årbok* 1/1951-52, p. 123-129).

Samisk selskap og Sameliv. (*Sameliv. Samisk Selskaps årbok* 1/1951-52, p. 8-10).

Sâmi Sær'vi ja Sâmiællin. (*Smst.* p. 11-13).

Norsk patentmedisin for samene. (Svar på artikler av Gunne Hammarström om samene i Dagbladet 9. og 16. august 1952). (*Dagbladet* 27. august 1952).

Bort fra vidderomantikk og eksotiske naboer. Samene flyttes fra Etnografisk Museum til Norsk Folkemuseum. Ekspedisjoner skal kartlegge samisk kultur og skaffe materiale til den nye avdelingen. Intervju av B.F. (*Verdens Gang* 24. desember 1952).

1953 :

Litt om en gammel form for seljakt. (*Håløygminne* 9, Svorkmo 1953, p. 140-141).

Samisk seljakt of jakttabu. (Liber saecularis in honorem J. Qvigstadii. Pars I = *Studia Septentrionalia* IV, p. 13-18).

Noen nordiske ord- og kulturlån hos samene. (Liber saecularis in honorem J. Qvigstadii. Pars 2 = *Studia Septentrionalia* V, p. 123-148).

Til rektor J. Qvigstads hundreårsdag. (*Håløygminne* 9, Svorkmo 1953, p. 3-6).

Våre landsmenn samene. (*Det Beste fra Readers Digest*, september 1953).

Rektor J. Qvigstad 100 år. (*Aftenposten* 4. april 1953).

Samekulturen gjør sitt inntog på Folkemuseet. Ny samisk avdeling er i emning. Intervju av Rei-ti. (*Arbeiderbladet* 4. april 1953).

Nye veier for et bredere arbeide på samisk område. (*Aftenposten* 3. sept. 1953).

1954 :

On the question of consonant combinations in Finno-Ugrian. (*Mémoires de la Société Finno-Ougrienne* 98, Helsinki 1950, p. 165-188). Author's summary. (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 122-23).

Den samiske grenevevingen og dens terminologi. (*Scandinavica et fenno-ugrica. Studier tillägnade Björn Collinder* 22. juli 1954. Stockholm 1954, p. 321-341). Aussi dans *Svenska Landsmål* 1955, p. 33-53.

Compte rendu de Knut Bergsland : Remarques sur les pronoms démonstratifs lapons. (*Mémoires de la Société Finno-Ougrienne* 98, Helsinki 1950, p. 27-35). (*Humaniora Norvegica* 1, 1950, p. 116-17).

Compte tenu de Helge Dahl : Norsk målpolitikk i Finnmark (Norwegian language policy in Finnmark). (*Syn of Segn* 56, Oslo 1950, p. 193-205, 277-285). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 95-96).

Compte rendu de Helge Dahl : Samisk og kvensk ved Trondenes og Tromsø seminar 1826-1907. (Lapp and Quain at Trondenes and Tromsø Seminary 1826-1907). (*Norsk pedagogisk tidsskrift* 34, Oslo 1950, p. 167-192). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 96-97).

Compte rendu de Gutorm Gjessing : Kulturkontakten mellom samer og nordmenn i Finnmark i historisk tid. (The cultural contact between Lapps and Norwegians in Finnmark in historical times). (Fra gjenreising til nyreising. Regionalplanmøtet i Alta 1948. Oslo 1950, p. 30-39). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 215-16).

Compte rendu de Gutorm Gjessing : Norwegian contributions to Lapp ethnography. (*Journal of the Royal Anthropological Institute* 77, London 1950, p. 47-60). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 76-78).

Compte rendu de Gutorm Gjessing : Samer og nordmenn i førhistorisk tid. (Lapps and Norwegians in prehistoric times). (Fra gjenreising til nyreising. Regionalplanmøtet i Alta 1948, Oslo 1950, p. 23-29). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 175-176).

Compte rendu de Konrad Nielsen : A curious word in earlier Lapp dictionaries. (Mémoires de la Société Finno-Ougrienne 98, Helsinki 1950, p. 245-254). (*Humaniora Norvegica* 1/1950, p. 123).

Anmeldelse av Harald Grundström : Lulelapsk ordbok. B. 1-4. Uppsala 1948-54. (*Language* 30, Baltimore 1954, p. 298-301).

Prest og videnskapsmann (Kristian Nissen fyller 75 år). (*Aftenposten* 26. november 1954).

1955 :

Konrad Nielsen in memoriam. (*Studia Septentrionalia* VI, s. 183-193).

Minnetale over professor dr. Konrad Nielsen holdt i den historisk-filosofiske klasses møte den 19. november 1954. (*Det Norske Videnskaps-Akademi I Oslo*, årbok 1954, s. 55-62).

Nye veier for økonomisk, sosialt og kulturelt arbeid på samisk område. (*Sameliv. Samisk Selskaps årbok* 2/1953-55, p. 71-74).

Den samiske grenevevingen og dens terminologi. (*Svenska Landsmål* 78, Stockholm 1955, s. 33-53). Imprimé aussi dans *Scandinavica et fenno-ugrica. Studier tillägnade Björn Collinder*, Stockholm 1954 s. 321-341.

Norsk kirke- og kulturpolitikk på samisk område. (compte rendu de Adolf Steen : *Samenes kristning og finnemisjonen til 1888*. Oslo 1954). (*Aftenposten* 19. mars 1955).

Kulturkontakt og kulturbrytninger i Nord-Norge. (Compte rendu de Gutorm Gjessing : Changing Lapps, utg. av. *The London School of Economics and Political Science*. London 1954). (*Aftenposten* 23. mai 1955).

1956 :

An ancient type of sledge in Ullsfjord, Northern Norway. (*Arctica*. Essays presented to Åke Campbell 1.5.1956, = *Studia Ethnographica Upsaliensia* XI, Uppsala 1956, p. 46-56).

Lappisk ordbok. Av Konrad Nielsen og Asbjørn Nesheim. T. IV Systematisk del. Oslo 1956. (Instituttet for sammenlignende kulturforskning, ser. B : Skrifter XVII : 4).

Ein urnordisches Lehnwort im Lappischen. (*Ural-altaische Jahrbücher* 28, Wiesbaden 1956, p. 182-83).

1958 :

Pohjoismaisen ja saamelaisen kulttuurin keskinäisestä yhteydestä. (*Kalevalaseura*. Vuosikirja 38, Helsinki 1958, p. 157-72).

Rektor J.K. Qvigstad in memoriam. (*Vår kirke i nord* 1958, Tromsø, p. 7-9).

Samisk og nordisk — fellesskap og kulturkontakt. (*By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok* II/1956-57, s. 1-18).

Compte rendu de Ørnulv Vorren : Villreinfangst ved Gollevarre. Samiske fangstanlegg for villrein. I. (The trapping of wild reindeer in the Gollevarre District. Lapp trapping sites. I). (*Acta Borealia*. Utg. av Tromsø Museum. B. Humaniora. No. 2). By Ørnulv Vorren and Ernst Manker. Tromsø 1953. (*Humaniora Norvegica* 3/1953-54, p. 163).

Endelig plass for samekulturen på Folkemuseet. Imponerende avdeling åpner med utstilling i mai. Intervju av Sun. (*Nationen* 8, februar 1958).

1959 :

Innstilling fra Komitéen til å utrede samespørsmål, oppnevnt 3. august 1956. *Utg. av Kirke- og undervisningsdepartementet*. Mysen 1959. 89 s. (Den historiske innledning).

A Lapp nautical term and its origin. (Verba docent. Juhlakirja Lauri Hakulisen 60-vuotispäiväksi = *Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia* 263. Helsinki 1959, p. 185-92).

Sameliv. Samisk Selskaps årbok. 1953-55. Sámi Ällin. Sámi Særvi Jakkigir'ji. 1953-55. (The Lappish way of life. Yearbook of the Lappish Society. 1953-55). Red. av Asbjørn Nesheim. Oslo 1955. Editor's summary. (*Humaniora Norvegica* 4/1955, p. 126-128).

1960 :

Gamme. (*Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder*. B.V. Oslo 1960, sp. 179-183).

Samene og deres kultur. (*Nordens fremtidsland Nordkalotten*. Utg. av Foreningen Norden. København 1960, s. 81-96).

Samerne. (*Landbrugsmuseet*. Sorgenfri/København. Udstillingen Norsk bondeliv 1550-1850. København 1960, kapittel 7).

Trends in the development of Lapp culture in Scandinavia. (*Actes du VI Congrès international des sciences anthropologiques et ethnologiques*. T. II : I. Paris 1960, s. 213-14).

Være eller ikke være. Samene ved det store veiskillet. Intervju av Olav Nordrå. (*Morgenbladet* 30. januar 1960).

Samene må selv velge den vei de vil gå. Men forholdene må legges slik til rette at den samiske minoritet, hvis den ønsker det, kan bevare sitt sprog og sine kulturverdier. Intervju. (*Lofoten* 27. februar 1960).

Samekomitéens prinsipper og målsetting. (*Morgenbladet* 21. mai og *Nationen* 25. mai 1960.)

1961 :

Diskusjonsinnlegg til foredrag av Esko Aaltonen : Den traditionella bondekulturens undanträngande i Finland, holdt på det 14. nordiske folkelivs- og folkeminneforskermøte i Åbo 1959. (*Den gamla bondekulturens upplösning*. Åbo 1961, p. 49-52).

Samene og deres kultur. Oslo 1961. 39 p. imprimé aussi dans *Sameliv. Samisk Selskaps årbok* 4/1959-60, s. 48-84.

Samiske Samlinger. B. 4. *Polmak og Manndalen. To samebygder*. (Lappish Collections. Vol. 4. *Polmak and Manndalen. Two Lapp Communities*). Ed. Asbjørn Nesheim. Oslo 1958. Editor's summary. (*Humaniora Norvegica* 5/1957-58, p. 201-202).

Compte rendu de Roberto Bosi : *The Lapps*. London 1960. (*The Slavic and East European Journal*, new ser., 5, Bloomington 1961, p. 383-385).

Compte rendu de Ernst Manker : *Fångstgropar och stalotomter. (Trapping Pits and Stalo Sites)*. Uppsala 1960. Acta Lapponica XV. (*Man* 61, London 1961, p. 210).

Samekulturen erobrer Folkemuseet. Intervju. (*Nordlys* 21. september 1961).

1962 :

The Lappish dialect of Ullsfjord and its relations to other Lappish dialects. (Commentationes fenno-ugricae in honorem Paavo Ravila = *Mémoires de la Société Finno-Ougrienne* 125, Helsinki 1962, p. 333-360).

Lappisk ordbok. Av Konrad Nielsen og Asbjørn Nesheim. T.V. supplement. Oslo 1962. (Instituttet for sammenlignende kulturforskning, ser. B : Skrifter XVII : 5).

A Lapp nautical term and its origin. (Verba docent. Juhlakirja Lauri Hakulisen 60-vuotispäiväksi = Toimituksia, *Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran*, 263. Helsinki 1959, p. 185-192). Author's summary. (*Humaniora Norvegica* 6/1959-60, p. 226).

Compte rendu de Knut Bergsland : Lapin kieltoverbin taivutuksesta. (Sur la flexion du verbe négatif lapon). (*Virittäjä* 1960, Helsinki, p. 327-30). (*Humaniora Norvegica* 6/1959-60, s. 226).

Compte rendu de Knut Bergsland : Lapin korrelatiivijohdoksista. (The Lapp Correlative Derivatives). (Verba docent. Juhlakirja Lauri Hakulisen 60-vuotispäiväksi = Toimituksia, *Suomalaisen Kirjallisuuden Sueran* 263. Helsinki 1959, p. 149-158). (*Humaniora Norvegica* 6/1959-60, p. 226).

Omkring samekonferansen i Kiruna. (*Aftenposten* 11. september 1962).

1963 :

Et gammelt kjede og dets historie. (*By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok* 16/1962, p. 143-147).

Introducing the Lapps. Oslo 1963. 56 p. (Tanum's tokens of Norway).

Komse. (*Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder*. T. VIII. Oslo 1963, p. 689).

Samer og samekultur. (*Norge*. T. I. Oslo 1963, p. 308-316).

Oversettelse av en del samiske ord, gjennomgått de samiske stedsnavn og laget register. (*Norge*. T. IV. Oslo 1963).

En selvlært forsker har fullført sitt verk.

Compte rendu de Adolf Steen : Finnemisjonen 75 år. Trondheim 1963. (*Aftenposten* 20. februar 1963.)

1964 :

The Lapp fur and skin terminology and its historical background. (*Lapponica*. Essays presented to Israel Ruong = *Studia Ethnographica Upsaliensia* XXI. Uppsala 1964, s. 199-218).

Die Lappen und ihre Kultur. (Alfred Nawrath : Norwegen. Bern 1964, s. 87-123).

Les Lapons. (Alfred Nawrath : *Norvège*. Bern 1964, s. 73-109).

Über die Lappen und ihre Kultur. Oslo 1964. 58 p. (Das ist Norwegen. Tanum).

De åtte årstidenes folk. Vakkert svensk praktverk om samene. Anmeldelse av Ernst Manker : *De åtta årstidernas folk*. Göteborg 1963. (*Aftenposten* 20. august 1964).

1965 :

The Lapps. (Alfred Nawrath : *Norway*. Oslo 1965, p. 81-116).

Sámegiel lákkusat. Samiske tekster. Utgitt av Kirke- og undervisningsdepartementet. Oslo 1965. 44 p.

Social and cultural aspects of bilingualism. (*Report on an international seminar on bilingualism in education*, Aberystwyth, Wales, London 1965, p. 56-63).

1966 :

Arktiske folk. Av Israel Ruong og Asbjørn Nesheim. Oslo 1966. 125 p.

Duol'lje - čoar've - muorrâ. Samisk sløydterminologi og dens opprinnelse. (*Norrbotten årsbok* 1967. Luleå 1966, p. 23-30). Aussi imprimé *Sameslöjd* — tradition och nydaning. Luleå 1967, p. 23-30.

Introducing the Lapps. 2. rev. ed. Oslo 1966. 56 p. (Tanum's tokens of Norway).

Samene. Historie og kultur. Oslo 1966. 56 pages.

Samer som minoritetsgruppe. (*Ord och Bild* 1966 : 3, Stockholm, p. 267-70).

Samisk tinntrådarbeid. (*By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok* 1966, p. 105-110).

« Flere samer må få toppstillinger ». Storartet kultursentrum tar form i Karasjok. En fordel om også gymnaset legges dit. Intervju av Lita. (*Dagbladet* 12. Desember 1966).

Noe går tapt for hele Norden hvis samekulturen blir borte. Asbjørn Nesheims 60-års ønske : Same-gymnasium i Finnmark. Intervju. (*Aftenposten* 13. desember 1966).

Professor Nesheim er mere same enn samene selv. Intervju. (*Finnmarken* 13. desember 1966).

1967 :

Arktiske folk. Av Israel Ruong og Asbjørn Nesheim. 2. oppl. Oslo 1967. 125 p.

Duol'lje - čoar've - muorrâ. Samisk sløydterminologi og dens opprinnelse. (*Sameslöjd* — tradition och nydaning. Handlingar från Internordiskt symposium kring samisk slöjd i Jokkmokks Museum den 23-25 maj 1966. Luleå 1967, s. 23-30). Aussi imprimé dans Norrbotten årbok 1967, Luleå 1966, s. 23-30.

Eastern and Western Elements in Lapp Culture. (Lapps and Norsemen in Olden Times. Oslo 1967, p. 104-168). (Instituttet for sammenlignende kulturforskning, ser. A : Forelesninger, 26).

The Lapps of Norway and their history. Oslo 1967. 4 p. (*The Royal Norwegian Ministry of Foreign Affairs, reference papers*, 7).

Les Lapons de Norvège et leur histoire. Oslo 1967. 4 p. (*Ministère Royal des Affaires Etrangères, pages documentaires*, 12).

Die Lappen Norwegens und ihre Geschichte. Oslo 1967. 4 p. (*Kgl. Aussenministerium, Artikeldienst*, 17).

Ny samisk litteratur. (*Samefolket* 1967, Uppsala, p. 154-155).

Sámegiel lákkusat. Samiske tekster. 2. oppl. Utg. av Kirke- og undervisningsdepartementet. Oslo 1967. 44 p.

Samekulturen i søkelyset. (*Hvem-Hva-Hvor* 1968. Aftenpostens aktuelle oppslagsbok. Oslo 1967, p. 375-380).

Samisk dilemma. (*Ordet*. Tidsskrift for sprogutvikling 1967 : 2, Oslo, p. 65-70).

Samene — en utfordring til vårt demokrati. (Compte rendu de Reidar Hirsti : *En samisk utfordring*, Oslo 1967). (*Arbeiderbladet* 23. mai 1967).

Hilmar Stigum 70 år. (*Aftenposten* 7. august 1967).

Gymnasium med samisk. (*Aftenposten* 13. oktober 1967).

Omkring universitetet i Tromsø. (Tale ved immatrikuleringen av studenter i Tromsø 27. november 1967). (*Aftenposten* 28. november 1967).

1968 :

Los lapones de Noruega y su historia. Oslo 1968. 4 p. (*Real Ministerio de Asuntos Exteriores*, 23).

Magi og elektrisitet. (*By og Bygd. Norsk Folkmuseums årbok* 20/1967, p. 138-141).

Omkring harpen I Voluspå. (*By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok* 20/1967, p. 1-10).

Pulk. (*Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder*. T. XIII. Oslo 1968, p. 598-604).

Samisk dilemma. (*Liigtaarnen* 1968, København, p. 81-86).

Samiske stedsnavn. (Namn i fjellet. Red. av Jørn Sandnes og Per Tylden. Oslo 1968, p. 132-159).

Tinntrådarbeid. En samisk spesialitet. (*Norsk husflid* 1968 : 6, p. 2-5).

1969 :

Kapelljord eller campingplass og andre problemer hos samene i Neiden. (*By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok* 21/1968-69, p. 25-34).

I lapponi di Norvegia e la loro storia. Oslo 1969. 4 p. (*Reale Ministero degli Affari Esteri*, 31).

1970 :

Les Lapons. Histoire et culture. Traduction française : Christian Mériot. Oslo 1970. 60 p. (Tanum. Présence de la Norvège).

Samisk språk. (*Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder.* T. XV. Oslo 1970, sp. 1-7).

Samisk trolldom. (Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder. T. XV. Oslo 1970, sp. 7-14).

Compte rendu de Nils Erik Hansegård : *Recent Finnish loanwords in Jukkasjärvi Lappish.* Uppsala 1967. Acta Universitatis Upsaliensis — Studia Uralica et Altaica Upsaliensia 3. (*Ural-altaische Jahrbücher* 42, Wiesbaden 1970, p. 225-227).

1971 :

En gammel samisk portrettsamling. (*Samefolket* 1971, Uppsala, p. 92-93).

Introducing the Lapps. 3. ed. Oslo 1971. 56 p. (Tanum's tokens of Norway).

J.K. Qvigstad. (*Biographica. Nordic folklorists of the past.* Studies in honour of Jouko Hautala. Uppsala 1971, p. 323-338). Aussi imprimé dans *Arv* 25-26/1969-70. Uppsala 1971, p. 323-338.

De laplanders in Noorwegen en hun geschiedenis. Oslo 1971. 10 p. (*Koninklijke Ministerie van Buitenlandse Zaken.* UDA 309/71).

The Lapps. (Alfred Nawrath : Norway. 2. ed. Oslo 1971, p. 81-116).

The Lapps and their neighbours. (*Sámi aellin. Exhibition in Groningen* 5-28 November 1971. Groningen 1971, p. 5-8. Samenvatting, p. 37-38).

Soldyrkelse. (*Kulturhistorisk leksikon for nordisk middelalder.* T. XVI. Oslo 1971, sp. 409-412).

Rapport om en minoritet. Compte rendu de Tor Edvin Dahl : *Samene i dag — og i morgen.* En rapport. Oslo 1970. (*Dagbladet* 9. januar 1971).

Compte rendu de Erik Solem : *Lappiske rettsstudier.* 2. oppl. Oslo 1970. (*Juristkontakt* 1971, Oslo, s. 140).

Compte rendu de László Szabó; *Kolalappische Volksdichtung* 1-2. Göttingen 1967-68. (*Ural-altaische Jahrbücher* 43, Wiesbaden 1971, p. 214-218).

1972 :

Om noaiden, samenes sjaman. (*Norveg.* Tidsskrift for folkelivsgransking 15, Oslo 1972, p. 22-42).

Samisk kultur og dens historie. (István Rácz : *Samisk kultur og folkekunst.* Med tekst av Asbjørn Nesheim og Phebe Fjellström. Oslo 1972, p. 7-11.

Über die Lappen und ihre Kultur. 2. Aufl. Oslo 1972. 60 p. (Das ist Norwegen. Tanum).

1973 :

Bynames and names of domestic animals in Ullsfjord, North-Troms. (Commentationes fenno-ugricae in honorem Erkki Itkonen = *Mémoires de la Société Finno-Ougrienne* 150, Helsinki 1973, p. 222-237).

The Lapps of Norway. Oslo 1973. 8 p. (*Royal Norwegian Ministry of Foreign Affairs.* UDA 309/73).

Samisk kultur. (István Rácz : *Samernas konstskatter.* Text : Asbjørn Nesheim, Phebe Fjellström. Stockholm 1973, p. 7-11).

Scandinavian influences on Lapp culture. (*Proceedings of the seminar on North Norway,* Groningen 9-11 nov. 1971. Groningen 1973, p. 32-39).

1974 :

Forord (« Préface ») til fransk oversettelse av Johan Turi, Muittalus samid birra (« *Récit de la vie des Lapons* »). Paris, Maspéro 1974.

1975 : (« postface »)

Efterord til faksimile-utg. av Knud Leem, *Beskrivelse over Finmarkens Lapper,* København 1767. (Rosenkilde og Bagger, København 1975).

1976 :

Samiske transport- og fremkomstmidler. (*Katalog til samisk særutstilling.* Fra Norsk Folkemuseums samlinger 2. Oslo 1976).

1977 :

Samene i 1970-årene. (Trykkes i *Verden i dag,* Oslo 1977. Vil også komme på fransk).

RÉDIGÉS EN COLLABORATION

Lappisk ordbok. Av Konrad Nielsen og Asbjørn Nesheim. T. 1-5. Oslo 1932-1962. (Instituttet for sammenlignende kulturforskning, ser. B : Skrifter XVII : 1-5).

Sameliv. Samisk Selskaps årbok. Sámi Ællin. Sámi Særvi jakkigir'ji. Redaktør Asbjørn Nesheim. 1/1951-7/1970. Oslo 1952-1971.

Samiske Samlinger. Redaksjon Asbjørn Nesheim. Utg. av Norsk Folkemuseum. T. 1-12. Oslo 1952-1971.

Unna girjážat sámiide — Samiske småskrifter. Red. av Asbjørn Nesheim og Hans J. Henriksen. Utg. av. Kirke- og undervisningsdepartementet. Nr. 1-4. Vadsø 1958-1960.

Innstilling fra Komitéen til å utrede samespørsmål, oppnevnt 3. august 1956. Utg. av Kirke- og undervisningsdepartementet. Mysen 1959. 89 s.

Medarbeider og oversetter ved den samiske salmeboken Gir'kosál'bmagir'ji. Oslo 1963.

Des articles sur les Sâme, leur culture et la littérature hongroise. *Aschehougs konversasjonsleksikon.* Oslo.

Des articles sur les Sâme dans *Gyldendals store konversasjonsleksikon.* 3. utg. Oslo 1972.

ALFRED DE QUERVAIN, PIONNIER DE LA RECHERCHE ARCTIQUE SUISSE AU GROENLAND (1879-1927)

par Marcel de QUERVAIN (1)

Davos, Suisse

RÉSUMÉ. — Alfred de Quervain entreprit deux expéditions aérologiques et glaciologiques au Groenland. La première, en 1909, fut consacrée principalement à la reconnaissance de la zone marginale de l'ouest de l'inlandsis. Au cours de la seconde, en 1912-1913, la première traversée du Groenland d'ouest en est fut réalisée, ainsi qu'un programme de recherches géophysiques sur la côte ouest, y compris un hivernage. Alfred de Quervain s'est consacré à des recherches sur la haute atmosphère, les nuages, les glaciers et les tremblements de terre. Sa dernière activité fut d'organiser la création de la station de recherche multidisciplinaire du Jungfraujoch.

Mots-clés : Alfred de Quervain — Groenland — Météorologie — Géophysique.

ABSTRACT. — **Alfred de Quervain, pioneer of the Swiss Arctic research in Greenland (1879-1927).** *Alfred de Quervain carried out two aerological and glaciological expeditions in Greenland. During the first one in 1909, the western marginal zone of the ice sheet was explored. During the second one in 1912-1913, Greenland was crossed for the first time from west to east and geophysical research was made on the west coast including a wintering stay. Alfred de Quervain was an universal scientist working in the field of high atmosphere, clouds, glaciers and earthquakes. Then he organized the creation of the multidisciplinary research station on the Jungfraujoch.*

Key-words : *Alfred de Quervain — Greenland — Meteorology — Geophysic.*

INTRODUCTION

Quand Alfred de Quervain mourut à l'âge de 47 ans, son deuxième fils, l'auteur de ce texte, n'avait que 11 ans. Ses souvenirs personnels se rapportent donc surtout à la sphère familiale, et la description de l'œuvre et de la personnalité de son père se fonde presque entièrement sur le témoignage écrit de collaborateurs et d'amis. Cette distance devrait garantir une certaine objectivité dans l'appréciation de cet homme remarquable.

Alfred de Quervain est connu du public surtout par ses expéditions au Groenland en 1909 et 1912, qui sont décrites d'une manière brillante et captivante dans les deux livres populaires « *Durch Grönlands Eiswüste* » (Le désert de glace du Groenland) et « *Quer durchs Grönlandeis* » (Traversée des glaces du Groenland). La recherche polaire ne constitua pourtant qu'une partie restreinte de son activité dans les diverses branches de la géophysique. A cette époque-là, l'état des sciences de la terre permettait à un chercheur d'esprit universel d'intervenir activement dans leurs différentes sphères d'intérêt et d'y apporter une contribution valable. Ainsi l'activité d'Alfred de Quervain comprenait la météorologie, la glaciologie, la sismologie et touchait même à l'astronomie.

(1) Ancien directeur de l'Institut Fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, Davos (Suisse).

M. de Quervain, a *lui aussi* participé à des expéditions au Groenland avec Paul-Emile Victor (cf Meddelelser om Grønland) et a suivi la vocation de son père : glaciologue et alpinologue.

ETUDES

Descendant d'une famille d'origine bretonne (huguenotte), Alfred de Quervain passa sa jeunesse dans la région de Berne avec neuf frères et sœurs, parmi eux le grand chirurgien Fritz de Quervain († 1940). Après avoir brillamment terminé le lycée classique, où il acquit une culture littéraire qu'il conserva pendant toute sa vie, il commença à l'Université de Berne des études en sciences naturelles, centrées sur la physique de la terre, dans lesquelles il progressa très rapidement. A l'âge de 19 ans, il est stagiaire à l'Observatoire de météorologie dynamique de Trappes près de Versailles, où il participa sous la direction du savant indépendant Tessereinc de Bort aux recherches sur la haute atmosphère. Il assimila ces méthodes avec un tel succès que son chef l'envoya en 1901 tout seul en Russie pour y étudier les températures hivernales de l'Europe continentale au moyen de ballons-sondes. En plus de difficultés dues au climat, à la langue et à l'organisation, le jeune chercheur fut victime d'un très malheureux incident. A la fin de la mission, sa valise fut volée avec tous ses effets et ses documents scientifiques. Après une semaine de désespoir et ayant publié la perte de ses biens, inutilisables pour autrui, un homme lui rendit une serviette avec les documents, prétendant l'avoir trouvée.

Apparemment, Quervain gardait le contact avec l'Université de Berne, car en 1902 déjà, il y passa l'examen de doctorat et celui de maître de lycée à Berne. Sa thèse traite de l'influence thermique de l'élévation des masses alpines en Suisse (1903). Après un stage intermédiaire à l'Observatoire de Neuchâtel, où il s'initia aux observations astronomiques et aux questions relatives à la chronométrie

— sujets d'une importance particulière pour les voyages polaires ultérieurs ainsi que pour les travaux sismiques — il répondit à l'appel du Professeur Hergesell, président de la Commission aéronautique internationale, qui lui demandait de venir à Strasbourg comme assistant de la dite commission et pour participer à la recherche aérologique. Là il se trouvait à la source du développement de nos connaissances sur la haute atmosphère. Cependant il ne se contenta pas de faire monter des ballons, mais acquit le brevet de pilote de ballon libre, pour être à même de se rendre personnellement dans son élément. Il n'abandonna jamais cette passion, et plus tard on le trouva parmi les participants du fameux concours Gordon-Bennet.

Durant son séjour à Strasbourg, Quervain inventa un théodolite angulaire qui permettait de suivre les ballons-sondes dans tous les azimuts et élévations du ciel, un instrument qui a trouvé une vaste application dans l'aérologie. Comme fonctionnaire de la Commission aéronautique, il entra aussi en contact avec le fameux Comte Ferdinand von Zeppelin qui plus tard encouragea et soutint l'expédition de 1909 au Groenland. (Le livre « *Durch Grönlands Eiswüste* » est dédié à Zeppelin).

Les sondages atmosphériques sont forcément liés à la formation des nuages, et ceux-ci captivaient de plus en plus son attention. Des publications de sa main sur la formation des nuages et leur valeur pronostique entraînèrent sa collaboration et son appartenance à la Commission internationale des nuages, où il joua un rôle important dans la création d'une nouvelle classification des nuages.

Avant son retour en Suisse, Quervain passa son examen de privat-docent à l'Université de Strasbourg avec une thèse sur l'inertie des thermographes utilisés pour les ballons-sondes. En 1906 il fut élu directeur-adjoint de l'Institut météorologique central de Zurich, poste qu'il occupa pendant plus de 20 ans jusqu'à sa mort. Là des travaux aérologiques et des recherches sur les nuages l'attendaient tout d'abord, suivis d'une tâche liée à des problèmes de sismologie.

PREMIÈRE EXPÉDITION AU GROENLAND, 1909

Mais une idée remontant à des rêves de jeunesse et impliquant les expériences de Trappes et celles de la Russie prit forme dans le projet d'une expédition au Groenland. Il comprenait deux buts principaux :

— une étude des courants atmosphériques dans l'Arctique au moyen de ballons-sondes;
— une étude de l'inlandsis dans une zone située à l'arrière d'un grand glacier débouchant sur la côte ouest.

Pour le second sujet, il envisagea les glaciers Karajak, triangulés par E. von Drygalski et situés dans la baie d'Umanak. Avec son talent d'organisateur, Quervain réalisa les préparatifs en très peu de temps, et avec le soutien d'institutions allemandes, suisses et danoises, un groupe germano-suisse composé de lui-même, de l'Allemand August Stolberg et du Suisse Emil Baebler arriva en avril 1909 à Godthaab. Un séjour d'un mois fut consacré à des sondages aérologiques (ballons-sondes et ballon captif) et à des ascensions de montagnes, dont les premières des sommets du « Hjortentaken » et du « Saddlen », considérés comme infranchissables par les habitants de la région.

A la fin de juin, l'expédition entra dans la magnifique baie d'Umanak et continua en petits bateaux jusqu'à la station d'Ikerasak. Quelle surprise lorsque le président danois de la petite commune salua le chef de l'expédition avec une citation d'Homère en langue grecque ! La citation fut comprise et il y fut répondu de façon pertinente. Après avoir atteint le bord du grand Karajak en canots à rames et kayaks, accompagnés par des Groenlandais, l'expédition réduite aux trois membres franchit la zone raide et crevassée du glacier par des efforts extrêmes en tirant les traîneaux lourdement chargés. Dans un terrain plus favorable deux participants avancèrent d'environ 125 km vers l'est. En raison du temps perdu lors de l'escalade difficile — le mois d'août était proche — l'idée d'une traversée éventuelle de l'inlandsis fut heureusement abandonnée, car les préparatifs n'étaient pas suffisants pour une telle entreprise. Le retour vers la côte se révéla aussi pénible que l'aller.

En route vers l'Europe avec le bateau « *Hans Egede* », le fameux explorateur polaire Frederik A. Cook rejoignit l'expédition de Quervain, prétendant avoir atteint le pôle Nord. Dans le libre « *Durch Grönlands Eiswüste* », un entretien intéressant entre Cook et Quervain est rapporté, dans lequel Cook déclare qu'au pôle le soleil avait une élévation distinctement différente à midi et à minuit. Quervain essaya de convaincre Cook que selon cette observation son emplacement n'était pas le pôle, et plus tard il nota que malgré l'impression sympathique laissée par Cook « dès lors le chien éveillé du doute aboyait périodiquement ». On se souvient que la prétention de Cook d'avoir été le premier homme au pôle Nord n'a pas — à tort ou à raison — été acceptée officiellement. L'expédition de 1909 se termina avec la déclaration « Nous reviendrons ! ».

DEUXIÈME EXPÉDITION 1912-1913

Rentré à l'Institut de météorologie de Zurich, Quervain commença immédiatement à préparer la traversée de l'inlandsis dont il avait rêvé. Mais il fut accaparé par les sujets laissés en suspens, l'aérologie, les nuages, la sismologie; il s'y ajoutait l'évaluation de l'expédition achevée, ainsi qu'un intérêt accru pour la glaciologie, — sans oublier le mariage en perspective. En 1911 le service sismique du pays passa sous la responsabilité de l'Institut météorologique, et Quervain en fut nommé le chef.

Néanmoins, vers la fin de 1911, le plan détaillé d'une expédition en 1912/13 au Groenland était complet. Il témoignait d'une préparation minutieuse et proposait de nouveau deux sujets scientifiques principaux :

— l'exploration du profil de l'inlandsis en relation avec les conditions météorologiques au cours d'une traversée d'ouest en est (Angmagssalik étant la seule station habitée sur la côte orientale);
— recherches sur la côte ouest du Groenland, concernant en particulier la glaciologie côtière et les relations entre la pression atmosphérique, la circulation de l'air, la température et les précipitations (suite des observations de 1909).

Pour résoudre ces problèmes, deux groupes de participants se formèrent. Pour la traversée, Quervain choisit comme compagnons Roderich Fick, Karl Gaule et Hans Hoessly (médecin). Le groupe de l'ouest se composait de Paul-Louis Mercanton, August Stolberg et Wilhelm Jost.

PHOTO 1. — Expédition au Groenland 1912/13. Groupe de la traversée de l'inlandsis.
De g. à dr. : R. Fick, K. Gaule, A. de Quervain, H. Hoessly.

Pour *Inter-Nord*.

L'expédition avait reçu l'approbation des grands prédécesseurs dans la recherche sur l'inlandsis, E. von Drygalski, O. von Nordenskjöld et F. Nansen. Le budget de 29,650 Francs suisses, y compris les travaux et l'hivernage du groupe ouest, est presque incoyable, même en considérant la dévaluation. Il se basait sur l'utilisation de tous les moyens existants au Groenland, en particulier des bateaux de ligne et des traîneaux à chiens, et il prenait en compte un soutien efficace du gouvernement danois.

L'accès à l'inlandsis fut choisi plus au sud cette fois, vis-à-vis de l'île de Disko au fond de l'Ata-Sund. Depuis cette époque, la baie pittoresque au front du glacier Ekip Sermia a été utilisée plusieurs fois par d'autres expéditions (Paul Emile Victor, 1949; EGIG, 1959 par ex.). Après le débarquement de l'expédition en 1912, le capitaine du fameux bateau « *Fox* » a nommé cette baie « Quervains Havn », et comme emblème il a planté une bouteille vide d'oxygène sur un banc de rochers dominant le lieu du campement. Ce « monument Fox » encore en place, témoigne toujours de l'expédition.

La traversée vers Angmagssalik se déroula selon le programme, à l'exception de deux incidents assez sérieux. L'un eut lieu le 4e jour sur l'inlandsis : l'expédition tomba dans un lac faiblement gelé et enneigé. Grâce à l'emballage étanche du matériel important (y compris les allumettes !) et à un courage opiniâtre, l'expédition put continuer son chemin vers l'est. L'autre situation critique se présenta sur la côte est, où il s'agissait de trouver le dépôt installé par le gouverneur danois d'Angmagssalik. La topographie de la côte ne correspondait évidemment pas du tout à la carte mise à disposition par les Danois. Pendant quelques jours Quervain et Gaule errèrent le long de la côte rocheuse et coupée par de longs fjords avant de tomber sur un cairn, qui les dirigea vers le dépôt. L'expédition était sauvée !

Une surprise positive dans l'histoire de la traversée fut la découverte d'un massif de montagne à l'est de l'itinéraire, avec un sommet dominant. Ce dernier fut nommé Mont Forel, d'après le glaciologue suisse et grand supporter de l'expédition, F.A. Forel. Coïncidence étrange : il mourut à l'époque de cette découverte sans avoir reçu la nouvelle de la réussite de l'expédition. Le nom du Mont Forel, deuxième sommet du Groenland (3 383 m) a été accepté par le Danemark et se trouve sur les cartes actuelles.

Le groupe de l'ouest, dirigé par Mercanton, réalisa aussi le programme prévu avec succès et les deux collaborateurs Jost et Stolberg hivernèrent sur l'île de Disko en continuant de lancer des ballons-sondes aussi longtemps que la lumière du jour le leur permettait. Les résultats de l'expédition 1912/13 sont publiés dans la série des « Mémoires de la société helvétique des sciences naturelles » (1920) et dans la collection Meddelelser om Grønland.

Photo 2. — En route sur l'inlandsis (1912).

Photo 3. — « Port Quervain », endroit du débarquement de l'expédition 1912/13 vis-à-vis du glacier Eqip Sermia. La bouteille d'oxygène provenant du bateau « Fox » a été plantée par le capitaine en 1912.
(Photo prise par M. de Quervain en 1959, EGIG).

Rentré à Zurich, accompagné de sa jeune femme courageuse, qui alla le chercher à Angmagssalik, Quervain se plongea surtout dans ses travaux sismologiques. Il installa d'abord une station sismique au voisinage de Zurich (Degenried) pour enregistrer les tremblements de terre régionaux. Les instruments disponibles se révélant d'une sensibilité insuffisante, il construisit avec son ami Auguste Piccard (ultérieurement pionnier de la stratosphère et des abysses marins) un sismographe universel, dont la masse centrale de 20 tonnes permettait d'enregistrer toutes les composantes des ébranlements. Un détail typique de l'esprit universel et de la mentalité pacifiste d'Alfred de Quervain : sur la masse, composée de blocs d'acier empruntés au Département militaire suisse (il s'agissait de matière première pour fabriquer des grenades) il peignit en couleur blanche les mots latins : « DEDIT MARS MINERVAE » et « ET CONFLABUNT GLADIOS IN VOMERES » (Esaïe 2.4). Traduction libre : « Mars l'a donné à Minerve... et ils transformeront les épées en socs de charrues ».

Comme les glaciers alpins commençaient à avancer au début de la première guerre mondiale, Quervain s'intéressa d'autant plus à la glaciologie, et il concentra ses observations sur le mouvement et les effets d'érosion de divers glaciers en crue. En collaboration avec A. Piccard il installa un instrument, « le cryokinemètre » sur le front du glacier supérieur de Grindelwald, permettant de mesurer continuellement la vitesse de la glace. Il fut élu comme successeur de F.A. Forel, à la Commission suisse des glaciers, et peu après on le trouve parmi les initiateurs de la Commission glaciologique, très active, de Zurich. De plus, la fondation d'une Société suisse de géophysique, météorologie et astronomie (1916) porte aussi sa marque. La spécialisation des sciences ne permet plus aujourd'hui de maintenir cette vaste gamme de sujets dans une seule société. En 1915 Quervain reçut le titre de professeur à l'Université de Zurich mais n'obtint jamais de position permanente dans cette école. Il donnait ses cours de météorologie, sismologie et glaciologie comme maître de conférence (privat docent).

Une dernière grande tâche lui échut peu après la guerre. Dans les dossiers du chemin de fer de la Jungfrau se trouvait un document selon lequel la société s'était engagée à consacrer un certain capital à l'établissement d'un institut scientifique au Jungfraujoch (3 475 m), terminus de la ligne. Quervain, ayant découvert cette obligation, fut chargé de poursuivre la question et, nommé président de la Commission scientifique du Jungfraujoch, il mit le projet en œuvre.

Il établit au Jungfraujoch un observatoire provisoire et, en 1924, se rendit sur place pour participer personnellement à des observations astronomiques (périgée de la planète Mars). Immédiatement après ce séjour, il eut une attaque d'apoplexie et deux ans plus tard (1927) alors que son état semblait s'améliorer, une rechute causa sa mort. La station de recherche internationale du Jungfraujoch fut inaugurée sans son promoteur en 1931.

Il est difficile de juger objectivement l'homme Alfred de Quervain, spécialement pour un membre de la famille. Il avait un grand nombre d'amis qui l'estimaient ou même l'admiraient, mais certainement aussi des adversaires. « Je ne peux forcer personne à m'aimer, mais je peux exiger qu'on me respecte » dit-il une fois. Les témoignages écrits d'amis et collègues en majorité postérieurs à sa mort mettent naturellement l'accent sur les aspects positifs. Citons quelques extraits :

A. Schaedelin (camarade d'école et pasteur, faisant aussi allusion à un certain côté sombre) : « L'humour était un trait particulier de sa nature. Je ne connaissais personne qui savait raconter si brillamment et rire comme A. de Q. Tout était esprit, vie et entrain rayonnant... pourtant dans cet homme d'esprit et de cœur se trouvait un trait tragique. Des ombres de mélancolie reposaient en lui. »

R. Gautier (professeur, Univ. Genève, président de la Commission gouvernementale de météorologie) : « ... ceux qui ont travaillé avec lui admiraient à la fois l'universalité de ses connaissances et son aptitude à se spécialiser dans une étude déterminée... Quand on l'entendait, on regrettait que sa carrière académique n'ait pas été plus complète. »

M. Wehrlé (Commission internationale des nuages) : « Son esprit curieux et enthousiaste était largement ouvert aux idées nouvelles... Son ardente conviction savait emporter celle des hésitants et sa combativité était animée par une sincerité si évidente qu'elle ne pouvait qu'émouvoir les adversaires de la réforme et non les indisposer. »

P.L. Mercanton (professeur, Univ. Lausanne, membre de l'expédition 1912/13) : « Dur à lui-même plus encore qu'aux autres, tourmenté du désir de mieux faire, sans cesse sur la brèche et ne reculant devant aucune fatigue, aucun danger, pour mieux remplir les tâches que son esprit fécond engendrait incessamment et qu'il se sentait tenu d'accomplir dès qu'il les avait seulement conçues, Quervain entraînait bon gré mal gré ses collaborateurs et les emportait au-dessus d'eux-mêmes. »

L.W. Collet (professeur, Univ. Genève) : « Une intelligence splendide, douée d'une puissance de travail extraordinaire et d'une volonté de fer, tel fut Alfred de Quervain. »

BIBLIOGRAPHIE

1. Publications *sur* Alfred de Quervain

BILLWILLER (R.). — Professor Dr. Alfred de Quervain (en allemand). Comptes rendus de la société helvétique des sciences naturelles, Bâle, 1927, II.

GAUTIER (R.). — Alfred de Quervain. Le Globe, organe de la société de géographie de Genève, 1927, LXVI, Genève (en français).

JOST (W.). — Zur Erinnerung an Alfred de Quervain, Die Alpen, 1927, III, 2 (en allemand).

MERCANTON (P.L.). — Alfred de Quervain in memoriam, Les Alpes, 1927, III, 5.

SCHAEDELIN (A.). — Prof. Dr. Alfred de Quervain, Philadelphia, Bern, 1927, 1. Februar (en allemand).

Comité météorologique international, Comm. pour l'étude des nuages :
— Traduction de l'article de R. Billwiller (voir plus haut);
— Note personnelle de M. Wehrlé (en français).

2. Sélection de Publications *de* Alfred de Quervain
(SNG = Schweizerische Naturforschende Gesellschaft = SHSN = Société helvétique des sciences naturelles).

1901 Note sur les ballons-sondes lancés en Russie. *Bull. de l'Acad. Imp. de St. Petersbourg*, XV, 4.

1903 Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu den Höhengrenzen. (Diss.) Gerlands Beiträge zur Geophysik, VI, 4.

1905 Untersuchung über die Vergleichbarkeit der Temperaturregistrierungen in der freien Atmosphäre mit experimenteller Bestimmung der Träghheitskoeffizienten der verschiedenen Thermographen. Beitr. z. Physik d. freien Atm. I, 4 Strassburg.

1906 Neue Beweise für die Realität der oberen Inversion in 8 bis 13 km Höhe. *Meteorol. Zeitschr.* Wien.

1908 Beiträge zur Wolkenkunde. *Meteorol. Zeitschr.*, Braunschweig.

1911 Durch Grönlands Eiswüste (mit A. Stolberg). J. Singer, Strassburg und Leipzig.

1914 Quer durchs Grönlandeis (mit Beiträgen von P.L. Mercanton und A. Stolberg). Verlag Ernst Reinhard, München.

1916 Plan eines Universalseismographen für die Schweiz. Erdbebenwarte (mit A. Piccard). Verhandlungen SNG, Schuls.

1919 Ueber Wirkungen eines vorstossenden Gletschers. Vierteljahresschrift der NG Zürich.

1920 Ergebnisse der Schweiz. Grönlandexpedition 1912/13 (mit P.L. Mercanton). Denkschriften der SNG, LIII, Zürich.

1922 Das neue 20-Tonnen-Universalseismometer de Quervain-Piccard der Schweiz. Erdbebenwarte Zürich. Verhandlungen SNG, Bern.

1925 « Résultats scientifiques de l'expédition au Groenland, 1912-1913 » par A. de Quervain et P.L. Mercanton. Meddelelser om Grønland, 59, pp. 57-251.

1925 Der Stand der meteorologischen und astronomischen Einrichtungen in der Forschungsstation Jungfraujoch im Herbst 1925. Vierteljahresschrift der NG Zürich.

1905-1925 Periodische Berichte über aerologische und seismische Arbeiten. Annalen der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich.

V. — SCIENCES DE LA VIE
BIOLOGICAL SCIENCES

PÔLE NORD : UNE VICTOIRE À 300 000 CALORIES

par Dr. Jean-Louis ETIENNE

Paris

RÉSUMÉ. — A raison de 5 000 calories par jour, 300 000 calories m'auront été nécessaires pour atteindre le pôle. Diplômé en nutrition, j'ai veillé tout particulièrement à l'élaboration de ma ration journalière, que je vous présente ici en détail.

Mots-clés : Dr. Jean-Louis Etienne — Expédition solitaire au pôle Nord — Nutrition.

ABSTRACT. — **North Pole : 300 000 calories for a victory.** *With a daily intake of 5 000 calories, my North Pole expedition has involved a total consommation of 300 000 calories. Being graduate in nutrition, I have devoted my whole attention to this daily caloric intake which is presented here in detail.*

Key-words : *Dr. Jean-Louis Etienne — One-Man expedition to the North Pole — Nutrition.*

Quelle que soit l'expédition, la nourriture que l'on emporte doit répondre aux mêmes exigences : niveau calorique suffisant; répartition en glucides, lipides et protides adaptée au type de l'effort; faible poids; rapidité de préparation; pour en définitive un maximum d'autonomie.

Après un an de recherches bibliographiques et d'essais sur le terrain, nous avons, en collaboration avec la société de lyophylisation alimentaire Lyofal et l'Institut Supérieur de l'Alimentation, réalisé une ration alimentaire de 4 000 calories, équilibrée pour les efforts d'endurance d'intensité moyenne, ne pesant que 1 kg et présentée en sachet sous vide très compact.

JUSQU'À 5 000 CALORIES PAR JOUR

Il a été très difficile de déterminer le niveau calorique de la ration car très peu de personnes ont fréquenté les régions polaires et seulement deux expéditions ont atteint le pôle selon la technique du « man hauling », c'est-à-dire en tirant des traîneaux.

Scott et ses compagnons atteignaient le pôle Sud le 16 janvier 1912. Très vite après la mort de leurs poneys et les pannes successives des tracteurs à chenilles, les hommes de Scott étaient contraints de tirer leurs traîneaux surchargés. La ration journalière de l'expédition de Scott se composait ainsi : 420 g de glucides, 210 g de lipides et 260 g de protides, soit une ration de 1 kg par jour et par personne (incluant le poids de l'emballage), apportant en moyenne 4 600 calories, dont 36,5 % d'origine glucidique, 41 % lipidique et 22,5 % proditique. Epuisés par le manque de nourriture, l'effort et le froid, ils devaient mourir sur le retour à 17 km d'un dépôt de nourriture, à 90 km de l'arrivée. Ils avaient parcouru plus de 2 000 km.

Le 20 juin 1984, une équipe de 6 Finlandais atteignait le pôle Nord en tirant leurs traîneaux dont certains de près de 100 kg, sur les 800 km qui séparent le Nord du Canada du pôle. Le niveau calorique de leur ration est assez mal connu car ils avaient emporté une nourriture variée et chacun mangeait selon son appétit.

Ils évaluent dans l'ensemble à 5 000 calories la valeur énergétique de leur ration quotidienne. Ils m'ont avoué manger près de 100 g de beurre chacun par jour, ce qui souligne la richesse en corps gras de la ration.

Enfin, je n'ai aucune information sur la nourriture prise par les Soviétiques qui ont atteint le pôle Nord à ski, portant de très lourds sacs à dos et ravitaillés très souvent par avion.

Personnellement, je m'étais fixé comme objectif de composer une ration ne dépassant pas 1 kg par jour, équilibrée pour un effort d'endurance de moyenne intensité; 50 à 55 % de la valeur calorique étant couverts par les glucides, 30 à 35 % par les lipides et 10 à 15 % par les protides. J'obtenais une ration de 4 000 calories, soit 4,8 calories au gramme, en tenant compte de l'humidité relative des aliments et du poids de l'emballage. Les militaires français partent en campagne avec des rations faisant 5 calories au gramme.

La ration du British Antarctic Survey (Ration BAS) fait en moyenne 3 800 calories pour des raids en scooter des neiges. Je me trouvais donc au départ dans des condition minimales acceptables, quitte à demander davantage aux déposes aériennes sur la route.

Au cours de ma première tentative de l'année 1985, je m'étais rendu compte qu'il était difficile d'ingurgiter la ration entière les premiers jours.

DEMANDEZ LE MENU

D'autre part, l'assimilation digestive, comme toutes les fonctions de l'organisme, requiert un temps d'adaptation pour atteindre son plein rendement, en raison de l'inertie de la sécrétion enzymatique de l'entérocyte. En 1986, il me faudra également plusieurs jours pour consommer la ration entière.

Ma ration quotidienne se divisait en 3 repas : petit-déjeuner, goûter et repas du soir, plus les vivres de courses pour la journée.

— *Petit-déjeuner :* 100 g de semoule pré-cuite de blé, 50 g de lait en poudre entier, 75 g d'un assortiment de fruits secs oléagineux, 50 g de chocolat, 40 g de beurre, 40 g de sucre, le tout dans un sac en polyéthylène aluminisé, compacté par un vide relatif après injection de gaz neutre pour éviter toute oxydation et rancissement. Pour le consommer, je diluais cette ration matinale avec 1 litre d'eau bouillante dans un récipient calorifugé.

— *Goûter :* sensiblement la même chose. Les 100 g de semoule sont remplacés par 100 g de céréales (Musli), l'ensemble additionné de quelques fruits secs lyophilisés.

— *Repas du soir :* soupe instantanée, plat cuisiné lyophilisé (Lyofal) et dessert (compote ou fruits secs lyophylisés). Les plats cuisinés étaient variés, construits sur une base viande ou poissons cuisinés et lyophilisés (40 g par plat), additionnés avec des pâtes, de la purée en poudre ou de la semoule précuite (80 g). Exemples de plats : bœuf bourguignon aux pâtes, cabillaud au fenouil-purée, langouste, saumon, couscous.

— *Vivres de course :* il est impossible de s'arrêter pour manger dans la journée tant il fait froid. Aussi je grignotais en marchant des pâtes d'amandes, du chocolat, des galettes de pain enrichi en huile d'olive et beurre, faites spécialement par Max Poilane, et des tablettes de dextrose.

BOISSONS, SELS MINÉRAUX ET VITAMINES

En tirant son traîneau de 50 kg sur la banquise qui est toujours un véritable chaos, la transpiration est inévitable; il est difficile en effet de trouver la bonne isolation quand il fait entre – 40° et – 50° car l'effort est irrégulier.

D'autre part, l'air est sec et la polypnée de l'effort entraîne une déshydratation supplémentaire. Je consommais en moyenne entre 4 et 5 litres d'eau par jour. 1 litre au petit-déjeuner, 1 litre au goûter, 1 litre le soir entre la soupe et le plat, plus un thé ou un café très dilué le soir et au goûter.

Dans la journée, il était difficile de boire plus d'un litre car, quelle que soit la qualité de la bouteille thermos, l'eau bouillante se refroidit en 4 à 5 heures. Je m'étais fabriqué un thermos très léger (150 g avec la bouteille en aluminium) dont l'isolant est une superposition de Thinsulat et de tissu en polyéthylène à cellule ferme (Douffline).

L'eau bouillante restait liquide jusqu'à midi. Mes selles ont toujours été très humides, ce qui est un bon signe d'hydratation suffisante. En cas de déshydratation, l'eau est réabsorbée dans le cadre calique et les selles dures sont souvent à l'origine de constipation, ce qui aurait pu être catastrophique pour la suite de l'expédition car on ne peut pas rester très longtemps les fesses à l'air par – 45°.

L'eau venait de la fonte de la glace de surface avec le réchaud à essence type MSR. A la surface de la banquise la vieille glace est désalée par gravité. Ma consommation d'essence était très faible : 1/3 de litre par jour.

Enfin, il y avait suffisamment de sels minéraux dans les aliments. Assez aussi de vitamines du groupe B, mais par crainte de carence difficile à déceler, j'ai opté pour un complément en polyvitamine journalier. Je prenais en plus 1 gramme de vitamine C par jour en deux prises de 500 mg.

Avant le départ, je pesais 65 kg. Pendant les 70 jours passés sur la banquise j'ai perdu 8 kg. J'estime à 2 kg la perte de poids les 4 derniers jours d'attente au pôle sans rien à manger. J'ai donc perdu 6 kg pendant la marche.

BILAN ÉNERGÉTIQUE

A l'arrivée, ma réserve lipidique était réduite à néant mais ce qui est moins normal c'est la fonte musculaire, notamment des jambes et des pectoraux malgré un travail quotidien soutenu. J'ai donc subi une autolyse protéique malgré un apport en protéines entre 100 et 150 g par jour.

Le niveau calorique s'est avéré insuffisant après le premier mois; il faisait moins froid mais en contre partie le temps de marche était plus long, entre 8 et 10 heures contre 6 ou 7 les 4 premières semaines. J'ai alors demandé par jour 40 g de beurre, 50 g de chocolat et 2 pâtes d'amandes en plus tous les jours. Ma ration du dernier mois était alors entre 4 800 et 5 000 calories par jour, accentuant légèrement la participation des lipides au bilan énergétique global.

Les Américains de Will Steger qui ont atteint le pôle huit jours avant moi en attelages de chiens, avaient des rations d'environ 5 000 calories apportées en majorité par des graisses. A l'arrivée au camp de base à Resolute Bay, les observateurs les ont trouvé très fatigués, amaigris et souffrant de gelures de la peau et des pieds. Ces mêmes personnes ont au contraire été très surprises par mon état de relative fraîcheur. Je n'avait aucune gelure et je n'étais pas spécialement fatigué.

EN CONCLUSION

Je suggérerais une ration de 5 000 calories, réparties comme suit : 50 % d'apport glucidique, 35 à 40 % d'origine lipidique et 10 à 15 % de protides. Enfin, les 150 g de fruits secs oléagineux ont contribué à couvrir ma ration en acides gras essentiels : les Américains avaient emporté principalement des graisses d'origine animale. Je n'ai jamais été lassé par le goût répétitif des petits déjeuners et goûters. Les plats cuisinés de qualité gastronomique de la société Lyofal fabriqués en collaboration avec l'Institut Supérieur de l'Alimentation m'ont apporté une variété de goûts en ce qui concerne les aliments salés.

SOMMEIL SUR LA BANQUISE : ANALYSE DE L'AGENDA DE JEAN-LOUIS ÉTIENNE, CONQUÉRANT DU PÔLE NORD, LE 11 MAI 1986

par Gabriel DEBILLY, Hélène BASTUJI

Hôpital Neurologique, Laboratoire de Neurophysiologie clinique, Service du Pr. M. Jouvet, Lyon

Pierre MESSY

Département Informatique des HCL, Bron

Jean-Louis ÉTIENNE

Paris

RÉSUMÉ. — Dans son carnet de route sur la banquise, Jean-Louis Etienne a noté son emploi du temps heure par heure et la qualité de son sommeil. Une transcription numérique de cet agenda et une analyse en composantes principales permettent de suivre l'évolution de l'expédition. Une segmentation expliquant la qualité du sommeil fait ressortir trois périodes : une d'adaptation, de trois semaines de sommeils notés +/—, une de plus d'un mois de bons sommeils (les mauvais apparaissant durant cette période peuvent être reliés à des problèmes médicaux et météorologiques), la dernière période de sommeils instables expliqués par un vent et des conditions de banquise défavorables. Jean-Louis Etienne a su garder dans l'ensemble un sommeil en quantité suffisante et de qualité satisfaisante.

Mots-clés : Sommeil — Rêve — Froid — Agenda de sommeil.

ABSTRACT. — **Sleep on the ice-floe : Jean-Louis Etienne's sleep log analysis.** *In his log-book on ice bank, Jean-Louis Etienne wrote down his full time employment and his sleep quality every day. A codification of his log and a principal components analysis show the time course of his raid. A clustering analysis (segmentation) explaining sleep quality sorts out three epochs : the first, 3 weeks long, is adaptation with sleep marked +/—, the second lasts more than one month with good sleep (marked +), the last one shows irregular sleep related to wind against the walker and to his strain. Jean-Louis Etienne has saved a good sleep, considering its quality and its quantity.*

Key-words : *Sleep — Dream — Cold wheather — Sleep log.*

INTRODUCTION

Le sommeil est dépendant de l'environnement bien que la perception de ce dernier soit abolie chez le dormeur. En particulier, l'influence de la température ambiante est l'objet de plusieurs expériences chez l'animal (5, 6) et chez l'homme (2, 4, 7). Ces études réalisées avec des moyens d'investigation importants ont mis en évidence des modifications de l'organisation du sommeil : augmentation de l'éveil persomnique (4, 7) et du stade 3 (7), diminution du sommeil paradoxal (2, 4). La plupart des études se sont déroulées en laboratoire (4, 7); seul Buguet *et al.* (2) ont étudié les modifications du sommeil en situation : 17 nuits en climat arctique par des températures de — 10 à — 30 °C.

L'expérience de Jean-Louis Etienne vivant plus de deux mois dans les conditions extrêmes de la banquise, offre une approche originale du mode de vie au froid. Mais il part pour le pôle Nord en aventurier et une approche scientifique rigoureuse, lourde à mettre en œuvre, aurait pu mettre en péril les chances de réussir cet exploit. Ainsi un enregistrement polygraphique aurait nécessité que Jean-Louis Etienne se place lui-même les électrodes (ce qui n'est pas facile !) par des températures très inférieures à 0 °C (ce qui est impossible !). Enfin, à ces températures, le fonctionnement d'un enregistreur à cassettes est aléatoire et le poids aurait handicapé le marcheur.

L'agenda de sommeil [1], déjà utilisé pour suivre l'évolution du sommeil pendant de longues périodes (plusieurs mois), est une méthode facile à appliquer et apporte de nombreux éléments sur l'organisation du cycle veille/sommeil.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dès son retour, J.-L. Etienne remplit un agenda d'après les notes de son carnet de route. Outre son emploi du temps heure par heure (marche, repos, activité au campe-

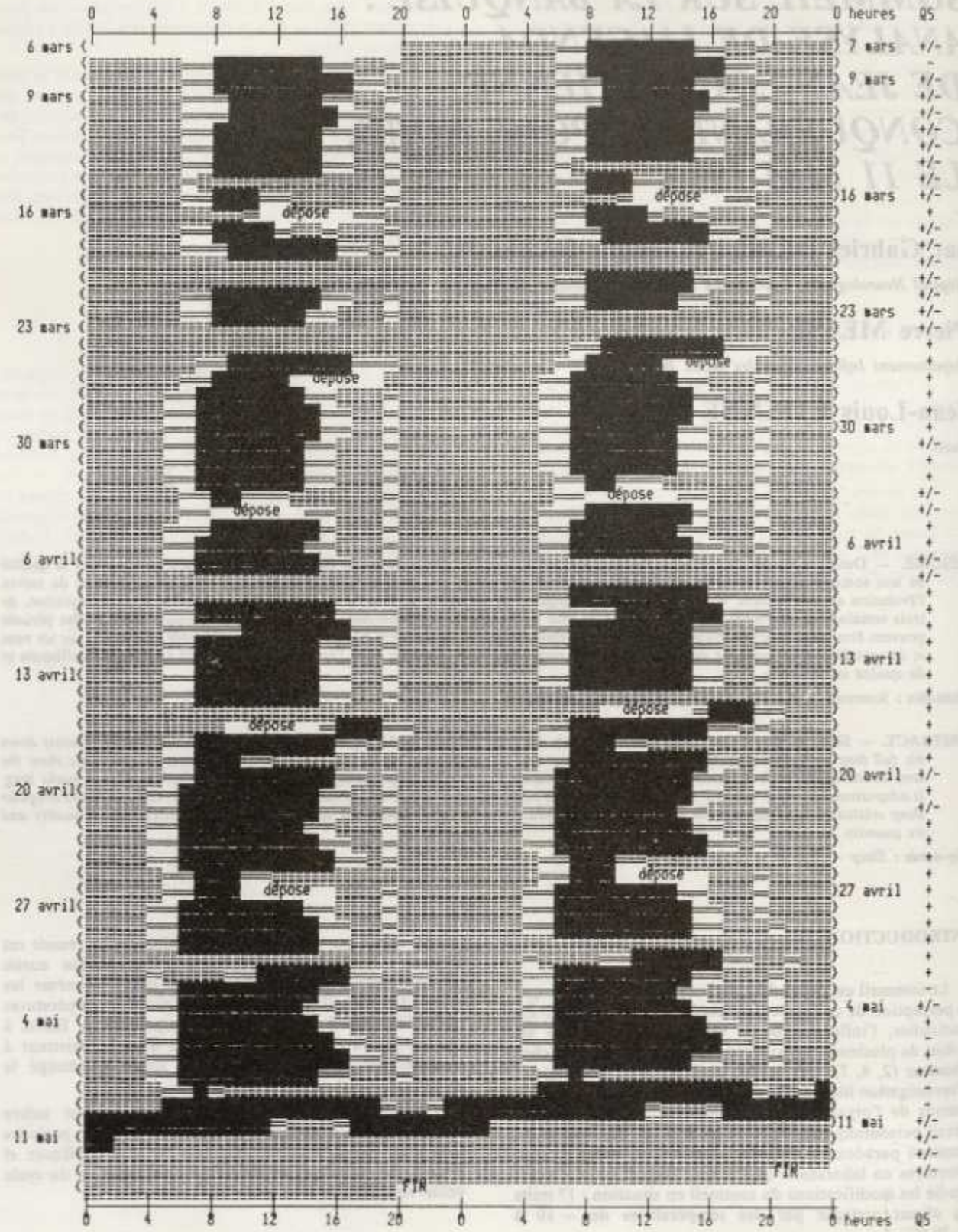


FIG. 1. — Agenda de sommeil de Jean-Louis Etienne sur la banquise. En abscisse, les heures de deux jours consécutifs. En ordonnée, les jours du 6 mars au 14 mai 1986. ■ : heure de marche, = : heure d'activité autour de la tente, ≡≡≡ : heure de repos sous la tente, dépose : passage de l'avion de ravitaillement. Dans la colonne à droite de l'agenda sont reportées les qualités de sommeil telles que notées par Jean-Louis Etienne.

ment), il a aussi noté chaque jour sa position géographique, la durée du jour, la météorologie, la température sous la tente, la force et la direction du vent. Il a même ajouté des commentaires permettant d'avoir un résumé chronologique de son expédition. Enfin, il a indiqué la qualité de son sommeil (notée +, +/− et −).

Une transcription de cet agenda permet de caractériser chaque jour par 16 paramètres (13 quantitatifs et 3 qualitatifs). L'agenda, ainsi traduit en un tableau de 1 120 nombres, est transformé en un nuage de 70 jours dans un espace à 16 dimensions.

Une analyse en composantes principales (3) permet d'extraire du tableau les axes expliquant le mieux la dispersion du nuage des points et ainsi de réduire le nombre de paramètres nécessaires à une bonne représentation de ce nuage. Cette méthode n'acceptant que des valeurs numériques, le code de la direction du vent a été remplacé par l'angle du vent par rapport au sens de la marche : un angle nul correspond au vent de face et l'absence de vent est codée comme un vent de dos. La météo est transformée en variable ordinale par codage : 1 pour le mauvais temps, 2 pour couvert sans soleil, 3 pour nuages et soleil, et 4 pour soleil. Quant à la qualité de sommeil, 1 représente les −, 2 les +/− et 3 les +. L'analyse en composantes principales favorise les variables à grand écart-type, aussi avons-nous utilisé les valeurs normées, chaque valeur étant divisée par l'écart-type de la variable. Les résultats de cette analyse sont représentés par la projection des variables et des jours sur le plan principal de chacun de leurs espaces.

Une segmentation, par la méthode du chi-2 de Belson (3), divise la population des 70 jours en classes de plus en plus fines, qui sont les plus différentes possibles relativement à une variable « à expliquer ». Dans notre cas, cette variable est la qualité de sommeil qui sépare les bons sommeils (notés + dans l'agenda) des autres (notés +/− et −). L'algorithme utilisé sélectionne la variable « explicative » qui découpe le mieux la classe considérée en deux parties. En reprenant le même calcul sur les nouvelles classes obtenues, on obtient un arbre hiérarchique dichotomique. Puisque le nombre de modalités d'une variable influence sa probabilité de choix et que l'effectif dans chaque modalité doit être suffisant, toutes les variables ont chacune été réparties en 4 classes de même largeur, sauf la qualité de sommeil qui n'a que deux modalités.

RÉSULTATS

La figure 1 reproduit l'emploi du temps de Jean-Louis Etienne pendant les 70 jours de son expédition. C'est une représentation en « double-plot » : le lendemain de chaque jour est à sa droite et en-dessous de lui. Il est ainsi plus facile de voir les changements de rythmes au cours de l'expédition.

TABLEAU 1

Tableau des paramètres mesurés ou calculés pour chaque jour de l'expédition. * : moyenne calculée sur l'ensemble de l'expédition; ** : moyenne calculée sur les seuls jours de marche (n = 54). La différence de température est calculée entre la température du jour considéré et celle de la veille. Un vent dans le dos avec une force négative est un vent de face. Pour les paramètres codés, sont indiqués les modalités et, entre parenthèses, les effectifs pour chacune d'elles.

Paramètres numériques	abrév.	unité	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Distance au pôle	DPO	km			0	770
Marche *	MAR	heure	5,78	3,99	0	19
**		heure	7,45	2,85	1	19
Etape *	ETA	km	11,95	8,35	0	34
**		km	15,1	6,62	1	34
Vitesse *	VIT	km/h	1,62	1,07	0	4,2
**		km/h	2,08	0,73	0,3	4,2
Température	θ	°C	−30	12	−52	−10
Différence de température	δθ	°C	0,4	3,18	−8	6
Durée de sommeil de jour	DSJ	heure	4,6	4,8	0	14
de nuit	DSN	heure	8,9	1,8	0	14
total	DST	heure	14	5,5	2	24
Force du vent	VEN	km/h	13	23	0	90
Force du vent dans le dos	VDD	km/h	0,91	7,34	−15	30
Durée du jour	DJ	heure	18	6,1	6	24
Durée du jour + crépuscule	DL	heure	21	4,5	8	24

Paramètres codés	abrév.	modalités (effectif)
Qualité de sommeil	QS	+ (35) +/− (29) − (6)
Météo	MTO	Soleil (41) Soleil + Nuages (12)
		Couvert (5) Mauvais temps (12)
Direction du vent	α	WSW (16) W (3) N (4) NNE (2) ENE (5)
		pas de vent (40)

Le tableau 1 regroupe les 16 paramètres caractérisant chaque jour et leurs descripteurs statistiques (moyenne, écart type, minimum et maximum).

— *Analyse globale (analyse en composantes principales).*

Les variations des 16 paramètres sont expliquées à 72 % par les 3 premières composantes principales, respectivement 35, 25 et 12 %. La première est corrélée positivement avec la durée de sommeil DST et négativement avec le nombre d'heures de marche MAR, la longueur ETA et la vitesse VIT de l'étape, qui sont les variables représentant l'effort physique. La deuxième composante est liée à la température θ, la distance au pôle DPO et la durée du jour (DJ et DL) : elle caractérise l'évolution de l'expédition. Quant à la troisième, elle est fortement liée à la qualité du sommeil QS et surtout à la vitesse du vent dans le dos VDD. Dans l'espace des variables, la projection sur le plan principal des 16 valeurs moyennes permet de repérer les variables corrélées positivement quand leurs projections sont proches (par exemple DJ, DL et θ) ou négativement dans le cas contraire (durée de sommeil total DST et météo MTO). Les variables centrales (vent dans le dos VDD, qualité de sommeil QS, différence de température δθ) sont peu corrélées aux autres.

La projection du nuage des jours sur le plan des 2 premiers axes fait ressortir (1) la progression de l'expédition (du haut à droite jusqu'à l'extrême gauche) et (2) les jours de mauvais temps (dans l'angle inférieur droit).

— *Analyse de la qualité de sommeil (segmentation).*

L'arbre de hiérarchie, résultat de la segmentation (figure 3), est construit en utilisant seulement 6 variables différentes (c'est-à-dire regroupant des bons et des mauvais sommeils). 3 d'entre elles décrivent le vent. La

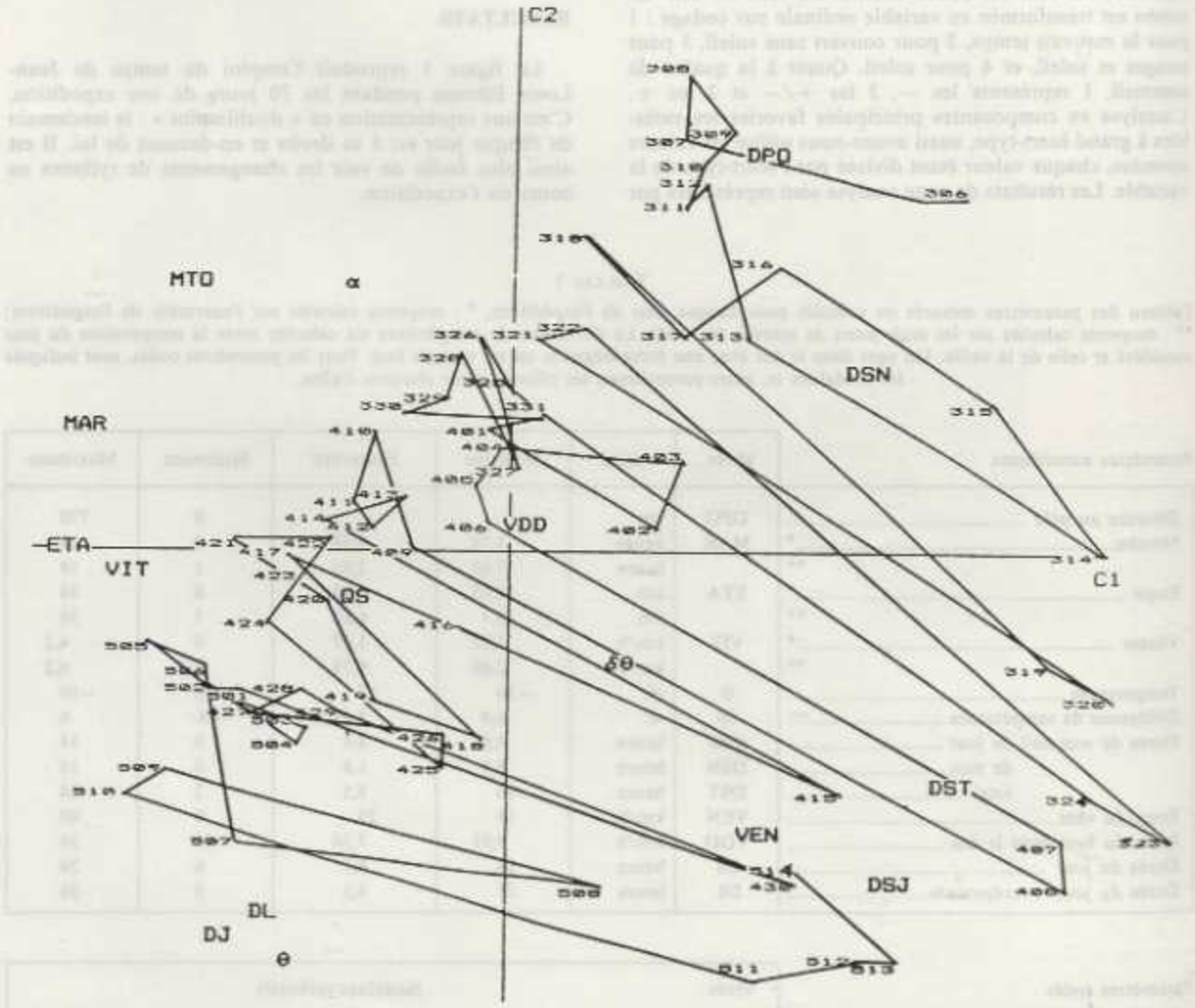


FIG. 2. — Projection sur le plan principal, défini par les deux premières composantes principales C1 et C2, (1) des variables repérées par leur abréviation (cf. liste ci-dessous) et (2) des jours codés selon leur date (306 = 6 mars, ..., 514 = 14 mai). Les segments rejoignent les jours consécutifs. DJ : durée du jour solaire, DL : durée de la lumière (soleil + crépuscule), DPO : distance au pôle, DSJ : durée de sommeil de jour (sieste), DSN : durée du sommeil de nuit, DST : durée du sommeil total, ETA : longueur de l'étape, MAR : temps de marche, MTO : météo, QS : qualité de sommeil, VDD : vent dans le dos, VEN : vitesse du vent, VIT : vitesse de l'étape, α : direction du vent, δθ : différence de température, θ : température.

longueur de l'étape apparait dans deux branches. Les 2 autres variables sont la température et la durée de sommeil par jour.

Les 70 nuits de sommeil sont ainsi réparties en 8 classes dont 6 sont unimodales ou monothétiques, et 2 polythétiques. La classe numérotée [1] est considérée comme monothétique parce que, chronologiquement, la journée du 7 mai est au milieu des 13 autres et qu'elle s'en différencie par un vent fort. Parmi les 6 classes monothétiques, 3 regroupent 25 des 35 mauvais sommeils, les 3 autres 17 des 35 bons sommeils. La segmentation s'arrête à 2 classes polythétiques. Pour la classe 2 de 17 sommeils, le programme choisit des variables peu sélectives qui isolent chacune un seul sommeil jusqu'à trouver des effectifs trop faibles pour continuer. C'est ce qui se produit dès le début pour la classe 7 de 10 sommeils.

DISCUSSION

L'observation des variables une à une et de leurs descripteurs statistiques nous confronte à la réalité de l'expédition (tableau 1).

Au départ, Jean-Louis Etienne est à 770 km du pôle mais la somme de ses étapes est de 836 km, malgré un parcours assez rectiligne grâce à sa « montre/boussole solaire ». La longueur des étapes est calculée à partir des relevés de la balise ARGOS et ne tient pas compte de tous les contours des récifs de glace. La faible vitesse de progression, 2 km/h en moyenne avec un maximum à 4 km/h, confirme la difficulté du terrain que Jean-Louis Etienne a rencontré tout au long de son périple ainsi que la contrainte du traîneau. La distance réelle parcourue doit être bien supérieure à 836 km.

La température ambiante est une autre contrainte. Que Jean-Louis Etienne reconnaisse avoir eu chaud sur la fin de son expédition et avoir pu progresser sans gants ne fait pas oublier que la température n'est jamais montée au dessus de − 10 °C et qu'elle est descendue jusqu'à − 52 °C ! Si la majorité du temps il n'y avait pas ou peu de vent, les jours de blizzard, la vitesse du vent a été enregistrée à 80-100 km/h.

La durée totale de sommeil, c'est-à-dire sieste d'après-midi et nuit, est en moyenne de 13 heures par jour. Cette valeur élevée est expliquée par le fait que le sommeil n'est noté qu'a posteriori sur un agenda : ainsi c'est plus le repos, éveil et sommeil, sous la tente qui est compté.

— *Analyse globale*

Les résultats de l'analyse en composantes principales permettent deux discussions : l'une sur les variables et l'autre sur les jours (figure 2). Les corrélations négatives observées sur la figure 2 (variables éloignées) sont, pour la plupart, attendues. Les bonnes conditions météorologiques se trouvent opposées à une longue durée de sommeil (totale DST et de jour DSJ) : Jean-Louis Etienne reste dans sa tente par mauvais temps. La distance au pôle DPO diminue quand les jours (DJ et DL) s'allongent et que la température θ remonte.

Si des corrélations positives sont évidentes ou facilement interprétables (durée du jour DJ et température θ, sommeil de jour DSJ, sommeil total DST et vitesse du vent VEN, temps de marche MAR et longueur de l'étape ETA), la corrélation entre ces deux dernières variables et la vitesse VIT reflète le fait que, plus Jean-Louis Etienne marche longtemps, plus il marche vite. Ceci peut s'expliquer par le chaos de glace qui a ralenti le début de sa progression.

La projection des jours respecte bien la chronologie : le départ (6 mars 1986, noté 306) est en haut à droite, alors que le dernier jour de marche (10 mai, noté 510) est en bas à gauche. Les premiers jours, éloignés de MAR et ETA, rappellent les étapes courtes imposées par le chaos initial de glace et les jours courts de début mars. La forme du nuage des jours, s'allongeant vers la projection de la durée de la marche, fait ressortir que Jean-Louis Etienne marche plus longtemps en fin d'expédition : 7 heures par jour en mars, 9 heures fin avril, voire 33 heures les 9 et 10 mai. Les jours qui sont dans le coin inférieur droit de la figure sont les jours de mauvais temps pendant lesquels Jean-Louis Etienne est resté sous la tente. Ceci est vérifié, en particulier, pour les derniers jours d'attente de l'avion de retour (11 au 14 mai, 511 à 514). Les points qui sont sur le bas du nuage des jours « actifs », tels que 306, 313, 316, 317, 402, 403, 418, 425 et 426, représentent les jours où Jean-Louis Etienne marche peu soit en raison du temps soit pour accueillir l'avion de ravitaillement.

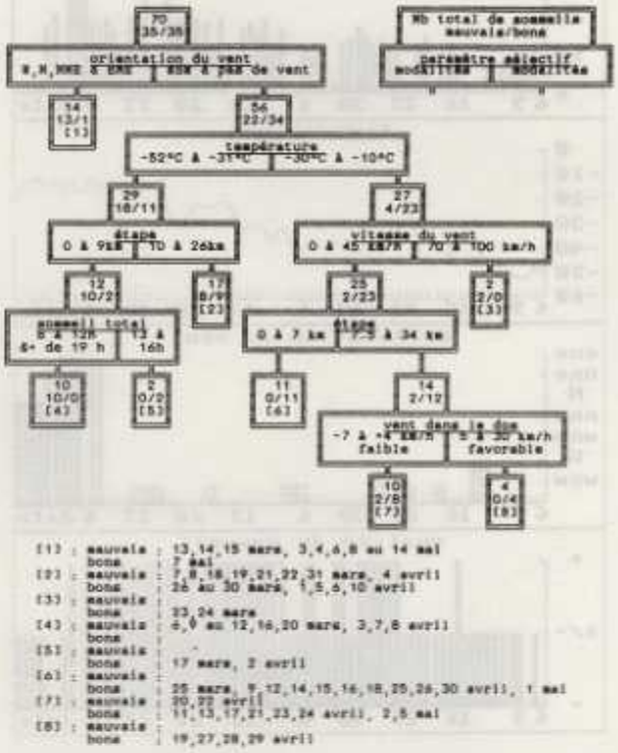


Fig. 3. — Arbre de classification des qualités de sommeil. Pour chaque partition, sont portés (1) le nombre de sommeil à classer, (2) les effectifs de mauvais et de bons sommeils, (3) le paramètre sélectif choisi par le programme et (4) les modalités de ce paramètre conduisant à la meilleure partition. Une branche n'est plus explorée soit lorsque la classe obtenue est unimodale, soit lorsque l'effectif est trop faible. La classification de la modalité « 10 à 26 km » de l'étape (17 qualités à classer) n'est pas représentée car les branches suivantes sont peu sélectives. Les nombres entre crochets renvoient à la liste des jours par classe dans le bas de la figure.

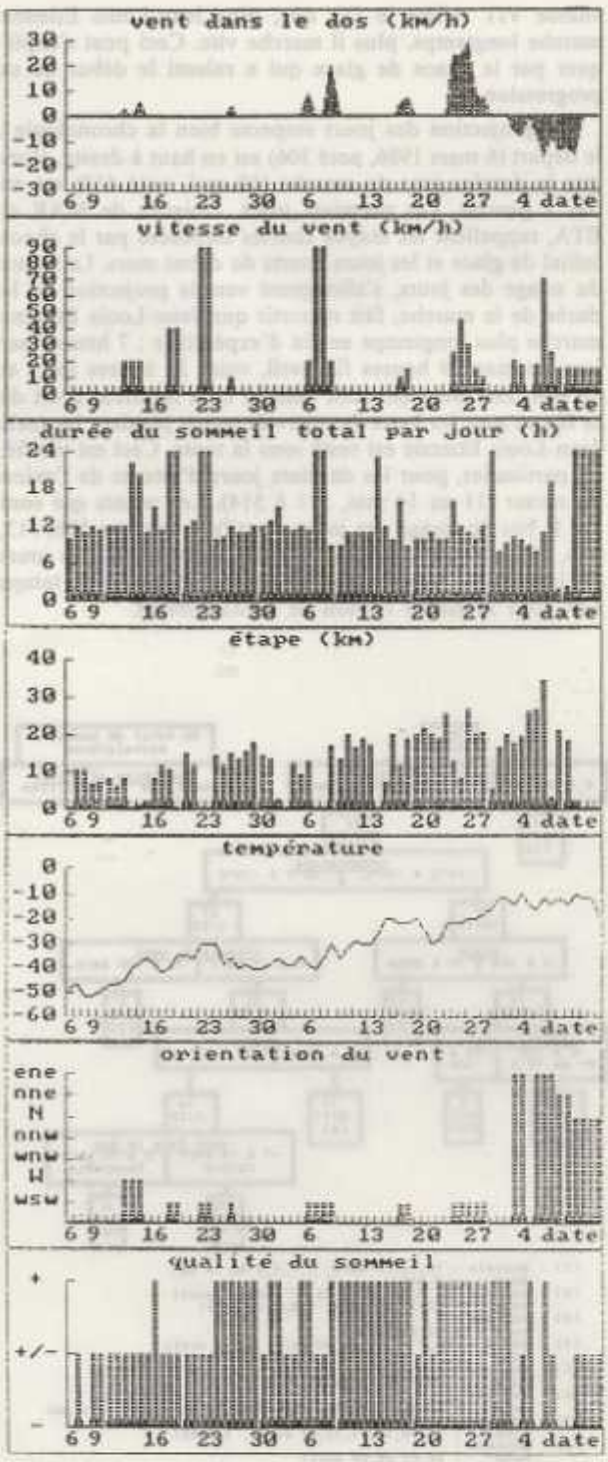


FIG. 4. — Représentation séquentielle de la qualité du sommeil et des paramètres sélectionnés par la segmentation. En abscisse, les dates des jours de l'expédition du 6 mars au 14 mai. Les durées de sommeil de 24 heures correspondent aux jours où Jean-Louis Etienne est bloqué sous la tente. Les vitesses de vent dans le dos négatives représentent un vent de face.

— *Analyse de la qualité du sommeil*

Trois classes monothétiques de plus de 10 jours sont isolées par la segmentation : deux de mauvais sommeils (13 et 10 jours) et une de 11 bons sommeils. Chronologiquement, les 10 mauvais sommeils sont en début d'expédition (quand la température est basse), les 11 bons au milieu et 10 des 13 mauvais en fin de périple. Il est ainsi possible de considérer 3 périodes de qualité de sommeil (figures 3 et 4).

La première, qu'on pourrait appeler d'habituation, dure 3 semaines, jusqu'au 24 mars. Les sommeils sont pour la plupart de qualité moyenne (16 +/—), mais il faut noter 1 bonne nuit, le 17 mars, et 2 mauvaises les 6 et 8 mars. Pendant cette période, Jean-Louis Etienne est souvent réveillé par le froid au milieu de la nuit, et doit se faire une deuxième bouillote pour se réchauffer. La seule bonne nuit de cette période, 17 mars dans la classe [5], est le lendemain de la dépose : Jean-Louis Etienne note dans son agenda : « bien dormi dans un sac et habits secs ». Les deux mauvaises nuits peuvent s'expliquer, le 6 mars, par l'angoisse du départ, et le 8 mars par un moral bas dû à la panne de sa balise ARGOS qui l'oblige à revenir au point de départ. Cette période se termine quand (1) la température se stabilise pendant plusieurs jours à — 30 °C et (2) quand la nuit polaire disparaît pour laisser la place à une alternance jour/crépuscule. Jean-Louis Etienne reconnaît que la lumière crépusculaire est suffisante pour exercer une activité extérieure. Pendant ces trois semaines, il n'a parcouru que 100 km mais a été arrêté par 5 jours de mauvais temps et une dépose de l'avion de ravitaillement.

La deuxième période, 39 jours du 25 mars au 2 mai, regroupe la majorité des bons sommeils. En effet, il n'y a que 7 sommeils notés +/— et aucun —. Les bons sommeils de la classe [2] et tous les sommeils des classes [6], [7] et [8] y sont rassemblés (figure 3). Les 7 sommeils de qualité moyenne sont expliqués soit par des problèmes médicaux (gelure le 31 mars, crampes le 20 avril), soit par le mauvais temps (7 et 8 avril), soit enfin par l'anxiété (attente de l'avion alors que le temps est instable le 3 avril, la banquise qui craque le 4 avril, « manque de motivation » le 22 avril). Pendant cette période, Jean-Louis Etienne s'est beaucoup rapproché du pôle puisqu'il a parcouru presque 500 km. Il n'est plus qu'à 180 km du but.

La dernière période, du 3 au 14 mai, est caractérisée par un sommeil instable : 2 bons sommeils les 5 et 7 mai, 6 moyens (+/—) et surtout 4 mauvais sommeils. 11 de ces 12 sommeils sont regroupés dans la classe [1]. Si Jean-Louis Etienne est près du pôle, ce qui le stimule, il n'est pas dans les meilleures conditions : le vent tourne (d'ouest-sud-ouest, il passe au nord-nord-est) et devient donc défavorable au marcheur, la banquise dérive vers le sud (Jean-Louis Etienne marche sur un tapis qui recule), la température remonte, la banquise fond et la solitude de deux mois est de plus en plus dure à supporter. L'explication des deux premiers mauvais sommeils est clairement donnée dans l'agenda le 3 mai : « Le vent a tourné. *J'ai dû changer l'orientation de la tente* et n'ai jamais trouvé un bon sommeil. » et le 6 mai : « L'orientation de ma tente ne me convient pas. Je dors mal par courts épisodes. » Jean-Louis Etienne a, tout au long de son périple, orienté sa tente les pieds au vent et la porte sous le vent. Ainsi le changement de vent l'oblige à tourner sa tente. Il ne retrouve plus la lumière à laquelle il était habitué : il se couche le soir avec une « lumière de sieste ». Les deux autres sommeils du 9 et du 10 mai sont notés mauvais mais en fait ils sont plutôt inexistants car Jean-Louis Etienne marche pendant presque 33 heures d'affilée. Les 4 derniers

jours sont notés +/—, reflets de l'anxiété de Jean-Louis Etienne attendant dans le mauvais temps et avec peu de nourriture une accalmie permettant à l'avion de revenir le chercher.

Quant à ses rêves, Jean-Louis Etienne ne s'en souvient pas dans des conditions habituelles de vie. Le froid et la solitude n'en ont pas suscités, exception faite de quelques souvenirs de rêves agréables qui lui sapaient le moral. Toutefois à son retour à la « civilisation », il a présenté 2 épisodes de rêves angoissants : la première fois, il s'est réveillé cherchant son traineau dans sa chambre; la seconde alors que son traîneau lui échappait. Ces rêves rappelant la situation épuisante et périlleuse des derniers jours de l'expédition, sont du point de vue émotionnel profondément marqués par l'angoisse.

Une libération brutale de la tension psychique accumulée a pu s'opérer à ce moment là. Une autre hypothèse est envisageable : une privation de sommeil paradoxal causée par les dures conditions de la fin de l'expédition (marche forcée, attente anxieuse de l'avion pendant quatre jours) suivis d'un retour difficile à la société (décalage horaire, fêtes, interviews,...). Les deux cauchemars peuvent alors être interprétés comme des rebonds de sommeil paradoxal.

CONCLUSION

Dans l'ensemble, Jean-Louis Etienne a su préserver la qualité de son sommeil. La plupart des mauvaises nuits peuvent être rapportées à des phénomènes météorologiques ou des problèmes médicaux. La méthode de l'agenda caractérise plus le repos que le sommeil proprement dit et ne permet pas une évaluation précise de celui-ci. Toutefois, Jean-Louis Etienne n'a présenté aucun trouble lié au manque de sommeil. Il a donc conservé sa quantité physiologique de sommeil, et ce grâce à une bonne préparation de son expédition : il a suivi l'emploi du temps qu'il s'était fixé (même si « sortir du sac de couchage par — 40 °C demande du courage »), il a prévu une nourriture suffisante et équilibrée, il a su prévenir ou guérir rapidement les petits ennuis de santé (gelures, crampes,...) qui font chuter un solitaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bastuji (H.), Jouvet (M.), 1985. Intérêt de l'agenda de sommeil pour l'étude des troubles de la vigilance. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 60 : 299-305.

[2] Buguet (A.G.C.), Roussel (B.H.E.), Watson (W.J.) and Radomski (M.W.), 1979. Cold-induced diminution of paradoxical sleep in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 46 : 29-32.

[3] Cailliez (F.), Pages (J.P.), 1979. *Introduction à l'analyse des données.* Paris : Ed. Smash. 616 p.

[4] Palca (J.W.), Walker (J.M.), Berger (R.J.), 1986. Thermoregulation, metabolism and sleep stages of sleep in cold-exposed men. *J. Appl. Physiol.* 61 (3) : 940-947.

[5] Parmeggiani (P.L.), 1977. Interaction between sleep and thermoregulation. *Waking Sleeping* 1 : 123-132.

[6] Roussel (B.), Bittel (J.), 1979. Thermogenesis and thermolysis during sleeping and waking in the rat. *Pflügers Arch.* 382 : 225-231.

[7] Sewitch (D.E.), Kittrell (E.M.W.), Kupfer (D.J.), Reynolds (C.F. III), 1986. Body temperature and sleep architecture in response to a mild cold stress in women. *Physiol. Behav.* 36 (5) : 951-957.

jours sont nulles « ?—, selon le Docteur de Jean-Louis Étienne affirmant dans le nouvel temps et avec peu de souvenirs son nombril prononcant à l'avion de revoir le dimanche.

Quand à son rêve, Jean-Louis Étienne ne s'en souvient pas dans des conditions habituelles de vie. Le Dodo et le nidiade n'en ont pas mentir, rencontre fuite de quelques souvenirs de rêves agréables qui lui inspirent le mental. Identich à son retour à la « civilisation », il a pratiqué 2 épisodes de rêve angoissants : la première fois, il s'est réveillé cherchant son oreiller, dans un cauchemar ; la seconde alors que son radeau lui échappait. Ces rêves expriment la situation épuisante et pénibleur des derniers jours de l'expédition, sous de point de vue fonctionnel profondément marqués par l'hypoxie.

Une fidélisation bretch de la rentière psychique nécessaire de s'en s'opérer à ce moment là. Une autre hypothèse est envisageable : une pérennité de nouvelle pensionnel cerveau par les dures conditions de vie de l'expédition (marche nocte, autres activités de l'avion pendant quatre jours) avait d'un rendre difficile à le sonded (déchiffrage bernier, interprétation). Le dure cauchemars pourrait alors être interprétés comme des rebonds de nouvelle neuronal.

CONCLUSION

Jean Francelin, Jean-Louis Étienne a en pénétrer la quête de son nombril. La plupart des nouvelles nulles pouvant être rapportées à des phénomènes métrologiques ou de problèmes médicaux. La quitude de s'agrafe constitue plus le repos que le nombril proprement dit. Il ne permet pas une évaluation précise de cette « ci-Jeanelin, Jean-Louis Étienne n'a pénétré aucun résultat

lit en temps de nombril. Il a donc conservé un quantité physiologique de nombril, il ce gâtée à une bonne préparation de son expédition ; il a suivi l'exemple du temps, qu'il s'était fait confiance il « sortir de sec de chantage gas — 10 °C (formule de contrage »), il a prêtre une adaptation suffisante et équilibrée, il a un présent ce petite. Toutefois, les petits canals de santé (gelures, crampes...) qui font ailleur ne nombril.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bauer (H.), Jones (M.), 1983, Guide de l'après de nombril pour l'hiver des tentes de la régions Hammerfest. Cie. Vanderbeul et : 236-252.

[2] Bauer (A.C.), Bonnet (M.H.), Watson (W.), and Rudman (M.W.), 1979, Cold-induced diuresis in prolonged sleep in man. Hammerfest. Cie. Vanderbeul 40 : 26-32.

[3] Cazeau (J.), Fiess (D.), 1979, Réfléchissez à l'avenir des dormir. Paris : Ed. Tonnel, 416 p.

[4] Fava (G.W.), Weiss (J.M.), Bonnet (R.), 1980, Thermoregulation, metabolism and sleep stages of sleep in cold-exposed men. J. Appl. Physiol. 61 (2) : 465-467.

[5] Fréminville (P.), 1977, Interaction between sleep and thermoregulation. Waking Sleeping 1 : 123-132.

[6] Sonnet (R.), Mitre (J.), 1979, Thermoregulation and thermolysis during sleeping and waking in the rat. Pflügers Arch. 382 : 225-232.

[7] Sonnet (D.), Kerman (E.M.), Bonnet (R.), Kenny (D.), Rayman (C.), 1981, Body temperature and sleep disturbances in response to a mild cold stress in women. Physiol. Behav. 26 (2) : 271-277.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE ET PHYSIOLOGIE DES GELURES

par Denis R. BARRÈS, Bruno FALQUE, Anne COLLIN-BARRÈS, Michel DURIGON

Hôpital Raymond-Poincaré, Laboratoire d'Anatomie et de Cytologie Pathologiques, Garches

RÉSUMÉ. — Les gelures sont le résultat de l'action d'un froid intense sur les téguments. Les lésions sont déterminées par un effet direct cellulaire et tissulaire et un effet indirect par l'intermédiaire de phénomènes vasculaires. Ces lésions s'aggravent lors du réchauffement. L'aspect anatomo-pathologique est le strict reflet de la physiopathologie. Cet aspect n'est en aucun cas spécifique de l'exposition au froid.

Mots-clés : Gelure — Physiologie — Anatomie pathologique.

ABSTRACT. — **Frostbite physiology and pathology.** *Frostbite is the result of skin exposure to freezing cold. Intracellular ice formation is responsible of physical trauma to cellular components. Vascular response to cold induces ischemia and secondary tissular and cellular damage. Lesions enhance when thawing occurs. Histological pattern is the reflect of physiopathology. None of the morphological lesions are diagnostic of cold action.*

Key-words : *Frostbite — Physiology — Pathology.*

Chez les mammifères, l'adaptation au froid se manifeste par une modification de la circulation. Cette modification peut être générale ou locale. Au cours de l'hibernation par exemple, il existe un abaissement de la température centrale associée à une diminution de la vitesse circulatoire. Cette diminution s'accompagne de la sécrétion d'une substance anti-coagulante qui permet d'éviter les thromboses spontanées qui pourraient se produire, du fait de ce ralentissement.

Chez certains mammifères marins, la circulation dans les nageoires est totalement interrompue grâce à l'ouverture de shunt (court circuit) artério-veineux; à intervalles réguliers une revascularisation brève des nageoires intervient afin d'éviter les altérations tissulaires.

Chez l'homme, l'adaptation au froid dépend des conditions environnantes et de ses habitudes de vie. L'entraînement permet d'augmenter la résistance au froid. Les phénomènes pathologiques apparaissent lorsque les conditions extérieures dépassent (longueur d'exposition ou intensité) les facultés d'adaptation. Actuellement en France, la pathologie due au froid ne s'observe guère que chez les alpinistes imprudents et quelques sans abris. Les autres cas sont dus à une mauvaise protection surtout chez les enfants, et demeurent exceptionnels.

CLASSIFICATION PATHOLOGIQUE

1) Le pied des tranchées : cette pathologie correspond à une exposition prolongée au froid, humide, non congelant (température supérieure à 0°). Cette pathologie était particulièrement fréquente au cours de la guerre de 14-18. Les phénomènes circulatoires périphériques entrainent une ischémie responsable des phénomènes locaux observés.

2) Les engelures : elles surviennent dans les mêmes conditions, au cours d'une exposition plus brève. Elles consistent en des lésions rouges, violacées, et douloureuses, cutanées. Ces lésions sont consécutives à une stase et un œdème du tissu cellulaire sous cutané.

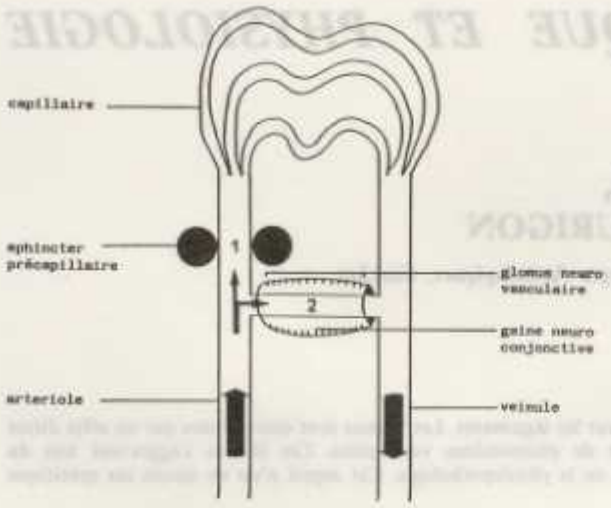
3) Les gelures : ces lésions sont déterminées par l'exposition à un froid congelant. Elles se localisent sur la peau et les tissus sous jacents. Elles siègent essentiellement aux parties exposées : les pieds, les mains, les oreilles et le nez.

PHYSIOPATHOLOGIE

A l'état normal, la température centrale de l'homme au repos est voisine de 37°. La préservation de la température viscérale nécessaire au bon fonctionnement des organes est assurée par l'adaptation de la circulation sanguine contrôlée par le système nerveux neuro-végétatif. Les extrémités (pieds, mains, nez, pavillon de l'oreille), de fonction moins vitale, peuvent si besoin est, être mis hors circuit par la mise en jeu de courts-circuits vasculaires spécialisés situés dans le derme et l'hypoderme de ces organes (Voir figure A).

A l'état normal, le sang circule dans le réseau capillaire. Le sphincter pré-capillaire est ouvert. Le glomus neuro-vasculaire est fermé.

Sous l'effet d'un froid brutal, survient une ouverture du glomus neuro-vasculaire, permettant la circulation du sang par ce court-circuit artério-veineux. Le calibre supérieur de ce court-circuit, est à lui seul suffisant pour dévier la circulation sanguine. De plus, la fermeture du sphincter pré-capillaire accentue le phénomène. Le résultat de cette dérivation est la diminution de la déperdition de chaleur du sang dans les zones ainsi court-circuitées. Cette diminu-



1 trajet du sang à l'état normal
2 trajet du sang lors d'un froid intense

FIG. A. — Il existe deux possibilités de passage du sang dans la circulation périphérique des extrémités :

— En 1, trajet du sang quand la température extérieure est suffisante; les échanges thermiques sont importants avec le milieu extérieur.

— En 2, trajet du sang par le glomus neuro-vasculaire ouvert; accessoirement facilité par la fermeture du sphincter pré capillaire. Ce court-circuit diminue le temps de passage du sang en périphérie, minimisant ainsi les pertes de chaleur au contact des zones exposées.

tion de la perte de chaleur a pour but de préserver l'homéothermie des organes centraux.

Si l'exposition au froid se prolonge, la diminution du débit sanguin périphérique entraine une ischémie. L'ischémie a pour conséquence l'apparition d'une acidose métabolique, du fait de la souffrance tissulaire. Parallèlement il existe une libération de substances vaso-dilatatrices. L'action de ces substances associée aux lésions directes sur les parois endothéliales, entrainent une extravasation plasmatique ayant pour conséquence un œdème et une augmentation de la viscosité sanguine. Chez certains sujets particulièrement sensibles au froid (syndrome de Raynaud) la présence dans le sang circulant d'immuno-globulines particulières (cryoglobulines) qui précipite à une température de 4°, aurait un rôle déclenchant et aggravant de ces phénomènes. Le tableau I résume l'action des deux phénomènes.

L'augmentation de la viscosité sanguine, la diminution du débit sanguin et les lésions endothéliales, contribuent toutes trois à la création de micro-thrombus érythro-plaquettaires intravasculaires qui aggravent l'ischémie.

Au cours du réchauffement la vasodilatation et l'œdème sont particulièrement importants et contribuent à aggraver les lésions.

Outre l'impact du froid sur la circulation périphérique due au froid, il existe une action directe du froid sur les cellules et les tissus. Lorsque la température extérieure est inférieure à $-0.6°$ il apparait des lésions dues à la formation de cristaux de glace intracellulaires. La formation de cristaux intracellulaires a pour conséquence une déshydratation massive du fait du déséquilibre osmotique, et des dégâts membranaires du fait de la formation de ces cristaux. Ces dernières lésions sont largement atténuées

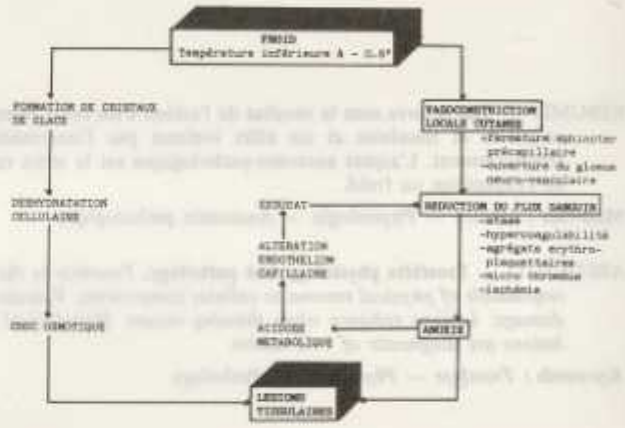
TABLEAU I

L'action du froid congelant entraine deux phénomènes :

— Une action directe avec formation de cristaux de glace dans les tissus, et choc osmotique.

— Une action indirecte et apparition d'un cercle vicieux local, aggravant les lésions induites par la vasoconstriction locale et la réduction du flux sanguin.

La conjugaison de ces deux actions occasionne des lésions tissulaires, qui peuvent évoluer vers une nécrose ou une régénération plus ou moins complète selon l'importance des lésions initiales.



par l'addition de glycérol, qui est employé pour la conservation du sperme congelé.

Cette action directe, destructrice est mise à profit en médecine par les dermatologues qui utilisent l'azote liquide dans le traitement de certaines verrues.

ASPECTS ANATOMO-PATHOLOGIQUES

Les aspects anatomo-pathologiques se déduisent directement des effets physiopathologiques. Ces aspects sont particulièrement bien visibles après la période de réchauffement.

Les effets directs dus à la cristallisation de l'eau intracellulaire se caractérisent par des aspect vacuolaires cytoplasmiques (Figure 1). Il est à noter que ces aspects ne sont absolument pas spécifiques de l'exposition au froid et peuvent en particulier se rencontrer au cours des brûlures. Ces images correspondent à des ruptures membranaires intracellulaires, que l'on pourrait mettre en évidence en microscopie électronique.

Les effets indirects sont essentiellement représentés par les phénomènes micro-vasculaires. La lésion la plus significative est l'apparition d'un œdème et d'une extravasation sanguine inter-cellulaire à prédominance périvasculaire (Figure 3 et 4). Les lésions endothéliales sont beaucoup plus difficiles à objectiver et souvent beaucoup plus discrètes (Figure 3). La congestion capillaire est souvent particulièrement évidente. On peut également rencontrer parfois des micro-thrombus intravasculaires (Figure 4). De même que pour les effets directs, les lésions consécutives aux effets indirects ne sont absolument pas spécifiques de l'action du froid et peuvent se rencontrer dans bon nombre d'autres étiologies (brûlures, inflammations etc.).

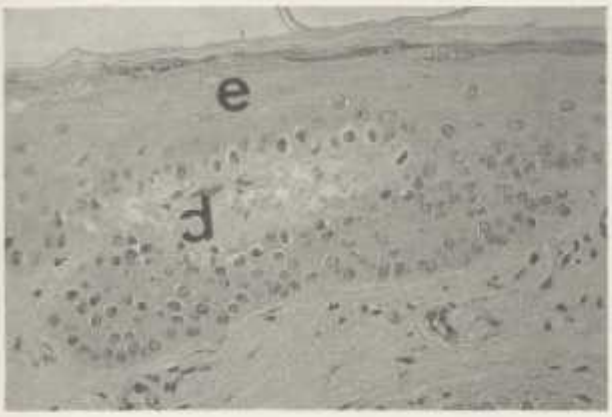


FIG. 1. — Cette figure montre des aspects vacuolaires clairs autour des noyaux de la couche germinative de l'épiderme (cette couche se situe à la jonction de l'épiderme e et du derme d). On note également un aspect congestif du derme dont les capillaires sont remplis de globules rouges.

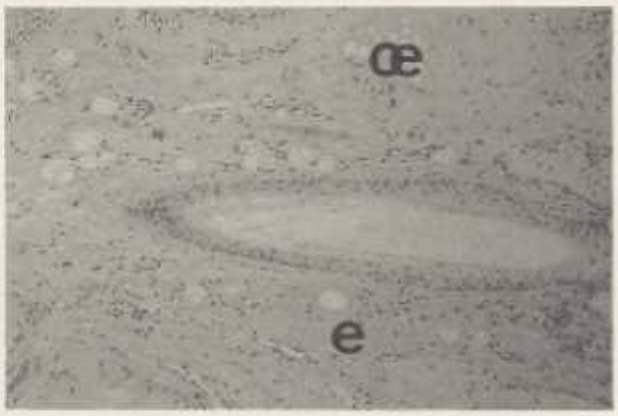


FIG. 2. — Exsudat avec extravasation sanguine e et œdème œ du derme et de l'hypoderme.

FIG. 3. — Le capillaire repéré par la flèche est congestif. En regard de la pointe de la flèche on note la présence d 'un agrégat plaquettaire. Il existe en outre une lésion de l'endothélium (revêtement cellulaire interne des vaisseaux) du capillaire qui se traduit par une diffusion extravasculaire de l'aggrégat plaquettaire. (pointe de la flèche).

FIG. 4. — Microthrombus (coagulation) intravasculaire avec formation de rouleau érythrocytaire (empilement des globules rouges les uns sur les autres).

Les lésions représentées sur les différentes figures ont été obtenues expérimentalement sur la queue d'un rat ayant séjourné 48 heures à — 23°.

BIBLIOGRAPHIE

BANGS (C.C.). Hypothermia and frostbite. *Emerg. Med. Clin. North Am.* 1984 Aug.; 2 (3) : 475-87.

BARILLO (D.J.), SPILLERT (C.R.), LOVERME (P.J.), LAZARO (E.J.). Detrimental effects of ethanol on murine frostbite. *Am. Surg.* 1984 Dec.; 50 (12) 649-52.

BOURNE (M.H.), PIEPKORN (M.W.), CLAYTON (F.), LEONARD (L.G.). Analysis of microvascular changes in frostbite injury. *J. Surg. Res.* 1986 Jan; 40 (1) : 26-35.

BROWN (J.R.). A case of frostbite or "it takes more than two pairs of socks to keep your feet warm". *J.R. Army Med. Corps* 1986 Jun; 132 (2) : 93-5.

CHRISTENSON (C.), STEWART (C.). Frostbite. *Am. Fam. physician* 1984 Dec : 30 (6) : 111-22.

FORAY (J.), LANOYE (P.). *Gelure.* EMC (Paris) App Locomoteur Fasc. 140 33 F 10 (43.10).

GADAROWSKI (J.J. Jr.), ESCE (J.D.). Acute systemic changes in blood cells, proteins, coagulation, fibrinolysis, and platelet aggregation after frostbite injury in the rabbit. *Cryobioloy* 1984 Jun; 21 (3) : 359-70.

JACOB (J.R.), WEISMAN (M.H.), ROSENBLATT (S.T.), BOOKSTEIN (J.J.). Chronic pernio. A historical perspective of cold-induced vascular disease. *Arch. Intern. Med.* 1986 Aug; 146 (8) : 1589-92.

JORIZZO (J.L.). Classification of urticaria and the reactive inflammatory vascular dermatoses. *Dermatol. Clin.* 1985 Jan; 3-12.

KELLY (J.W.), DOWLING (J.P.). Pernio. A possible association with chronic myelomonocytic leukemia. *Arch. dermatol.* 1985 Aug; 121 (8) : 1048-52.

KRABENBUBL (B.), Pathologie vasculaire et froid. *Rev. Prat.* 1983 : 3257-3264, 33.

ROBBINS (S.L.), COTRAN (R.S.), KUMAR (V.). Environmental pathology. ***In :*** Pathologic basis of disease (3d edition) Saunders, Philadelphia (Pub) 430, 1984.

SALIMI (Z). Frostbite. Assessment of tissue viability by scintigraphy. *Postgrad. Med.* 1985 Jan; 77 (1) 133-4.

VI. — SCIENCES SOCIALES
SOCIAL SCIENCES

SOCIÉTÉS TRADITIONNELLES
TRADITIONAL SOCIETIES

LA FEMME GROENLANDAISE AU DÉBUT DU SIÈCLE : DEUX ARTICLES DONT L'UN DE KNUD RASMUSSEN

par Regitze Margrethe SØBY

Hillerød, Denmark

RÉSUMÉ. — Deux portraits de la femme groenlandaise au début du siècle, l'un écrit par un auteur anonyme, l'autre par Knud Rasmussen en réponse au premier qu'il jugeait diffamant.

Mots-clés : Groenland — Femme groenlandaise — Ethnologie — Knud Rasmussen

ABSTRACT. — **The Greenlandic woman at the beginning of this century : two papers, one written by Knud Rasmussen.** *The Greenlandic woman at the beginning of this century : two sketches, one anonymous, the other written by Knud Rasmussen who considered that description as defamatory.*

Key-words : *Greenland — Greenlandic woman — Ethnology — Knud Rasmussen.*

INTRODUCTION

Par hasard, j'ai découvert deux articles qui traitent de la femme groenlandaise au début du siècle. Diverses réflexions sur la femme et sa position dans la vie sociale sont avancées. Ces articles sont vraisemblablement peu connus et c'est la raison pour laquelle ils sont reproduits ici.

Le premier article porte le titre : « A propos de la femme groenlandaise » et est signé « Un vieux groenlandais ». L'auteur est anonyme, mais il s'agit sans doute d'une femme danoise. Cette chronique est parue dans « *Kvindernes Blad* », le 26 avril 1905.

L'ethnologue Knud Rasmussen, lisant cet article, fut outragé et sentit qu'il se devait de protester. Sa réponse est parue dans le journal *Politiken* le 20 mai 1905 sous le titre : « La femme groenlandaise ».

La description faite par Knud Rasmussen de la femme groenlandaise est très positive. Il avait alors déjà acquis une grande connaissance du pays et de la population, surtout à cause de son enfance au Groenland. Il naquit en 1879 et passa ses douze premières années à Jakobshavn dans le nord-ouest du Groenland, il se trouvait donc constamment entouré de Groenlandais avec qui il avait des relations privilégiées.

Plus tard, Knud Rasmussen participa à l'expédition littéraire groenlandaise, en 1902-04, et voyagea le long de la côte ouest du Groenland. Le second hiver de cette expédition il séjourna parmi les Esquimaux polaires à Thulé, après avoir croisé la Baie de Melville en traîneau.

Pour information, le manuscrit de Knud Rasmussen, (cinq feuilles manuscrites) concernant la femme groenlandaise est conservé à La Bibliothèque Royale de Copenhague (Knud Rasmussen; Manuskripter og Breve. Palsbos Samling Aa).

Et maintenant revenons aux deux articles que nous allons présenter.

« A PROPOS DE LA FEMME GROENLANDAISE »

En arrivant dans une colonie groenlandaise, la première chose que l'on voit est une foule de jambes rouge et jaune qui se promènent partout. A l'arrivée du bateau, les femmes groenlandaises se sont parées de leurs plus beaux vêtements et cela donne une impression très vivante et amusante de les voir vêtues de leurs belles bottes en cuir, leurs pantalons en peau de phoque, leurs anoraks bigarrés (sorte de veste) et leurs pièces perlées autour des épaules, composées de perles de verre multicolores. Toutes les femmes de la colonie sont là. Elles se sont rassemblées sur le pont de débarquement et se livrent à une discussion animée sur les vêtements et l'allure des arrivants, tandis que les chignons sont ballottés au milieu de toute cette agitation. Si on leur adresse la parole, aussitôt on est noyé de compliments : comme on est belle, comme ces vêtements sont beaux, etc. En un tel jour, les femmes groenlandaises se rendent visite du matin au soir et elles se racontent les dernières nouvelles. Elles trouvent les étrangers amusants et bavardent sur eux, tout en buvant une tasse de café après l'autre. Ce n'est pas si souvent que des étrangers viennent à la colonie. Parfois il se passe des années.

Lorsqu'un bateau est au port, le soir on danse, et toutes les jeunes filles s'habillent de leurs plus beaux vêtements, car elles vont danser avec les marins danois, et c'est le plus grand événement de leur vie. A une telle occasion, elles rejettent complètement leurs propres hommes. Hautaines, elles disent : « Qui veut danser avec un Groenlandais, quand on peut danser avec un Danois ! » Les Groenlan-

dais sont assez indulgents pour laisser faire. Quand le bateau repart, ils retrouvent leurs femmes.

Les jeunes femmes se marient en général quand elles ont une bonne vingtaine d'années, et souvent leurs maris sont plus jeunes qu'elles. Dès l'instant qu'une femme groenlandaise s'est mariée, elle considère son mari comme sa propriété. Il doit lui obéir, l'aider à garder les enfants, et pas question qu'il s'amuse ou sorte sans elle. Il n'est pas non plus permis qu'un homme groenlandais soit infidèle. La femme, par contre, peut tromper son mari. A tout point de vue la moralité de la femme groenlandaise est assez discutable. Elle cherche surtout à accrocher les jeunes danois qui arrivent au pays. Sa plus grande ambition est de se marier avec un Danois ou du moins devenir sa maîtresse. De toute façon, elle va récupérer de l'argent.

Si elle réussit réellement à se marier avec un Danois, elle refuse néanmoins d'adopter sa façon de voir les choses. Elle n'a aucun sens de ses responsabilités et généralement elle ne veut même pas apprendre le danois. J'ai connu une Groenlandaise qui pendant vingt ans avait été mariée avec un Danois, sans jamais avoir appris un mot de danois. Elles dépensent l'argent de leurs maris pour faire des cadeaux à leurs compatriotes, sans se demander un instant si les revenus le permettent, à un tel point que presque tous les administrateurs danois, mariés avec des femmes groenlandaises, se sont trouvés totalement ruinés. Les enfants issus de ces mariages sont évidemment très malheureux. Ils sont élevés avec toutes les exigences de luxe et d'abondance des gens civilisés, mais sans acquérir les connaissances, l'éducation et d'autres conditions indispensables pour préserver le statut social dans lequel ils sont nés, car la mère groenlandaise s'oppose de toutes ses forces à ce que les enfants reçoivent une instruction. Elle ne comprend pas que les connaissances ont une valeur et quand un jour le père n'est plus là, les enfants ne peuvent rien faire d'autre que de vivre comme les Groenlandais. C'est pour cette raison qu'une des meilleures décisions prises par l'administration est d'interdire aux administrateurs coloniaux de se marier avec des Groenlandaises, sous peine de perdre leur poste. Cette décision a sans doute choqué quelques étrangers qui restent ici durant une période assez courte et qui ne connaissent des Groenlandais que leurs bons côtés; mais tous ceux qui vivent ici depuis plusieurs années, et qui savent ce à quoi mènent les mariages mixtes, ne peuvent qu'approuver cette décision.

Quand une femme groenlandaise se marie avec un compatriote, elle peut devenir une femme au foyer charmante. Elle y est à sa place et elle vit presque toujours une vie très heureuse avec son mari. Ce dernier nourrit sa famille par la chasse aux phoques et par la pêche, la femme s'occupe de la maison et des enfants, coud les vêtements de la famille, tanne la peau de phoque, etc. D'ailleurs elle n'est absolument pas surmenée, car quand le mari part tôt le matin pour aller à la pêche, le plus souvent elle n'a rien d'autre à faire que d'arranger la seule pièce de la maison, après, elle va voir ses voisines, accompagnée de ses enfants, ou bien elle ira sur les falaises ramasser de la bruyère pour le chauffage d'hiver, cueillir des baies etc.

Une telle tâche est très agréable. On s'éloigne de la colonie et on recherche les endroits couverts de bruyère et de saule. Là on travaille ardemment pour arracher la bruyère, élaguer les buissons de saule et ramasser le tout dans un grand tas. Tard dans l'après-midi on rentre à la maison, un gros fardeau sur le dos. Si en même temps le père de famille revient avec un phoque, alors le bonheur est grand. L'animal est posé sur une grande pierre devant la maison, il est dépecé par la femme, munie de son uluk (couteau rond), sous les yeux des enfants et des chiens, attentifs au moindre mouvement. Quand le dépeçage est terminé, les chiens ont généralement droit aux abats. Les voisins viennent et reçoivent tous un petit bol de viande. Alors seulement la femme commence à préparer le repas. Une grande marmite est posée sur un feu devant la maison et quand la viande est cuite, chaque membre de la famille prend son bol en terre cuite, puis ils se réunissent autour de la marmite et mangent de bon cœur. Couteau et fourchette, ils ne connaissent pas. Ils mangent avec les doigts et quand ils ont fini, ils s'essuient les doigts sur leur pantalon en peau de phoque. Ensuite l'homme allume sa pipe et s'allonge sur le dos au soleil, en envoyant des nuages de fumée en l'air. Les enfants jouent et se roulent dans la bruyère fraîchement cueillie. La femme rend visite à ses voisines et, tout en se léchant le sang, les chiens se blottissent les uns contre les autres.

En somme, l'image d'une vie de famille heureuse.

Un vieux groenlandais.
Kvindernes Blad, Copenhague le 26 avril 1905.

« LA FEMME GROENLANDAISE »

Par hasard, je suis tombé sur un article concernant la femme groenlandaise dans un numéro du *Kvindernes Blad*, un article, écrit sur un ton tel qu'au nom de la vérité, il m'est impossible de me taire. Cet article est signé « Un vieux groenlandais », mais je serai fort étonné si ce « Groenlandais » n'est pas un Danois et femme elle-même.

Je vais maintenant essayer de reprendre quelques-unes de ces diffamations monstrueuses pour éviter que des gens, ne connaissant pas le contexte, les prennent pour argent comptant.

D'abord cette personne anonyme se lamente sur la moralité des Groenlandaises et écrit entre autre : « A tout point de vue, la moralité de la femme groenlandaise est assez discutable. Elle cherche surtout à accrocher les jeunes Danois qui arrivent au pays. Sa plus grande ambition est de se marier avec un Danois ou du moins devenir sa maîtresse. De toute façon, elle va récupérer de l'argent. »

Des femmes en quête d'hommes

Bien sûr, il y a des Groenlandaises qui cherchent à séduire les Danois, mais dans quel pays ne trouve-t-on pas des femmes qui cherchent des hommes ? Dans toutes les grandes colonies, habitées par des Danois, il y a des coquettes qui essayent de se faire remarquer dès que l'occasion se présente. Mais c'est scandaleux que l'auteur de cet article généralise de la sorte. Ces coquettes, qui ont appris à plaire aux Danois, constituent une minorité insignifiante. Mais parlons de toutes les autres, aussi bien celles dans les colonies, les villages, que les petites tribus. Faut-il aussi accuser ces femmes de débauche à l'égard de Danois qu'elles ne rencontrent presque jamais ? Je ne crois pas que les femmes danoises ont quelque chose à apprendre aux Groenlandaises sur le plan de la moralité !

Et l'auteur, — je suppose toujours qu'il s'agit d'une Danoise, — ne devrait pas clamer si fort que « De toute façon, elle va récupérer de l'argent », surtout si son intention est d'accuser la femme groenlandaise, car qui a appris aux Groenlandaises à vendre l'amour ? En tout cas ce ne sont pas leurs maris.

Mariages

Cet auteur poursuit : « Si elle réussit réellement à se marier avec un Danois, elle refuse néanmoins d'adopter sa façon de voir les choses. J'ai connu une Groenlandaise qui pendant vingt ans avait été mariée avec un Danois, sans jamais avoir appris un mot de danois. »

Oui, mais moi j'ai connu un Danois, vivant au Groenland, marié à une Groenlandaise pendant vingt ans, qui n'avait jamais appris un mot de groenlandais, et c'est pourtant bien plus honteux d'habiter le pays sans apprendre la langue parlée des gens parmi lesquels on s'est marié. Si, dans les mariages entre Danois et Groenlandaises, il faut souligner les cas où la femme ne parle pas le danois, il faut en même temps indiquer que la femme groenlandaise apprend très vite à comprendre tout ce qu'on lui dit en danois, tandis que l'homme n'apprend que très rarement un seul mot de la langue de sa femme.

« La femme groenlandaise n'a aucun sens de ses responsabilités, mais mène son mari à la faillite en dépensant de l'argent de façon inconsidérée pour faire des cadeaux à ses compatriotes », est-il écrit plus loin dans l'article.

Des affirmations mensongères

C'est triste d'être obligé de reproduire de telles calomnies au sujet des femmes groenlandaises, dans un magazine danois. Cela ne témoigne pas de beaucoup de connaissance, ni de compréhension, et « le vieux groenlandais » n'a pas honte de se montrer défenseur de la vieille bévue administrative qui interdisait aux administrateurs danois de se marier avec des femmes groenlandaises. Cette décision moyenâgeuse, qui, de la façon la plus cruelle autorisait la discrimination raciale, est même considérée comme étant une des meilleures décisions jamais prise ! Pas très flatteur pour cette administration !

Contrairement à ces postulats, je peux certifier concernant toutes les femmes groenlandaises, que j'ai pu rencontrer sur le parcours de Upernavik à Kap Farvel, qu'elles avaient toutes la plus grande compréhension de leurs devoirs au foyer et donnaient la plus belle impression de s'appliquer à être au plus proche de leur mari et de leur foyer.

L'accusation que les femmes groenlandaises ruinent leurs maris est récusée tout simplement en faisant référence à la façon dont l'administration perçoit ces femmes : dans les recommandations directoriales pour l'année 1904, il est tout particulièrement indiqué qu'à l'avenir les administrateurs mariés avec des Groenlandaises sont préférés à ceux mariés avec des Danoises, parce qu'ils sont moins exigeants au niveau du salaire. Sic !

Des femmes économes

Tout le monde sait, sauf « le vieux groenlandais » qui écrit dans le *Kvindernes Blad*, que tous les administrateurs danois mariés avec des femmes groenlandaises réussissent à bien vivre malgré les bas salaires, et ceci avant tout grâce aux talents d'économes de leurs femmes groenlandaises.

Au sujet des remarques, alléguant que presque tous les administrateurs danois mariés avec des Groenlandaises se sont trouvés ruinés, je peux indiquer que durant les derniers 40-50 ans, il n'y a eu, dans le nord du Groenland, que quatre administrateurs mariés avec des Groenlandaises et aucun d'eux n'a été endetté, bien au contraire, ils ont tous laissé de l'argent à leurs veuves et à leurs enfants.

« Les enfants de ces mariages sont évidemment très malheureux. Ils sont élevés avec toutes les exigences de luxe (oh, luxe au Groenland !), mais sans acquérir des connaissances. »

Je connais personnellement tous les enfants vivants de ces mariages et je peux affirmer qu'ils sont parmi les plus doués et les mieux placés au Groenland !

Ainsi j'ai donc pu, point par point, reprendre cet article diffamant et de mauvaise foi, mais avant de continuer, j'aimerais savoir à qui j'ai à faire. Si c'est un homme ou une femme.

J'aimerais bien savoir où je pourrais rencontrer cette personne qui ose dire publiquement que « la mère groenlandaise s'oppose de toutes ses forces à l'instruction de ses enfants, parce qu'elle ne comprend pas que les connaissances ont une valeur ! ».

Je suis moi-même originaire d'un mariage mixte danois-groenlandais !

Knud Rasmussen

Politiken, Copenhague le 20 mai 1905

Page 4, colonnes 1, 2 et 3.

YUPIK ESKIMO RESIDENCE AND DESCENT IN SOUTHWESTERN ALASKA

by Lillian A. ACKERMAN

Washington State University, Department of Anthropology, Pullman, U.S.A.

ABSTRACT. — Evidence is presented that the Yupik Eskimos of Southwestern Alaska were characterized aboriginally by patrilineal clans of the dispersed clan type, which appear to be associated with matrilocality. The evidence for matrilocality is presented by the description of a contemporary Alaskan Yupik village. The combination of patrilineality and matrilocality is rare cross-culturally and found apparently only among some horticultural groups in South America. A comparison of the hunting-gathering Yupik and the horticultural Mundurucu reveals a number of surprising similarities in their social organization.

Key-words : Alaska — Yupik Eskimo — Social organisation

RÉSUMÉ. — **Installation et évolution des Esquimaux Yupik dans le Sud-Ouest de l'Alaska.** *Il semble évident que les Esquimaux Yupik du Sud-Ouest de l'Alaska s'établissaient primitivement en clans patrilinéaires issus du clan-type, qui semblent être associés à l'établissement matrilocal. Ce dernier est présent dans la description d'un village yupik alaskien contemporain. La combinaison entre la patrilinéarité et la matrilocalisation est rare culturellement et se rencontre, semble-t-il, seulement parmi quelques groupes horticoles d'Amérique du Sud. La comparaison entre les Yupik chasseurs-cueilleurs et les Mundurucu horticulteurs révèle un nombre surprenant de similitudes dans leur organisation sociale.*

Mots-clés : *Alaska — Esquimaux Yupik — Organisation sociale*

INTRODUCTION

An argument is presented in this paper that the Yupik Eskimos of Southwest Alaska, though generally regarded as a bilaterally organized group (e.g., VanStone 1984 : 233), were characterized aboriginally by patrilineal clans of an unusual type : the dispersed clan. In the dispersed clan, a descent rule occurs, but the rule does not necessarily lead to group formation and may not be structurally significant. Instead, the descent rule may result in a category or "social field" (Scheffler 1964 : 130). A dispersed clan is not a group, "but an uncoordinated *category* of people, the members of which share common status and identity, as they share ancestry, but never act as a collectivity" (Sahlins 1968 : 53). The main differences between a corporate clan and a dispersed clan are that the latter does not form a group and the members have no common corporate rights.

Patrilineal clans have not been generally recognized among Yupik Eskimos in Southwestern Alaska. Serious gaps exist in the records of the aboriginal culture (VanStone 1984 :207), and these gaps may be responsible for the neglect of clan organization. A combination of this paucity of information and the unusual nature of dispersed clans, which I believe existed in the aboriginal culture, has resulted in a failure to recognize patrilineality of any kind among the southwestern Yupik. Using ethnohistory and cross-cultural comparison, evidence will be presented that the Yupik Eskimos of southwestern Alaska, at least in the past, were characterized by patrilineal organization of the dispersed clan type.

Dispersed clans appear to be rare cross-culturally. They have been described only among some groups in South America where they seem to be associated with matrilocality. Matrilocality is a cultural trait that is often though not universally noted by observers of southwestern Yupik culture.

Several categories of evidence are necessary to support the existence of patrilineal dispersed clans in the aboriginal culture of the southwestern Yupik. First, the evidence for the existence of patrilineality in the culture's past will be drawn from the ethnohistorical record. It will be shown that the ambiguous nature of the patrilineal clans noted in the past was due to the fact of their being of the "dispersed" type. Next, southwestern Alaska Yupik residence patterns will be outlined as described in the literature, since residence patterns are essential to the argument that follows. A brief description of my work in the Yupik Eskimo village of Goodnews Bay, Alaska, will then be offered for evidence of the existence of matrilocality there.

Having presented the evidence that the southwestern Yupik are patrilineal and matrilocal, the final section will consist of a comparison of the southwestern Yupik with the Mundurucu and other horticultural South American groups which are the only societies that I have been able to identify with a patrilineal-matrilocal organization. The patrilineality of all these societies is of the dispersed clan type. The similarities of social organization will be discussed and compared with the purpose of filling in the lacunae in the Yupik ethnohistorical record.

YUPIK PATRILINEALITY

There is no acknowledgement in the literature today that clans existed among the southwest Yupik, even in the past. VanStone (1984 :233) repeats the contemporary prevailing opinion that the kinship system is bilateral

FIG. 1. — Goodnews Bay and area

among the southwestern Yupik, but carefully states that descent groups are unreported.

Caution regarding the occurrence of descent groups is warranted, for Edward W. Nelson who was in the territory from 1877 to 1881 reported the presence of some kind of patrilineal clan (1899 : 322-327). Though Nelson was a professional natural scientist and not an anthropologist, it must be remembered that many amateurs wrote valuable ethnographies in the nineteenth century. Nelson lived in the Yupik area for five years, learned the native language, and was a careful and interested observer. The observations he made, though perhaps not his interpretation of them, should be taken seriously. His work (1899) was the first extensive record of the culture of the southwestern Yupik. Despite his generally acknowledged accomplishments, the evidence he presented for patrilineality has never been seriously considered by later ethnographers, probably because of the obvious absence of corporate clans in southwestern Alaska today.

Nelson was not the first observer of the culture in the area. He was preceded by L. A. Zagoskin who was a Russian naval lieutenant attached to the Russian-American Company. Zagoskin explored the southwest Yupik area between 1842 and 1844 with the purpose of furthering the company fur trade. His observations of Yupik culture were acute, but limited. After Zagoskin and Nelson, no purely ethnographic work was undertaken among the Yupik until Lantis began her research on Nunivak Island in the 1930's. Only recently have ethnographers worked in the area in any but very modest numbers. Thus, the lack of continuity in Yupik research has led to neglect of the early data on Yupik clans in southwest Alaska.

What is the evidence for patrilineality among the Yupik ? The most important data come from Nelson (1899 : 322-327). He noted, "From Kuskokwim river northward to the shores of Bering strait and Kotzebue sound the Eskimo have a regular system of totem marks and the accompanying subdivision of the people into gentes" (Nelson 1899 : 322). Gentes, of course, is the older word for clans or sibs. Nelson continued, "People belonging to the same gens are considered to be relatives" (1899 : 322). Nelson then described several artifacts decorated with various clan totems which included the gray wolf, gyrfalcon, raven, land-otter, ermine, etc. Men and women both wore symbols representing their clan. Women of the wolf clan braided strips of wolfskin in their hair, and men of the wolf clan often hung a wolf tail behind on their belts (Nelson 1899 : 324). People of the raven clan wore a distinctive tattoo on their foreheads (Nelson 1899 : 325). Everyone used such marks somewhere on their person. Totems were also used to decorate implements and possessions such as bowls (Nelson 1899 : 322-325).

In reply to a question regarding totems, Nelson was told, "All of our people have marks which have been handed down by our fathers from very long ago, and we put them on all of our things" (Nelson 1899 : 326).

Sometimes other marks were adopted and used in place of the totems These marks were associated with some important event in a person's life. A man might devise a new mark to symbolize the event and then use that symbol instead of his totem sign. This new sign was handed down to his son (Nelson 1899 : 325-326). It is unclear if the new symbol replaced the old, or was merely used as an alternative.

Totem signs were also placed on grave boxes. If totems were not used, some symbol indicating the deceased's father's prowess was used whether the deceased was male or female (Nelson 1899 : 311). This last symbol may have been of the type associated with an important event in the father's life, referred to above. Nelson wrote, "At St. Michael I saw a father's grave marked with his totem picture, while on the grave box of his son close by was the picture of the animal which the father had excelled in hunting" (1899 : 312).

Zagoskin mentioned clans only casually in his account (1967 : 209), but his observation of one event, especially in light of Nelson's material, strongly confirmed their presence. He witnessed a group of men in preparation for a ceremony "drawing various figures on each other's backs. On the backs of two boys, they drew a crow and a hawk respectively after their names" (Zagoskin 1967 : 121).

Supporting evidence of the existence of clans is available from other sources. "Individuals belonging to the same family or totem — known as ilogai — a relationship that corresponds to distant cousinship — can and do joke and josh each other — and subject each other to all manner of horse plays — all in good part. Women are included in this ilogai relationship and all its privileges are accorded to them" (Kilbuck Papers : 22).

Knud Rasmussen denied that the amulets he saw represented totemism or clans in southwestern Alaska, but he noted that a prohibition existed "against men and women wearing the same amulet marrying" (Ostermann 1952 : 129). Taken alone, this remark means little, but in the context of Nelson's data, it suggests that patrilineal clans existed and exogamy was practiced.

At Port Clarence, Grinnell noted "one or two Eskimo.... wearing a wolf or dog tail hanging down from the belt behind" (Burroughs, Muir, and Grinnell 1901 : 182). This remark coincides with Nelson's observations on the wolf clan.

The presence or absence of clans was not seriously discussed again until Lantis' study of the Yupik Eskimos on Nunivak Island (Lantis 1946). Lantis (1946 : 239, 240) said that there were no clans on Nunivak Island, only patrilineages, which she defined as an "extended unilateral family (patrilineal) having no essential territorial association or restriction." Each of the four to five lineages on the island was associated with a totem mark (inogo) representing an animal; similar to those noted by Nelson for the clans he observed. People of a certain lineage could not eat, sell, or give away the animal associated with their inogo or symbol. While these inogos were inherited, Lantis mentioned other symbols, also called inogos, which were different in character. These latter inogos appeared to be magic charms obtained from a shaman; a type which does not concern us here. The inherited inogos which do concern us were inherited patrilineally and were associated with secret knowledge and magic songs with which a man wielded magical power. As his sons and daughters matured, he taught them the lore surrounding the inogos (Lantis 1946 : 239-243). Each lineage owned property marks (not necessarily the inogos) which were placed on one's possessions, providing a sense of common identity among lineage males (Lantis 1984 : 218).

Families (Lantis' term) were not named after their inogo, although they could be identified by it. Eventually, a person's distant cousins would share a particular symbol or inogo with him or her, including secret songs. Kinship was not recognized beyond the known lineage and people were puzzled to find someone who shared their inogo whom they did not know. This social construct Lantis called a lineage : she saw nothing that could be labeled a clan (Lantis 1946 : 240), despite the fact that the presence of lineages imply unilineality.

A Nunivak male might not belong to any lineage at all, because, as a boy, he was shunted around to various relatives, maternal and paternal, due to the death or divorce of his parents. He might never be fully integrated into any lineage or never fully taught any of the heritable magical songs. Since this was a common enough occurrence (Lantis 1946 : 241), an appreciable number of individuals within the society may have been without lineage affiliations.

A Nunivak Islander sometimes adopted a new symbol or inogo when he performed some unusual feat. The new sign symbolized the feat, and was used on his possessions as an alternative to his lineage sign, sometimes replacing the original totem (Lantis 1946 : 241). Nelson, as noted above, recorded the same custom (1899 : 325-326). This behavior suggests that a new lineage was being established.

Lantis, Zagoskin, and Nelson in particular described events and objects that might seem to be associated with clans (patrilineal), though only Nelson called them clans (gens). However, even he was puzzled. He noted, "It was extremely difficult to obtain information on this point, but the following notes are sufficiently definite to settle the fact of the existence among them of gentes and totemic signs" (1899 : 322), and he proceeded to note the variety of totems mentioned above. Though certain of the existence of clans, Nelson appeared to be expressing dissatisfaction with the completeness of the data he acquired on the subject.

Lantis (1946 : 242) too expressed dissatisfaction with this material. Her informants "did not all agree on the basic principle of the system," and she could not get enough case material to clear up the problems. She said in regard to the lineage system that, "On this whole subject more work must be done" (1946 : 243).

Lantis and Nelson, despite the ambiguities both encountered, seemed to be describing a similar system; whether they called it a clan or a lineage. Lantis was correct in one respect, however. She recognized that the kinship relations she observed did not constitute the familiar corporate clan. On the other hand, her lineages were not confined to one village, but had to cross community lines at least some of the time since the group practiced matrilocality. Some men married within their natal village, and so their lineage mates lived nearby though attached to different households. Those who married outside their natal communities had brothers and male cousins who, because they also married out, were scattered over a large territory. Thus, the patrilineal aspects of Nunivak Island social organization had some characteristics of a clan, although residential groups were never formed based on the patrilineality.

More recently gathered evidence does not support the presence of patrilineal clans or indeed of lineages among the southwestern Yupik. Oswalt's (1963b : 49) study of Napaskiak, a village of the Kuskokwagamiut division of the Yupik Eskimos, does not mention clan groups or any kind of patrilineality. Fienup-Riordan (1983 : xxxii) notes a "patrilineal tendency" among the Nelson Island Yupik, but says that "kinship cannot be corporately defined" (1983 : 142). Gamo (1978) too fails to speak of corporate descent groups on Nelson Island. My ethnoarchaeological study of Goodnews Bay, Alaska (Ackerman 1970; Ackerman and Ackerman 1975), also overlooked any evidence for descent groups, if such evidence was present. Surely if patrilineal clans or lineages existed, one would have thought that their presence would become obvious to a trained observer. Either they had been destroyed by acculturation, or the clues that demonstrate their contemporary existence were subtle enough to be overlooked. If the clans have disappeared, it is even more important to understand the nature of the social construct that Nelson described. If the clans exist today but are undetected, an explanation is needed. I offer an explanation as to why clans were not understood in the past and why they have not been described if existing today. I believe that the Yupik social constructs seen by Nelson, Lantis, and Zagoskin were dispersed clans rather than corporate clans or localized lineages. To clarify such an interpretation, it will be useful to turn to another culture area in South America where patrilineal clans and matrilocality occur together. Before proceeding with that, however, it remains necessary to demonstrate that the southwestern Yupik of Alaska were generally matrilocal, as this is important to the argument that follows.

MATRILOCALITY

Dispersed patrilineal clans appear to be associated with matrilocality among the South American groups referred

to above. Not enough data are available to be certain if the association is a necessity, but the evidence indicates that this might be the case. Consequently, it becomes important to marshal the evidence for the existence of matrilocality among the southwestern Yupik for my argument. This will be done first by referring to the work of previous investigators, and then, presenting my own data on Goodnews Bay, Alaska.

Southwestern Yupik Residence

Matrilocal residence among the aboriginal Yupik did not mean that a young man moved into his wife's home. Men lived in kashgees or men's houses while the women lived in matrifocal groups separately with their mothers, sisters, aunts, and other female consanguineal relatives in an extended family situation, along with male children too young to live in the kashgee. A newly married man moved to his wife's community and lived in one of its kashgees. If he married a woman in his own community, he may or may not have had to change residence from one men's house to another, but his economic activities were used to support his wife's consanguineal kin instead of his own (Oswalt 1963a : 139).

VanStone (1984 : 233) labels the southwestern Yupik residence pattern "duolocal", because the women remained in their natal homes while men lived in the men's houses. I prefer to label this pattern matrilocal because the men transferred their allegiances from their natal families to their affinal kin, even if they did not live within the wife's household.

Two early observers noted the presence of matrilocality among the Yupik of their day, but neither commented on it extensively. Edmonds in 1898 (1966 : 70) said, "The young married couple may set up housekeeping by themselves, or may live with the parents of one or the other, preferably with those of the woman." Nelson who resided among the Yupik between 1877 and 1881 indicates that some flexibility in Yupik residence occurred, as does Edmonds, but his comments suggest that matrilocality was preferred. "A young boy may sometimes choose a family, containing a girl, in which he would like to live. In such case he takes with him his clothing and implements.... and leaving his own parents goes to the people whom he has adopted, and transfers filial duty of every kind to his adopted father to the exclusion of his own parents" (1899 : 291-292). In his study of early missionary documents and through interview of elderly informants between 1950 and 1960 (1963a : viii), Oswalt (1963a : 139) confirms that matrilocality was general in traditional Yupik culture, and he (1963a : 150) notes changes in residence due to missionary influence. "There was a shift in marriage residence pattern. The new mode was for the woman to join the household of her husband's parents and to live there until he was able to build a separate dwelling." Presumably the separate dwelling was located adjacent to the dwelling of the man's parents; a situation that is still patrilocal.

In modern times, matrilocality has been described on Nunivak Island (Lantis 1946 : 235) and Nelson Island (Gamo 1978 : 166). On the other hand, Napaskiak, a village of the Kuskokwagamiut group of Yupik Eskimos, is described as patrilocal, though a number of matrilocal situations is described as well (Oswalt 1963b : 49); a situation suggesting a condition of flexible residence, or more likely a change in residence due to missionary influence. Contradicting Gamo's (1978 : 166) evidence for matrilocality, the Nelson Island Yupik are mentioned as patrilocal by Fienup-Riordan (1983 : 162), thus further confusing the evidence on southwestern Yupik residence patterns. The village of Nunapitchuk today is strongly patrilocal (Phyllis Morrow — personal communication). These varying observations in modern times suggest differing reactions to missionary influences, some villages becoming patrilocal and others retaining matrilocality. Although the weight of the evidence for traditional times indicates that the Yupik were preferentially matrilocal, enough confusion exists in the literature to warrant further investigation into their residence pattern. To that end, my fieldwork in Goodnews Bay, Alaska, is presented below.

An Ethnographic Sketch of Goodnews Bay

The contemporary Eskimos of Goodnews Bay are part of the Yupik culture area and identify themselves as being part of the Kuskokwagamiut people, most of whom are centered around the Kuskokwim River. Goodnews Bay is at the southern edge of Kuskokwagamiut territory. The field research presented here was conducted in 1966-1967, and some changes have occurred since then. Nevertheless, the material is presented in the present tense.

The village of Goodnews Bay shares a recognized territory within the Kuskokwagamiut area with the village of Platinum across the bay (see Fig. 1). The exact boundaries of the area are well-known to the villagers, but the eastern boundary could not be adequately defined in the field. Within the Goodnews-Platinum territory, it is the right of any native to hunt, fish, gather, and camp without hindrance. Exploiting resources beyond these limits in the territory of the village of Quinhagak to the north, and the Togiak village territory to the east is never done unless in the company of a relative from those areas.

One hundred eighty-two people lived in the village of Goodnews Bay in 1966-1967. The village is a year-round residence today, whereas Mumtrakh, its historic predecessor, was occupied only in the winter. Today's stationary population is the result of modern pressures to live near a school and a store, and to have government and other services available. Platinum, across the bay, is a small mining town with a mixed white and Yupik population.

A fair amount of the indigenous culture of Goodnews Bay survives, particularly in the economic sphere. Modern tools and boats have replaced their aboriginal counterparts, but fishing, particularly for salmon, and sea mammal hunting continue to make up the dietary staples. Most of the food consumed during the 1966-1967 period was derived from traditional sources.

Men's houses were once a universal feature of the social organization among the Yupik. If the Yupik winter village of the past was large, two or more kashgees, or men's houses, were built (Nelson 1899 : 242). The kashgee served as a men's residence, a ceremonial center, and as a workshop for fabricating boats, tools, and weapons (Zagoskin 1967 : 115). Women and children lived separately from men in extended families consisting of mothers, daughters, sisters, female cousins, and other female relatives living in perhaps two or three dwellings (Oswalt 1963a : 135). Important economic activities took place within the women's residences. Men brought game to the women's dwellings where it was processed and stored for

future consumption. Such stores of food became the property of the wives, who administered all food supplies (Lantis 1946 : 160).

After marriage, the Yupik bridegroom left his natal village and took up residence in his bride's village, though not in her home. He resided in one of the men's houses and hunted under his father-in-law's direction, while his wife continued to live in her mother's home with her mother and sisters, both married and unmarried (Oswalt 1963a : 135, 139). The women's household was run by the mother, and after her death, by the oldest sister (Lantis 1946 : 160). Since marriages preferably took place within the same village (Oswalt 1963a : 139), the husband might remain in the same kashgee where he had lived since about the age of ten (Oswalt 1963a : 54), but, as noted above, his economic efforts supported his wife's household; not that of his mother.

According to Goodnews Bay informants, separate residences for adult males and females were discouraged by missionaries, and when the last men's house was destroyed by fire in 1940, it was never rebuilt. Today, the people of Goodnews Bay live in nuclear households : a man, a woman, children, and perhaps an elderly parent in one dwelling. The nuclear family configuration is only apparent, however, for these nuclear families are embedded in matrilocal extended families among whom resources are used in common and work is undertaken jointly. To accommodate this joint household economy, the houses of related cooperating families are grouped together in clusters, the pattern of which will be described below.

Seasonal camps are no longer occupied by the entire family except in summer, since children must attend school. This forces people to live in the "winter village" most of the year. The men camp by themselves or with a partner for short periods when hunting or fishing in the spring, fall, and winter. More commonly, they complete their tasks in one day, returning home quickly by means of motor boats or snowmobiles.

Though today's economy continues to be based on hunting, fishing, and gathering, summer work at fish canneries in nearby towns is an option for both sexes. Food for a balanced diet is not available in the one village store in Goodnews Bay, so it is impractical for all members of an extended family to seek cannery employment. Some must remain at home and obtain food from the rivers, sea, and land. Local sources of income exist for a few, including employment at the school, social security payments, and various kinds of welfare. These funds buy boats, snowmobiles, heating oil, Euro-American clothing and other goods, and food supplements such as flour, tea, and a few canned goods. Though most families rely mainly on foraging for their food supply, and it would be impossible to maintain health without these foods, it is obvious that some kind of cash income is necessary to buy the boats and snowmobiles that make food procurement possible.

The majority of women remain in the village during the summer to harvest and process the fish caught in the salmon nets for the extended family's use; a very necessary task. Boys and girls in their early teens help the women harvest the salmon, but only women process them. Women first butcher the huge quantities of fish, and then air dry them under roofed sheds which are open at the sides. The fish must be carefully tended over several days until ready for smoking. The women then carry the racks of salmon to smokehouses where they remain for two weeks until properly cured. They must be monitored carefully during the smoking process. The salmon are then cached in storehouses for winter use. The process is performed continuously over the summer. While one batch of fish is air drying, another is being butchered, and a third is being smoked. These tasks are overlapped with other work. Since salmon provide about fifty percent of the winter diet, everyone recognizes the importance of the women's role in processing salmon. As one elderly male said, the salmon form the "backbone" of the people's diet.

Large quantities of seal are captured in the spring, but they are also obtained successfully in the winter and fall. Seals still constitute the most important economic contribution by men today. Two men may bring in as many as thirty seals in one day during the spring season.

Matrilocality and Residential Groups

Matrilocality persists in Goodnews Bay despite Euro-American and Russian patrifocal influences. Goodnews Bay villagers state that a young man moves into the home of his parents-in-law for the first few years of marriage and then builds a house adjacent to theirs after two or more children are born. The map of the village and the genealogy of its population confirm that a younger couple builds its house next to the woman's parents. Matrilocality is so strongly entrenched that two recent marriages dissolved because the men found they heartily disliked their parents-in-law, and the wives refused to move away from their parents. Another woman insisted on residing next to her mother despite her husband's employment in another area of Alaska, forcing him to live alone most of the year.

The village of Goodnews Bay had 33 occupied houses in 1966. An analysis of house proximity reveals a number of house clusters, some of them overlapping (see Figure 2). Five of the clusters (13 houses) involve an uncomplicated matrilocal residence pattern since they are composed of an older married couple or widowed parent with married daughters living in adjacent or nearby houses (for examples, see Fig. 3). These examples do not include the three recently contracted marriages in which the bridegroom took up residence within his wife's household. Sixteen houses of the village are grouped into six sibling clusters (examples in Figs. 4, 5), some of them combined with daughter and son-in-law relationships. These household clusters are mostly composed of older, well-established couples whose parents are deceased or very elderly. For instance, two elderly sisters with their husbands form a household cluster (Fig. 3). Another extended family occupying four houses consists of three middle-aged sisters and a brother (Fig. 5A). Yet another cluster of three houses is composed of two sisters and a widowed brother with their families (see Fig. 5B).

Most often, sisters are the center around which such a middle-aged cluster develops. The female sibling tie appears to be strong for both sexes and lasts into old age. Matrilocality is somewhat obscured in the sibling clusters, but on examination, such groups seem to be based on sister to sister or sister to brother connections. The brother to brother cooperative tie (two examples in the village) seems to exist only when one or both are unmarried (Figs. 6A and 6B). These cooperative ties are secondary to the married brother, and seem somewhat tenuous even for an unmarried brother.

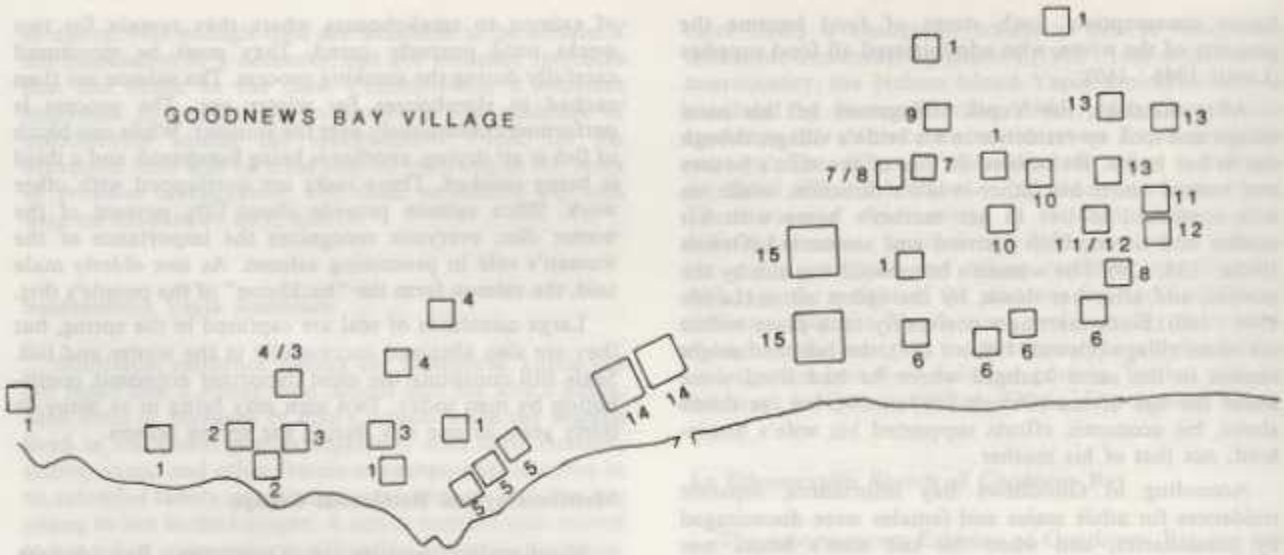


FIG. 2. — House clusters in the village of Goodnews Bay

Key to Figure 2

House and Cluster Numbers :
1 isolates
2 matrilocal cluster
3 network of one unmarried and two married brothers
4 matrilocal cluster — note connection to network 3
5 brother-sister cluster
6 brother-sister cluster
7 matrilocal cluster
8 brother-unmarried brother network
9 single house with father, daughter, and son-in-law
10 sister-sister cluster
11 matrilocal cluster — note connection to 12
12 brother-sister cluster
13 matrilocal cluster with adult unmarried son's house
14 store and warehouse
15 school and teacher's residence

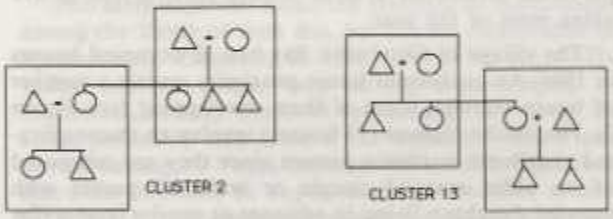


FIG. 3. — House clusters 2 and 13 (see Fig. 2) illustrating matrilocality. Squares represent separate dwellings.

Eight households in the village are essentially isolated in space, and thus somewhat isolated from relatives (houses labeled #1 in Fig. 2). They participate in kin interaction on an economic level, but not as intensely as households embedded in a cluster. The isolated households include one family which shares economic activities occasionally with the woman's mother and two sisters; two unmarried brothers who have been rejected by their father's sister, also isolated; a young couple who tried to escape both sets of parents to avoid conflict; and four older couples without close (i.e. cooperating) relatives in the community. However, these last four families include unmarried adolescent children and so do not truly fit within this category. In the future, the married daughters will remain with the parents and the sons will leave to marry elsewhere.

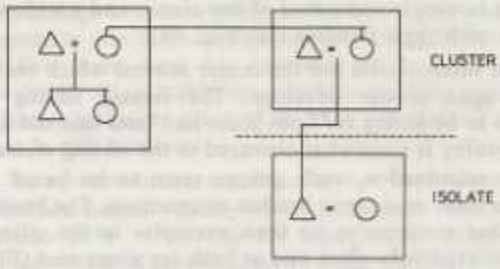


FIG 4. — House cluster 10 — sister to sister cluster; first house with adolescent children, second with married son, category 1 (see Fig. 2).

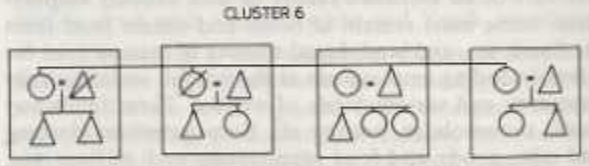


FIG 5A. — Brother to sister matrilocal cluster

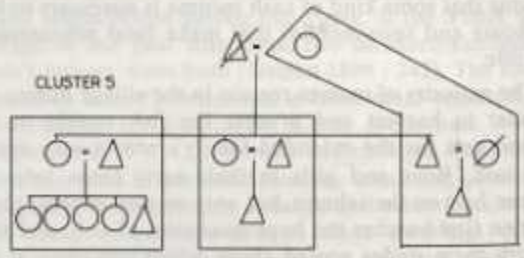


FIG 5B. — Brother to sister matrilocal cluster with surviving mother

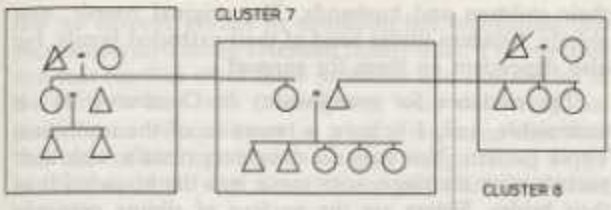


FIG 6A. — Matrilocal house cluster with married-unmarried brothers network. See clusters 7 and 8 in Fig. 2

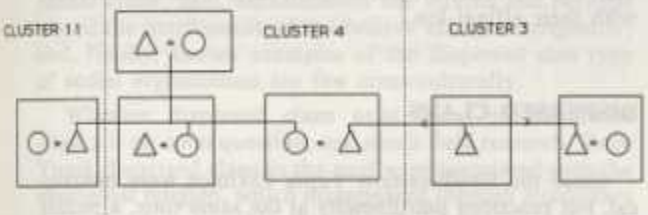


FIG 6B. — Matrilocal house cluster which overlaps with unmarried brother and married brother tie. Note that married son of couple in cluster 4 belongs to cluster 11.

Two instances of patrilocal residence occurred recently, according to informants, but they each lasted less than a year. Details of one case are unknown, but in the other, a woman whose parents were deceased and who had no siblings consented to move in with her husband's parents. This arrangement proved to be unsatisfactory to her, for she was unable to adjust and she successfully insisted on moving away into a "neolocal" situation.

A map of the winter village of Mumtrakh, Goodnews Bay's predecessor, circa 1906 (see Fig. 7), was obtained from an elder, W.S., who drew the original map from memory. His recollection of the people who lived there indicates that matrilocality prevailed in Mumtrakh when he was young. He moved to Mumtrakh (an airstrip is on the site today) from the village of Quinhagak when he married a young woman of the settlement. They lived in her parent's house (#1), one of six houses in the community at the time. Two adjacent houses (#2 and #3) contained an older couple and a daughter with her husband. The next house (#4) does not fit the matrilocal pattern as well for it contained the brother of the husband previously mentioned with his family. The brother may have been married to one of the community women, but this information was overlooked in the field. The remaining two houses (#5 and #6) contained an older couple and their daughter with her husband.

After W.S. and his wife had two children, he and the other men of the community built a seventh structure, a kashgee or men's house (noted in Fig. 7 with solid black circle), leaving the original houses to the women (and children) who traditionally had exclusive ownership of them. Why a kashgee was not already standing circa 1906 is not known. Kashgees existed at Mumtrakh before this period, but the houses had to be rebuilt almost every season, and apparently the kashgee had not been rebuilt shortly before the time of this account. W. S.'s account suggests that the increase in the number of children in the women's dwellings triggered the building of a new kashgee.

The anomalous juxtaposition of two brothers is repeated in another ethnohistorical example. When W.S. was a young unmarried man (he was orphaned), he lived with his two married sisters who lived together. They were later joined by an older married brother and his wife. It is possible that the brother and his wife were only visiting the sisters for a season, but ordinarily they should have been associated with the wife's parents or elderly relatives unless they were all deceased. Such a supposed anomaly is cautionary, for custom will give way to practicality as needed in hunter-gatherer societies (Leacock 1981 : 70). Indeed, it is surprising that modern Goodnews Bay is not more flexible in post-marital residence, but this may be due to residing in permanent houses the year-round, making it difficult to change living arrangements easily.

It should be noted that two elderly survivors of W. S.'s sibling group, though speaking affectionately of each other and both residing in Goodnews Bay, no longer live in the same house cluster. W. S. (house cluster 10 in Fig. 2) has adolescent children and lives adjacent to the home of his wife's sister, and his brother's widow is the residential focus for two married daughters and a widowed son (house cluster 5, Fig. 2); situations that are matrilocal. Thus, matrilocal residence is the prevailing pattern in Goodnews Bay.

Work Relationships

The matrilocality of the Goodnews Bay villagers shapes the economy by governing the companions chosen for work. Work undertaken with others is not uncommon, but the villagers most often work with relatives of their household cluster. Although the extended family may be housed in one to four adjacent dwellings, the right to use capital and consumer goods contained in any of the dwellings and their storehouses is a right held by all members of the extended family. I have seen a man walk into his sister's dwelling with a can of coffee and use her can opener without a word being exchanged. I was told later that if he needed a can of coffee, he would have taken one from his sister's cupboards as a matter of right. Within an extended family a young man was noted who used his uncle's boat without asking permission, again as a matter of right. Snowmobiles are freely used within the extended family. If the use of such a piece of equipment interferes with the plans of the person who paid for it, nothing is said. Since the food that is obtained through the use of the equipment is shared within the group, the sharing of equipment does not seem unreasonable.

Work follows the sexual division of labor and each person works with same-sex relatives, most often of one's own generation. For married men, these include wife's father, unmarried sons, wife's unmarried brother, and, most important of them all, wife's sister's husband. Unmarried men living alone seek out their brothers and male cousins, who, if married, are likely to be living in their natal community, since endogamy within the village is preferred. Divorced men taking their ease are often seen in the company of their ex-wives' brothers or male cousins, for the friendship developed while the marriage lasts often survives the divorce. For a male, the brother-in-law married to his sister is important, but the brother-in-law married to his wife's sister is even more significant, for they are work companions, attached to the same household cluster after marriage. The tie between a man and his

wife's sister is also strong. Amiability and affection color the relationships of same generation affines.

The situation is much more straightforward for women, as it was aboriginally. They live side by side with their work companions in an uncomplicated manner. These include mother, daughters, sisters, mother's sister, and mother's sister's daughters. Preferred work companions for women outside of the extended family are brother's wife or, very occasionally, a daughter's mother-in-law.

The economic tasks undertaken by brothers-in-law of the same house cluster include fishing, hunting, repairing and building boats, and serving as crew on the same fishing boat at the cannery.

Mothers, sisters, daughters, and female cousins share child care. They work as a group to butcher and distribute game outside of the extended family, pick greens and berries, carry fish from the nets, and process them for storage. Nuclear families embedded within a matrilocal cluster share meals most of the time.

Two unmarried male cousins, part of an extended family, regularly fish and hunt for the benefit of the three families making up the extended household. The cached food is used in common, and the three families share tools, weapons, a snow machine, boats, and dog team and sled. The identity of the actual "owner" of these and other goods is irrelevant. They are available to everyone within the extended family without permission being sought or granted. Unprocessed fish, seal, and other food is often shared with neighbours, friends, and kin outside of the household cluster.

One older widow who does not wish to remarry is supplied with game by her two unmarried nephews and widowed brother. In return, she sews, fishes, prepares skins, and performs other kinds of female subsistence tasks for them. This group ordinarily would form a house cluster, but the individuals do not live in neighbouring dwellings because the widow refuses to allow it for personal reasons.

Never-married adults and divorced individuals rely on siblings for their primary work group. One unmarried male often shares his meat with a married brother, though he hunts for his mother and two unmarried sisters. The married brother, though involved in his wife's house cluster, nevertheless contributes meat to his widowed mother's household. The two brothers often hunt together and the unmarried brother helped teach his brother's son to hunt. Tools and boats are used in common. Presumably this will change when the younger brother marries. Despite their cooperation, tensions exist which do not occur between brothers-in-law. Generally, married men choose in-laws, their co-residents, as companions for subsistence tasks, while unmarried men resort to consanguineal relatives, not always co-resident, as work companions.

The residential life cycle of the Goodnews individual is begun by a young couple living in the same structure as the young woman's parents immediately after marriage, moving into another structure in close proximity after one to two children are born, and sharing economic tasks and resources with other members of the woman's extended family. As their children grow, the young couple becomes middle-aged and becomes the residential focus, perhaps with other surviving female siblings of the wife, for their adolescent children. The children mature and take spouses, the sons leaving and the daughters remaining with their children and husbands. The original couple, now elderly, becomes titular head of their extended family, but also dependent on them for support.

The evidence for matrilocality in Goodnews Bay is undeniable, and, I believe, a retention of the traditional Yupik pattern. Not only do daughters remain with their parents after marriage, sons move into the households of their brides. Sisters are the nucleus of sibling networks while married brothers appear never to reside within the same cluster in the absence of a sister who connects them. This is particularly interesting when it is realized that men formerly lived in the men's houses, away from the women. Related women form warm close relationships, but the men show more overt warmth and seem to be more at ease with their affinal kin.

DISPERSED CLANS

Since the Southwestern Yupik Eskimos were matrilocal, but practiced patrilineality at the same time, a puzzle appears in the culture. Only one group is listed in the Human Relations Area Files with the combination of patrilineality and matrilocality : the Mundurucu of South America. Murphy (1956 : 414) describes the combination of patrilineality and matrilocality in this group and comments that this combination has long been considered unusual as a social pattern.

Ramos (1978 : 679) disagrees with Murphy and points out that the combination is not unusual in South America, although she does not mention its occurrence elsewhere in the world. Besides the Mundurucu, patrilineality and matrilocality occur among the Sanuma, the Tapirape, the Kaingang of South Brazil, and the Shavante of Central Brazil. Ramos (1978 : 681) argues that, while the Mundurucu are patrilineal, they do not have descent groups. Mundurucu clan members do not undertake joint action, do not have jural functions, or perform other roles that clan members elsewhere might perform. Instead, these patrilineal clans might better be classified as descent-based social categories (Ramos 1978 : 683). Descent is not an important factor, but kinship is.

As an example, Ramos' work on the Sanuma of South America shows that they have lineages (1972 : 74), just as the Nunivak Yupik do (Lantis 1946 : 241). All Sanuma additionally belong to dispersed clans in which descent is not structurally significant, and which does not always lead to group formation. To repeat Sahlins' (1968 : 53) definition, a dispersed clan is not a group, "but an uncoordinated *category* of people, the members of which share common status and identity..., but never act as a collectivity." The members of the group recognize common descent but cannot define the ancestor in common, like the southwestern Yupik. Each dispersed clan is associated with a totem unique to it. Its members are scattered widely, as its name suggests, and the dispersal of related people provides avenues for communities to cooperate economically, politically, and otherwise (Sahlins 1968 : 53).

The concept of the dispersed clan seems to fit the Yupik situation as described by Nelson and Lantis far better than the corporate clan or lineage-only concept. Neither Lantis nor Nelson witnessed clans functioning in a political or economic manner. Both complained that it was difficult to gather information on the subject. They

saw no descent groups in operation but recognized that people operated along extended family lines. The explanation that clarifies all of these problems and explains all of the parts is that both investigators were describing dispersed clans without knowing what a dispersed clan was. This kind of kin organization was not recognized as a type until about 1960; well after Nelson and Lantis did their research.

Since that time, dispersed clans have continued to go unrecognized among the Yupik for three reasons : first, Nelson's seemingly chaotic observations of clans in the nineteenth century have appeared unpersuasive to later investigators because they did not fit the model of corporate clans; next, acculturation has diluted and perhaps erased the patrilineality that I believe existed aboriginally; and, finally, known examples of the dispersed clan type of social organization are few cross-culturally.

Whether dispersed clans exist today in Southwest Alaska is an open question, and needs field research. Since Yupik dispersed clans in the past were associated with the aboriginal religion, which disappeared through missionary pressure, it is possible that the clans disappeared with them. Grave boxes were decorated with the "family" totem of the deceased and small offerings of food were made at the gravesite (Nelson 1899 : 311-312). During mortuary feasts which honored the dead, inogos were used to invite the ghost from the land of the dead to attend the feast. The deceased's namesake was then possessed by the ghost, thus enabling the ghost to enjoy the food, clothing, and other offerings made to it (Nelson 1899 : 363-365). These ceremonies were discontinued with the advent of Christianity, and it is possible that the dispersed clans may have perished along with the aboriginal religion.

It is more likely, however, that the expression of dispersed clans may only be subdued in contemporary culture. Today, in the Yupik village of Goodnews Bay, logs washed onto shore are claimed by the first finder who lays his claim to ownership by painting a symbol on the log. Every extended family has such a symbol and everyone understands who these signs represent. These symbols may be "inogos," representing dispersed clans. Field research addressed to the question will clarify the subject, and may establish that dispersed clans continue to exist in Southwest Alaska.

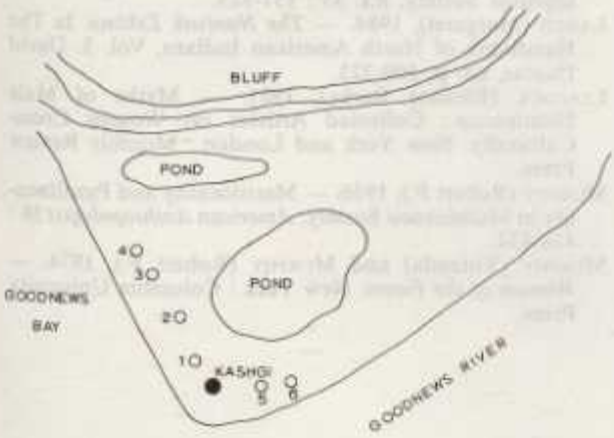


FIG 7. — Mumtrakh circa 1906

COMPARISONS AND CONCLUSIONS

The aboriginal hunting-gathering Yupik Eskimos in southwest Alaska and the modern horticultural Mundurucu of South America share a number of similarities in their social structure which flow logically out of the basic feature they share : the combination of patrilineality and matrilocality. Some of the social features are predictable; others seem less so, but may be more significant than they appear.

Matrilocality provides advantages in both cultures because the women operate in cooperative consanguineal groups to process the mainstay of the food supply : salmon among the Kuskokwagamuit Yupik and manioc among the Mundurucu. The exploitation of salmon in southwestern Alaska resulted in "large and stable concentrations of population," and provided a reliable source of food that was more dependable than coastal sea mammal hunting (VanStone 1984 : 207). In Goodnews Bay today, while the salmon are running, the entire adult female population labors all during the long summer daylight hours in drying, smoking, and storing the salmon harvest for the winter. It is a maximal effort, for the salmon season is short.

Mundurucu women produce flour from manioc; a complex and lengthy process requiring the cooperation and coordination of several women simultaneously. The women dig the manioc, carry it to the village, grate it, extract the prussic acid, and form the resulting product into flat cakes or manioc flour. All of these procedures are done at the same time. While one woman does one operation, another is doing the second, and so on. An older woman coordinates these tasks. This cooperation is facilitated by the consanguineal bonds of the women of the household (Murphy: 1956 : 425-426).

Both the present-day Mundurucu and aboriginal Yupik have or had men's houses where the men lived separately from their wives and children. The aboriginal Yupik lived in such a manner only during the winter season when they resided in permanent villages. During the other seasons, they camped in nuclear or extended families to forage.

Like Yupik men, Mundurucu men sometimes must leave their natal villages to live in the men's houses of their wives' communities. They are thus separated from their brothers and other male clan-mates who may also leave their natal homes. Thus, "Any single clan will have its male members scattered throughout Mundurucu country" (Murphy and Murphy 1974 : 76-77). While clan corporateness is lost, the wide distribution of male relatives strengthens the solidarity of the ethnic group. This situation provides a "unique form of integration" (Murphy and Murphy 1974 : 77).

Each Mundurucu village is politically autonomous but in the past was allied with other villages for war. Murphy's description makes it clear that patrilineality strengthened tribal integration for warfare. No aggression occurred among linked villages, and peace within the village was the ideal (Murphy 1956 : 416).

Like the Mundurucu, the Yupik villages were politically autonomous in the past. It is likely that patrilineality had the same peacemaking effect among the Yupik that it did among the Mundurucu. It seems reasonable to me that the scatter of related men throughout the area was instrumental in insuring peace among the Kuskokwagamiut villages, while integrating them into a polity for the

purpose of warfare with other groups. This speculation is supported by Nelson's (1899 : 325, 327) remarks that no conflict occurred among the villages within a group, but inter-group warfare was common.

Despite the existence of patrilineality, both Yupik women and Mundurucu women retained their children in case of divorce. Both the Yupik and Mundurucu communities practiced endogamy and exogamy; that is, marriage either within or outside the village was permitted (Lantis 1946 : 241, 234; Murphy 1956 : 418). These last two features appear to be less important than others, but as they are found in both cultures, they may be significant.

The similarities of the two societies are summarized as follows:

1. Both societies are patrilineal and matrilocal. The patrilineality is of the noncorporate type for both groups. This combination has been described so far only for some horticultural South American groups and is here postulated for the southwestern Yupik Eskimos in the past.

2. Both groups have separate dwellings for men and women.

3. The patrilineality of the two groups functions to integrate autonomous villages for war.

4. There are no rigid rules for the practice of either exogamy or endogamy.

5. Women keep the children when divorce occurs.

6. Most importantly, perhaps determining the matrilocality of the group, both societies depend on the smooth working relations of the women who process the staple food for their respective groups.

Why do the six traits listed above appear in both groups as if they were an indivisible package ? Some logically belong together, but others do not. Other societies, after all, handle the problems of war, peace, organization of task groups, etc. with other social configurations. For instance, affinal rather than consanguineal women's groups could presumably prepare salmon or manioc. Men and women logically do not have to live in different dwellings among the Mundurucu and Southwestern Yupik. Yet, here are two groups where men's houses appear to be a feature of matrilocal-patrilineal organization. Do they arise from some necessity in the matrilocal-patrilineal arrangement ? Men in other matrilocal societies do not live separately from women, and men's houses appear in patrilocal societies.

The question of why two cultures, one hunting-gathering and the other horticultural evolving in disparate environments a continent apart, should develop such a similar series of cultural traits is puzzling. The one basic trait of the Mundurucu and Yupik Eskimos, the patrilineal-matrilocal combination, which in these two examples are patrilineal dispersed clans, appears to be the basis from which most other similarities between the two groups are derived. Nevertheless, it seems surprising to find such a large number of similar basic traits between a hunting-gathering group and a horticultural one. Apparently, the mode of production is not as important as once assumed in the social structuring of societies.

ACKNOWLEDGEMENTS

Fieldwork in Goodnews Bay, Alaska, 1966-1967, was supported by the National Science Foundation. An early version of the paper was presented to the IX International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences, Vancouver, British Columbia, in 1982. Many thanks to Ernest S. Burch, Jr., Geoffrey L. Gamble, Laura F. Klein, Margaret Lantis, Phyllis Morrow, Wendell H. Oswalt, and James T. Payne for reading and commenting on the various drafts of this work. They have all been instrumental in the development of the paper, but the ideas presented are the author's responsibility.

Much appreciation to Robert E. Ackerman for the preparation of Figures 1 and 7, and assistance with Figures 2-6.

REFERENCES CITED

ACKERMAN (Robert E.), 1970. — Archeoethnology, Ethnoarcheology, and the Problems of Past Cultural Patterning. *In* : Ethnohistory in Southwestern Alaska and the Southern Yukon : Method and Content. Margaret Lantis, ed. p. 11-48. Lexington : University of Kentucky Press.

ACKERMAN (Robert E.) and ACKERMAN (Lillian A.), 1975. — Ethnoarcheological Interpretations of Territoriality and Land Use in Soutwestern Alaska. *Ethnohistory* 20 : 315-334.

BURROUGHS (John), MUIR (John) and BIRD GRINNELL (George), 1901. — *Alaska. Narrative, Glaciers, Natives.* Volume 1. Harriman Alaska Expedition with Cooperation of Washington Academy of Sciences. New York : Doubleday, Page & Company.

EDMONDS (H.M.W.), 1966. — The Eskimo of St. Michael and Vicinity as Related by H.M.W. Edmonds. Dorothy Jean Ray, ed. *Anthropological Papers of the University of Alaska* 13 : 1-143.

FIENUP-RIORDAN (Ann), 1983. — *The Nelson Island Eskimo.* Anchorage : Alaska Pacific University Press.

GAMO (Masao), 1978. — The Band Structure and Acculturation among the Eskimos of Nelson Island, Southwestern Alaska. *Senri Ethnological Studies* 4 : 157-167.

KILBUCK (John H), n.d. — *Something about the Innuit of the Kuskokwim River, Alaska.* Papers, Box 7, Folder 2. Archives of the Moravian Church, Bethlehem, Pa.

LANTIS (Margaret), 1946. — The Social Culture of the Nunivak Eskimo. Transactions of the American Philosophical Society, n.s. 35 : 151-323.

LANTIS (Margaret), 1984. — *The Nunivak Eskimo.* **In** The Handbook of North American Indians, Vol. 5. David Damas, ed. p. 209-223.

LEACOCK (Eleanor Burke), 1981. — Myths of Male Dominance : Collected Articles on Women Cross-Culturally. New York and London : Monthly Review Press.

MURPHY (Robert F.), 1956. — Matrilocality and Patrilineality in Mundurucu Society. *American Anthropologist* 58 : 414-434.

MURPHY (Yolanda) and MURPHY (Robert F.), 1974. — *Women of the Forest.* New York : Columbia University Press.

NELSON (Edward William), 1899. — *The Eskimo about Bering Strait.* Bureau of American Ethnology 18th Annual Report. Washington, D.C. : Government Printing Office.

OSTERMANN (H.) ed., 1952. — *The Alaskan Eskimos. As Described in the Posthumous Notes of Dr. Knud Rasmussen.* Copenhagen : Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag.

OSWALT (Wendell H.), 1963a. — *Mission of Change in Alaska.* San Mariso, California : The Huntington Library.

OSWALT (Wendell H.), 1963b. — *Napaskiak : An Alaskan Eskimo Community.* Tucson : The University of Arizona Press.

RAMOS (Alcida R.), 1972. — *The Social System of the Sanuma of Northern Brazil.* Ph. D., University of Wisconsin. Ann Arbor : University Microfilms, Inc.

RAMOS (Alcida R.), 1978. — Mundurucu : Social Change or False Problem ? *American Ethnologist* 5 : 675-689.

SAHLINS (Marshall D.), 1968. — *Tribesmen.* Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall.

SCHEFFLER (H.W.), 1964. — Descent Concepts and Descent Groups : The Maori Case. *Journal of the Polynesian Society* 73 : 126-133.

VANSTONE (James W.), 1984. — The Southwest Alaska Eskimo : Introduction. **In :** The Handbook of North American Indians, Vol. 5. David Damas, ed. p. 205-208.

VANSTONE (James W.), 1984. — The Mainland Southwest Alaska Eskimo. **In :** The Handbook of North American Indians, Vol. 5. David Damas, ed. p. 224-242.

ZAGOSKIN (Lavrentiy A.), 1967. — *Lieutenant Zagoskin's Travels in Russian America, 1842-1844.* Arctic Institute of North America, Anthropology of the North: Translations from Russian Sources : #7. University of Toronto Press, Canada.

THE JEAN GABUS COLLECTION FROM THE CARIBOU INUIT : AN ETHNOHISTORICAL PERSPECTIVE

by Yvon CSONKA

ABSTRACT. — There are two interesting collections on the Central Canadian Arctic Inuit in the Swiss museums. A brief introduction presenting some contexts in which the objects can be viewed (history of research, history of interpretations, history of the Caribou Inuit themselves), is followed by a description of the Jean Gabus collection at the Neuchâtel Ethnography Museum.

Key-words : Caribou Inuit — Neuchâtel Ethnography Museum — Jean Gabus collection.

RÉSUMÉ. — **Collection Jean Gabus sur les Inuit Caribou : une présentation ethnohistorique.** *Les musées suisses conservent deux collections, peu connues, sur les Inuit de l'Arctique central canadien. Le catalogue d'une partie de la collection de l'ethnographe Jean Gabus, conservée au Musée d'Ethnographie de Neuchâtel, est précédé d'une brève présentation des contextes dans lesquels s'insèrent ces objets : histoire de la recherche, histoire des interprétations, histoire des Inuit Caribou.*

Mots-clés : *Inuit Caribou — Musée d'Ethnographie de Neuchâtel — Collection Jean Gabus.*

The Caribou Inuit from the Central Canadian Arctic are represented in Switzerland by two interesting and little known ethnographic collections. One, of about 130 items, was sent in 1920 by Father Arsène Turquetil, a French Oblate missionary who created the Chesterfield Inlet mission, to the Neuchâtel Ethnography Museum. The other was brought back in 1939 by the Swiss ethnographer Jean Gabus, from his long stay in Eskimo Point (officially Arvit since 1989) and its surroundings. These 150 items are distributed between the Basel Ethnography Museum (82), the Neuchâtel Ethnography Museum (60), and the ethnographical collection at the University of Fribourg (8).

Although these collections have been in museums for some years, they had neither been published nor studied. Some individual artefacts have appeared in Gabus' and Gessain's publications. Jean Gabus was the first ethnographer to follow in Birket-Smith's and Rasmussen's footsteps on the northwest shore of Hudson Bay, and he provided the only available information on this region at the end of the 1930s. In 1945, he became director of the Neuchâtel Ethnography Museum (he retired in 1978). His career as a museographer was very successful; on the field, his interests shifted to the Sahara peoples. In 1975, while he was invited to help reorganize the National Museum of Man in Ottawa, he was offered a short trip to Eskimo Point. Gabus was shocked by the change he saw in that society : « Bien que j'ai abandonné les études sur les Esquimaux pendant fort longtemps, j'ai eu l'occasion de les retrouver après 37 ans d'absence, et jamais de ma vie d'ethnologue... je n'ai observé pareils changements de société » (Arctica 1978 : 548). This prompted him in 1976 to present an exhibition called « Les Esquimaux hier... aujourd'hui », where all the Eskimo artefacts from the museum, plus many others, were displayed.

The present paper will deal with the Gabus collection in Neuchâtel. My research was initiated at the Centre d'Etudes Arctiques with a grant from the Fonds national suisse de la recherche scientifique, which also supported field work in Canada in 1986. An assignment from the museum itself enabled me to publish all Inuit artefacts in its reserve (1).

THEORIES

The Fifth Thule Expedition provided extensive ethnographic coverage of northwestern Hudson Bay. Birket-Smith and Rasmussen spent a few months there in the spring of 1922, and Birket-Smith returned for a few weeks the following year. To the people living inland, they gave the name of Caribou Eskimos, because of their dependence on this species. Birket-Smith was struck by the simplicity of their way of life, and interpreted it as proof that this culture must be very old compared to Arctic and Subarctic cultures of North America, and indeed related to late palaeolithic times in Europe (Birket-Smith 1929b). As a data basis, he took the material culture into account. From the Caribou Eskimo inventory, he substracted the elements which he felt were borrowed from neighboring peoples. What remained was, as could be expected, a very simple and undifferentiated cluster of elements, what Birket-Smith called "the Caribou Eskimos' real or original culture" (1929b : 42), the object of his study. This was followed by the assumption that an undifferentiated and simple material culture could only be old (2). Bruce Trigger commented recently on the "rule" apparently applied here : "One cannot assume, as many anthropologists used to, that items that have wide distributions are necessarily older" (1986 : 55).

(1) See Csonka 1986a and 1988; this paper is a compilation and translation of those two previous writings.

(2) Arima (1975 : 208) had already mentioned the logical flaws of this theory. For a further discussion from the logical standpoint, see Csonka 1986b.

This interpretation was immediately challenged by the expeditions' archaeologist, Mathiassen (see 1930), but it could not be proved wrong until the results of Harp's archaeological excavations along the Thelon river, several hundred kilometres inland (Harp 1961). It became clear that the Caribou Inuit hadn't lived for long on the Barren Grounds. From these new data, scholars have proposed new models.

Clark (1977) thinks that culture change happened *in situ* after 1770. Coast dwellers, descending from representatives of a "modified" Thule culture, would have been enabled to start living permanently inland by the use of rifles. At the same time, their culture would have degenerated under the negative influence of acculturation.

According to Burch (1978, 1979), there were no Inuit for some time on the Hudson Bay coast after the Thule culture disappeared from there. A group of Copper Inuit would have migrated to the southeast, reaching the coast near Chesterfield Inlet, between 1680 and 1710, and back inland some time later.

Historical context

While their origins were being discussed, the Caribou Inuit didn't fare well in the twentieth century. Until a few decades, Canada seemed to turn away from its northern regions. Little research was sponsored in the North; its motivation was economic or political. "The publication by W.F. King in 1905 of the seminal *Report upon the Title of Canada to the Islands North of the Mainland of Canada*, which questioned Canada's title to some of the Arctic islands if active possession was not carried out, disturbed the government. The flag-raising expeditions of J.E. Bernier between 1906 and 1911 and the Canadian Arctic Expedition under Vilhjalmur Stefansson of 1913 to 1918 resulted." (Cook 1982 : 4). These expeditions, which, from the above quotation, appear to have been financed for political reasons, didn't cover Hudson Bay, and the Caribou Inuit ended up being studied by European scholars. Birket-Smith, from Denmark, provided a fundamental monograph (1929a). Gabus, a french-speaking Swiss, was next in 1938-39. Jean Michéa, a French ethnographer, visited the Ahiarmiut at the turn of the 1940s. Steenhoven, a Dutch anthropologist interested in law, stayed with the Ahiarmiut in southern Keewatin in 1955 (see references).

The Hudson's Bay Company established a trading post in Eskimo Point in 1921, soon followed by catholic (1924) and anglican (1926) missions, and the police (1936). The Padlei post, relocated later at Kingariuellik, further up the Maguse River, was opened in 1926.

During the winter Gabus spent in Eskimo Point, there was a serious famine inland. He went there in the spring of 1939, and was in Kingariuellik during the Caribou migration.

Before World War II, the price of white fox pelts was seriously declining. Several famines were recorded among the Caribou Inuit since the beginning of the century, followed by epidemics, until eventually, quite late, the authorities took emergency measures and the survivors were displaced to the coast before 1960. For the former inlanders, this was the end of a way of life (3).

(3) Malaurie commented on the situation a little further north, among the Back River Netsilik (1968).

The collection's context

Gabus' collection can be compared to others coming from the same general area. In particular, the Donald B. Marsh (Anglican missionary in Eskimo Point) collection at the Manitoba Museum of Man and Nature (more than 500 items) is contemporaneous.

As Gabus (personal communication, 1986) was living among an impoverished people, under the tent in the summer, in an igloo built for him during the cold season, he could not easily collect many objects. Most were not sold, but given him. The toys were offered by children. Sometimes, Gabus would ask parents for them, who in turn asked their offspring to set a price if they were willing to part from them.

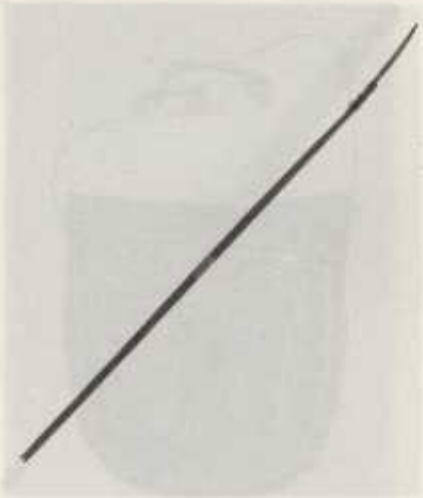
Gabus (still from interviews with the author in 1986) felt that objects were perceived as containing a part of its owner's soul. For example, he had asked a man he knew well, Pinnekradjout, for his old snowknife. The Inuk seemed upset and didn't answer. One morning, a few days later, the ethnographer found the knife in front of his igloo. Objects, he remembers, were not given hand to hand.

The following catalogue covers all the objects from the Gabus collection which are at the Neuchâtel Ethnography Museum.

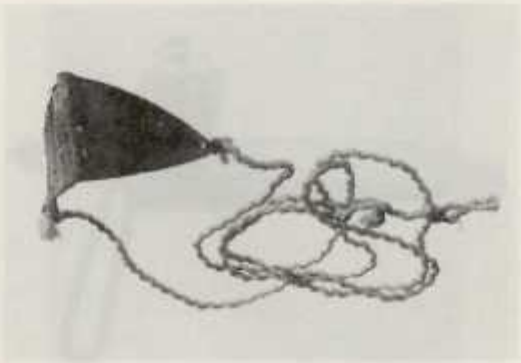
Key to descriptions :

Cat. no. Title "vernacular" according to collector [modernized spelling, etymology] according to author.
TRIBE (if not Paallirmiut), place of origin.
Description.
"Collector's comments". Author's comments.
Dimensions./ Museum no.
Literature.

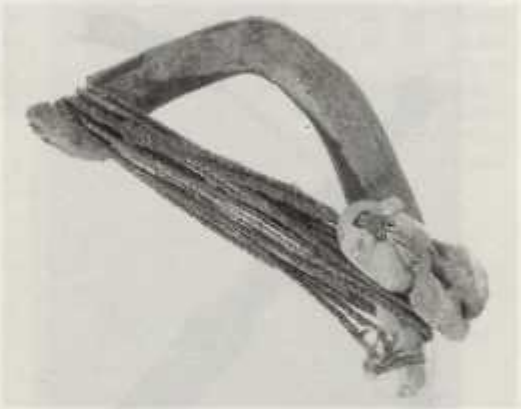
1 Bow "*pitiktaot*" [*pitiksi*]
The stave is a branch split in half through its length; string backing and cord.
"For ptarmigan hunting". According to Birket-Smith, only young men use the bow.
Length : 114 cm./ VI 303.
Lit. Birket-Smith 1929a : 102, 104.



2 Three arrows [*qarjuk*]
Bone heads, curved, fastened with sinew against roughly carved wooden shafts. They belong to the above bow.
Length : 60.5; 60; 48.5 cm./ VI 304-306.



3 Sling [*ibjuuk*]
Diamond-shaped piece of sealskin pierced by three small holes, attached to two cotton strings.
Used by boys against targets or birds.
Length of diamond : 15,5 cm./ 86.15.6.
Lit. Birket-Smith 1929a : 116, 117.



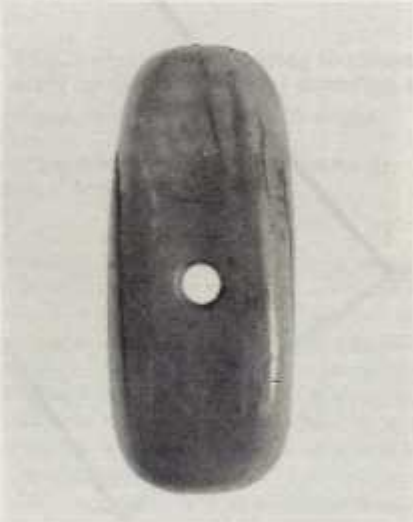
4 Fishing line [*aulijjut* : the reel; *qarjuksaq* : the hook] [PAALLIRMIUT or AHIARMIUT]
Wooden reel, plaited sinew line. The iron hook, fitted with a skin lure, is fixed in a bone sinker.
Length : reel 17.4 cm; line 322 cm./ 86.15.7.
Lit. Birket-Smith 1929a : 123, 124; Gabus 1943 : cover photograph.

5 Bowl
Oval shaped, carved in stone. There is a hole at the bottom.
"Caribou broth bowl. Found on a tomb".
Diameter : 9 to 13 cm./ VI 310.

6 Pipe "*puyuletti*" [*pujulitti*]
AHIARMIUT.
Black soapstone bowl reinforced by brass rings, with iron cover and chain; the stem is made of horn.
Length : 12.5 cm./ VI 314.
Lit. Birket-Smith 1929a : 148, 149; Gabus 1975 : 67.

7 Unfinished pipestem
AHIARMIUT.
Small stick whose central fibers have been extracted by twisting. This unfinished pipestem illustrates a technique to obtain a long hole which is not mentioned by Birket-Smith. The stem is usually split through its length, the inside hollowed, and both halves lashed together again.
Length : 22 cm./ VI 315.

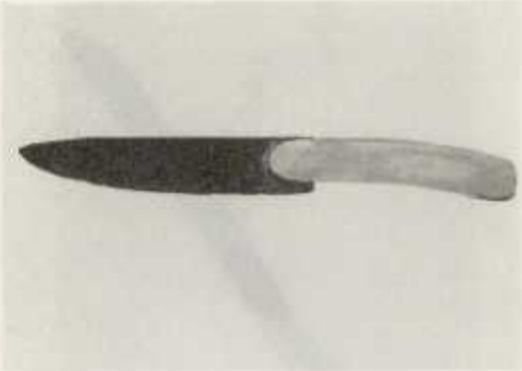
9 Bag
Black cotton with string strap. A piece of red felt decorated with glassbeads is sewn on the front. The bag is worn.
Length : 29 cm./ VI 319.



10 Ivory button
Rounded on one side, flat on the other.
Since walruses are almost nonexistent on Paallirmiut territory, this object is not typical to them.
Length : 6.1 cm./ 76.3.1.

8 Scrap from a pipestem
AHIARMIUT.
Small stick of which only the twisted central fibers remain at one end.
"Krayuntak (Alariak)" is written by Gabus on a label [?].
Length : 40,5 cm./ VI 316.

11 Drill and mouthpiece [*ikuutaq : the drill*]
The drill is a flattened nail stuck in a wooden shank; the mouthpiece is a charred caribou astragalus. The bow is missing.
Length : drill 25 cm; mouthpiece 4.5 cm./ 86. 15. 8 a,b.
Lit. Birket-Smith 1929a : 239.



13 Knife
Baker Lake.
Ground slate blade wedged into a bone handle.
"Exact reproduction of ancient knives". Birket-Smith illustrates a similar flensing knife with an iron blade.
Length : 15 cm./ VI 309.
Lit. Birket-Smith 1929a : 140, 145.

14 Snowknife "*panna*" [*pana*]
Iron two-edged blade, whose tang is maintained in the handle by a piece of wood and a riveted copper plate. The end of the handle is broken.
Paallirmiut frequently used this type of blade which was bought at the HBC store. It was originally made for the Indians, who lashed it by the notches in a dagger handle.
Length : 51 cm./ VI 307.
Lit. Birket-Smith 1929a : 79, 80.

---

12 Knife
Baker Lake.
Two-edged ground slate blade wedged into a bone handle.
"Exact reproduction of ancient knives". Gabus has not been to Baker Lake, he must have obtained it elsewhere.
Length : 14.4 cm./ VI 308.

15 Snowknife [*pana*]
Stainless metal blade maintained in a caribou antler handle by two riveted iron plates. Scripture on the blade : "E.M. Dickinson Sheffield. England Invicta Stainless".
This type of blade is closer in shape to the original bone snowknife. This one was given to Gabus by his informer Pinniqajjut in Eskimo Point.
Length : 45 cm./ 86.18.1.

16 Snow probe "*habgut*" [saggut]
Wooden stick, with a bone handle and a ferrule of antler at the other point.
The probe is used to determine the consistency of the snow before building an igloo.
Length : 78 cm./ VI 311.
Lit. Birket-Smith 1929a : 78; published in Gabus (1975 : 68).

SKIN SCRAPERS

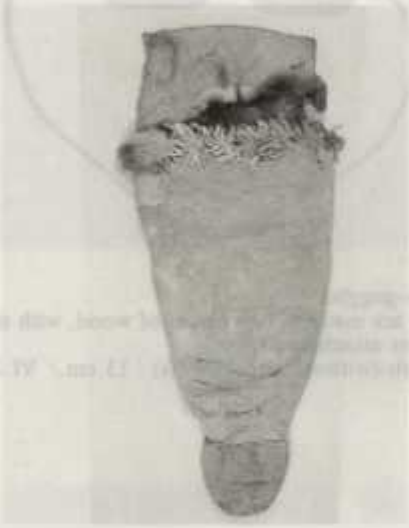
Caribou Inuit skin preparation has been described by Birket-Smith (1929a : 241-247), Gabus (1940-41), and Turquetil (list accompanying his collection, archives of the Musée d'Ethnographie de Neuchâtel). The information given by these authors is sometimes complementary, and sometimes contradictory.

17 Scraper "*isitkrot*" [isiqqut]
The polished blade of this sandstone scraper is convex on both sides.
Used after fleshing, to stretch the skin.
Length : 14 cm./ VI 326.
Lit. Published in Gabus (1975 : 64, 66).

18 Scraper "*sakkut*" [etymology : probably from *saapkut* : finished]
The iron blade is riveted in a wooden handle.
Used for the final softening and thinning of the skin.
Length : 8,2 cm./ 86.15.3.

19 Scraper "*sakkut*"
The iron blade is stuck in a bone handle.
Length : 12 cm./ 86.15.4.

20 Caribou skin
The skin has not been scraped.
"Goes under the sleeping bag, fur-side against the snow". According to Birket-Smith, Paallirmiut didn't have sleeping bags before Whites came, and the furs they used as mattresses were laid furside up. Women would sleep on raw skins sometimes, but that was to soften them before scraping.
Length : 158 cm./ VI 324.
Lit. Birket-Smith 1929a : 94, 245.



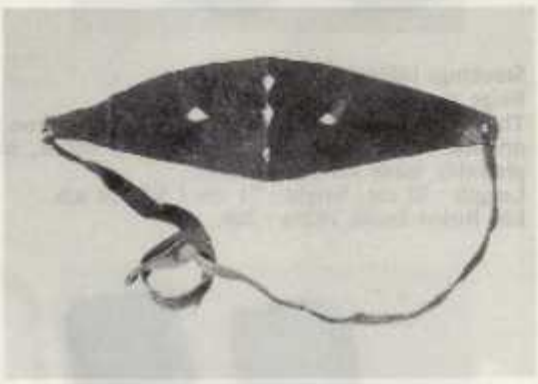
21 Sleeping bag
Made of caribou furs, with fur fringes under the opening of the hood.
"Longer than those used by the Eskimo, who sleep in a curled up position". Made for the collector.
Length : 194 cm./ VI 323.
Lit. Birket-Smith 1929a : 94.

24 Boots [*kamiik*]
They are made of three parts : bearded seal skin sole; white seal skin upper; seal fur leg, with black and white fur ornamentation.
Those summer men's boots were made only by those Paallirmiut who frequented the coast in the summer.
Length : 26 cm; height : 40 cm./ VI 321 a,b.
Lit. Birket-Smith 1929a : 209, 210.

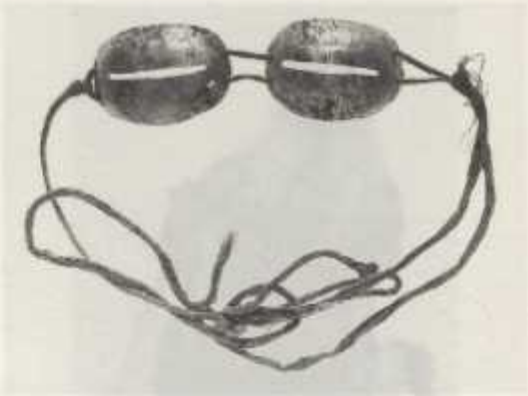
22 Boot sole in preparation
It is an oval piece of bearded seal skin.
"Partly chewed by women". This is the traditional way to soften this thick leather.
Diameter : 26 to 43,5 cm./ VI 322.
Lit. Birket-Smith 1929a : 246.

23 Stockings [*alirtiik*]
Beige woollen felt sewn with red wool.
Those stockings, similar in pattern to the caribou fur originals, worn in boots like the ones below, were probably made for the collector.
Length : 30 cm; height : 71 cm./ VI 320 a,b.
Lit. Birket-Smith 1929a : 208.

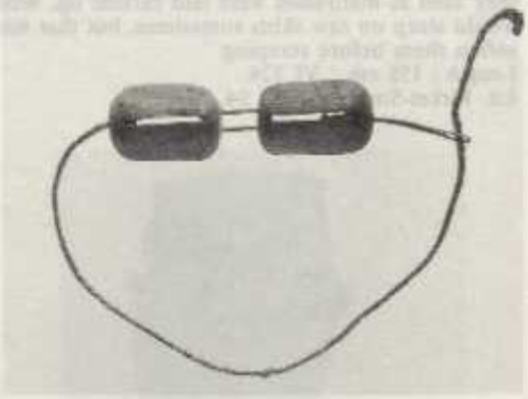
25 Frock "*attilli*" [*atigi*]
Made of caribou skin with the fur inside. Many small holes are carefully patched. The sides are slit up to the waist, and the bottom of both flaps are provided with fringes. Ornamentation consists of felt pieces embroidered and fringed with multicolor glass beads. According to the neighboring tribes, Paallirmiut women were poor tailors; still, their clothes are extremely warm, and the decorations very elaborate. The patches repair wounds made by the animal's parasites. Whereas the trimming on the back is sewn where amulets were traditionnally placed, those on the front reproduce the fur inlays of the spring outer frock. This *atigi* was made by a young Paallirmiut bride for her husband, a White man employed by the HBC, who gave it to the collector. It is new.
Height : 120 cm./ VI 318.
Lit. Birket-Smith 1929a : 200, 204; similar trimmings from the Gabus collection are at the Collection Ethnographique de l'Université de Fribourg.



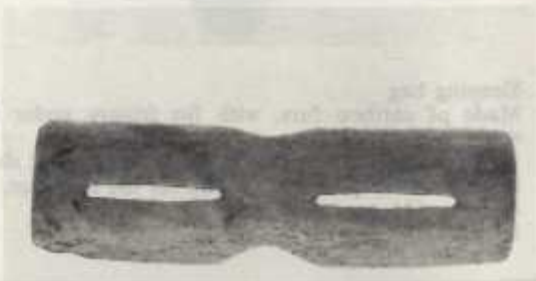
26 Snow-goggles "*hidgar*" [*iggaak*]
Diamond-shaped piece of sealskin with small holes. One of the leather attachments ends in a loop.
This was probably a sling which has been transformed in makeshift goggles.
Length (without attachments) : 19 cm./ VI 282.



27 Snow-goggles
They are made of two aluminum spoons bought from the HBC, pierced with narrow slits. String and fabric attachments.
Length (without attachments) : 12 cm./ VI 283.
Lit. Birket-Smith 1929a : 212, 213, 225.



28 Snow-goggles
They are made of two pieces of wood, with string and leather attachments.
Length (without attachments) : 13 cm./ VI 284.



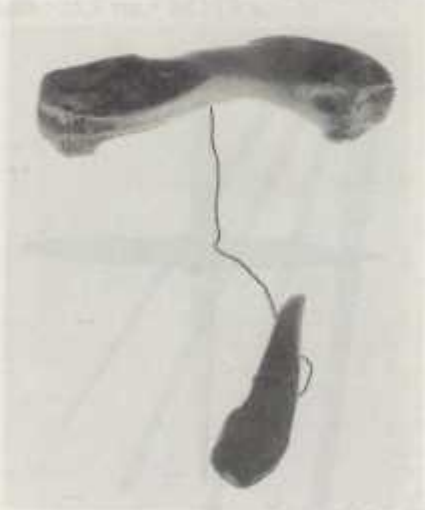
29 Snow-goggles
Hollowed slice of bone, with notches under the eyes. There are holes on the sides for the attachments (missing).
Length : 12 cm./ VI 285.

30 Browband [*qaurut*]
Made of brass, with dark blue felt attachments and glassbeads pendents on sinew thread. A caribou tooth hangs at the end of each thread.
According to the collector, this browband hammered out of an old stove was made for a girl.
Length : brass piece 13 cm; pendents : 45 cm./ 86.15.1.
Lit. Birket-Smith 1929a : 226, 229.

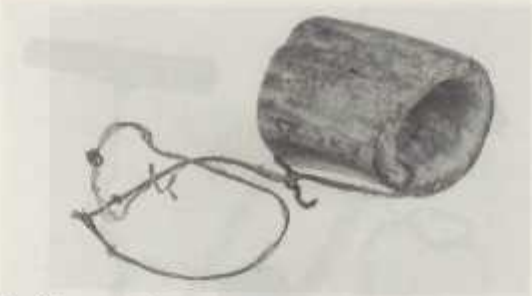
PAALLIRMIUT GAMES

RING AND PIN GAMES

Most Inuit play this game. Coast dwellers use carved ivory or unworked bearded seal humerus bones. Inlanders' ring and pin games are made of caribou, smaller mammals, or bird bones. According to Birket-Smith, this game was taboo for adult women. The pin is held in the right hand and the bone piece is swung upwards with the left.
Lit. Birket-Smith 1929a : 273-275, 277; Gabus 1940 : 130-134; 1944: 113-125; 1975 : 103-108; Gessain 1952.



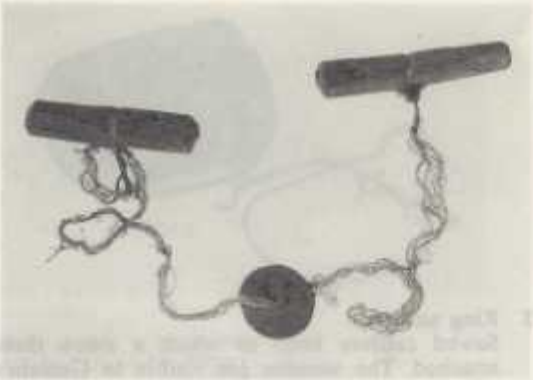
31 Ring and pin "*aeyigark*" [*ajagaaq*]
Unworked bearded seal humerus connected to a bone pin by sinew thread.
Length : 15 cm (pin 11 cm)./ VI 286.
Lit. Published in Gabus (1975 : 106) and in Gessain (1952 : 291 and pl. 20 no. 2).



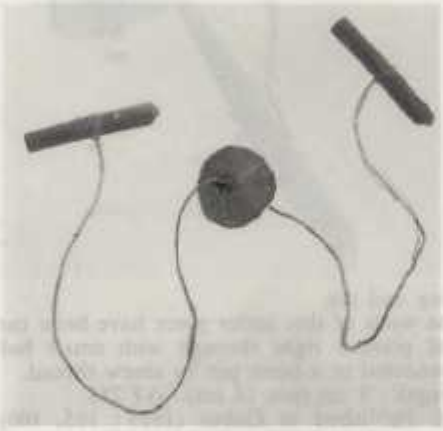
32 Ring and pin
Sawed caribou bone to which a sinew thread is attached. The wooden pin visible in Gessain's publication is missing.
Length : 4 cm./ VI 287.
Lit. Published in Gessain (1952 : 290 and pl. 17 no. 3).

33 Ring and pin
The walls of this antler piece have been carved thin and pierced right through with small holes. It is connected to a bone pin by sinew thread.
Length : 5 cm (pin 14 cm)./ VI 288.
Lit. Published in Gabus (1975 : 105, 106) and in Gessain (1952: 291 and pl. 18 no. 6).

34 Bull-roarer "*krilaptak*"
Piece of wood roughly carved to the shape of a propeller. A sinew thread is attached to one end.
Birket-Smith (1929a : 290, 291) differentiates this object, which he calls a wind-wheel, pulled by a running child to make it turn, from the bull-roarer which children (sometimes the shaman) use to make noise. Gabus illustrates this object with a string attached in the middle (1944 : 113, 115).
Length (without attachment) : 13 cm./ VI 289.

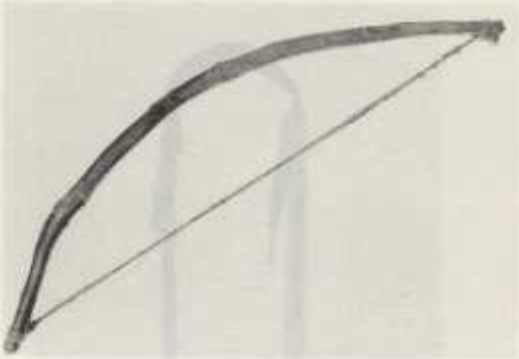


35 Buzz "*imiglutark*" [from *imilluatuq*: an insect buzzes]
A lead button is maintained by knots in the middle of a sinew thread attached to two wooden handles. The button makes noise when revolving between the handles.
Total length : 60 cm./ VI 290.
Lit. Birket-Smith 1929a : 273, 289, 290; Gabus 1944 : 112, 113, 115.



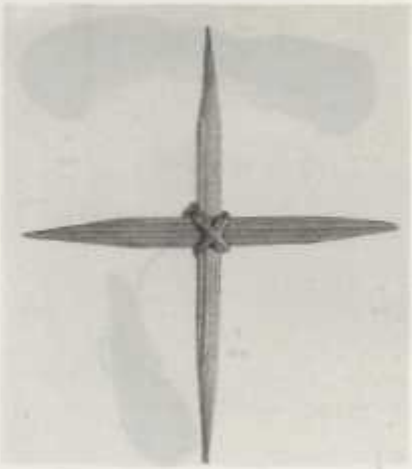
36 Buzz
Same construction as above, with a leather button.
Total length : 61 cm./ VI 291.

37 Bow [*pitiksi*]
Caribou rib on which a string is drawn tight.
According to Gabus (1944 : 109), men too played this game when they were stuck in an igloo by a storm.
Length : 34 cm./ VI 292.



38 Bow
Stick on which sinew thread is drawn tight.
Length : 32 cm./ 86.15.11.

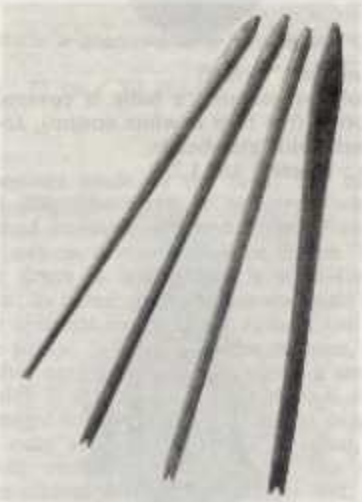
39 Dart
A nail is wound with sinew against the wooden shaft.
Length : 31 cm./ VI 293.
Lit. Gabus 1944 : 109.



40 Cross "*nakpartar*"
Made of two pointed wooden sticks jointed together and lashed with string.
The cross is thrown against the igloo walls; this easy game is intended for young children.
Length : 16 and 19 cm./ VI 296.
Lit. Gabus 1944 : 109, 115.

41 Cross-bow
The wooden shaft (stock ?) has a notch for the cord; the bow is a caribou rib.
The idea of this game, not mentioned by Birket-Smith, was probably borrowed from the southern immigrants.
Length : 26 cm./ VI 297.

42 Cross bow
The shaft consists of two boards nailed together. The bow which crosses it is a stick with some of the bark still on. This toy is triggered by a string placed near a notch on the shaft. Pencil inscription from the collector : "kridlor Hnayara" [?]
Length : 35,5 cm./ 86.15.9 a.



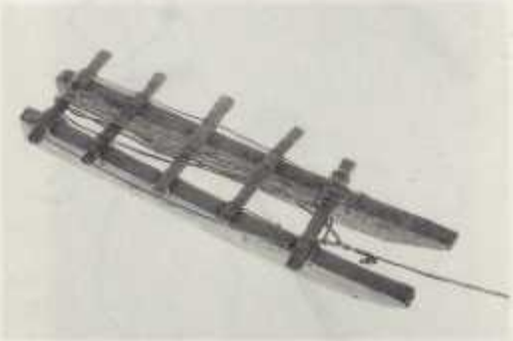
43 Four darts
Roughly carved in salvaged wood. They belong to the above crossbow.
Length : 31,2 to 34,5 cm./ 86.15.9 b-e.

44 Throwing-whip and dart "*irkrarktot*"
The whip is a stick to which a string is attached. The wooden dart with cardboard "feathering" has two notches; its point is a nail.
Length : whip 32 cm; dart : 38 cm./ VI 294 a,b.
Lit : Gabus 1944 : 109.

45 Throwing-whip
Wooden stick and string.
Length of the stick : 47 cm./ VI 295.

46 Throwing-whip
Salvaged wood with carved finger-rests.
Length : 30,3 cm./ 86.15.10.

47 Strength-trial handles [*aksagaq*]
Two round wooden handles connected by a leather strap.
Here is how the game is still played today : the two opponents sit face to face, each holding one of the handles. One rests his feet against the folded calf of the other and attempts to outstretch the other's biceps.
Length of the handles : 8 and 9,3 cm./ 86.15.5.
Lit. Birket-Smith 1929a : 272, 273.



48 Miniature sled
The cross-slats of this wooden toy are held by strings.
Length : 27 cm./ VI 298.
Lit. Birket-Smith 1929a : 298; Gabus 1944 : 125.

49 Miniature sled
Roughly carved in a piece of wood.
Length : 12 cm./ VI 299.

52 Doll
Represents a woman, whose baby is a woollen ball stuck in the *amaut* hood. The doll is covered with skin, and has woollen plaits and a brass and glass-beads browband.
Length : 33 cm./ VI 300.

50 Miniature paddle
Carved in salvaged wood. Inscription from the collector : "padlei ...juar".
Length : 34,2 cm./ 86.15.12.

DOLLS FROM ESKIMO POINT

They were given to Gabus by Migpigark, Okratchiar's daughter (Gabus 1986 : pers. comm.).

51 Doll "*nutarak*" [*child*]
This doll representing a baby is covered with dark blue cotton (the face is white cotton), and decorated with multicolor glassbeads.
Length : 21 cm./ 86.15.2.

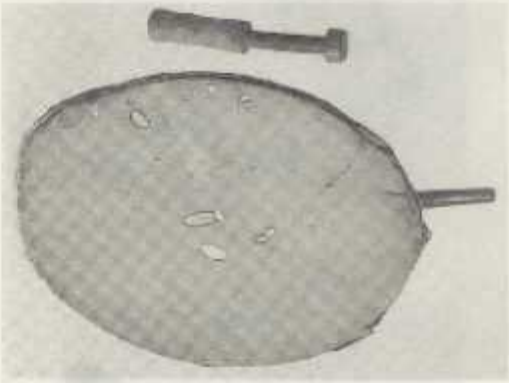
53 Doll winter frock
Made of caribou fur, it fits the above doll.
Length : 26 cm./ VI 301.

54 Doll
Represents a man wearing a summer caribou skin frock.
Length : 32 cm./ VI 302.

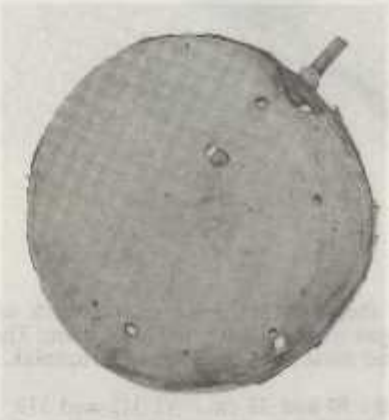
DRUMS

They are entirely made by the men. The caribou skin, called *ihiq* (the eye), is unhaired with a knife, drenched in water, scraped, thinned and stretched while wet on a round wooden frame. The Central Arctic drum is larger than it is in Greenland or Alaska; its name, *qilaut*, might originate from *qilak* : 1) the celestial vault, 2) the arch of the iglu porch, 3) the palate. It is used by the shaman, but also by the other men and boys (for whom a smaller model is made). It accompanies the personal songs (*pihiq*) and magic songs (*pitquhiq*). Dances originally took place only at night in a tent or igloo, sometimes specially made for this purpose. The singer, who dances almost without moving his feet, knees bent, holds the handle horizontally and rotates the drum on its axis, hitting it with the stick on the inside of the frame, alternately on the right and on the left side; he is accompanied by a chorus of women.
In 1938-39, during Gabus' sojourn, drum dances were forbidden by the missionaries. Gabus had to obtain a special permission to record them.

Lit. Birket-Smith 1929a : 245, 268-70; Estreicher 1948 (wrote a musicology thesis basing on Gabus recorded material); Gabus 1940: 71; 1944 : 110, 163. The musée d'Ethnographie de Neuchâtel owns Gabus' recordings. Two of them have been republished by VDE-Gallo (1984. Collection universelle de musique enregistrée 2, Asie et Esquimaux. VDE 30-426). Other drums from the Gabus collection are at the Völkerkundemuseum Basel.



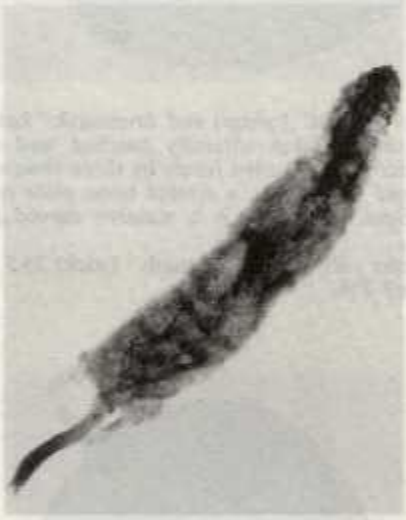
55 Drum "*krillaut*" [*qilaut*] and drumstick "*kattuk*"
Thin caribou skin carefully patched and mended, stretched on a wooden frame by three rows of string. Opposite the handle, a riveted bone plate reinforces the frame. The stick is a massive carved piece of wood.
Diameter : 69 to 77 cm; length : (stick) 35.5 cm./ VI 278 and 279.



56 Boy's drum "*krillaut*" [*qilaut*]
Same construction as above. The stick is missing.
Diameter : 48 cm./ VI 280.
Lit. See photo on the cover of the record VDE 30-426.

AMULETS

57 Two ermine skins "*tapis*" [*tapsi* : the belt (from which the shaman's amulets hang); *pituqut* : the amulets]
One is brown, the other white, they are sewn like tubes.
To the ermine is attached the virtue of giving light feet. The animal, to be used as an amulet, must be caught alive. Children receive (amulets) soon after



birth; they are then sewn on the back of the vest. Shamans wear a great number of them. The collector received those from the shaman Kruptniak, in Eskimo Point.
Length : 30 and 33 cm./ VI 312 and 313.
Lit. Birket-Smith 1929a : 194, 195, 201; Gabus 1940 : 74-76; 1944: 196-7; Rasmussen 1930 : 62.

REFERENCES

ARCTICA 1978, 1982. — Under the direction of MALAURIE (J.). Paris, Ed., CNRS. 580 p.

ARIMA (E.Y.), 1975. — *A contextual study of the Caribou Eskimo kayak.* Mercury ethnology series 25. Ottawa, National Museum of Man.

BIRKET-SMITH (K.), 1929 a et b. — The Caribou Eskimos. *Report of the Fifth Thule Expedition.* 5 (1) Descriptive part, (2) Analytical part. Copenhague, Gyldendalske Boghandel.

BURCH (E.S.Jr.), 1978. — Caribou Eskimo origins : an old problem reconsidered. *Arctic Anthropology* 15 (1), p. 1-35.

BURCH (E.S.Jr.), 1979. — The Thule-historic Eskimo transition on the west coast of Hudson Bay. *Thule Eskimo culture : an anthropological retrospective.* Mercury archaeology series 88, p. 189-211.

CLARK (B.), 1977. — *The development of Caribou Eskimo culture.* — Mercury archaeology series 59. Ottawa, National Museum of Man.

COOK (T.), 1982. — *Records of the Northern Affairs Program.* Ottawa, Public Archives Canada.

CSONKA (Y.), 1986. — *Inuit Caribous Paallirmiut et Ahiarmiut de l'Arctique central canadien : la collection ethnographique Jean Gabus et son contexte ethnohistorique.* Paris, EHESS and CEA (not published).

CSONKA (Y.), 1987. — Systèmes-experts et régularisation des raisonnements en sciences humaines : un exemple, l'origine des Inuit. *Bulletin de la Société Suisse des Américanistes* 50.

CSONKA (Y.), 1988. — *Collections arctiques.* Préf. de Jean Malaurie, Neuchâtel, Musée d'Ethnographie.

GABUS (J.), 1940. — *Iglous.* Neuchâtel/Paris, Attinger.

GABUS (J.), 1940-41. — La préparation des peaux chez les Esquimaux Caribous. *Anthropos* 35-36, p. 221-238.

GABUS (J.), 1943. — *Touctou.* Neuchâtel/Paris, Attinger.

GABUS (J.), 1944. — *Vie et coutumes des Esquimaux Caribous.* Lausanne, Payot.

GABUS (J.), 1975. — *L'objet témoin.* Neuchâtel, Ides et Calendes.

GABUS (J.), éd. 1976. — *Les Esquimaux hier... aujourd'hui.* Neuchâtel, Musée d'Ethnographie.

HARP (E.Jr.), 1961. — *The archaeology of the lower and middle Thelon.* Arctic Institute of North America Technical paper 8.

MALAURIE (J.), 1968. — Les Esquimaux du Keewatin : un bilan tragique et un obscur destin. *Inter-Nord* 10, p. 258-264.

MATHIASSEN (T.), 1930. — The question of the origin of Eskimo culture. *American Anthropologist* 32 (4), p. 591-607.

MICHEA (J.), 1951. — *Terre stérile : six mois chez les Esquimaux Caribous.* Paris, Bloud et Gay.

STEENHOVEN (G. Van den), 1962. — *Leadership and law among the Eskimos of the Keewatin district, Northwest Territories.* The Hague, Uitgeverij Excelsior.

TRIGGER (B.), 1986. — *Natives and Newcomers. Canada's "Heroic Age" reconsidered.* Montreal/Kingston, McGill/Queen's U. Press.

DES HOMMES, DES GLACIERS ET DES LACS : PANORAMA DE L'HISTOIRE ANCIENNE DES INDIENS DES GRANDS LACS (ONTARIO)

par Eric NAVET

Université de Strasbourg

RÉSUMÉ. — Les données fournies par l'archéologie, les documents écrits et la tradition orale nous permettent de reconstituer l'histoire ancienne des populations de la région des Grands Lacs. Cette reconstitution met en évidence le remarquable pouvoir d'adaptation de l'homme, comme des autres espèces vivantes, à des variations considérables de l'environnement, en particulier quand il s'est installé dans les immenses espaces dégagés par le retrait des glaciers de la période « Würm/Wisconsin ». La formation de groupes ethniques autonomes et la diversification des cultures, accompagnant une diversification des biotopes semblent constituer une expression de ce pouvoir d'adaptation et elles montrent l'étroite interrelation de l'homme et du milieu subarctiques. Celle-ci permet de poser l'hypothèse d'une culture circumboréale de la Sibérie à l'Est du Canada.

Mots-clés : Amérindiens subarctiques — Archéologie — Ethnohistoire — Glaciations — Grands Lacs — Culture circumboréale.

ABSTRACT. — **Men, glaciers and lakes : panorama of the ancient history of the Great Lakes Indians.** *Archaeological data, written documents and oral tradition allow us to reconstitute the ancient history of the aboriginal people of the Great Lakes area. This reconstitution put in evidence the remarkable faculty of mankind, like all other species, to adapt himself to considerable changes in the environment, especially when they occupy the vast areas let free by the retreat of the Würm/Wisconsin glaciation. The formation of autonomous ethnic groups and the diversification of cultures appear to be an expression of this faculty of adaptation and show a close interrelation between the subarctic man and the environment. This allows us to lay the hypothesis of a circumboreal civilization, from Siberia to Eastern Canada.*

Key-words : *Subarctic Amerindians — Archaeoloy — Ethnohistory — Glaciations — Great Lakes — Circumboreal culture.*

L'HOMME, ÉLÉMENT D'UN BIOTOPE

« On n'a jusqu'à présent connaissance d'aucune société qui se serait établie, sauf par contrainte et violence extérieure, sur un espace naturel impossible à maîtriser : ou bien elle disparaît, ou bien elle change de territoire » (Clastres, 1974, p. 163).

Ce que dit ici Pierre Clastres devrait être une évidence — tant elle est démontrée dans les faits — et, en particulier, pour le spécialiste. Pourtant le préjugé est tenace suivant lequel les « primitifs » vivaient dans un milieu « hostile », « contraignant », etc. Contraignant, certes, mais quel milieu ne l'est pas ? Celui qu'a créé l'homme des sociétés industrielles, la ville, n'est-il pas plus proche d'une certaine image de l'Enfer ? N'est-ce pas d'ailleurs pure illusion que d'affirmer, comme le fait George Irving Quimby :

« Les cultures primitives, spécialement celles des peuples chasseurs, sont bien plus dépendantes des qualités physiques de l'environnement que ne le sont les cultures urbaines des peuples civilisés. Toutes choses égales, l'environnement physique, non seulement limite la culture des peuples chasseurs, mais aussi il peut être un facteur déterminant dans la forme que prendra la culture » (Quimby, 1971, p. 19).

La première assertion ne me semble nullement démontrée, au contraire; en se coupant, en s'opposant même à la nature, l'homme — en couvrant la terre de béton — ne s'est pas imposé comme il le projetait. Il n'a fait que perdre quelques-uns des caractères adaptatifs propres à sa nature ubiquiste, et, en cela, il a augmenté sa dépendance et il a multiplié les limites à l'épanouissement de ses facultés en tant qu'*Homo sapiens*. Si l'affirmation paraît péremptoire, on reconnaîtra que la question mérite au moins d'être posée, et beaucoup, comme G.I. Quimby, ne le font pas.

Les contraintes naturelles, elles existent et elles sont considérables, mais elles sont largement réduites par ce qui devrait rester l'une des libertés fondamentales de l'homme — puisqu'elle tient à sa nature-propre —, celle de vivre là où il *choisit* de vivre, et de la manière qui *lui* semble le mieux convenir. Les conditions imposées par la civilisation industrielle ont empêché cette liberté dans l'espace de s'exprimer; le choix nomade est inconciliable avec les frontières des états.

Il nous faut donc bien différencier les contraintes naturelles qui laissent toujours les espèces, l'espèce humaine en particulier, devant des choix, et les contraintes d'un système — l'état industriel — qui *impose*, toujours et partout, ses propres choix. La famine dont souffrent, par exemple, les pays du Sahel, est un phénomène inconcevable dans un cadre « traditionnel ».

L'homme est une espèce ubiquiste donc; il a une constitution telle qu'elle lui permet de s'adapter à des milieux naturels très différents, par exemple, à des conditions climatiques extrêmement contrastées. Partout où l'espèce est apparue — si l'on adopte une position polygéniste [1] — et, en tout cas, partout où elle s'est installée, elle l'a fait, au départ, en tant qu'élément d'un biotope. Et un biotope, c'est un ensemble d'équilibres constamment reconstruits. Jean Malaurie l'affirme, en substance : il existe un équilibre des paysages, entre les mers et les terres; il faut considérer des combinatoires, des

processus d'interaction : combinaisons, accélérations, diffusions...

Le même auteur ajoute : « la nature n'isole pas les paramètres, il faut faire de même dans les sciences sociales ». La leçon n'est pas toujours reçue par les ethnologues, mais pour l'archéologue, qui ne peut se priver d'aucun élément de connaissance tant sa matière est mince, l'exigence est rédhibitoire. C'est aussi une exigence pluridisciplinaire, qu'exprime ici l'anthropologue américain, spécialiste de la région des Grands Lacs, G.I. Quimby :

> « L'histoire de l'Indien et de son environnement est basée sur les recherches des archéologues, des géoglaciologues, et des spécialistes d'histoire naturelle. Puisqu'il n'y a pas de documents écrits, les données de la préhistoire doivent être rassemblées à partir des témoignages non-intentionnels laissés par les Indiens : fragments d'outils, d'armes, d'ustensiles, et d'ornements trouvés dans les tas de détritus ou dans la terre du sol des anciennes habitations, dans les anciens foyers ou dans les caches; objets déposés dans les tombes; pointes d'armes perdues à la chasse; et articles perdus ou abandonnés dans les camps ou les villages désertés » (Quimby, 1971, p. 1).

L'ethnohistorien renâcle à considérer l'ensemble des paramètres qui interviennent dans l'appréhension de ce qui fait l'histoire d'un peuple et d'une culture, car plus on se rapproche de la période contemporaine — plus l'ethnologue prend le pas sur l'archéologue —, plus les matériaux foisonnent: il y a la tradition orale d'abord, et puis les premiers documents écrits, qui viennent se surajouter aux données du « terrain ». Pourtant, on ne peut comprendre un peuple « naturel » et son histoire que si l'on connaît le milieu et son évolution: les transformations et le fonctionnement d'un milieu déterminant largement ceux des sociétés humaines qui s'y déploient.

L'archéologie fait obligatoirement « retour à la terre », et si sa difficulté propre est de devoir se satisfaire de ce que le sol a bien voulu préserver des fragiles cultures humaines, sa pauvreté est aussi richesse, car, à y regarder de près, ce terrain contient parfois des mines d'or, et pour le scientifique l'« or » ce sont les « données ». Pour des peuples qui vivaient en communion avec la terre et ses produits, quoi d'étonnant après tout à ce que ce soit aux sciences de la terre qu'il revienne de nous en apprendre sur l'homme. L'ethnologie n'est-elle pas, avant d'être « humaine », naturelle ? L'homme n'a-t-il pas, comme la plante, ses racines dans la terre ?

> « Les données utilisées pour reconstruire les environnements préhistoriques viennent des os des animaux fossiles; des formes de la terre [2] et des dépôts identifiés et interprétés par les glaciologues; et des restes d'arbres et de plantes fossiles étudiés par les botanistes spécialisés » *(Ibid.)*.

Quant aux méthodes employées pour reconstruire ce passé dont l'homme n'est *qu'un* élément : datation au Carbone 14, palynologie, dendrochronologie..., n'ayant rien d'original à apporter dans ce domaine, je renvoie aux travaux des spécialistes (Wright, 1972; Quimby, 1960; Farb, 1969; Ceram, 1971; Giddings, 1973, etc.).

LA PREMIÈRE DÉCOUVERTE DE L'AMÉRIQUE

L'ethnohistorien américaniste saisit toujours, dans ses reconstructions, des sociétés en mouvement, mais l'histoire, en devenant écrite et iconographique tendra à fixer arbitrairement les faits. Nous verrons par la suite le peu de fiabilité de la cartographie ethnique courante des Amériques. Les sociétés primitives sont éminemment fluctuantes dans leurs formes, étonnamment stables dans leurs fonds. L'histoire de chaque peuple est une épopée, littéralement un « long poème empreint de merveilleux et racontant des aventures héroïques » [3].

L'histoire des Indiens de la région des Grands Lacs pourrait être prise en marche lorsque, voici vingt ou trente mille ans, des chasseurs dits « du paléolithique supérieur », de façon irrégulière, vont commencer à se répandre dans la toundra qui se développe sur les espaces laissés par le retrait des glaciers Würm/Wisconsin, profitant de la manne que constitue l'abondance exceptionnelle de grands herbivores :

> « Pourquoi cette poussée, cette obstination vers le Nord ? Parce qu'aux interstadiaires, c'est-à-dire aux périodes relativement tempérées des zones arctiques, les steppes, libres des glaciers, sont d'immenses prairies verdoyantes parcourues par un abondant gibier (...) : rennes et bœufs musqués paissent par millions pour les premiers, par milliers pour les seconds dans ces grandes steppes gelées. Le chasseur peut par ruse en forcer quelques-uns à se jeter dans les lacs ou à se précipiter sur le bord des falaises abruptes; presque sans coup férir, ils y sont massacrés. Les forêts de sapins, d'aulnes et de bouleaux des franges subarctiques sont en effet des réserves de lichens et d'herbacées inépuisables pour les grands mammifères continentaux. Et les rivières et les lacs sont en outre et jusqu'à l'océan Glacial d'une exceptionnelle richesse en salmonidés (Malaurie, in Giddings, 1973, p. 17).

A un moment où les glaciers retenant les eaux, la baisse du niveau marin fit du « détroit » de Berhing un pont naturel unissant les continents asiatique et américain [4], des groupes de chasseurs, suivant les pistes du gibier, « découvrirent » fortuitement un « nouveau monde ». Ce monde ne différait pas, en fait, de l'« ancien », avec le même décor de toundra, de hautes herbes et de muskegs [5], de bouleaux et de saules nains, dans lequel évoluait une faune variée de grands herbivores disparus aujourd'hui : grands chameaux, paresseux terrestres, bisons à longues cornes (ou bison laineux), mégacéros, chevaux, mammouths et mastodontes. Seul survivant de cette époque : le bœuf musqué. Les spécialistes insistent sur l'abondance de ce gibier, et sur la richesse de ce milieu :

> « Vers la fin de la dernière glaciation, des rivières se faufilèrent dans ces plaines parsemées de lacs et de mares; de hautes herbes poussèrent et nourrirent de grands mammifères en telle abondance que le monde n'en avait probablement jamais connu auparavant et n'en reverra vraisemblablement jamais plus autant » (Farb, 1972, p. 238).

Ceci contredit singulièrement l'image courante que l'on se fait des « primitifs » : hordes errantes en quête perpétuelle d'une maigre pitance. Au contraire, dans le sens où Marshall Sahlins a pu parler d'« âge d'abondance » à propos de l'« âge de pierre », il est probable que la richesse des ressources du milieu dégagé par le retrait des glaciers fut la cause d'un essor démographique des bandes paléo-indiennes en Alaska (Farb, 1972, p. 238) qui amena l'homme à peser davantage dans la balance écologique. J. Malaurie nous dit même que c'est une véritable civilisation qui se développa, voici 12 à 15 000 ans autour du détroit de Berhing.

Les premiers Américains empruntèrent des voies libres de glace : la vallée du Mackenzie, les contreforts des Montagnes Rocheuses, avant de se disperser par les cols

à l'ouest, par les vallées à l'est. D'autres bandes continuèrent, à des rythmes variés, vers le sud, jusqu'à la Terre de Feu. Mais il faut bien avoir en mémoire que l'histoire des Amérindiens s'est largement développée sur un horizon glaciaire, dans des conditions écologiques sub-arctiques qui ont fortement marqué la mémoire collective laissant des traces sensibles dans le comportement. Les dernières grandes glaciations ont recouvert les deux-tiers du continent nord-américain, modelant les paysages, creusant des lits, laissant dans leur retraite d'immenses étendues d'eau, dont certaines ont disparu, mais qui ont, de toutes façons, conditionné et structuré les cultures humaines comme les sociétés animales.

DES BALEINES DANS LE LAC HURON

Jusque vers 7 000 av. J.-C., un glacier continental constituait le principal élément de la géographie de la région des Grands Lacs supérieurs (Supérieur, Michigan, Huron); plus tard seulement, cette région devint le pays d'eau et de forêt qui devait être celui des Ojibway que nous connaissons :

> « La région des Grands Lacs supérieurs est un produit de l'âge glaciaire. Les bassins de drainage, la géomorphologie, et les sols sont tous des résultats de la glaciation. Les avancées des glaciers de l'âge glaciaire couvrirent toute les régions des Grands Lacs supérieurs, broyant les masses rocheuses, creusant des bassins, pulvérisant la pierre pour en faire du sable et de la pierre. D'énormes masses de glace, de centaines, sinon de milliers, de pieds d'épaisseur, abaissèrent le niveau du sol, chassant tous les êtres vivants de la région » (Quimby, 1971, p. 2).

Ce n'est qu'avec le retrait des glaciers que la vie s'installa — ou se réinstalla —, les plantes d'abord, puis les animaux, et enfin, les hommes. Cette retraite commença voici environ 13 000 ans, mais ce ne fut en aucune façon un mouvement régulier. Le recul, lent (*Valders Retreat*), fut entrecoupé d'avances sporadiques du front glaciaire. Dans la période 11 000 - 10 000 av. J.-C., selon G.I. Quimby (1960), le glacier continental atteignait Port-Huron, à l'extrémité-sud du lac Huron; de 10 000 à 9 000, le front se trouvait au-delà de la rive-nord du lac Supérieur, mais au cours de la période, relativement brève, dite « *Valders Advance* », 9 000 - 8 500 av. J.-C., ce front s'avança à nouveau au sud des Grands Lacs qui ne furent à nouveau totalement découverts que vers 6 000 av. J.-C.

Ces mouvements glaciaires conditionnent l'histoire d'un environnement dont nous pouvons nous faire une idée par la paléoclimatologie, la paléobotanique et la paléontologie en général, l'étude des sols, des reliefs, bref un ensemble de disciplines qui nous permettent de reconstituer une paléo-écologie. Si l'on cherche à connaître la vie de l'homme, élément du biotope, il faut le mettre ainsi en situation. La forêt, bien sûr, n'a pas poussé directement sur les moraines en avant du front glaciaire; le climat fut d'abord arctique et le paysage de toundra avant de laisser place à une forêt boréale de résineux (sapins, épinettes) où le pin progressa peu à peu, puis à la forêt que nous pouvons voir aujourd'hui où les espèces à feuilles caduques s'intermixtent en proportion croissante, jusqu'à dominer largement, si l'on va du nord au sud des Grands Lacs.

Les populations animales et humaines durent s'adapter à ces changements de température et de décors. De nombreuses espèces ne parvinrent pas à se plier à des transformations trop radicales, comme ce fut le cas pour les baleines et les morses dont on a retrouvé les restes dans le bassin du lac Huron. L'espèce humaine a réussi, elle, à s'adapter à des variations considérables, et la diversification du milieu entraîna, nous allons le voir, une diversification des cultures humaines.

LE PEUPLEMENT HUMAIN DE L'ONTARIO

La province d'Ontario actuelle inclut la plus grande partie, sinon la totalité de l'habitat d'origine des Ojibway. C'est là, plus précisément dans la région de Sault-Sainte-Marie, que l'ethnie se constitua, et ce n'est que dans la période post-coloniale qu'elle étendit son aire d'occupation et de mouvance au Manitoba, au Saskatchewan actuels et sur le versant sud-ouest des Grands Lacs, aux Etats-Unis. Les ouvrages utilisés principalement dans l'élaboration de cette partie sont, d'une part, celui de G.I. Quimby sur l'ethnohistoire des Indiens des Grands Lacs supérieurs (Supérieur, Michigan, Huron), d'autre part, celui, plus récent, de J.V. Wright sur la préhistoire de l'Ontario.

Les premiers témoignages confirmés de la présence humaine dans l'Ontario, trouvés sur la rive-nord du lac Supérieur, ont été datés de 9 000 av. J.-C. C'est à partir de cette date que les archéologues divisent la préhistoire — l'histoire pré-coloniale — de la province en quatre périodes principales :

I. — Période paléo-indienne, de 9 000 à 5 000 av. J.-C. (*Palaeo-Indian period*),
II. — Période archaïque, de 5 000 à 1 000 av. J.-C. (*Archaic period*),
III. — Période *Woodland* initiale, de 1 000 av. J.-C. à 1 000 ap. J.-C. (*Initial Woodland period*),
IV. — Période *Woodland* terminale, de 1 000 ap. J.-C. à la période historique (*Terminal Woodland period*).

Il faut bien avoir à l'esprit que les différentes cultures qui s'exprimèrent au cours de ces quatre périodes ne se sont jamais transformées d'un jour sur l'autre; elles se sont influencées, parfois chevauchées l'une l'autre. Il y a encore des chaînons manquants et la part des suppositions est importante.

PÉRIODE PALÉO-INDIENNE

Tandis que la végétation pousse sur les moraines et les limons glaciaires, les animaux, herbivores et prédateurs, occupent le terrain : mammouths, mastodontes, castors et cervidés géants, etc. C'est dans ce décor qu'entre en scène une population de chasseurs nomades qu'on imagine — car le climat est froid et humide — vêtus de peaux. Leur proie favorite est le mastodonte qu'ils tuent à la lance à propulseur, en les précipitant parfois du haut des falaises. Ceci est démontré par les nombreuses pointes de lances en pierre qu'on a retrouvées associées aux restes de ces animaux. Ces pointes cannelées dans leur partie inférieure, pour faciliter l'emmanchement suppose-t-on [6], sont caractéristiques de cette culture dite « de Clovis », du nom d'une ville du Nouveau-Mexique, aux Etats-Unis, où furent trouvés les premiers spécimens.

De très nombreuses pointes de Clovis ont été exhumées un peu partout sur le continent nord-américain, y compris donc dans l'Ontario où elles constituent les plus anciennes traces de la présence humaine. Cette dispersion indique la grande uniformité des premières sociétés amérindiennes, uniformité qui correspond sans doute à une certaine homogénéité du milieu dans les siècles qui ont suivi le recul glaciaire en Amérique du Nord [7].

Les premiers « Américains », ceux de Sandia [8], puis ceux de Clovis, connaissaient plusieurs types d'habitations, des maisons « sur tranchée » (*pit house*) à charpente en bois, permanentes, et des logements de structure plus légère, faits de perches recouvertes d'écorce ou de peaux, adaptés à une vie nomade. Il semble que les premiers hommes qui pénétrèrent en Amérique étaient accompagnés de chiens.

Les hommes et les femmes de la culture de Clovis, dans la région et au nord des Grands Lacs — contrairement à ce qui devait se passer dans les zones arides des Etats-Unis et les grandes Plaines centrales, ajustèrent leur culture à un monde dominé par l'eau. Dans leur retraite, les glaciers ne laissèrent pas seulement les Grands Lacs qui existent aujourd'hui, mais aussi d'autres étendues d'eau, immenses, comme les lacs glaciaires Agassiz et Barlow-Ojibwa, formés vers 6 000 av. J.-C. [9]. G.I. Quimby estime que les Amérindiens connurent un type quelconque d'embarcation dès 7 000 av. J.-C.

Rien n'est connu, par contre, de l'aspect physique et des pratiques funéraires de ces Indiens de Clovis; aucun reste humain n'a été trouvé à ce jour.

> « A la fin de cette période, vers 7 000 av. J.-C., le climat devint plus chaud. Le glacier continental reculait rapidement et la forêt d'épinette s'effaçait tandis que le pin progressait. Les mastodontes disparaissaient aussi, s'éteignant ou s'éloignant vers le nord » (Quimby, 1971, p. 33).

C'est à cette époque qu'une autre culture, celle de Plano (ou Aqua-Plano) vient par endroits se superposer à celle de Clovis dans le sud-Ontario. Elle est caractérisée par une technique de pointes lancéolées qui remplace donc celle des pointes cannelées. Les Indiens d'Aqua-Plano vivaient de la chasse et de la pêche et utilisaient des canots. Un squelette a été retrouvé dans le bassin du lac Agassiz aujourd'hui disparu; la présence d'armes, d'outils et d'ornements à côté du mort atteste de la croyance en un au-delà...

PÉRIODE ARCHAÏQUE

J.V. Wright (1972) distingue deux cultures dans cette période archaïque, l'une méridionale, l'« archaïque laurentien » (*Laurentian Culture*), l'autre septentrionale, la culture « du bouclier canadien » (*Shield Culture*).

1. La culture laurentienne.

Dans le sud-Ontario, la culture archaïque se développa, à partir de la culture paléo-indienne, entre 5 000 et 1 000 av. J.-C. Diverses influences venues de l'Est (par exemple, utilisation de l'ardoise pour faire des pointes de lances) mais aussi de l'Ouest (outils et ornements de cuivre) se rencontrèrent dans la péninsule ontarienne. Il semble qu'une population de chasseurs-pêcheurs soit venue de la vallée de l'Ohio pour former ce qu'on appelle l'« Archaïque laurentien ». Cette société occupa le sud-Ontario, les provinces Maritimes et les états du nord-est américain pendant trois milliers d'années — jusqu'à 1 000 av. J.-C. —, porteuse d'une culture qui ne fut pas considérablement altérée avant l'introduction de l'agriculture.

C'était un peuple robuste souffrant d'arthrite et de maladies des gencives occasionnant parfois la chute des dents. A côté de fractures accidentelles, on distingue des traces de morts violentes par fractures du crâne, lésions dues à des projectiles, ou décapitations, qui suggèrent des activités guerrières [10].

Comme leurs prédécesseurs, les chasseurs laurentiens traquaient et abattaient le gros gibier à l'aide de lances à propulseurs. Vers 4 000 av. J.-C., mammouth, paresseux terrestre, bison à longues cornes, chevaux, etc., avaient disparu et la faune ressemblait déjà à ce qu'elle est aujourd'hui : cerf, élan, ours, castor... Le petit gibier (oiseaux, mustélidés), la pêche et la cueillette complétaient la diète. Des variations culturelles intervenaient en fonction des conditions locales; par exemple, sur les pêcheries, la pêche au filet et à la ligne était l'activité privilégiée.

L'absence d'information concernant l'habitat humain au cours de cette période laurentienne s'explique par le fait que la plupart des sites mis à jour jusqu'ici sont des locations de villages temporaires, de structures fragiles et périssables qui ont laissé peu de traces autres que les foyers. Il est probable que les communautés se disloquaient l'hiver en groupes familiaux, comme cela se pratiquait dans la période post-coloniale, et le repérage archéologique de campements dispersés n'est pas chose aisée.

Les croyances religieuses de la société archaïque laurentienne sont partiellement déductibles de leurs pratiques funéraires. Les corps des morts, enduits d'ocre, étaient ensevelis couchés sur le dos, ou, plus rarement, en position foetale, avec un certain nombre d'objets d'usage courant : outils et ornements de cuivre, d'os et de pierre, qui paraissent indiquer la croyance en une forme de vie *post mortem*. Des chiens sacrifiés accompagnaient les morts, les hommes adultes généralement, une pratique qui devait se perpétuer chez les Algonquins, en particulier les Ojibway, jusqu'à la période contemporaine.

2. La culture « du bouclier canadien ».

Parallèlement à l'efflorescence de la culture laurentienne dans l'est de la province et au-delà, une autre culture archaïque, qu'on peut considérer comme une variante régionale, se développait dans le nord de l'Ontario et jusqu'au district de Keewatin dans les Territoires du Nord-ouest, et la Nouvelle-Ecosse à l'Est. Il s'agit de la culture dite « du Bouclier canadien » [11] dont les porteurs faisaient du caribou (*Rangifer caribou*) leur ressource de base. Ces chasseurs sub-arctiques tuaient aussi l'ours, le castor, le lièvre (*Lepus americanus*), le gibier d'eau et, dans les zones plus méridionales, l'orignal.

Autour des Grands Lacs de l'Ouest (Supérieur et Michigan) s'exprima une autre forme de la culture archaïque, que G.I. Quimby considère comme spécifique tandis que J.V. Wright en fait une forme locale de la culture « du bouclier ». Basée sur l'exploitation du cuivre natif, on l'appelle « culture du cuivre », et elle se développa — suivant les datations obtenues par le Carbone 14, entre 5 000 ou même 6 000 et 1 500 av. J.-C.

Les Indiens du cuivre inventèrent toute une série d'outils : hache, herminette, gouge, etc. et de techniques qui impliquèrent sans doute de profonds changements culturels. La taille du bois, facilitée par de tels instruments, permit de construire des habitations plus complexes et aussi la fabrication de canots de type *dug out* [12]. Cette population de « chasseurs-pêcheurs-cueilleurs » accordait une place privilégiée à la pêche, se trouvant près du plus grand réservoir d'eau douce du monde. En témoignent les hameçons en os, les poids de filets en pierre, les pointes de harpon en cuivre, etc., trouvés sur les sites. Peut-être saisonnièrement plus concentrés que les autres « archaïques », les Indiens du cuivre n'en étaient pas moins semi-nomades, tirant aussi une grande partie de leurs ressources de la chasse : cerf, wapiti, caribou, lynx, probablement bison; canards, cygnes, grues, hiboux, etc.

Les pratiques funéraires de la « société du cuivre » étaient les mêmes que celles décrites pour la société archaïque laurentienne, et deux espèces de chiens étaient domestiquées. Enfin, les quelques restes humains qui nous sont parvenus nous permettent de décrire cette population comme plutôt grande, robuste, bien développée musculairement, et doligocéphale (Quimby, 1971, p. 56).

Des transformations importantes affectèrent la région des Grands Lacs et la zone boréale, à tous les niveaux : climatologique, floristique, faunistique, topographique, etc. Dès 6 000 av. J.-C., le front glaciaire se trouvait à la latitude de Cochrane dans le nord-Ontario actuel; par la suite, le niveau des lacs s'éleva — de cent mètres parfois — et, le climat se réchauffant, la forêt boréale recula, le pin, le chêne s'imposèrent progressivement. « Vers 3 000 av. J.-C., la forêt de bois dur avait atteint son maximum d'extension vers le Nord » (Quimby, 1971, p. 43). Ces transformations seraient la cause de la disparition de l'ancienne culture du cuivre.

3. Une culture circumboréale ?

Les similitudes observées entre les cultures boréales, telles qu'on a pu les reconstituer à partir des fouilles effectuées en Eurasie et en Amérique, mettent en évidence l'influence déterminante du milieu — et de ses variations — sur la constitution — et les variations — des cultures humaines. On peut ici parler d'une véritable civilisation circumboréale, c'est en tous cas la conclusion avancée par les spécialistes :

> « L'ancienne culture boréale qui dura dans la région des Grands Lacs supérieurs de 5 000 environ à 500 av. J.-C. [13] est une partie d'une culture boréale plus large qu'on retrouve non seulement à travers tout le nord-est de l'Amérique du Nord, mais aussi les zones forestières du nord de l'Asie et de l'Europe. Il semble y avoir des similitudes fondamentales, et probablement des connections historiques entre tous les groupes boréaux de l'hémisphère-nord, mais des détails spécifiques doivent encore être démontrés de façon satisfaisante » (Quimby, 1971, p. 49).

Il sera peut-être possible de retracer l'itinéraire des chasseurs boréaux, celui qui les conduisit fortuitement d'un continent à l'autre, mais il restera à réfléchir sur les conditions d'une telle diffusion. Il est deux manières de poser le problème :

a) Les similitudes culturelles de deux sociétés humaines traditionnelles ne correspondent-elles pas toujours à des similitudes dans les conditions du milieu ?

b) Quelles sont les chances pour une culture née dans un milieu donné de s'imposer sur une culture née dans un milieu différent ?

La question n'est pas *a priori* « éco-centriste », seule la réponse pourra, éventuellement, être jugée telle; en tous cas, les éléments déjà réunis rendent l'interrogation pertinente. Les implications en sont considérables.

Il semble qu'à partir d'un fond commun, les cultures circumpolaires se soient, à un moment relativement récent de leur histoire, diversifiées, sur le plan linguistique notamment, mais aussi sur les plans économique, social, etc. Il s'agit de voir si, dans des conditions écologiques homogènes, donc surtout dans la période précoloniale, les sociétés sub-arctiques n'ont pas *élaboré* — au-delà d'un éclectisme apparent des formes — des solutions communes face aux problèmes posés par ce milieu. Il n'est plus question de connections historiques, les populations concernées ayant largement (à l'inverse des Inuit) « coupé les ponts » après la rupture du pont naturel du détroit de Berhing voici quelques milliers d'années. Les permanences et les similitudes culturelles éventuelles, si elles étaient démontrées, auraient moins à voir avec une sorte de souvenir collectif, qu'avec un processus adaptatif d'intégration à un biotope. Ce processus concerne, non seulement les plans superstructurels (économique, social, politique), mais aussi les niveaux infrastructurels qui sont ceux du mode d'être au monde, celui de l'inconscient aussi. Suivant cette logique, toute culture qui serait en disharmonie avec ce que j'appellerai l'« esprit du milieu » ne pourrait s'imposer *que* par la contrainte, sans parvenir jamais à être, si j'ose dire « opérationnelle »... La suite de l'histoire va nous apporter des éléments de réponses à ces questions.

PÉRIODE WOODLAND INITIALE

Un seul changement important marqua le passage de la culture archaïque à la culture *Woodland* : l'apparition de la poterie. Une mini-révolution technologique, ne serait-ce que la possibilité de cuire les aliments par une méthode plus simple que celle des « pierres chauffées » [14] jusque-là seule en usage. En plus de raisons chronologiques évidentes et du meilleur état des pièces déterrées, l'expansion démographique qui se produisit à cette époque, environ 1 000 ans av. J.-C., et la multiplication subséquente des sites, contribuent à nous rendre cette période mieux connue.

La période *Woodland* initiale dura de 1 000 av. J.-C. à 1 000 ap. J.-C. Les archéologues distinguent deux cultures qui s'épanouirent dans le sud-Ontario : *Point Peninsula* et *Saugeen*.

1. La culture de Point Peninsula.

La culture de *Point Peninsula*, héritière de la culture archaïque, s'en distingue par certaines influences qu'elles reçut de l'extérieur, à commencer par l'introduction de la poterie. Les premiers types de poteries qui apparaissent dans le sud-Ontario sont de simples récipients en forme de bols ou de coupes, ornés, intérieurement et extérieurement, de motifs réalisés par pression dans l'argile molle de cordes enroulées sur des bâtonnets.

La culture Hopewell qui se développait alors dans les vallées de l'Ohio et du Mississipi, dans le sud-est des

Etats-Unis, n'est pas étrangère à cette innovation, mais elle fut la cause d'un bouleversement plus spectaculaire qui affecta toutes les sociétés circumvoisines. Il concerne les pratiques funéraires. C'est ainsi qu'on a découvert dans le sud-Ontario et dans la vallée du Saint-Laurent, des tertres funéraires similaires à ceux des *Mounds builders*, les « constructeurs de tertres », autre nom de la culture Hopewell. Un bel exemple est *Serpent Mound*, près de Rice Lake, au sud-est de Peterborough; la levée de terre atteint près de 60 mètres de long.

Les objets accompagnant les corps retrouvés dans ces buttes de forme animale, rappellent aussi la culture Hopewell et témoignent de l'importance du troc et des échanges dès cette époque, vers 700 av. J.-C. : poteries, couteaux en jaspe de Pennsylvanie, pipes en catlinite du Minnesota, ornements en coquillages du Golfe du Mexique, en cuivre du lac Supérieur, en obsidienne du Wyoming, etc.

L'étude des squelettes extraits de ces tertres funéraires donne l'idée d'un peuple robuste à tête ronde (brachycéphale) proche d'un type que l'on trouve dès la période archaïque dans le sud-Ontario. L'arthritisme sévissait toujours, et des cas de tuberculose ont été mis en évidence.

Curieusement, la plupart de ces influences étrangères se résorbèrent vers 400 ap. J.-C., alors que l'agriculture s'implantait dans la péninsule avec l'arrivée d'immigrants du sud, ancêtres des Iroquois.

2. La culture de Saugeen

Les datations au Carbone 14 ne font pas remonter au-delà de 1 000 av. J.-C. la présence humaine dans le comté de Bruce, précisément sur le site d'*Inverhuron*. Mais il existe vraisemblablement des sites beaucoup plus anciens en bordure des anciens lacs glaciaires Nipissing (3 000 av. J.-C.) et Algonquin (9 000 av. J.-C.) dans la région de Kincardine. C'est là, en tous cas, au bord de la rivière qui lui prête son nom, que s'épanouit la culture « de Saugeen ».

Le site de Donaldson, autre foyer de cette culture, est situé à trois kilomètres environ de l'embouchure de la rivière sur le lac Huron, sur une berge en surplomb, sablonneuse et rongée par les rapides, dans l'actuelle réserve indienne de Saugeen. Son occupation remonte à quelque 500 av. J.-C.

La culture de Saugeen, quoique très similaire, diffère en plusieurs points de celle de Point Peninsula, et elle ne semble pas avoir subi l'influence de la culture Hopewell. Les anciens Saugeenais enterraient leurs morts dans de petits cimetières, enveloppés dans des « paquets » funéraires et accompagnés, les enfants en particulier, d'objets usuels : ornements et outils en cuivre et en coquillages marins, poteries, etc. Ces gens ne fumaient pas, si l'on s'en tient à l'absence de pipes dans les tombeaux.

CARTE. I. — Aire d'expansion de la culture de Saugeen.

Les sites archéologiques représentatifs de la culture de Saugeen, comme celui de Donaldson, ont toujours été mis à jour le long de rapides ou à l'embouchure de rivières donnant sur les lacs Huron et Erié. La pêche constituait sans doute la ressource de base de cette population, comme en témoignent les déchets alimentaires exhumés. Il s'agit principalement d'arêtes de certaines grosses espèces de poissons, tel l'esturgeon (*Acipenser fulvescens*) et le *sheepshead* (*Aplodinotus grunniens*). Ces espèces frayent au printemps, ce qui donne à penser que les sites « de Saugeen » étaient surtout occupés en cette période de l'année. Et sans doute ces rassemblements se prolongeaient-ils en été et au début de l'automne, comme le suggèrent les restes d'habitations permanentes.

Les traces laissées par le pourrissement des murs et des structures intérieures en bois donnent une projection plane de maisons rectangulaires, mesurant jusqu'à huit mètres sur six, et contenant des foyers et des fosses à provisions. Les rassemblements annuels sur ces lieux de pêche devaient permettre le déroulement de rites et cérémonies collectifs, la conclusion d'alliances et de mariages, etc. Apparemment, les villages étaient désertés quand arrivait l'hiver; sans doute les familles (nucléaires, étendues ?) se dispersaient-elles alors vers les terrains de chasse.

Il n'y a aucune trace de culture du sol sur les sites de Saugeen. Ces Indiens apparaissent comme les ancêtres plus ou moins directs des Saugeenais de l'ère post-coloniale; la culture dont ils étaient les représentants est très proche de la culture ojibway telle que nous l'avons définie.

3. La culture de *Princess Point*.

Pour des raisons que nous ignorons, la côte orientale du lac Huron, occupée plusieurs siècles par les peuples archaïques puis leurs héritiers de la culture de Saugeen, fut abandonnée pendant une longue période, jusqu'à l'arrivée d'immigrants venus du Sud, porteurs d'une culture nouvelle et pratiquant l'agriculture.

Au sud de son aire d'expansion, la culture de Saugeen fut donc remplacée par la culture dite « de *Princess Point* » qui se développa, entre 500 et 1 000 av. J.-C., sur la rive-nord du lac Erié. Les nouvelles influences et ceux qui les véhiculaient provenaient du Michigan, par la région de Windsor, et de l'actuel état de New York, par la péninsule du Niagara. C'est à cette époque que le maïs fut introduit en Ontario.

La culture de *Princess Point*, encore très mal connue, semble représenter un développement tardif de la culture Hopewell. Elle est sans doute à la base de la culture Iroquois-Huron qui allait s'épanouir dans la péninsule ontarienne.

4. La culture « du Laurier ».

A peu près dans la même période, entre 700 et 1 000 ap. J.-C., une culture originale, dite « du Laurier » (*Laurel Culture*), se développait au nord, dans une région incluant le nord-Ontario, le nord-ouest du Québec, le Manitoba et le Saskatchewan actuels. L'usage de la poterie la différenciait de la culture archaïque « du bouclier canadien ». Cette poterie se distingue des céramiques d'Amérique Centrale et Sud-est des Etats-Unis; plus de 3 000 kilomètres la séparent d'un type qui lui ressemble, trouvé en Sibérie. Elle est, par contre, proche de certaines techniques des cultures de Saugeen et *Point Peninsula*, dont elle pourrait selon certains auteurs, être issue par une diffusion Sud-Nord.

Les hommes du Laurier vivaient, comme leurs prédécesseurs archaïques, surtout de la chasse, en particulier de l'élan et du castor. Dans la partie la plus méridionale de leur habitat, peut-être récoltaient-ils le « riz sauvage ». Leurs outils, en pierre taillée, en os ou en cuivre natif, comprenaient des couteaux, grattoirs, alènes, aiguilles, lances et flèches. L'arc et la flèche n'ont été connus qu'entre 1 000 et 500 av. J.-C. Ils connaissaient l'usage des raquettes, et la pêche constituait une part notable de leurs ressources, ainsi qu'en fait preuve la découverte de poids de filets en pierre et d'hameçons en cuivre. Le mobilier, sans doute confectionné en écorce de bouleau, a disparu. On trouve de l'ocre, sous forme de nodules ou de poudre, dans tous les sites de la culture du Laurier; il servait de colorant.

Il existe de nombreuses preuves de l'ampleur des relations d'échanges dans l'ensemble du continent nord-américain. Les Indiens du Laurier utilisaient le cuivre natif comme principale « monnaie » d'échange, et l'on a trouvé des objets typiques de la culture de Saugeen sur des sites du Laurier. Les gens « du Laurier » élevèrent, eux aussi, des tertres funéraires, dans la zone comprise entre le lac Supérieur et l'actuelle frontière du Manitoba, du côté de la rivière Rainy, influencés en cela par la civilisation Hopewell des *Mounds Builders*. Ces tertres mesurent 17 mètres, ou davantage, de diamètre, pour une hauteur de deux mètres, et ils peuvent renfermer plus de cent sépultures. Celles-ci contiennent des os enveloppés dans des « paquets » funéraires, ce qui indique que les corps étaient d'abord exposés jusqu'à décomposition avant d'être enterrés.

PÉRIODE WOODLAND TERMINALE

Avec la période *Woodland* terminale, qui s'amorce 900 ou 1 000 ap. J.-C., trois groupes culturels et linguistiques peuvent être identifiés dans l'Ontario : les Iroquois de l'Ontario, les Iroquois du Saint-Laurent et les Algonquins du Nord. Le terme « Iroquois » se réfère non seulement aux cinq nations qui vinrent, à une époque indéterminée, à former une confédération : Onondaga, Mohawk, Cayuga, Onéida et Seneka, mais aussi aux ethnies apparentées : Huron, Pétun, Erié, Neutre, et Susquehannock.

1. Les cultures de *Pickering* et *Glen Meyer*.

Entre 900 et 1 300, deux populations possédant déjà l'essentiel de la culture iroquois se développent dans le sud de l'Ontario : *Pickering*, dans la partie sud-est, et *Glen Meyer* au sud-ouest. Ces deux groupes formeront, par des évolutions convergentes, le fond de la culture des Iroquois de l'Ontario : Erié, Neutre, Huron et Pétun, qui occupaient toute la péninsule ontarienne à l'arrivée des Français.

Les éléments caractéristiques de la culture iroquois, identifiables par les fouilles, sont les suivants :

1) Economie fondée sur la culture du maïs, complétée par la chasse et la pêche;

2) Grands villages souvent palissadés, atteignant jusqu'à quatre hectares, et situés sur des positions faciles à défendre, à l'écart des voies d'eau;

3) Construction de maisons-longues, plurifamiliales;

4) Pipes et objets liés à l'usage du tabac;

5) « Paquets » funéraires renfermant les squelettes désarticulés de corps préalablement exposés sur des échafauds ou des tombes peu profondes; ossuaires contenant plusieurs « paquets », à l'intérieur ou hors des villages;

6) Utilisation du chien comme nourriture et peut-être comme animal sacrificiel;

7) Culture matérielle dominée par une poterie très typée et inspirée des cultures « *Woodland* initial », *Point Peninsula* et *Princess Point*;

8) Outils de pierre et d'os dont la manufacture persiste au début de l'ère coloniale.

Il est généralement admis que les Iroquois ont émigré d'une région située bien au sud de leur habitat historique et contemporain, et il est plausible d'en faire les héritiers de la culture Hopewell dont on sait qu'elle joua — outre ceux que nous avons déjà considérés — un rôle certain dans la progagation de l'agriculture (maïs, courge, haricot, tabac, etc.). La conquête et la dispersion — ou l'absorbtion — de la culture de *Glen Meyer* par la culture de *Pickering*, dans l'extrême sud-est de l'Ontario, vers 1 300, fit que la péninsule ontarienne, ainsi que le sud-ouest de l'actuel état de New York, se trouvèrent occupés par une population assez uniforme de culture iroquois.

2. Hurons et Pétun.

Entre 1 300 et 1 400, l'évolution de la culture de *Pickering* donna naissance aux ethnies Huron et Pétun [15]. Un développement local de cette culture, après sa conquête de la culture de *Glen Meyer* dont elle subit l'influence, donna les ethnies Erié et Neutre. Une certaine légende Ojibway, rapportée par William W. Warren (1851), semble indiquer que les Erié furent décimés dans une guerre avec les Ojibway, probablement peu avant ou peu après les premiers contacts avec les Blancs.

Les Neutre, qui devaient leur nom à leur non-engagement dans les guerres coloniales, occupaient l'extrême-sud de l'actuel Ontario et le sud-ouest de l'état de New York, autour du lac qui porte leur nom, quand les Européens les rencontrèrent. Les Hurons, après 1 400, étaient établis entre le lac Simcoe et la baie Georgienne, tandis que les Pétun avaient leurs villages au sud de cette même baie, le long de la côte orientale du lac Huron, et peut-être dans la péninsule de Bruce elle-même.

Vers 1350, des Pétun édifièrent un village palissadé à proximité de l'actuelle petite ville de Port Elgin, en vue du lac Huron. Les fouilles, entreprises dès 1952 et poursuivies seulement depuis de façon sporadique, nous apprennent que ce site, dit « de *Nodwell* » [16] fut occupé pendant une quinzaine d'années par au moins 500 personnes. Ces gens vivaient de la culture du tabac, d'où ils tenaient leur nom (voir note 15), et surtout du maïs, une diète qu'ils complétaient par la chasse et, davantage, par la pêche très abondante dans la région.

D'autres sites, campements ou villages huron-pétun, ou « proto-huron », comparables à celui « de Nodwell » ont été repérés ou mis à jour dans les régions voisines. Au cours de l'été 1971, des archéologues de l'univeristé de Toronto ont dégagé des restes de maisons-longues, de nombreux fragments de poterie, et surtout plusieurs squelettes, sur le site de Donaldson, là même où les Indiens de la culture de Saugeen, plus de 2 000 ans avant les Huron, se réunissaient pour profiter de la richesse halieutique de la rivière et du lac.

3. Les autres Iroquois.

L'autre grand ensemble iroquois est constitué par ce qu'il est coutume d'appeler la Confédération des Cinq Nations [17] : Onondaga, Mohawk, Cayuga, Onéida, Seneka. Si l'on accepte l'idée que les Iroquois sont issus de la culture Hopewell [18], ils ont pu acquérir une spécificité — ou plutôt *des* spécificités — ethnique, vers 1 300, à partir du même fonds commun que les Huron/Pétun. C'est ce que suggère J.V. Wright (1972, p. 75). L'habitat traditionnel des Cinq Nations, c'est le versant américain des lacs Erié et Ontario. On sait le rôle qu'ils ont joué dans les guerres coloniales, en tant qu'alliés des Anglais, mais surtout, ce qui nous intéresse c'est le sentiment d'inimitié réciproque qu'entretiennnent les Iroquois — les Mohawk en particulier — et les Ojibway. Si ces derniers développèrent des relations durables, surtout économiques, avec les Huron, avec les Cinq Nations ils eurent surtout des relations guerrières. La tradition orale et la mémoire collective en ont gardé un souvenir vivace.

Des Iroquois du Saint-Laurent, un groupe semble-t-il distinct (Wright, 1972, p. 86) des deux autres, il ne reste que les témoignages révélés par les fouilles, qui les montrent peu différents des autres, sauf en ce qui concerne les pratiques funéraires (ils enterraient leurs morts, non dans des ossuaires, mais dans des fosses individuelles en position fléchie) et la technique de décoration des poteries.

Le village d'Hochelaga, situé au niveau de la ville actuelle de Montréal, et visité par Jacques Cartier lors de son premier voyage, en 1535, était peuplé par ces Iroquois du Saint-Laurent. D'après la description qu'il nous donne de cette agglomération, elle pouvait comprendre plus de 2 000 habitants. Pourtant, en 1603, Samuel de Champlain trouva tous les villages iroquois du Saint-Laurent abandonnés, et les Amérindiens qu'il rencontra étaient algonquins. Ceux-ci, ou peut-être les Hurons (cf. Wright, 1972, p. 90), furent responsables, pour des raisons qui nous échappent, de la dispersion ou de l'assimilation de cette importante population.

4. Les Algonquins.

> « Ce serait très commode si nous pouvions parler des peuples de langue algonquine du Nord qui occupaient l'Ontario comme d'Algonkin, d'Ojibway ou de Cree. Mais ces noms sont, en fait, des termes quelque peu artificiels utilisés en référence à des regroupements de nombreuses petites bandes de chasseurs indépendantes reliées de façon lâche par le mariage et les affiliations claniques, et, plus généralement, par la langue et le mode de vie » (Wright, 1972, p. 91).

Ainsi, nous dit J.V. Wright, s'il apparaît aisé de classer les peuples de langue iroquois en ethnies distinctes, en tous cas au moment de l'arrivée des Européens, le problème est beaucoup plus complexe en ce qui concerne les peuples de langue algonquin du Nord. L'espace civilisationnel algonquin est le plus vaste en Amérique du Nord et il existe dans cette étendue surtout forestière, mais incluant aussi certaines parties des Plaines centrales, une homogénéité culturelle certaine. Toutefois, des phénomènes de différenciation marquée interviennent parfois, et l'esprit occidental, cartésien et linéen répugne à laisser les choses dans un tel flou. Mais comment classer, quels

critères adopter pour décréter qu'on a à faire, ici ou là à des Algonkin, à des Ojibway ou à des Cri ? Même les linguistes qui se sont intéressés de près à la question se font plus de cheveux blancs que d'idées claires.

Les missionnaires jésuites, les explorateurs, comme Champlain et Nicollet, ou les trafiquants de fourrures qui atteignirent les premiers les Grands Lacs de l'Ouest (Huron, Michigan et Supérieur) y rencontrèrent des groupes de culture algonquine qu'ils appelèrent invariablement « nations ». Il apparaît, à y regarder de près, que la plupart de ces « nations » portent le nom d'un animal éponyme correspondant à l'un ou l'autre des clans totémiques distingués par les anthropologues chez les Algonquins centraux « modernes », en particulier Ojibway. Ainsi les Amicoures, ou Amikouais, seraient les « gens du castor » (*uhmik*); les Noguets, ou Macomilés, « ceux de l'ours » (*muhquah*); les Ouasouarinis, ou Auwauses, « les gens du poisson », etc.

Nous proposons donc la théorie suivante : à l'arrivée des Français, la population autochtone du nord des Grands Lacs, de culture algonquine, était fractionnée en groupes claniques de cent à deux cents personnes, possédant chacun un territoire propre mais liés entre eux par des règles d'exogamie et de filiation « clanique-totémique » patrilinéaire. Nous montrerons dans un autre article que cette théorie peut être étendue à la plus grande partie des « groupes » algonquins de l'aire des Grands Lacs; nous verrons aussi quel fut l'impact de la colonisation française sur cette organisation socio-économique. Mais ceci est une autre histoire.

NOTES

[1] Les théories polygénistes soutiennent que l'espèce humaine est apparue simultanément en plusieurs endroits du globe. Elles s'opposent aux théories monogénistes, dont le Christianisme offre un exemple avec l'idée que nous sommes tous descendants d'un couple primordial : Adam et Eve.

[2] Les données de la géomorphologie, de la paléomorphologie, et des causes de leur contingence (variations climatiques, action glaciaire, etc.), fournissent le cadre dans lequel se déploient les sociétés et les cultures humaines et animales.

[3] Définition donnée par le *Dictionnaire Hachette de la langue française* (1980).

[4] « Pendant une bonne partie du Pléistocène et jusqu'à ce que la nappe de glace la plus récente eût enfin commencé à fondre, il y a à peu près dix mille ans, la Sibérie et l'Alaska étaient reliées par la terre ferme » (Farb, 1972, p. 233).

[5] « Muskeg » est le nom donné au Canada aux tourbières à Sphaigne (mousse des marais dont la décomposition donne la tourbe).

[6] Selon une autre interprétation, cette rainure, comme sur certaines baïonnettes, aurait facilité l'écoulement du sang et permis une mort plus rapide de l'animal blessé.

[7] Selon P. Farb (1972, p. 239), deux modes de subsistance se seraient différenciés en Amérique du Nord, selon les voies empruntées par les premiers Américains : l'un fondé sur la chasse du gros gibier dans les Plaines et les forêts du Nord et de l'Est — celui des chasseurs de Clovis; le second, à l'ouest des Montagnes Rocheuses, basé sur la cueillette des plantes sauvages et la chasse du petit gibier.

[8] La culture de Sandia, du nom des montagnes près d'Albuquerque au Nouveau-Mexique, dans une grotte desquelles on trouva les premiers témoignages, se serait épanouie entre 12 000 et 25 000 ans av. J.-C., sur une grande partie du continent nord-américain. Elle aurait précédé la culture de Clovis, mais l'existence possible de sites en Ontario n'est pas confirmée. Les hommes de Sandia seraient les premiers chasseurs à avoir utilisé des pierres taillées emmanchées et propulsées.

[9] Le lac Agassiz, qui s'étendait au nord-ouest du lac Supérieur, était aussi grand que les lacs Supérieur, Huron et Michigan réunis. Le lac Ojibwa-Barlow occupait aussi un espace considérable au nord des lacs Huron et Supérieur.

[10] La paléo-pathologie, discipline jeune encore, a beaucoup à apprendre à l'archéologue et à l'ethnologue sur les conditions et les modes de vie des populations anciennes (milieu physique, alimentation, activités guerrières, pratiques curatives, etc.) (voir notamment à ce sujet : *Recherches Amérindiennes au Québec...*).

[11] Le Bouclier canadien correspond à l'immense socle précambrien raboté par les glaciers du Pléistocène, entre la baie d'Hudson et le Saint-Laurent.

[12] Les embarcations dites « *dug out* » sont taillées d'une seule pièce dans un tronc, et éventuellement munies de bordages.

[13] On remarque certaines différences dans les datations des différentes périodes et cultures, ici, par exemple, G.I. Quimby rallonge d'un demi-millénaire la phase archaïque par rapport à J.V. Wright. Cela tient surtout à l'imprécision relative des techniques de datation, mais aussi à la part d'interprétation de chaque spécialiste.

[14] Les récipients en écorce de bouleau ne pouvant être placés sur le feu, l'eau de cuisson était chauffée à l'aide de pierres elles-mêmes chauffées et jetées dans le contenant.

[15] Le mot « pétun », ancien nom français du tabac, est emprunté aux Indiens Tupi du Brésil chez lesquels les Français découvrirent cette plante nommée *petim*. Les Indiens « Pétun » du Canada en faisaient aussi grande consommation semble-t-il.

[16] Le site archéologique de Nodwell, comme celui de Donaldson et de nombreux autres, porte le nom du propriétaire ou de l'occupant du terrain sur lequel furent menées les fouilles.

[17] Le nombre des ethnies membres de la « Confédération » fut porté à six lorsque les Tuscarora, au XVIIIe siècle, cherchant protection furent acceptés dans l'Union iroquoise.

[18] La culture Hopewell s'épanouit peu avant le début de notre ère chrétienne dans le *Middle West* américain. Elle est connue surtout pour les tumulus funéraires aux formes animales où furent retrouvés de nombreux objets caractéristiques de ces *Mounds builders* : ornements de cuivre ou de nacre, armes, outils, poteries, pipes, etc. Les matériaux utilisés, souvent obtenus par voie de troc, étaient : le cuivre, l'écaille, l'os, le mica et quantité de pierres ornementales comme l'obsidienne et le jaspe. Ce peuple joua un rôle majeur dans la propagation de l'agriculture (maïs, courge, haricot, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

CERAM (C.W.), 1972. *Le premier américain. La découverte archéologique de l'Amérique du nord.* Paris : Fayard.

CLASTRES (Pierre), 1974. *La société contre l'Etat. Recherches d'anthropologie politique.* Paris : Les éditions de minuit.

FARB (Peter), 1972. *Les Indiens. Essai sur l'évolution des sociétés humaines.* Paris : Editions du Seuil.

GIDDINGS (J.-Louis), 1973. *10 000 ans d'histoire arctique.* Paris : Fayard (coll. Civilisations du Nord).

MALAURIE (Jean), 1973. Préface de l'ouvrage *10 000 ans d'histoire arctique* de Jean-Louis Giddings. Paris : Editions Fayard. 496 p. (coll. Civilisations du Nord, Economies et Sociétés). Préf. p. 7-35.

NAVET (Eric), 1989. *Le cercle et la ligne. L'occident barbare et la philosophie sauvage : l'impossible rencontre. Exemple amérindien : les Ojibway du Canada.* Paris : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales. 1160 p., 3 vol. (Thèse pour le Doctorat d'Etat, non publiée).

QUIMBY (George Irving), 1960. *Indian Life in the Upper Great Lakes, 11,000 B.C. to A.D. 1800,* Chicago & London : The University of Chicago Press.

Recherches amérindiennes au Québec (La santé), Vol. XII, n° 1, 1982.

WRIGHT (James V.), 1972. *Ontario Prehistory : An Eleven-Thousand-Year Archaeological Outline,* Ottawa : National Museums of Canada, National Museum of Man.

WRIGHT (J.V.), ANDERSON (J.E.), 1963. *The Donaldson Site,* Ottawa : Department of Northern Affairs and National Resources, National Museum of Canada, Bull. n° 184, Anthropological Series n° 58.

LES AMBIGUÏTÉS DU GODORD ISLANDAIS AU XIIe et XIIIe SIÈCLES

par Jean-Régis MIRBEAU-GAUVIN

RÉSUMÉ. — Dans les faides incessantes qui opposent les *potentiores*, au cours des XIIe et XIIIe siècles, la loi des chefs de clans prévaut dans la réalité, alors que la loi islandaise, qui repose sur le godord, n'est appliquée que lorsqu'elle offre des garanties suffisantes pour l'emporter à celui qui l'invoque. La possession de godords devient un moyen, pour le chef riche et disposant d'alliances solides, d'étendre son influence à de nombreux hommes du thing. Défendu par l'intelligence islandaise, qui en fait l'une des institutions les plus élaborées de l'« âge d'or », le godord apparaît comme une création artificielle, en butte aux attaques continues de l'Eglise et du roi de Norvège, qui tiennent la monarchie pour le seul régime naturel concevable.

Mots-clés : Islande — Histoire — Droit, législation — Godord.

ABSTRACT. — **The Icelandic godord's ambiguous aspects in the 12th and 13th centuries.** *The* Ulfljót's laws, *the constitution of the Icelandic Commonwealth, dated back to ca. 930 : its main feature was that authority was divided into 36 godords — 39 after 965 —, which were vested in the hands of 36 godords, called* godis *or* godordsmen. *At the* Althing, *the general assembly, which met every summer, they hold together both the legislative and the judicial power. As it was not fixed by territorial boundaries, each godord depended — relative to its own importance — on the number of free men, called* thingmen, *who attached themselves to the godis.*

In the course of the 11th century, Icelandic institutions began to move. In 1004 Njál's reform created new godords, the nature of which was different from that of the old ones. From the 12th century the gap was widening between legal power and potentia. *Dissensions and family feuds broke out. As there was no national executive power many godords were likely to go easily from hand to hand. At the same time the Church — Icelanders adopted Christianity ca. 1000 — undermined the oligarchic system based on the godord by preaching that a Christian country must turn monarchic. In 1262-1264 the Icelandic Republic was brought under the rule of the Norwegian king.*

Key-words : *Iceland — History — Law — Godord.*

INTRODUCTION

Evoluant entre les forces de rassemblement et les forces de dispersion, [1] le godord, l'unité politique de base légale, s'impose mal dans la pratique du Xe au XIIe siècle, ce qui n'entrave pourtant pas la marche des institutions, dont l'efficacité a été prouvée à maintes reprises. Chaque année, l'Althing réunit au mois de juin les chefs légitimes de l'île, les godis, qui y traitent de questions d'intérêt général et y veillent au bon déroulement des procès. Mais cette avancée du droit islandais n'a pas éliminé les clans, à preuve la répartition du pouvoir d'après les familles dominantes dans le Livre de la Colonisation et dans la Saga de la Christianisation [2]. Dans la saga de Thorgils et de Haflidi, axée sur les querelles entre deux chefs entre 1117 et 1121, le godord est au centre du récit [3].

Le XIIe siècle apparaît comme une période riche en querelles, et le monde des Sturlungs n'est pas loin : les faides interminables, qui opposent Thorgils et Haflidi, dépassent largement leurs godords respectifs, et les moyens mis en œuvre dans chaque camp pour l'emporter sont considérables. D'un côté, le godord est mis en pleine lumière par les auteurs du XIIe siècle; d'un autre côté, il n'a jamais été conçu d'une manière unitaire, mais de façons multiples, variant en temps de paix et en temps de guerre et d'après le caractère de son titulaire. Cela vient de ce que la participation au « gouvernement en commun », épisodique, et l'exercice de la *potentia*, quotidienne, sont deux réalités de nature fort différente [4]. La *potentia* est détenue par les *höfdingis*, ou *potentiores*, qui disposent du pouvoir réel : elle recouvre le crédit et l'influence dont ils jouissent, ainsi que leur aptitude effective à commander.

Lors de la colonisation de l'île — entre c. 870 et c. 930 —, les « aristocrates » norvégiens s'efforcent de retrouver en Islande la place qu'ils occupaient antérieurement dans la mère-patrie, ou bien dans les îles britanniques. Une partie seulement d'entre eux y parviendra, par le maintien d'une sphère d'influence sur un nombre plus ou moins important d'hommes du thing. A partir de l'adoption des lois d'Ulfliot — c. 930 —, qui donnent à l'île une sorte de constitution, pouvoir *de facto* et pouvoir *de jure* se rejoignent au regard de la théorie, quoique l'on constate dans la pratique que toutes les forces inhérentes à la *potentia* n'ont pas pu être maîtrisées par les godords [5]. Au XIIe siècle, le décalage entre le droit et le fait est d'autant plus flagrant que le godord n'a été soumis à aucune modification depuis la réforme de Nial — c. 1004 —, qui a ajouté aux 39 godords anciens 9 godords nouveaux. Or, l'Islande a évolué depuis 1004 !

Pour si malaisée que soit la pose de jalons en histoire, on constatera néanmoins que, les institutions s'effritant après la mort de ceux qui les ont soutenues, les années 1030-1031 forment une coupure avec la disparition de Skapti, fils de Thorodd, qui avait occupé durant vingt-six années les fonctions d'homme-qui-dit-la-loi, de Snorri le Godi, fils de Thorgrim, et de Gretti, fils d'Asmund, le dernier grand héros islandais [6]. Deux décennies plus tard, on dotera l'Eglise d'une organisation qui lui faisait défaut jusqu'à présent, sans que soient diminuées pour autant les influences du pouvoir temporel sur la religion, mais les rivalités entre les *potentiores* annihilent toute volonté de changer les institutions islandaises. Oligarchie et christianisme se révèleront vite foncièrement inconciliables.

Se dessine avec un particulière netteté, dès le XIIe siècle, l'oscillation de l'île entre deux pôles d'attraction opposés, à savoir l'Althing et la mer [7], sans qu'il soit possible de faire le départ entre les « nationalistes » et les partisans d'une politique privilégiée à l'égard de la Norvège. En

effet, semblables distinctions s'insèrent mal dans le contexte islandais, chaque clan cherchant ses appuis là où il peut, et au moment qu'il juge opportun, afin de mieux l'emporter sur les autres.

Tenu longtemps pour un titre — le *godhordshmadhr* est le titulaire du godord —, le godord est de plus en plus considéré comme une chose. S'agit-il alors d'une altération, ou bien assiste-t-on à la gestation d'une nouvelle institution ? Une réponse claire à cette question se trouve dans deux sources historiques, la saga des Sturlungs et les sagas des Evêques [8], fortement inspirées par les idées chrétiennes. Elles dévoilent souvent leurs discordances avec la Grágás, vaste compilation de textes de droit entreprise au XIIIe siècle, [9] qui voit dans le godord l'office et le rang de godi d'une part, la communauté sur laquelle le godi exerce son pouvoir de l'autre. L'extension des faides, ainsi que la participation des ecclésiastiques à la vie politique, donnent une dimension nouvelle au problème, plaçant le godord dans une situation ambiguë : d'un côté, le nombre de godords réels s'aligne sur celui des détenteurs de la *potentia*; d'un autre côté, le godord tombe progressivement dans l'oubli.

Un exemple nous introduit d'emblée dans ce monde agité : « A cette époque, Jon, fils de Lopt, exerçait son autorité sur Oddi. C'était alors le plus grand chef d'Islande, et il était titulaire d'un godord; c'était un homme parfaitement au fait dans les matières ecclésiastiques qu'il avait apprises de ses ancêtres; il avait été consacré diacre, grand chantre de la sainte Eglise. Bien plus, il avait toujours eu grandement à cœur que les églises qu'il avait sous son autorité fussent le mieux aménagées sous tous les rapports. C'était un homme possédant presque toutes les sortes de talents qui étaient appréciés chez les hommes de cette époque. C'était un homme d'un si grand orgueil et si vaillant qu'il était rare de se lier à quelqu'un de plus grand, parce qu'il ne cédait jamais à quiconque ou abandonnait une affaire dont il s'était chargé » [10].

Le champ d'action des gouvernants s'élargit, et par pans entiers le pouvoir passe de l'un à l'autre; ce n'est donc plus d'un godord, mais de plusieurs, que l'on devient titulaire. Pouvoir de fait et pouvoir de droit tendent alors à se confondre (I Partie). Ces simplifications ne doivent pas faire perdre de vue que les institutions communautaires existent toujours, ce qui amène à s'interroger sur leur utilité réelle et sur les forces nouvelles qui jouent sur le comportement des gouvernants, au premier rang desquelles se place l'Eglise, dont les dignitaires sont introduits dans les assemblées, et qui proposent la monarchie pour mettre un terme à l'instabilité politique. Le godord tombe alors en désuétude (II Partie).

LE GODORD S'ADAPTE AU RYTHME DE LA *POTENTIA*.

A la suite de la réduction de la zone floue où s'exerce la *potentia*, le godord apparaît avec des contours plus nets dans la saga de Thorgils et de Haflidi. Ces deux chefs ont pour dessein principal l'affirmation de leur propre prestige [11], et l'auteur laisse rarement intervenir les autres titulaires de godord, annonçant par là la mutation de cette institution, qui se traduit par un élargissement, d'où la nécessité d'exiger des gouvernants des qualités plus grandes et plus variées.

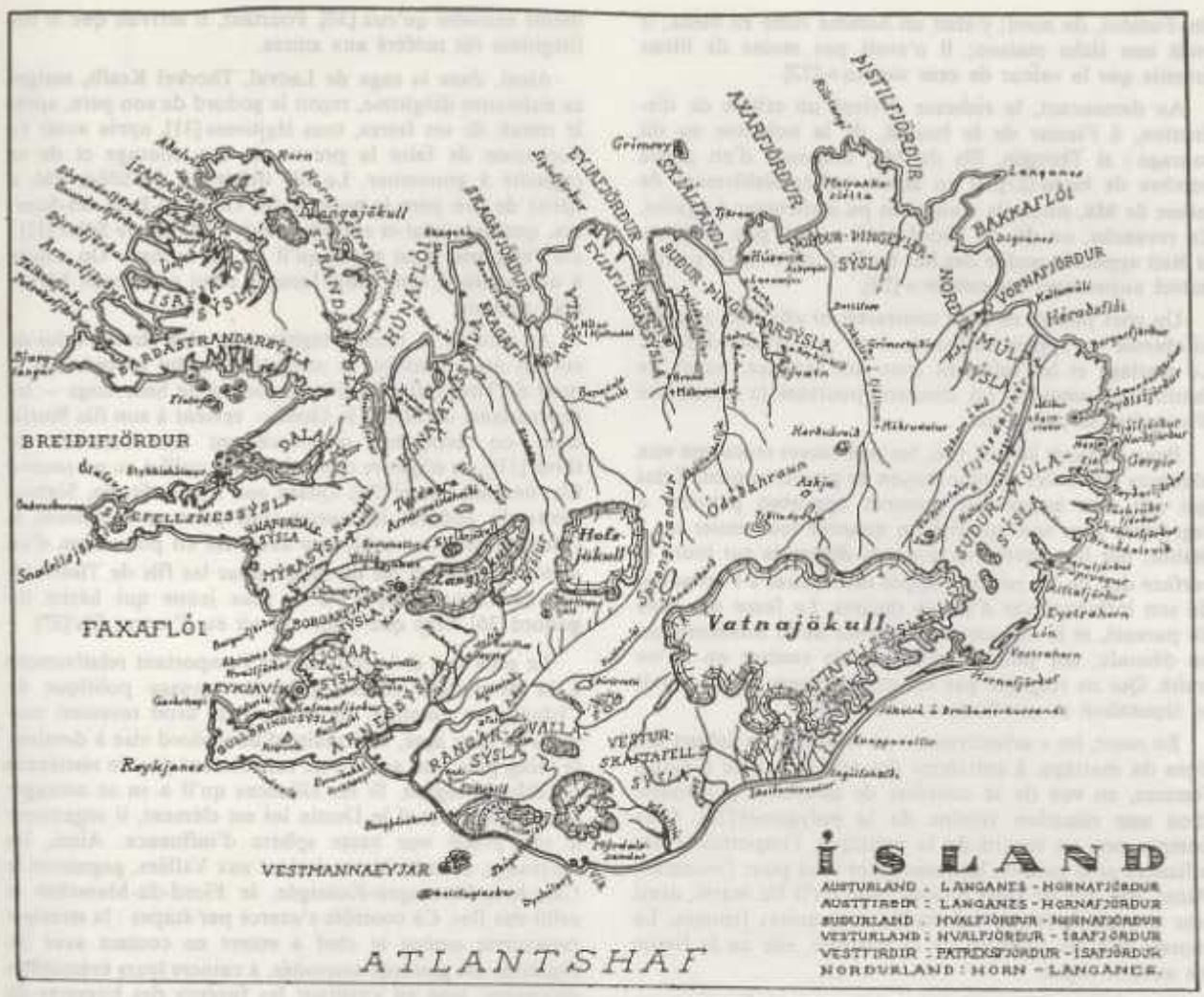
Le Godord est considéré au pluriel.

Ressentie depuis longtemps comme un frein à la formation d'une république unitaire, l'absence de pouvoir exécutif a des conséquences encore plus graves aux XIIe et XIIIe siècles. Faute d'une protection légale des institutions, la voie est ouverte au débordement des ambitions des mieux armés, et à la reconnaissance du droit du plus fort. Sturla, fils de Thord, à qui l'on doit l'Íslendinga saga et la Sturlu saga [12], en donne plusieurs exemples. Si le domaine d'action des grands potentats dépasse le cadre de leur propre godord, c'est parce qu'ils ont pris l'habitude de considérer ce dernier à travers l'exercice de la *potentia*. Ainsi « Kolbein était celui qui avait le plus grand pouvoir dans le nord du pays, il possédait tous les godords à l'ouest de la Lande-de-la-Vallée-des-Bœufs » [13].

Cela est affirmé de manière particulièrement claire au chapitre 140 de l'Íslendinga saga : « Après ces événements qui ont été rapportés maintenant, Kolbein le Jeune exerça son contrôle sur tout le Quartier-des-Gens-du-Nord et prit les titres sur tous les godords aux hommes qui les avaient possédés auparavant. Les gens dirent que c'était tyrannique et injuste, parce que Sighvat avait tenu son pouvoir et ses godords des gens du nord eux-mêmes ». Il paraît bien ici qu'à une conception « démocratique », fondée sur l'accord contractuel entre le godi et les hommes de son thing, succède une suite de pratiques arbitraires du pouvoir. Dans l'Íslendinga saga, au chapitre 6, il est fait état du godord héréditaire, dont Sighvat prend possession; dans la même saga, au chapitre 18, on lit : «Thorvald, fils de Gudmund Dyri, remit à Sigurd, fils d'Orm, les godords qu'il avait possédés. Sigurd donna les godords à Tumi, fils de Sighvat, et Sighvat entra ainsi plus tard en leur possession ».

Le regroupement rapide de plusieurs godords sous une même autorité fait vite oublier les mauvais côtés de l'époque précédente qui prend, sous le pinceau de l'auteur, les tons les plus chauds de la démocratie [14]. Le godord devient multiforme : ainsi, *mannaforradh*, qui signifie à l'origine « autorité », est maintenant synonyme de « godord » [15]. A cet égard, une comparaison de l'emploi des deux termes dans deux sagas est instructive à plus d'un titre. En se déployant, le godord devient le reflet d'un pouvoir que l'on veille à ne pas laisser s'échapper. Cette situation rappelle l'époque de la colonisation avec ses groupements politiques fluctuants. En outre, en dehors des trois godords que comprend le thing, apparaît le heradh, ou district, [16], qui est une ébauche du découpage territorial de la Norvège.

La division politique de l'Islande au XIIIe siècle, telle qu'elle est présentée dans la saga des Sturlungs, révèle un élargissement du godord, non en direction d'une fédération, mais d'une oligarchie à deux ou à trois, ou d'une monarchie à l'islandaise. Au cours des XIe et XIIe siècles, on cherchait à défendre les institutions et à limiter la puissance des « aristocrates »; mais, pour que le système reposant sur les 48 godords se maintînt, il fallait que l'on aboutît à faire des « aristocrates » de véritables gouvernants. Et il paraît bien que les traditions nordiques, soucieuses d'une certaine tolérance, et les lois, garantes de la diversité, le permettaient [17]. A cet égard, les lois d'Ulfljot, qui créent un ordre juridique islandais, s'efforcent d'y intégrer toujours davantage les godis, alors que la plupart d'entre eux continuent d'entretenir des relations suivies avec leur famille restée en Norvège, introduisant par ce biais dans leur propre pratique du pouvoir des



CARTE GÉNÉRALE DE L'ISLANDE

éléments nouveaux de légitimité, que les voyages et les séjours à la cour du roi de Norvège ont su favoriser.

Faides et banquets donnent aux chefs une estimation fréquente de leur puissance respective et, comme chaque rebondissement dans la lutte constitue une véritable surenchère [18], ils doivent trouver les moyens de se surpasser en s'enrichissant et en contractant des alliances plus fructueuses que leurs adversaires.

L'idée de mesurer le pouvoir à l'aune de la richesse se renforce à l'époque des Sturlungs, bien qu'elle ait déjà été mise en évidence à plusieurs reprises antérieurement. Ainsi, aux Xe et XIe siècles, les bondis préféraient dépendre d'un chef aisé plutôt que d'un pauvre [19], l'existence de biens matériels étant pour ces hommes libres un gage de sécurité. Les famines fréquentes qui sévissaient alors pouvaient conduire un godi, disposant de peu de moyens, à s'emparer des provisions de ses hommes. Il vaut donc mieux savoir qu'il saura se suffire à lui-même. Au reste, c'est d'une manière spontanée, qu'en raison des dangers causés par les catastrophes naturelles et les faides, on se range sous l'autorité d'un homme fort.

La puissance appelle la richesse : « A cette époque vivaient au Fiord-du-Lac deux frères, Snorri et Paul, fils de Thord, fils de Thorvald et de Sigrid, la fille de Haflidi, fils de Má, et de Rannveig, fille de Teit, fils de l'évêque Isleif. Ces frères étaient des chefs très puissants » [20]. E. Ó. Sveinsson donne l'exemple des bondis du Fiord-des-Iles qui, voulant chasser Thorvald, fils de Thorarin, du district, avancèrent la raison que « c'était un homme très violent et très avare, en même temps qu'il avait à répondre de lourdes charges ».

La richesse doit entrer dans le domaine de la notoriété, afin que chacun sache bien que l'on a les moyens d'éviter d'être soumis aux impondérables. Aussi apprend-on qu'une personne est riche de la même manière que l'on fait son rôle politique : « Peu après était décédé Kolskegg le Riche, qui était l'un des hommes les plus riches d'Islande » [21]. Et comme les clercs appartiennent à la même classe que les gouvernants, elle est appréciée chez les uns comme chez les autres : « Il y avait un homme du nom de Thori et il était le fils de Thorstein; il était prêtre; il habitait à la Langue-de-la-Démarcation, dans la Vallée-

des-Fumées, du nord; c'était un homme riche en biens; il avait une riche maison; il n'avait pas moins de biens investis que la valeur de cent vaches » [22].

Au demeurant, la richesse devient un critère de distinction, à l'instar de la beauté, de la noblesse ou du courage : si Thorgils, fils de Má, disposait d'un grand nombre de biens [23], il en allait vraisemblablement de même de Má, sinon ils n'auraient pu s'affronter à égalité. En revanche, on dit de Thord qu'il « avait peu de biens et était appelé le scalde des Iles du Ruf, parce qu'il y avait habité auparavant longtemps » [24].

Un chef pauvre ne peut contracter ni alliances solides, ni obtenir les appuis suffisants dans une affaire difficile. Le mariage et les relations avec des femmes, issues de familles renommées, lui donnent pourtant la possibilité d'accroître sa puissance.

Pour parvenir à leurs fins, les *potentiores* recourent aux alliances familiales comme moyen de gouvernement. Celui qui sait s'en assurer au moment opportun parvient à regrouper sous son autorité un quartier tout entier ou à établir, par le contrôle de godords dispersés sur toute la surface de l'île, les points d'appui nécessaires à l'extension de son influence sur d'autres régions. La force des liens de parenté, et le caractère obligatoire de la solidarité qui en découle, ont plus de poids qu'un contrat ou qu'un traité. Qui ne respecte pas ses engagements, voit aussitôt sa réputation et son honneur ternis [25].

En outre, les « aristocrates » en viennent, en dehors des liens du mariage, à entretenir des relations avec d'autres femmes, en vue de se concilier de nouvelles personnes, d'où une situation voisine de la polygamie [26]. Cela compte peu au regard de la politique, l'importance des alliances et le gain en hommes étant tenu pour l'essentiel. Ainsi, Jon, fils de Lopt d'Oddi, bien qu'il fût marié, avait une concubine et des enfants de trois autres femmes. La morale suit les contours de la stratégie, elle ne la freine en aucune façon.

Des familles, qui n'ont accédé que tardivement au gouvernement en commun de l'île, doivent, pour conserver leur position, se tisser un réseau très serré d'alliances. Dès le XIe siècle, on constate cette situation dans la saga du Combat-sur-la-Lande [27] : on y voit l'influence de Styr L'Homicide croître rapidement, après qu'il est devenu le parent par alliance de Snorri le Godi. D'ailleurs, la tentation a dû être forte chez plus d'un auteur d'allonger la généalogie d'un chef, dans le dessein de prouver qu'il ne le cédait en rien à un autre, ou qu'il le dépassait [28]. Des blocs se forment, aux ramifications nombreuses, qui, s'ils ne se désagrègent pas trop vite, formeront une sorte de capital pour l'héritier du godord. C'est donc bien là d'un véritable investissement qu'il s'agit, portant la nécessité d'exiger du titulaire du godord de solides compétences de gouvernant [29].

La capacité à gouverner et le nouveau façonnement du Godord.

La capacité à gouverner ne correspond pas toujours au droit à hériter. Cela pose d'abord le problème des enfants légitimes et illégitimes, puisque le godord est d'essence patrimoniale. A cet égard, le droit nordique a une conception très large de la parenté en ce que les enfants illégitimes venaient directement après leurs frères et sœurs légitimes en Islande, et qu'ils étaient considérés de la même manière qu'eux [30]. Pourtant, il arrivait que le fils illégitime fût préféré aux autres.

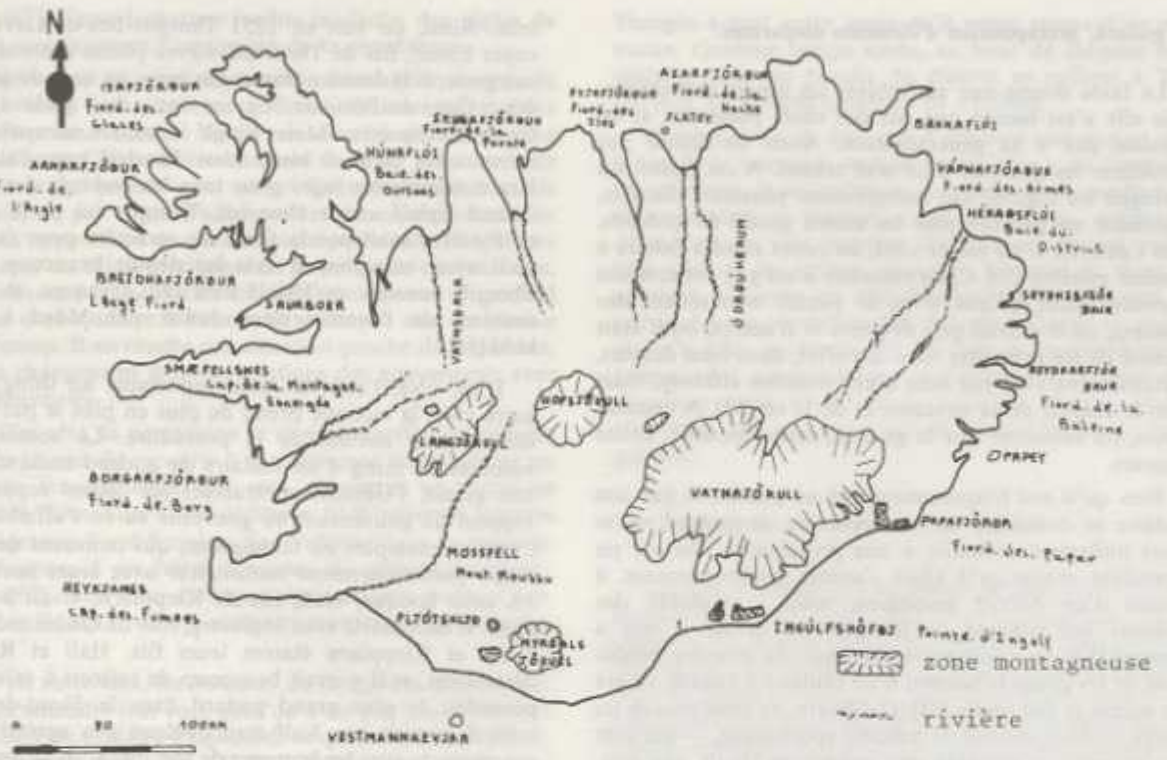
Ainsi, dans la saga de Lacval, Thorkel Krafli, malgré sa naissance illégitime, reçoit le godord de son père, après le retrait de ses frères, tous légitimes [31], après avoir eu l'occasion de faire la preuve de son courage et de sa capacité à gouverner. Le fils illégitime de Sölvi, Pál, a hérité de son père le godord des Gens-du-Bois-des-Sources, quoique celui-ci eût dû revenir à la fille de Sölvi [32] : s'il l'emporte, c'est parce qu'il est un homme. On assiste à une solution semblable lorsque celui qui devait hériter était mineur.

Au sein de la famille légitime, le père choisit celui de ses fils qui lui semble le meilleur pour lui succéder. A la mort de Thord, fils de Gils, le godord de Snorrungs — les descendants de Snorri le Godi — revient à son fils Sturla, dont on évoquera ultérieurement les hommes du thing [33]; on n'ignore cependant pas qu'il a eu un second fils, nommé Snorri [34]. Quant aux fils de Sturla, Sighvat hérite du godord, les autres sont pourvus autrement et l'aîné, Svein, ne semble pas avoir été en possession d'un godord [35]. Il en est de même pour les fils de Thorvald, fils de Gizur, dont c'est le plus jeune qui hérite du godord [36], bien que Thorvald ait eu d'autres fils [37].

Le plus fort et le plus habile l'emportant relativement à la dévolution successorale, le paysage politique de l'Islande se simplifie. Le pouvoir de droit revenant toujours au plus apte, le titulaire d'un godord vise à dominer le thing puis, son audace ne rencontrant pas de résistance notable, la région. Si les alliances qu'il a su se ménager sont durables et si le Destin lui est clément, il organisera à son profit une vaste sphère d'influence. Ainsi, les Sturlungs, dont les terres étaient aux Vallées, gagnèrent le Cap-de-la-Montagne-Enneigée, le Fiord-du-Mamelon et celui des Iles. Ce contrôle s'exerce par étapes : la stratégie poursuivie amène le chef à entrer en contact avec les titulaires des godords convoités, à vaincre leurs éventuelles réticences, tout en s'attirant les faveurs des hommes du thing et des bondis. A partir du moment où l'enracinement s'avère assez profond, les nouveaux godords servent de base de départ vers d'autres conquêtes [38].

En se déployant, ces forces de renouvellement réduisent le nombre des godords. A la mort d'Einar, en 1185, le godord des Gens-du-Cap-des-Fumées vient agrandir le domaine des Sturlungs; dans la seconde moitié du XIIe siècle, ils entrent en possession du godord des Gens-de-la-Pointe-de-Thor. Leur échoit également le godord des Gens-de-la-Rivière-Bouillante [39], la moitié de celui des Gens-du-Bois-Sacré [40], puis celui de Gudmund Dyri, avec le godord des Gens-de-L'estuaire, que ce dernier avait uni au sien en 1188 [41] et, vraisemblablement aussi, le godord des Gens-du-Bois-des-Sources [42], qui revient à Snorri, fils de Sturla, par héritage. Le mouvement se poursuit et, en 1225, ils contrôlent le — ou les — godord des Gens-du-Val-de-la-Rivière-de-L'Alpage [43] et, en 1233, au moins l'administration du godord des Gens-du-Fiord-du-Lac [44].

On assiste à une dénaturation du godord, qui a les traits d'un district à base géographique, mettant en question le sort de la prétendue démocratie islandaise. Une lettre du roi Haakon parvient à Thord kakali, lui enjoignant de venir en Norvège : il lui est fait reproche d'avoir essayé de se soumettre l'île, et non de l'avoir fait pour le compte du roi, comme il en avait été convenu précédemment [45]. Avant de partir, Thord kakali partage le pays entre ses



CARTE GÉOGRAPHIQUE (ISLANDE MÉDIÉVALE)

partisans, en 1250, en prenant comme base les districts, non les godords.

Mais pour qui ignore le godord, c'est le thing qui fait la force de la république; aussi bien est-ce sur lui que les attaques des potentats vont se diriger. A l'althing, les querelles éclatent au grand jour, et la stratégie tient parfois lieu de procédure. En 1120, à une session importante de l'Althing [46], Thorgils qui a été retardé pendant des heures par la troupe de Haflidi, n'a pas pu y porter sa plainte à temps. A son arrivée, il donne un coup de hache sur la main de son adversaire, et l'assemblée doit se dissoudre. Haflidi monte alors sur le Rocher-de-la-Loi, annonce qu'une blessure a été faite, et exige une nouvelle réunion de la cour. A trois reprises, lui et les siens essaient de rassembler les juges à l'endroit habituel de l'audience, mais ils n'y parviennent pas. Devant l'inefficacité des moyens de droit, on recourt à la stratégie : « Alors Haflidi se nomma des témoins, afin qu'ils constatassent qu'il ne pouvait arriver à réunir le tribunal, à cause de la conduite violente de Thorgils, et alors ils conduisirent les juges à l'est, sur le sol de lave près de la Baraque-du-Retranchement » [47]; là, ils purent enfin faire condamner Thorgils au bannissement.

La décision de justice n'est que l'une des pièces sur l'échiquier de la faide, alors qu'elle devrait apparaître comme un aboutissement. Il arrive que la communauté réunie au thing se divise en deux camps, chacun apportant son appui à l'un des antagonistes. Souvent, les choses ne se déroulent pas aussi facilement, et l'incertitude règne pour le recrutement des troupes. L'idée selon laquelle il n'existe pas de frontière imperméable entre la paix et la guerre est parfaitement illustrée à l'époque des Sturlungs [48]. Des godis avides de paix et des ecclésiastiques interviennent pourtant pour éviter qu'une situation n'empire.

Aussi l'arbitrage et les arrangements les plus divers jouent-ils une place si importante qu'ils en viennent à éclipser le thing. En 1163, des bagarres éclatent à la *lögrétta* : quelques « aristocrates » proposent que l'on prolonge la session normale du thing, pour que les nouvelles plaintes puissent être poursuivies par la voie judiciaire. Le droit n'ayant pas toujours la vertu d'apaiser les esprits, l'un d'eux estima que cela ne servirait pas à grand chose, et chacun rentra chez soi. Le droit n'est pas encore sorti de la gangue du rituel, il procède de forces surnaturelles que l'une ou l'autre partie exploite à son profit, selon les arrêts du Destin [49]. Le juge n'intervient qu'ensuite, avec le texte de loi. En dépit de leur élection, les juges marchent rarement sans les lisières que leur ont imposées les godis. On pourrait nuancer ce propos en constatant que les sagas laissent souvent dans l'ombre les sessions de l'Althing qui se déroulent de façon normale.

CONCURRENCÉ SUR LE PLAN DE LA LÉGALITÉ, LE GODORD TOMBE EN DÉSUÉTUDE.

Les discordances entre le godord et la réalité s'accroissent, parce qu'en dépit des regroupements de godords sous une seule et même autorité on ne crée pas de catégorie juridique nouvelle. Des éléments disparates qui le forment et du christianisme viendront les menaces les plus sérieuses qui l'amèneront à disparaître, bien que les chefs continuent à se réclamer de lui.

Le godord, juxtaposition d'éléments disparates.

La faide donne aux assemblées un aspect anarchique, mais elle n'est menée que par des chefs puissants, et on n'assiste pas à sa généralisation. Aussi ne faut-il pas considérer les godords d'un seul tenant. A cet égard, on distingue les régions qui comprennent plusieurs districts, englobant un nombre plus ou moins grand de godords, sous l'autorité d'un même chef, de celles restées fidèles à l'ancien système [50]. Cette situation n'est pas entièrement nouvelle, parce qu'aux Xe et XIe siècles coexistaient des contrées, où il y avait peu de chefs et d'autres, où il était malaisé de les connaître tous. En effet, dans bien des cas, l'extension ne s'est pas faite d'une manière effrénée, mais dans le respect de la coutume et de la loi [51]. A certains signes, on subodore que le godord, même modifié, existe toujours.

Bien qu'il soit fréquemment cité au pluriel, et que son titulaire se comporte en vrai potentat, le godord ne se laisse nullement assimiler à une principauté. On eût pu cependant croire qu'il allait s'ancrer territorialement, à l'instar d'un district norvégien, mais la mobilité des hommes qui relèvent de lui persiste, même si elle a diminué [52]. La conception élastique du pouvoir prédomine, et les godords passent d'un titulaire à l'autre, au gré des succès et des revers [53]. D'ailleurs, on tient encore les things, — bien souvent de manière sporadique, — qui sont une garantie, et donnent une coloration légale aux opérations d'acquisition du titre.

Les désaccords au sujet de la possession du godord des Snorrungs ont parfois pu être réglés au thing, comme le prouve l'exemple suivant : « Le printemps suivant, Thord tint le thing du Cap-de-Thor, comme lui et ses frères en étaient convenus auparavant; Snorri envoya son fils Jon avec six hommes, et ils avaient un cheval. Alors Thord prit possession du godord des Snorrungs; Jon en prit deux parts, et Thord prit le troisième. Sturla, fils de Sighvat, n'aimait pas cela du tout et il resta chez lui durant ce thing. Les choses en restèrent là jusqu'à l'Althing. Snorri se rendit au thing avec beaucoup d'hommes, selon son habitude. Thord désigna quelques hommes pour aller au thing; il n'avait pas l'intention d'aller lui-même à l'ouverture de l'assemblée, mais il envoya son fils Sturla à Snorri avec ses godords.

Sturla dit qu'il n'y avait pas besoin d'essayer de le dissuader... parce que je n'ai pas envie que Thord soit le seul à contrôler le godord des Snorrungs, comme au thing du Cap-de-Thor. Mais je veux que l'on ne fasse aucun mal à Thord, mon oncle paternel, ou à ses fils ou à Ingimund, fils de Jon. Cependant, cette fois j'ai l'intention que ma parole ait quelque poids » [54].

Le rôle du thing apparaît clairement ici, caractérisé par les deux idées de légalité et de notoriété. Avant de devenir légalement titulaire du godord, Thord ouvre le thing du Cap-de-Thor, ce qui lui permet de porter à la connaissance de tous qu'il entend bien ne pas être supplanté dans ses droits. Aux Xe et XIe siècles, on pouvait, en nommant des juges, rendre notoire le fait que l'on dirigeait effectivement le godord, ou que l'on était en mesure de le faire, ce qui comportait le risque pour le godi négligent de perdre tous ses droits. Thord veut s'affirmer ainsi, et Sturla va réagir; ce dernier n'a comme moyen, pour exprimer son opposition, que de s'abstenir de participer au thing et d'attendre l'Althing, pour que l'on aboutisse à un règlement global.

La nomination des juges reste bien l'une des fonctions essentielles du godi, ou du moins est-elle ressentie comme telle. Ainsi, on voit en 1253 Thorgils-Bec-de-Lièvre envoyer Eyiolf, fils de Thorvard « avec pleine autorité pour son godord. Il devait nommer des juges au nom du godord des Gens-du-Bois-des-Sources et du godord des Gens-des-Glaciers. Mais Eyiolf semblait incapable de mener cette tâche à bien, aussi Thorleif avec l'aide de Hrafn nomma les juges pour tous les godords des chefs. Quand Eyiolf arriva chez lui, Thorgils lui parla et dit qu'Eyiolf n'avait pas la force de caractère pour faire ce qu'il avait entrepris, et cela lui déplut beaucoup » [55]. Thorgils constate qu'Eyiolf s'est fait devancer, et on se souvient de l'avertissement donné par Mörd à Höskuld [56].

D'un côté, l'activité reste importante au thing; d'un autre côté, la tactique prend de plus en plus le pas sur le déroulement normal de la procédure. Le nombre des hommes du thing d'un titulaire de godord étant souvent très grand, l'élément contractuel sur lequel reposait le rapport du gouvernant au gouverné va en s'affaiblissant. Certains exemples en témoignent, qui montrent des *höfdingis* particulièrement autoritaires avec leurs hommes : «A cette époque, Hall, fils de Kleppiarn, vivait à Hrafnagil. Il était marié avec Ingibiörg, fille de Gudmund Dyri. Einar et Kleppiarn étaient leurs fils. Hall et Kalf se détestaient, et il y avait beaucoup de raisons à cela. Hall possédait le plus grand godord dans le Fiord-des-Iles, mais il pensait que Kalf était quelque peu agressif dans ses rapports avec les hommes de son thing. Ils se querellèrent aussi au sujet des droits qu'ils avaient sur une baleine échouée, et ils portèrent cette affaire devant l'Althing, où chacun prouva qu'il était le meilleur avocat pour sa cause » [57].

En outre, ce sont toujours les hommes du thing qui, par leur nombre, font la force du godord, et le godi doit pouvoir compter sur eux. Or, on ne saurait les ranger dans une catégorie unique. Ainsi lit-on, à propos de Thorhall, fils de Svart, homme du thing de Thorleif Jambe-de-Bois, qu'il était un homme très riche, fort et influent [58]. Dans d'autres cas, on perçoit mal le rôle de l'homme du thing. Evoquant la composition d'une troupe, l'auteur de la saga de Thorgils et de Haflidi [59] recourt aux termes d'« hommes », d'« hommes du groupement armé » : on est ici enclin à se demander si ces hommes du thing ne se trouvaient pas placés sur le même rang que les bondis. Pourtant, à chercher où et quand ces vocables sont employés, on risque de perdre de vue la réalité de la politique islandaise pour les arcanes de la littérature. Un auteur peut en effet aller d'un extrême à l'autre, sans courir aucun risque : soit l'emploi d'« hommes du thing » n'est sous sa plume que le fruit de réminiscences juridiques, et il qualifie ainsi de simples bondis, soit son attention est si fortement retenue par les faits et gestes des *höfdingis* qu'il passe sous silence l'action des hommes du thing dans les assemblées. La seconde branche de cette alternative est d'autant plus plausible que le godord, dépourvu de base territoriale, s'appuie toujours sur les hommes du thing, qui en concrétisent la présence et la force.

On ne rencontre pas en Islande d'hommes liés au chef par un serment de fidélité [60] — les *handgengnir menn, begnar, bjónosturmenn* — comme en Norvège. En revanche, on assiste à la dégradation du lien unissant l'homme du thing au titulaire du godord : comme le godord se transmet par la voie patrimoniale au sein d'une même famille, la relation de fidélité mutuelle, résiliable en théorie, est devenue habituelle et tend à devenir hérédi-

taire [61]. Cette évolution facilite le déclin des règles de droit, qui faisaient l'originalité de la république.

Alors que les « aristocrates » parviennent à avoir la haute main sur plusieurs godords, il leur est malaisé d'exercer une autorité égale sur tous les points de leur domaine, et l'on voit des hommes du thing affirmer leurs droits ce qui prouve que, malgré l'avantage acquis sur le terrain, ou par le jeu d'alliances heureuses, des réticences ou des oppositions se manifestaient parfois. Aussi bien ces hommes du thing pratiquent-ils la politique du balancier, accroissant par là l'instabilité ambiante : quand un godord passe d'un titulaire à l'autre, ils prennent soin de choisir leur camp. Il en résulte une situation proche de l'anarchie, et un changement dans les relations des gouvernants avec les gouvernés.

D'un côté, la persuasion se révélant inefficace, certains *höfdingis* ont dû recourir à la contrainte pour obtenir un soutien inconditionnel qui, seul, permettait un succès de la faide. Ainsi Snorri, fils de Sturla, fit-il prêter un serment d'allégeance à ses fermiers des Vallées, dans la querelle qui l'opposa à ses frères à propos du godord des Snorrungs [62], mais il se distingue des serments propres aux régimes féodaux par son caractère temporaire et son objet précis.

D'un autre côté, les hommes du thing font quelquefois si bien entendre leur voix que l'on n'est pas loin d'évoquer l'élection du titulaire du godord, ce qui semble paradoxal. Dans la saga du Lacval [63], les héritiers étant mineurs, le godord doit revenir à celui qu'ils jugent le plus compétent. Il y a alors deux candidats, et aucun ne veut céder. Au cours d'une assemblée, on discute beaucoup, et l'on voit qu'à la fin c'est le sort qui emporte la décision : l'idée d'élection n'était qu'un mirage arctique. En 1245, on note un vote similaire : Brand, fils de Kolbein, à qui Kolbein le Jeune avait laissé ses godords, est reconnu comme le chef de tous les districts à l'ouest de la Lande-de-la-Vallée-des-Bœufs [64]. Mais cela ne signifie pas pour autant qu'il est élu, parce que ce choix n'est en fait que la confirmation des droits sur les godords qui lui reviennent déjà. Ultérieurement, il sera encore question d'élection : pourtant, le titulaire du godord ne se comporte jamais en élu. Il est d'ailleurs significatif, — et c'est vraisemblablement là qu'il faut chercher l'explication de cette pratique — que ces élections ont toujours eu lieu dans le Fiord-de-la-Hache (District-nord-de-l'Ile-du-Thing) : ce fiord étant très peuplé et riche, son chef avait la possibilité de dominer toute l'île. Se justifie donc l'accord des *potentiores* de la région pour l'attribution des godords à un nouveau titulaire.

La quête des altérations multiples du godord est fructueuse et, au fil des exemples, la république islandaise adopte ses dimensions réelles. Gizur doit partir pour la Norvège, et il confie à Oddi le soin de contrôler ses districts. Ce dernier réunit alors un thing, où il fait part aux bondis de la décision de Gizur, et il leur demande d'être à la fois leur guide et leur chef [65]. Après la mort d'Oddi, son frère Thorvard s'adresse à son tour à eux, afin qu'ils le reconnaissent comme leur chef, mais il rencontre peu d'approbation. Il prend quelques-uns d'entre eux à part pour avoir leur avis, mais ils ne veulent pas s'engager à titre personnel, et se décident seulement avec les autres pour lui signifier qu'ils ne veulent pas de lui [66]. Ensuite, Thorgils leur demande de l'accepter comme chef du district, mettant en avant sa parenté avec Kolbein et sa capacité à contrôler le Fiord-de-la-Hache. Braddi, l'un des bondis, répond que s'il avait à servir un chef il préférerait Thorgils à tout autre, mais qu'il valait mieux n'en servir aucun. Quelque temps après, au bout de longues négociations, tous les bondis du district se rallient à Thorgils [67]. Le godord continue de s'effriter.

Comme il est de bon ton d'affirmer son respect de la loi et de la coutume, surtout lorsqu'elles sont favorables, on continue à se réclamer du godord. Cependant, les faides étaient si longues « que les things, entièrement dépourvus de tout pouvoir d'exécution, étaient incapables » [68] de les arrêter, et que les hommes du thing, qui auraient dû jouer un rôle modérateur, se trouvent emportés dans le tourbillon des querelles. Quant au godord, qui n'a plus au-dessus de lui que le rassemblement à éclipses des « aristocrates » à l'Althing, il s'éteint de la disparate entre la loi et la pratique. A ces données s'ajoutent les attaques que le christianisme porte au godord.

Le christianisme nie l'existence du godord.

Les lois d'Ulfliot avaient établi un lien entre la charge de godi et le temple. Or, tout porte à croire que tous les titulaires de godord n'ont pas possédé de temple et que, dans ce cas, ils ont pris l'habitude de réunir leurs hommes chez un prêtre voisin, sans que cela nuise en rien à leur pouvoir [69]. L'idée d'assemblée étant prédominante, et la religion nordique laissant bien des Islandais indifférents, Ulfliot avait eu pour dessein d'inciter les godis à bâtir des temples, pour servir de point d'ancrage au godord. Si leur pouvoir avait été fondé, un siècle à peine avant l'introduction du christianisme, sur le sacerdoce païen, les godis auraient dû s'opposer farouchement à la violation de leurs lois fondamentales [70]. Or, nombre d'entre eux se font baptiser même avant c. 999.

Détenteurs du pouvoir temporel, les godis ont ressenti le christianisme davantage comme un danger pour l'autonomie de l'île que comme une menace pour leur foi. D'ailleurs, la nouvelle religion n'a pas été imposée aux Islandais : elle a été amenée par une stratégie habile. Certes, les tentatives de mission s'accompagnèrent de violences en 985; en 996, il en fut de même lorsque Stefni, fils de Thorgils, envoyé en mission par le roi Olaf, détruisit temples et idoles et fut condamné à quitter l'île en 997 [71], ou encore en 997-999, avec Thangbrand [72].

En 999, on constata que païens et chrétiens n'obéissaient pas aux mêmes lois et qu'il convenait de parvenir à un accord. Hall de Sida fit alors appel à Thorgeir le Godi, l'homme-qui-dit-la-loi, et lui donna trois marcs en argent pour qu'il légifère et proclame la loi. Après avoir expliqué que l'île allait vivre une période difficile, si on ne se pliait pas à une seule loi, Thorgeir dit : « Aussi vais-je demander aux païens et aux chrétiens s'ils sont prêts à accepter la loi que je vais maintenant proclamer ». Tous acceptèrent et donnèrent leur parole. « Le fondement de notre loi », déclara-t-il, « est que tous les gens de ce pays seront chrétiens et croiront en un dieu unique... Quiconque observera ses anciennes pratiques sera banni pour trois ans, mais ne sera pas condamnable s'il les exerce à l'insu de tous » [73].

Les Islandais furent baptisés, et le christianisme fut adopté légalement à l'Althing. D'un côté, le pouvoir séculier a pris une part déterminante à l'adoption de la nouvelle religion, en ignorant qu'elle allait peu à peu miner le régime oligarchique reposant sur le godord. D'un autre côté, le clergé entretient des relations avec l'étranger,

où évêques et abbés sont formés [74], et la royauté norvégienne exercera sur lui un attrait croissant.

Devant l'absence d'une autorité centrale et de traditions communautaires, les chefs gardent la haute main sur le clergé. A la différence de la Norvège, l'Islande n'aura pas d'églises communautaires, et le godord servira de point de départ, l'organisation d'une église dépendant du bon plaisir de son fondateur [75]. D'où une source de nouvelles ambiguïtés pour le godord.

Dans une monarchie, les liens entre l'Eglise et l'Etat, distendus au début, s'affermissent à mesure que les institutions ecclésiastiques n'apparaissent plus comme quelque chose d'artificiel. Ainsi, en Norvège, l'Eglise reçoit son chef naturel en la personne de l'archevêque de Nidaros, en 1152. En revanche, chaque fois que des évêques s'arrogent des droits qui ressortissent au domaine temporel, le roi doit intervenir. En Islande, qui ne connaît qu'une ébauche d'Etat, il faudra attendre près de cinquante années pour que l'organisation ecclésiastique s'implante [76] : le pouvoir annexe les affaires religieuses d'autant plus facilement qu'il le faisait déjà à l'époque païenne, et que titulaires de godords et évêques appartiennent aux mêmes familles. Un évêque de l'importance de Gizur décida pourtant de donner un nouveau visage à l'Eglise : on lui doit la division du pays en paroisses, ainsi que la loi sur la dîme, qu'il fit voter en 1096, grâce au concours de l'homme-qui-dit-la-loi, Marc fils de Skeggi, et de Saemund le Savant, prêtre et godi [77].

Aux yeux de l'homme du thing, l'évêque est un chef, tandis que le desservant de l'église ne lui est pas supérieur. Durant l'épiscopat de Thorlak († 1193), on continua à penser que le cumul des fonctions temporelles et des fonctions sacerdotales était légal. Aussi bien le chef Jon se refuse-t-il à « abandonner son église au pouvoir de l'Eglise » [78]. Lorsque les *höfdingis* estiment que l'autorité ecclésiastique outrepasse ses droits, ils ne manquent pas d'intervenir. Thord trouve la pénitence trop forte, qui a été imposée à son fils Sturla par l'abbé de la Montagne-Sainte, et il lui conseille de se tourner vers l'évêque de Skalaholt. Au reste, la généalogie est là pour justifier semblable attitude : de Paul, il est dit qu'il était « le fils de Jon, un homme des plus remarquables fils de Lopt, fils de Saemund l'Historien » [79].

« La règle de l'Eglise et la règle des chefs s'interpénètrent » [80]. La législation séculière s'applique au clergé, mais on admet la participation des dignitaires religieux à la vie politique : c'est ainsi que les deux évêques islandais siègent de droit à la *lögrétta*. Un droit chrétien a été adopté en 1121 : « l'évêque Thorlak prit ses dispositions au cours de son existence pour que la section de droit chrétien fût établie et écrite, suivant les instructions des hommes les plus sages du pays et sur avis de l'archevêque Özur; l'évêque Thorlak et l'évêque Ketil furent chargés de la direction de l'entreprise » [81]. Formé à l'étranger, il est nommé officiellement à l'Althing. Habile à apaiser les différends, ou à arbitrer à son avantage certaines situations, il tient le ralliement des gouvernants islandais à la monarchie pour la seule solution concevable. La république des godords devient synonyme d'anarchie.

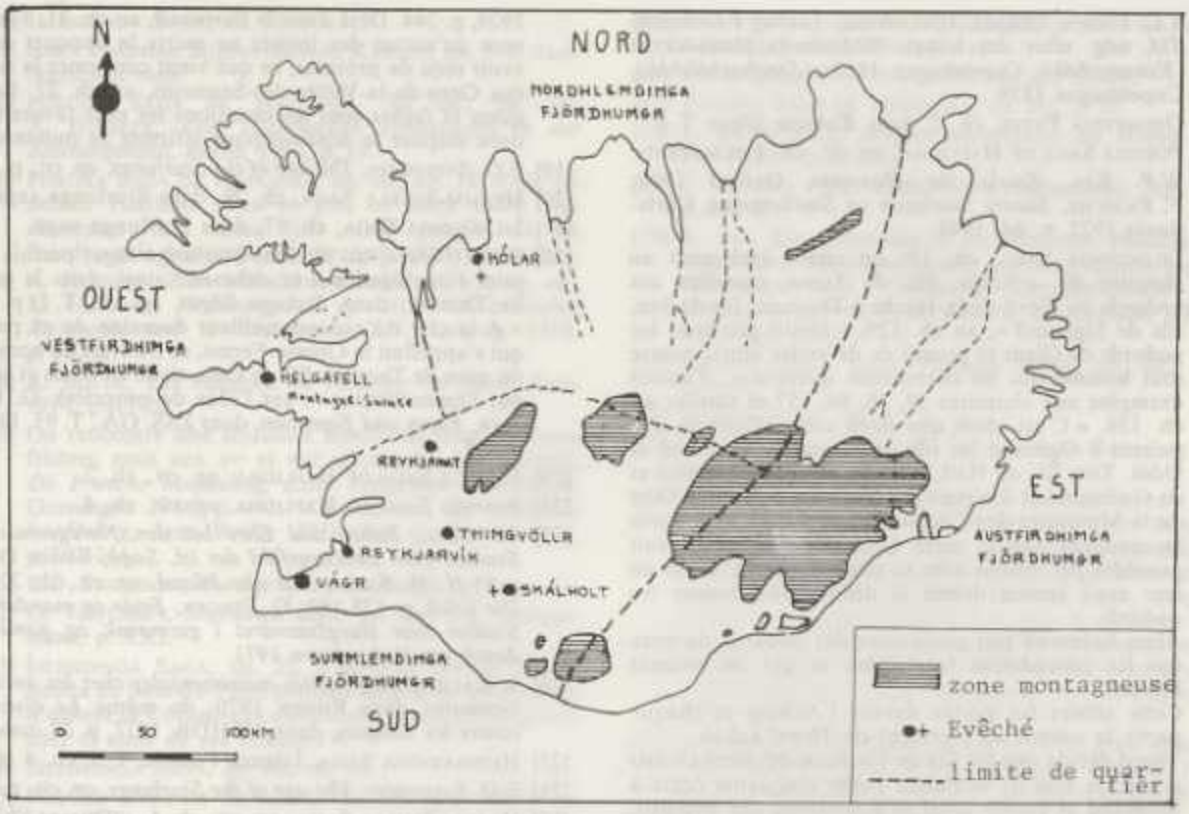
Le titulaire du godord reste en contact avec la Norvège et ses fils passent plusieurs mois à la cour et dans la suite armée du roi [82]. La notion de royauté est alors très répandue. De l'évêque Gizur, il est dit qu'il « fut à la fois roi et evêque dans le pays tant qu'il vécut » [83]. Au reste, l'évêché est qualifié beaucoup plus fréquemment que le godord de *riki*. Par le biais de la religion, la royauté, pour laquelle les « aristocrates » du IXe siècle n'éprouvaient qu'aversion, est introduite dans le vocabulaire politique et religieux, offrant un remède aux maux de l'oligarchie. L'Eglise n'a rien à proposer d'autre aux Islandais.

En 1247, le légat Guillaume de Sabine écrivit à l'Eglise d'Islande « qu'il n'était pas convenable que ce pays ne fût point gouverné par un roi, comme l'étaient toutes les nations de la terre » [84]. Auparavant, un évêque de la stature de Gizur le Bon (1203-32) avait progressivement orienté sa politique vers l'acquisition de l'autorité temporelle [85]. Avec les deux évêques nés en Norvège, Heinrek et Sigvard (1238-1268), habilement conseillés par le roi, l'exercice du pouvoir d'ordonner et d'interdire dégénère en un « moyen efficace de menacer et de châtier les chefs et leurs armées » [86]. En effet, même s'il ne se mêle pas directement à l'action, l'évêque influe sur le cours des choses, par ses conseils ou par son arbitrage : ainsi « l'évêque Kloeng était un si grand juriste qu'on allait toujours le chercher ou le consulter pour lui demander son aide dans la majorité des cas, à la fois en raison de sa qualité de grand chef, de sa sagesse et de son pouvoir d'éloquence; il était donc très versé dans les lois du pays : voilà pourquoi les chefs l'emportaient toujours dans leurs procès quand l'évêque s'était joint à eux, et aucune grande affaire n'était décidée sans que l'évêque Kloeng n'eût été appelé par les deux parties en cause » [87].

Il conviendrait de retracer ici toute l'histoire du christianisme islandais pour prendre la dimension exacte de cette menace. Le roi de Norvège a tiré profit de cette politique, puisque l'île a été rattachée à son royaume en 1262-64, sans qu'il ait eu à imposer son autorité d'une manière violente, parce que l'Islande entretenait depuis toujours des relations avec la mère-patrie. Du point de vue du christianisme, le godord est inconnu du droit; seuls comptent les quelques grands potentats, qui s'arrachent tour à tour les régions les plus intéressantes de l'île. En niant la république des godords, le christianisme introduit par son droit — qui resta longtemps « lettre morte » — des concepts juridiques, étrangers aux gouvernants islandais, tandis que le haut clergé propose avec la monarchie quelque chose de réel, de tangible, que les « aristocrates » ont eu le loisir de connaître en Norvège ou dans les royaumes des îles britanniques. D'où l'ambition d'exercer une souveraineté sans partage sur l'île qui mûrit dans l'esprit de maints *höfdingis*. Profitant de la dépendance économique croissante de l'île, la Norvège, qui vit des jours de prospérité depuis le début du XIIIe siècle, gagne à elle les « aristocrates » islandais, dont la pratique du commerce était l'un des privilèges [88].

Le roi saura s'imposer comme l'unique recours face aux maux endémiques et aux querelles intestines dont souffre l'Islande [89]. D'ailleurs, le roi ignorait également le godord; c'est au thing qu'il s'adresse aux Islandais par la voix de ses représentants. En 1020, Thorarin, envoyé du roi de Norvège, Olaf, demande un îlot pour le roi en échange de l'amitié de ce dernier [90]. Son message est adressé à Gudmund de Mödruvellir, afin qu'il soutienne sa cause, car « il a appris que c'était principalement Gudmund qui gouvernait là ». Il ne mentionne pas les autres godis de la contrée, il ne voit que celui qui jouit de la considération la plus grande. Dépourvue de pouvoir central, l'Islande n'est représentée que par quelques chefs influents.

Or, du point de vue de la légitimité, la république repose toujours sur les 39 titulaires de godords anciens, égaux entre eux, auxquels sont venus se joindre 9 titulaires



CARTE POLITIQUE (ISLANDE MÉDIÉVALE)

de godords nouveaux, disposant de pouvoirs moindres. Le roi de Norvège n'en a cure : dépassant ce qui n'est pour lui qu'une fiction juridique, il continue à regarder l'île à travers le prisme monarchique. Son attitude n'a pas changé en 1234, à Tunsberg, quand Haakon demande à Sturla à quel prix on pourrait amener l'île à se placer sous l'autorité d'un seul homme, qui viendrait rétablir la paix [91]. La république des godords, incompatible avec la paix, n'est que le résultat des arrangements entre des *höfdingis*, qui sont maintenant las de conduire des faides. La monarchie, quant à elle, présente un caractère stable et légal.

Le christianisme prend d'abord racine dans le godord, pour mieux le dénigrer ensuite; il importait que les églises pussent trouver un point d'accueil. Expression de la loi, création artificielle, le godord ne parvient pas à incorporer toute la réalité du pouvoir local, parce que son titulaire agit avant tout comme le représentant d'une famille « aristocratique ». Et il en a toujours été ainsi. Tant que le prétendu équilibre, promu par les lois d'Ulfliot a empêché trois ou quatre chefs de l'emporter d'une façon définitive sur les autres, le godord a été tenu pour une institution. Par la suite, le godord est devenu un moyen de vaincre son adversaire, en bénéficiant d'une légitimité fictive. En outre, il a toujours été menacé par les évêques et par le roi de Norvège. Il a disparu, faute de défenseurs zélés, illustrant le mot du cardinal de Retz « les lois désarmées tombent dans l'oubli ». Au demeurant, il est dessiné, dans la saga des Sturlungs et dans les sagas des Evêques, d'un trait bien plus net qu'à l'époque précédente, comme si on voulait le sauver de l'oubli et, avec lui, la religion nordique.

RÉFÉRENCES

[1] F. BODEN, *Die isländischen Häuptlinge*, dans ZSS. GA, T. 24, 1903, p. 148-210; J.-R. MIRBEAU-GAUVIN, *Les potentiores dans l'Islande médiévale*, thèse multigraphiée, Dijon 1978, p. 196-284; du même : *Le godord islandais*, dans RHDFE, T. 60, 1982, traite du godord, des origines de l'institution au XIIe siècle.

[2] LANDNÁMABÓK ISLANDS, éd. E. Arnórsson, Reykjavik 1948; KRISTNI SAGA, dans *Biskupa Sögur*, T. 1, Copenhague 1858.

[3] PORGILS SAGA OF HAFLIDHA, éd. U. Brown, Oxford 1952, cette saga a été vraisemblablement rédigée au début du XIIIe siècle.

[4] F. BODEN, *Zur isländischen Regierungsgewalt in der freistaatlichen Zeit*, dans Gierkes Untersuchungen, T. LXXVIII, Breslau 1905; J. GAUDEMET, *Institutions de l'Antiquité*, Paris 1967, p. 331; K. SCHERLING, article POTENTIA, dans PAULY-WISSOWA, Realencyclopädie der Classischen Altertumswissenschaft, Stuttgart 1953, T. 22, col. 1040-41.

[5] K. MAURER, Vorlesungen über altnordische Rechtsgeschichte, T. 4, *Das Staatsrecht des isländischen Freistaates*, Leipzig, p. 215 ff.

[6] H. KUHN, *Das alte Island*, Düsseldorf-Köln 1971, n. éd. 1978, p. 41-42.

[7] G. VIGFUSSON, *Sturlunga saga*, Oxford 1878, T. I, *Prolegomena*, p. XXI.

[8] Pour la saga des Sturlungs, on a utilisé l'édition suivante : J. JÓHANNESSON, M. FINNBOGASON, K. ELDJÁRN, *Sturlunga Saga* en 2 volumes, Reykjavik : Sturlunguútgáfan 1946.

[9] V.L. Finsen, *Grágás, Islaendernes Lovbog i Fristatens Tid*, udg. efter det kongl. Bibliotheks Haandskrift (*Konungsbók*), Copenhague 1852; (*Stadharhólsbók*), Copenhague 1879.

[10] Oddaverja Páttr, ch. 2, dans *Biskupa Sögur*, T. I.

[11] Porgils Saga of Haflidha, *op. cit.*, ch. 4 et suivants.

[12] W.P. Ker, *Sturla the Historian*, Oxford 1906; F. Paasche, *Snorre Sturlason og Sturlungerne*, Christiania 1922, n. éd. 1948.

[13] Íslendinga Saga, ch. 18; on citera également au chapitre 40. « Arnor, fils de Tuma, transféra ses godords du Fiord-de-la-Hache à Thorarin, fils de Jon, fils de Sigmund », au ch. 129. « Hialti prit tous les godords de Gizur et promit de défendre Sturla contre tout homme qui lui chercherait querelle »; d'autres exemples aux chapitres 29, 56, 86, 157 et surtout au ch. 159. « C'est alors que dans cette affaire se joignirent à Ogmund les fils de Thorarin, Thorvard et Oddi. Teit, fils de Hall, était du côté de Saemund et de Gudmund et il n'était pas heureux, parce que Omr de la Montagne-des-Cochons avait donné à Thorarin les godords que sa mère Groa, fille de Teit, avait possédés par indivis avec sa sœur Ragnfrid. Et on ne leur avait jamais donné le droit d'abandonner les godords.
Alors Saemund prit possession des godords de ceux qui les possédaient légalement et qui les avaient hérités.
Cette affaire fut portée devant l'Althing et chaque partie la soumit au jugement de Thord kakali.
Thord décida que les fils de Thorarin devaient choisir si oui ou non ils voulaient payer cinquante cents à Saemund et garder ainsi la possession des godords, et ils devaient se porter caution avant d'aller à Pentes-lez-Fleuves. Ils choisirent de garder les godords, mais aucun ne se porta caution.
Alors Saemund réclama les godords, et bien que les choses fussent d'abord calmes, les discordes recommencèrent à croître entre eux par la suite »; Thórdhar Saga Kakala, ch. 6; E.Ó. Sveinsson, *The age of the Sturlungs, Icelandic Civilization in the 13th Century*, Ithaca N.Y. 1953, Islandica, T. 36, p. 31.

[14] C'est le problème de l'historicité des sagas et de leur utilisation par l'historien du droit : il convient d'étudier chaque saga pour ses propres mérites, et de ne retenir les pratiques et les faits qu'elle décrit, qu'à la condition qu'ils se trouvent rapportés dans d'autres sources littéraires, ou qu'ils soient cautionnés par une source juridique; à ce sujet, voir : A. Holtsmark, *Det nye paa* sagaerne, dans Nordisk Tidsskrift för vetenskap, konst och industri, 35, Stockholm 1959, p. 511-523; S. Kalifa, *Le vocabulaire juridique du vieux norrois*, dans Etudes Germaniques, 1967, p. 52; du même Introduction bibliographique à l'histoire du droit et à l'ethnologie juridique, J. Gilissen, D/7 ISLANDE, p. 23-25, Bruxelles 1977.

[15] On peut comparer l'emploi respectif des termes *godhordh* et *mannaforradh* dans deux sagas, appartenant à la sage des Sturlungs.
Godhordh. *Hvamm-Sturla saga*. ch. 6, 33.
Íslendinga saga. ch. 15, 18, 29, 35, 39, 42, 50, 52, 56, 61, 83, 86, 129.
Mannaforradh. Íslendinga saga. ch. 6, 28, 40, 42, 51, 52, 90, 109, 162.

[16] E.Ó Sveinsson, *The age of the Sturlungs, op. cit.* p. 31.

[17] K. Larsen, *A history of Norway*, New York, 1950, p. 57.

[18] J. Grimm, *Über Schenken und Geben*, dans Kleine Schriften, T. 2, Berlin 1865, p. 173-210; K. Maurer, *Die Entstehung des isländischen Staates und seiner Verfassung*, München 1852, p. 73 ff; M. Mauss, *Gift, gift*, dans Mélanges offerts à M.C. Andler, Strasbourg 1924, p. 244. Déjà dans *la Germanie*, au ch. 21, Tacite note qu'aucun des invités ne quitte le banquet sans avoir reçu de présents, ce que vient confirmer la saga des Gens-de-la-Vallée-des-Saumons, au ch. 27. Banquets et faides sont les occasions les plus favorables dont dispose le *höfdingi* pour affirmer sa puissance.

[19] E.Ó. Sveinsson, *The age of the Sturlungs, op. cit.*, p. 46.

[20] Hvamm-Sturla Saga, ch. 29, dans Sturlunga saga.

[21] Íslendinga Saga, ch. 57, dans Sturlunga saga.

[22] Sturlu Saga, ch. 30 dans Sturlunga saga; parfois on joint l'intelligence à la richesse : ainsi, dans la saga de Thorlak, dans *Biskupa Sögur, op. cit.*, T. I, p. 95. « A la tête du second meilleur domaine de ce pays, qui s'appellait la Grosse-Ferme, se trouvait un homme du nom de Thorkel, fils de Geir, riche en biens et sage par l'entendement »; sur l'idée de propriété, G. Kobler, *Eigen und Eigentum*, dans ZSS. GA., T. 95, 1978, p. 1 ff.

[23] Porgils Saga of Haflidha, *op. cit.*, ch. 2.

[24] Porgils Saga of Haflidha, *op. cit.*, ch. 4.

[25] W. Gehl, *Ruhm und Ehre bei den Nordgermanen, Studien zum Lebensgefühl der isl. Saga*, Berlin 1937, p. 85 ff; H. Kuhn, *Das alte Island, op. cit.*, ch. XIII, *Die Ethik*, p. 178-189; O. Fenger, *Fejde og mandebod. Studier over slaegtsanvaret i germansk og gammeldansk ret*, København 1971.

[26] S. Kalifa, *Singularités matrimoniales chez les anciens Germains*, dans Rhdfe, 1970; du même *Le discours contre les Evêques*, dans MSHDB, 1977, p. 22, note 2.

[27] Heidharvíga Saga, Íslenzk Fornrit, T. 3, ch. 4 et 5.

[28] E.O. Sveinsson, *The age of the Sturlungs, op. cit.*, p. 27.

[29] Hvamm-Sturla Saga, *op. cit.*, ch. 6. « Durant l'hiver suivant, la maladie s'étendit largement. A cette époque, Oddi, fils de Thorgils mourut et les gens pensèrent que c'était une grande perte, parce que c'était un homme sage et très éloquent dans les procès. Il mourut sans enfants. Sa sœur Alfdis mourut aussi à cette époque et le même printemps leur père Thorgils mourut. Einar hérita des biens et du godord et il devint un grand chef, car il trouva dans de nombreux endroits les appuis — de parents, de parents par alliance et d'amis — que son père s'était assurés ».

[30] K. Maurer, *Über die unächte Geburt nach altnordischem Recht*, dan Münchener Sitzungsberichte, 1883, p. 3 ff; F. Boden, *Mutterrecht und Ehe im altnordischen Recht*, Berlin und Leipzig 1904, p. 8 ff, 29 ff, 24 ff; Grágás (Konungsbók), 118.

[31] Vatnsdoela Saga, Íslenzk Fornrit, T. 8, ch. 45.

[32] Sturlu Saga, ch. 32; Íslendingasaga, ch. 21.

[33] Sturlu Saga, ch. 4.

[34] Sturlu Saga, ch. 2. « pórdhr átti Vigdisi dóttur Svertings Grímssonar. Börn peirra vóru, Sturla ok Snorri, pórdis ok Gudhrún ».

[35] Íslendinga Saga, ch. 6, 3 et 20.

[36] Íslendinga Saga, ch. 104, 126.

[37] Íslendinga Saga, ch. 134, 143.

[38] Pour un panorama des godords à l'époque des Sturlungs, cf. F. Boden, *Zur isländischen Regierungsgewalt...*, *op. cit.* p. 90 ff.

[39] Íslendinga Saga, ch. 23.

[40] Íslendinga Saga, ch. 20.

[41] Íslendinga Saga, ch. 23 : Deux frères, Jon et Asgrim, demandèrent l'appui de Gudmund Dyri dans un procès; il ne voulut pas le leur accorder. Ils n'eurent plus alors comme ressource que de lui transférer leur godord, le godord des Gens-de-l'Estuaire, très peuplé et bien organisé.

[42] Íslendinga Saga, ch. 21.

[43] Íslendinga Saga, ch. 61.

[44] ÍSLENDINGA SAGA, ch. 95.

[45] SAGA PORDHAR SIGHVATSSONAR KAKALA, ch. 211, dans Sturlunga saga.

[46] PORGILS SAGA OK HAFLIDHA, *op. cit.*, ch. 18; A. HEUSLER, *Zum isländischen Fehdewesen in der Sturlungenzeit*, Berlin 1912, p. 19.

[47] PORGILS SAGA OK HAFLIDHA, *op. cit.*, ch. 18. « Ok pá nefndi Haflidhi vátta at pví, at hann mátti eigi dóminum fram koma fyrir ofriki porgils, ok pá foerdhu peir dominn austr í hraunit hjá Byrgisbúdh ».

[48] A. HEUSLER, *Zum isländischen Fehdewesen...*, *op. cit.*, K. MAURER, *Vorlesungen...*, *op. cit.*, *Altisländisches Strafrecht und Gerichtswesen*, T. 5, Leipzig 1910, p. 102 ff.

[49] R. BOYER, *Les religions de l'Europe du Nord*, Paris 1974, p. 11-20.

[50] On rencontre une situation semblable dans les pays frisons, mais aux XVe et XVIe siècles, cf. I.H. GOSSES, *De Friesche hoofdeling*, dans *Verspreide Geschriften*, Groningen 1946, p. 440; N.E. ALGRA, *De oostfriese hoofdeling*, dans Revue d'Histoire du Droit, 1964, p. 193-244.

[51] E.Ó. SVEINSSON, *The age of the Sturlungs*, *op. cit.*, p. 31.

[52] G. VIGFUSSON, *Sturlunga saga*, *op. cit.*, T. I, *Prolegomena*, p. XXI.

[53] ÍSLENDINGA SAGA, ch. 23. « Sighvat, fils de Sturla, habita au Bois-du-Pâtre pendant quelques hivers. Puis il acheta la Colline-aux-Moutons... il devint un grand chef et aimé de ses hommes ».

[54] ÍSLENDINGA SAGA, *op. cit.*, ch. 61.

[55] PORGILS SAGA OK SKARDHA, ch. 24, dans Sturlunga saga, T. 2.

[56] NJÁLS SAGA, Islenzk Fornrit, T. 12, ch. 109; ce n'est plus pour l'esprit du droit que l'on se bat, mais pour la lettre de la loi; à ce sujet H. KUHN, *Sitte und Sittlichkeit*, dans *Kleine Schriften*, Aufsätze und Rezensionen aus den Gebieten der germanischen Sprach-, Literatur und Kulturgeschichte, Berlin 1971, T. 2, p. 219.

[57] ÍSLENDINGA SAGA, *op. cit.*, ch. 28 : on trouve un autre exemple au ch. 15 de la même saga « Le prêtre Bersi le Riche mourut la même année que l'évêque Brand. Snorri, fils de Sturla, recueillit son héritage et transféra son domicile au Mamelon, où il vécut quelques années. A cette époque, Thord, fils de Bödvar, son oncle maternel, vivait à Gardh, et il avait des hommes autour de la Pointe-des-Champs et beaucoup dans cette contrée. Thord pensait que son neveu Thord, fils de Sturla, usurpait son autorité sur ces hommes du thing très proches de lui, aussi donna-t-il à Snorri la moitié du godord des Gens-du-Bois-Sacré, afin qu'il protégeât les hommes du thing contre Thord, fils de Sturla, ou contre toutes autres personnes qui penseraient à les molester ». En ce qui concerne les pouvoirs des hommes du thing à cette époque, cf. F. BODEN, *Zur isländischen Regierungsgewalt...*, *op. cit.*

[58] HVAMM-STURLU SAGA, *op. cit.*, ch. 25.

[59] PORGILS SAGA OK HAFLIDHA, *op. cit.*, p. 19.

[60] K. MAURER, *Vorlesungen...*, *op. cit.*, T. I, *Altnorwegisches Staatsrecht*, Leipzig 1907, p. 168 ff; H. KUHN, *Die Grenzen der germanischen Gefolgschaft*, dans ZSS. GA., T. 73, 1956.

[61] E.Ó. SVEINSSON, *The age of the Sturlungs...*, *op. cit.*, p. 9.

[62] ÍSLENDINGA SAGA, *op. cit.*, ch. 113 : son fils, Óroekja, franchit une étape de plus dans cette direction, en rançonnant presque ses fermiers des fiords de l'ouest.

[63] VATNSDOELA SAGA, *op. cit.*, ch. 41 et 42.

[64] SAGA PORDHAR SIGHVATSSONAR KAKALA, *op. cit.*, ch. 200.

[65] ÍSLENDINGA SAGA, *op. cit.*, ch. 182, emploie les termes « forstjóri » et « formadhr ».

[66] PORGILS SAGA OK HAFLIDHA, *op. cit.*, ch. 54.

[67] PORGILS SAGA OK HAFLIDHA, *op. cit.*, p. 55.

[68] L. MUSSET, *Les peuples scandinaves au Moyen Age*, Paris 1951, p. 212-18.

[69] F. BODEN, *Die isländischen Häuptlinge*, *op. cit.*, p. 154 ff.

[70] K. von SEE, *Altnordische Rechtswörter. Philologische Studien zur Rechtsauffassung und Rechtsgesinnung der Germanen*, dans : Hermeae, Germanistische Forschungen, hg. von H. de Boor u. H. Kunisch, NF 16, Tübingen 1964, p. 110 ff.

[71] KRISTNI SAGA, dans *Biskupa Sögur*, *op. cit.*, T. I, p. 9-10.

[72] KRISTNI SAGA, *op. cit.*, p. 10.

[73] NJÁLS SAGA, *op. cit.*, ch. 105; KRISTNI SAGA, *op. cit.*, p. 25.

[74] R. BOYER, *La vie religieuse en Islande (1116-1264), d'après la Sturlunga saga et les Sagas des Evêques*, thèse, Lille 1968; K. HAFF, *Das Grosskirschspiel im nordischen und niederdeutschen Rechte des Mittelalters*, dans ZSS. KA, T. 33, 1944; G. VIGFUSSON, *Origines Islandicae*, Oxford 1978, T. I, p. 626; S. KALIFA, *Usages insolites dans les coutumes ecclésiastiques et les premiers droits chrétiens d'Islande et de Norvège*, dans *Etudes offertes à Jean Macqueron*, Aix-en-Provence, 1970, p. 389.

[75] K. MAURER, *Vorlesungen...*, *op. cit.*, T. 2, *Über altnordische Kirchenverfassung und Eherecht*, Leipzig 1908, p. 65 ff, 75 ff, 82 ff, 96 ff; T. 4, *Das Staatsrecht des isländischen Freistaates*, *op. cit.*, p. 213 ff.

[76] R. BOYER, *La vie religieuse...*, *op. cit.*, p. 42.

[77] ÍSLENDINGABOK, Íslensk Fornrit, T. I, I, ch. 10 : Gizur obtint en outre les moyens nécessaires à « l'entretien de l'évêque, de l'évêché, des desservants des petites églises et à la subsistance des déshérités », cf. S. KALIFA, *L'Etat dans l'Islande médiévale*, dans Etudes Germaniques, T. 22, 1967, p. 421-22.

[78] ODDAVERJA PÁTTR, *op. cit.*, ch. 2.

[79] PÁLS SAGA BISKUPS, dans *Biskupa Sögur*, T. I, p. 127, c. I.

[80] E.Ó. SVEINSSON, *The age of the Sturlungs*, *op. cit.*, p. 107.

[81] HUNGRVAKA, dans *Biskupa Sögur*, T. 1, p. 73.

[82] L. MUSSET, *Les peuples scandinaves...*, *op. cit.*, p. 215 ff : les evêques titulaires de godords faciliteront l'intervention du roi de Norvège. Il en fut de même des chefs laïcs : pendant son exil, Snorri, fils de Sturla, appartenait à la hirdh royale. On exigea ultérieurement de lui qu'il favorise le rattachement de l'île à la couronne. Comme il n'y parvint pas, la Norvège prit part à son assassinat ».

[83] HUNGRVAKA, *op. cit.*, p. 67.

[84] HÁKONAR SAGA HÁKONARSONAR, dans Rerum britannicarum Medii Aevi Scriptores or chronicles and memorials of G.-B. and Ireland during the Middle Ages, T. 88, Icelandic Sagas, Wiesbaden 1964, p. 252. « Pviat hann kalladhi pat ósannligt, at land pat pjónadhi eigi undir einhver konung sem öll önnur í veröldunni ».

[85] *The Life of Gudmund the God*, translated by Turville-Petre et and E.S. Olszewska, Coventry 1942.

[86] A. HEUSLER, *Zum isländischen Fehdewesen...*, *op. cit.*, p. 14.

[87] HUNGRVAKA, *op. cit.*, p. 82.

[88] A. BUGGE, article HANDEL dans Reallexikon der germanischen Alterstumkunde, J. Hoops, Strassburg 1911-19, T. 2, p. 425.

[89] K. MAURER, *Vorlesungen...*, *op. cit.*, T. 4, *Das Staatsrecht des isländischen Freistaates*, *op. cit.*, p. 28 ff. En 1258, Gizur revient de Norvège avec le titre de roi, mais l'Althing refuse toujours de reconnaître l'autorité du roi; on y est parvenu progressivement : en 1262, les bondis de 2 des 4 quartiers paient l'impôt au roi; en 1263, les gens d'Oddi s'y décident puis, en 1264, le quartier est.

[90] ÓLAFS SAGA HINS HELGA, Islenzk Fornrit, T. 27, ch. 125.

[91] HÁKONAR SAGA HÁKONARSONAR, *op. cit.*, p. 158. « Konungr spurdhi, hversu mikit mundi verdha fyrir at koma ein-valdi á landit; ok lét pá mundu verdha fridh (betra) ef einn rédhi mestu ».

TESTS PSYCHOMOTEURS DES DEUX BARRAGES RENÉ ZAZZO SUR LES ESQUIMAUX POLAIRES (N.O. DU GROENLAND). MISSION JEAN MALAURIE 1950-1951. DEUXIÈME ÉTUDE PSYCHO-SOCIOLOGIQUE

par René ZAZZO, Jean MALAURIE et Hélène TROUCHE-SIMON

Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS), Paris

RÉSUMÉ. — Lors de la mission de Jean Malaurie dans le Nord-Ouest du Groenland en 1950-1951 (Esquimaux Polaires), le test graphomoteur de vitesse et de rendement des Deux Barrages de René Zazzo a été appliqué dans un groupe de 302 chasseurs à une trentaine d'Esquimaux Polaires âgés de 6 à 25 ans.

1) Progression des performances avec l'âge (vitesse et rendement).
2) 25 % des Esquimaux se situent dans la zone dite de « normalité ».
3) Quand la situation est simple, les Inuit, à part 18 % qui régulent temps et exactitude, privilégient l'exactitude, car ils comprennent l'opération. Quand la situation est complexe, 2/3 des enfants inversent la consigne. Le test pour eux est un test de Blanc. La complexité n'est pas de type inuit et le Blanc considère toujours les lents comme des paresseux. Les parents ayant chez les Blancs des emplois subalternes, ils ont l'habitude que le Blanc contrôle l'exactitude. 80 % des enfants sont donc passifs à la deuxième étape plus complexe de ces « tests Blancs ».

Mots-clés : Tests psycho-moteurs — Esquimaux Polaires/Inuit — Groenland (N.O.) — Jean Malaurie — Acculturation — Développement — Passivité — Chasseur — Expédition Jean Malaurie, Nord Groenland 1950-1951.

ABSTRACT. — **The René Zazzo « Deux Barrages » psychomotor tests on polar Eskimos (North-West Greenland) — Jean Malaurie's mission (1950-1951) — Second Psycho-sociological study.** *During Jean Malaurie's mission in North-West Greenland in 1950-1951 (Polar Eskimos) the René Zazzo « Deux Barrages » graphomotor rapidity and efficiency test was carried out on thirty Polar Eskimos aged between six and twenty-five years old, from a group of 302 hunters.*

1) Improvement of performances with age (speed and efficiency).
2) 25 % of Inuit come within the category of « normal ».
3) With the exception of the 18 % who master both time and accuracy, the majority of the Inuit privilege accuracy when they understand the process involved. But when it is complicated, 2/3 of children privilege the opposite. They see the test as a white man's test. It is not their idea of complexity and if they are slow in this test, the whites consider them as lazy. Because the parents are always the employers of the whites, they expect them to control accuracy. Therefore 80 % of their children are passive in the second and more complex stage of these tests.

Key-words : *Psychomotor tests — Polar Eskimos/Inuit — North-West Greenland — Jean Malaurie — Acculturation — Development — Passivity — Hunter — Jean Malaurie's expedition, North Greenland 1950-1951.*

I. OBSERVATIONS GÉNÉRALES
par Jean Malaurie

Introduction historique

Lorsque j'ai organisé, début 1950, ma mission solitaire d'une année (1950-1951) chez les Inuit du Nord-Ouest du Groenland, j'avais le souci, par delà l'important programme géomorphologique de ma mission de printemps en Terres d'Inglefield, de Washington et d'Ellesmere (1), d'assurer en ce temps de vie traditionnelle durant la nuit Polaire, une triple enquête démographique (2), socio-économique (3) et psychologique.

Ce programme psychologique a été préparé sous l'autorité du célèbre Professeur Henri Wallon qui a rassemblé autour de moi trois spécialistes : Cécile Beizmann, René Zazzo et Maximilien Prudhommeau. Mes données, au retour de mon expédition, ont été analysées par ces

(1) Jean MALAURIE, 1968. *Thèmes de recherche géomorphologique dans le nord-ouest du Groenland.* Paris : Ed. du CNRS. 497 p., 79 photos, 161 fig., 2 cartes en coul. (Numéro hors série Mémoires et Documents).

(2) Jean MALAURIE, Léon Tabah, Jean SUTTER, 1952. L'Isolat esquimau de Thulé (Groenland). *Population* n° 4. Paris : Inst. National d'Etudes Démographiques. p. 675-691.

Jean MALAURIE, Léon TABAH, Jean SUTTER, 1956. Méthode mécanographique pour établir la généalogie d'une population. Application à l'étude des Esquimaux Polaires. *Population* n° 3. Paris : Inst. National d'Etudes Démographiques. p. 507-530.

(3) Jean MALAURIE, 1974. Les Esquimaux Polaires (nord-ouest du Groenland). Extraits d'un « Atlas d'écologie animale et humaine : les Esquimaux Polaires ». *Inter-Nord* n° 13-14. Paris : Mouton. p. 163-170.

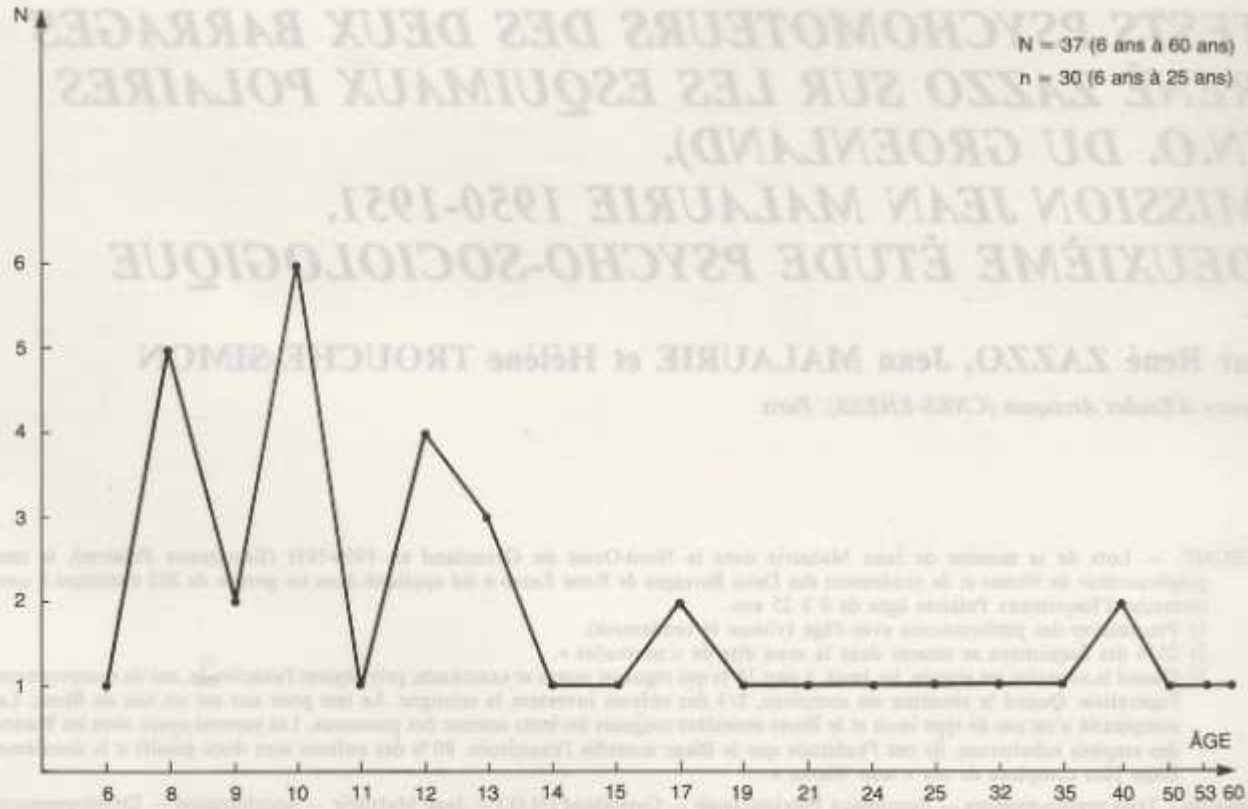


TABLEAU 1. — Dispersion des âges.

trois spécialistes et étudiées collectivement, sous la présidence effective du professeur Henri Wallon, fin 1952.

J'ai retardé la publication jusqu'à 1987-1988 pour des raisons d'opportunité; je souhaitais, en fait, procéder à des comparaisons sur des sociétés inuit différentes.

Le test de projection Rorschach a été publié dans *Inter-Nord* n° 18 (4); le test de l'arbre de Prudhommeau, le test du dessin sur thème et du dessin libre feront l'objet d'une publication ultérieure.

Dans cet article, avec la collaboration de René Zazzo, auquel j'exprime ici ma vive reconnaissance, et d'Hélène Trouche-Simon, est publié le résultat de ce célèbre test d'attention et qui a été appliqué pour la première fois sur des Inuit, lors de ma dite mission, 1950-1951. Il ne s'agit que de 37 Esquimaux Polaires de la côte nord-ouest du Groenland. Très exactement, l'étude n'a concerné que 30 Inuit de 6 à 25 ans. Nous avons écarté 9 sujets de 21 à 60 ans dans les tableaux 1 et 2.

Observations

Je ferai tout d'abord remarquer que ces tests d'attention sont les premiers jamais pratiqués sur les Inuit d'âge scolaire et il s'agit des Inuit les plus septentrionaux du monde, c'est-à-dire les Esquimaux polaires. Cette population qui a fait l'objet de diverses études archéologiques et linguistiques avant ma mission, n'avait jamais fait l'objet d'études de géographie humaine, psychologiques et sociologiques. Je connaissais parmi elle une intimité exceptionnelle, dont mon livre *Les Derniers rois de Thulé* témoigne (5).

Il est diverses raisons, peut-être tout d'abord une sympathie, et même une empathie immédiate, pour ce petit peuple de 302 habitants (70 familles) répartis sur 400 km de Savigssivik (76°01'N, 65°06'O) à Etah (fjord Foulke, 78°18'N, 72°43'O).

Cette population a été découverte le 10 août 1818 par l'illustre capitaine écossais John Ross à bord de l'*Isabella* et de *l'Alexander* (6).

Elle ne disposait, alors, ni de bois ni de fer tellurique (mais de fer météoritique). Elle ignorait le kayak, l'arc, le foret à arc et s'interdisait de manger du saumon et du renne malgré la dureté des temps; cette population en fait sortait du « petit âge de glace ».

En 1950-1951, assurément, elle connaissait le fusil, le bois, le fer, les outils élémentaires, l'étoffe, le café, le thé, le sucre, le tabac, mais elle était restée, dans ses traditions, ses techniques de vie et ses instruments de chasse, une population dans le droit fil de celle que le capitaine John Ross avait découvert. Elle était évangélisée depuis

(4) Cécile BEIZMANN, Jean MALAURIE, Hélène TROUCHE-SIMON, Nina RAUSCH de TRAUBENBERG, 1988. Douze tests de Rorschach d'Esquimaux Polaires, Inuit du Nord du Groenland (1950-1951) — Mission Jean Malaurie. *Inter-Nord* n° 18. Paris : Ed. du CNRS. p. 191-222.

(5) Jean MALAURIE, 1988. *Les Derniers rois de Thulé* (5e édition). Paris : Editions Plon, Coll. Terre Humaine. 844 p. *The Last Kings of Thule*. New York : Dutton, 1982. 489 p.

(6) Jean MALAURIE, 1988. New informations concerning Captain John Ross' ethnographical collection following the *Isabella's* and the *Alexander's* expedition along Greenland's north-west coast in August 1818. *Inter-Nord* n° 18. Paris : Ed. du CNRS. p. 227-234.

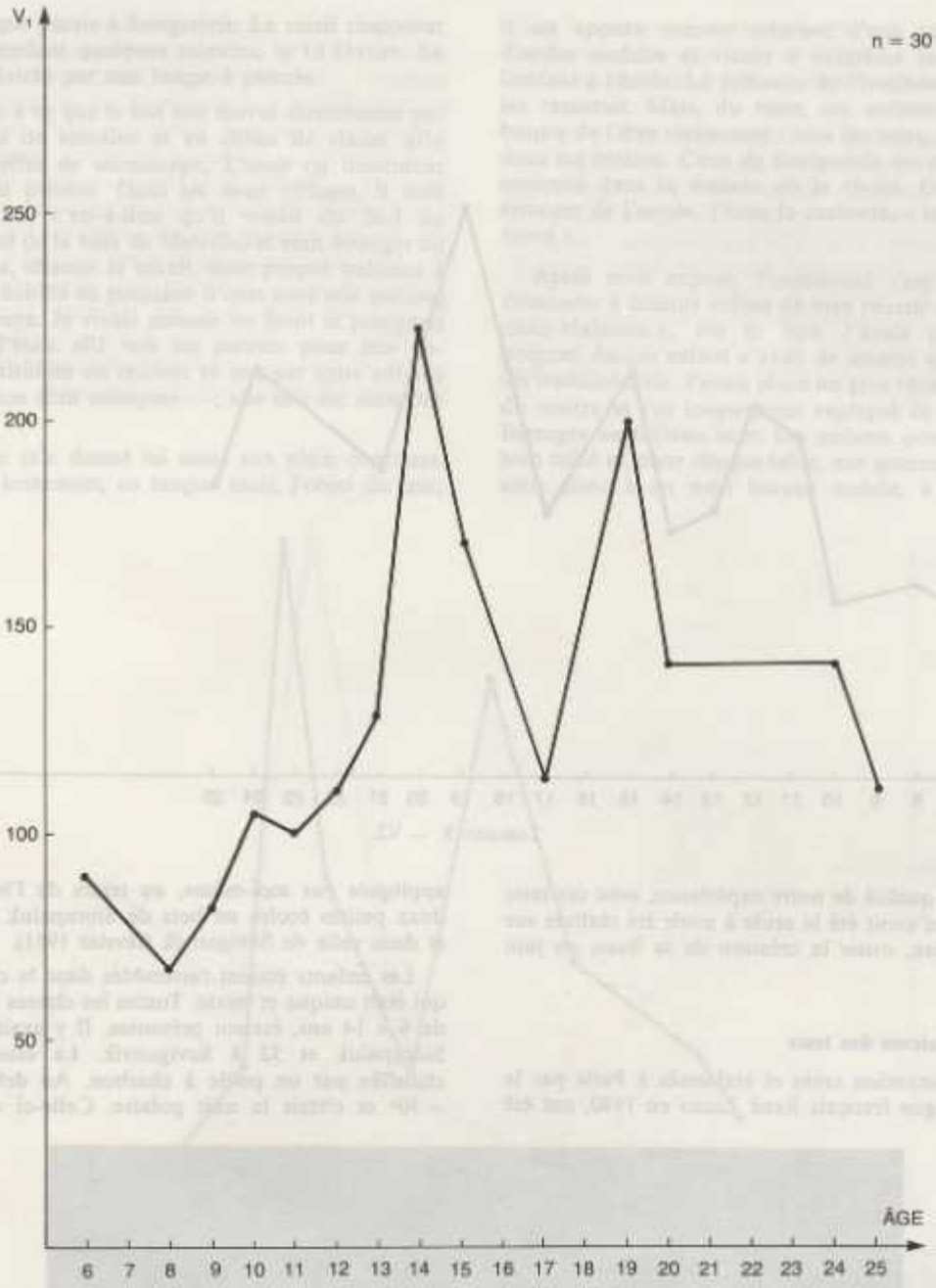


TABLEAU 2. — VI.

1920, le dernier Esquimau adulte ayant été converti étant mon ami Nukapianguaq, père de Sakaeunnguaq, en 1934. Les Anciens ne savaient pas écrire. Peu nombreux étaient les adultes qui savaient vraiment écrire. L'école, entièrement en langue groenlandaise, était simplement d'enseignement primaire de 6 à 14 ans. L'instituteur était groenlandais, mais du fait que l'Eglise assurait l'enseignement, il était également catéchiste (7).

Mon intimité avec la population était accrue, du fait que, confusément, inconsciemment, hommes et femmes, que j'avais tous visités en traîneau à chiens pendant l'hiver pour mon enquête généalogique, sentaient que j'étais bien le dernier témoin d'une société anarcho-communaliste, traditionnelle, fière et heureuse.

Je participais à leur allégresse. Ils m'avaient appris leur langue, leurs mythes, leurs récits de chasse. Individuellement, ils me confiaient un peu en secret, comme à un lointain cousin, leur détresse ou leur joie. Tous sentaient qu'un évènement immense allait brutalement les frapper. Comme une société animale, et je songe aux lemmings, ce petit groupe de 302 Esquimaux, au faîte du monde, avait pressenti dans leur fjord de glace et de brume, qu'un petit matin ensoleillé (juin 1951), 5 000 soldats de la US Air Force allaient fondre sur ce groupe et, sans crier gare, bâtir la plus puissante base nucléaire du monde occidental dans l'Arctique. Rien ne serait plus désormais comme avant pour les Inuit.

(7) Jean MALAURIE, 1990. *Ultima Thulé*. Paris : Ed. Bordas. 320 p. 650 photos, 48 cartes.

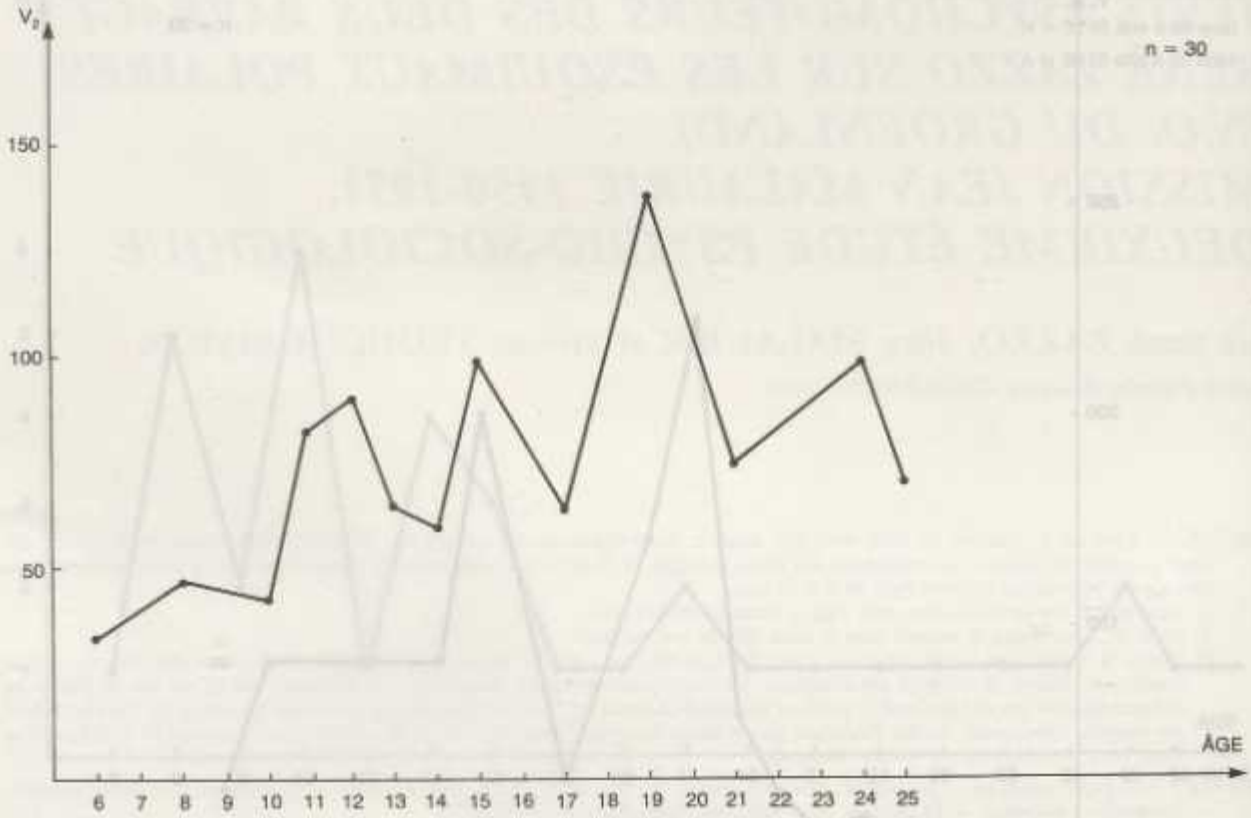


TABLEAU 3. — V2.

La première qualité de notre expérience, avec ces tests d'attention, est d'avoir été la seule à avoir été réalisée sur ce peuple célèbre, *avant* la création de la Base, en juin 1951.

Conditions de relevés des tests

Les tests d'attention créés et étalonnés à Paris par le grand psychologue français René Zazzo en 1940, ont été appliqués par moi-même, au cours de l'hiver, dans les deux petites écoles en bois de Siorapaluk (janvier 1951) et dans celle de Savigssivik (février 1951).

Les enfants étaient rassemblés dans la classe primaire qui était unique et mixte. Toutes les classes d'âge scolaire, de 6 à 14 ans, étaient présentes. Il y avait 41 enfants à Siorapaluk et 32 à Savigssivik. La classe était bien chauffée par un poêle à charbon. Au dehors, il faisait −30° et c'était la nuit polaire. Celle-ci commençait à

PHOTO 1. — Jeune garçon réalisant le test psycho-moteur de René Zazzo. *Photo J. Malaurie.*

s'achever lorsque j'étais à Savigssivik. Le soleil réapparut à l'horizon, pendant quelques minutes, le 13 février. La classe était éclairée par une lampe à pétrole.

J'avais tenu à ce que le test soit exercé directement par moi, en début de semaine et en début de classe, afin d'éviter tout effet de surmenage. *L'ajoqi* ou instituteur catéchiste était présent. Dans les deux villages, il était sud-groenlandais, c'est-à-dire qu'il venait du Sud du Groenland (sud de la baie de Melville) et était étranger au groupe. J'avais, chacun le savait, mon propre traîneau à chiens; j'étais habillé en pantalon d'ours avec une *qulitsaq* en peau de renne. Je vivais comme les Inuit et mangeais comme eux. J'étais allé voir les parents pour leur demander l'autorisation de réaliser ce test sur leurs enfants — la publication était anonyme —; elle m'a été accordée joyeusement.

L'instituteur m'a donné lui aussi son plein concours. J'ai expliqué, lentement, en langue inuit, l'objet du test; il est apparu comme relevant d'une activité normale d'ordre scolaire et visant à contrôler les aptitudes de l'enfant à l'école. La présence de l'instituteur à mes côtés les rassurait. Mais, du reste, ces enfants n'avaient pas besoin de l'être réellement : tous les soirs, la plupart était dans ma maison. Ceux de Savigssivik me rejoignaient par curiosité dans la maison où je vivais. Etant le visiteur étranger de l'année, j'étais la curiosité, « le Qallunaaq du Nord ».

Après mon exposé, l'instituteur s'est exprimé pour demander à chaque enfant de bien réussir ce test « Qallunaaq-Malaurie », *vite* et *bien*. J'avais ma montre au poignet. Aucun enfant n'avait de montre en ces temps de vie traditionnelle. J'avais placé un gros réveil sur le bureau du maître et j'ai longuement expliqué ce test des Deux Barrages au tableau noir. Les enfants avaient un crayon bien taillé et, pour chaque table, une gomme. Chacun était assis donc à un petit bureau mobile, à double place,

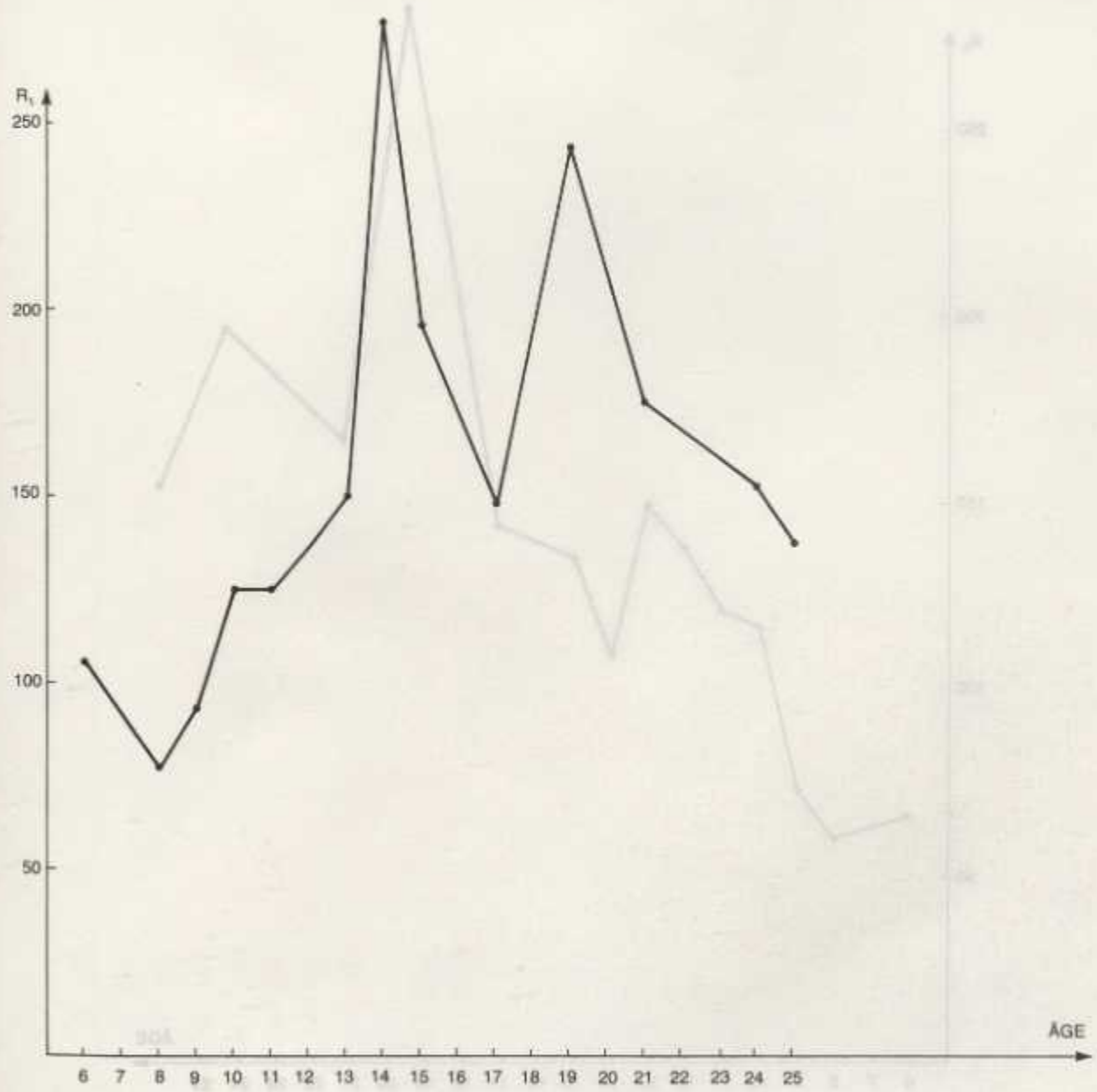


TABLEAU 4. — R1.

habillé de peaux de bête également (pantalon d'ours, anorak de phoque). Ils m'écoutaient avec une vive attention. *Vite* et *bien !* ai-je répété, comme à la chasse, et le test a commencé.

J'allais et venais dans la petite classe de 6 à 10 personnes. Leurs têtes étaient penchées sur la feuille; leur peau cuivrée en sueur, ils s'essuyaient souvent le front de leurs doigts rarement lavés. Ils sentaient fort et leurs yeux en amande brillaient avec une rare intensité. Ils ne se surveillaient pas, chacun était tout à ses lignes, cochant leurs petits carrés, suivant du doigt (quelques uns) de gauche à droite, ne gommant pratiquement jamais. Aucun ne s'aidait d'une règle pour mieux suivre les lignes. L'œil inuit sait voir juste immédiatement, comme un chasseur, où le gibier manque.

Parlant leur langue, j'encourageais personnellement chacun. Baissant ma tête vers le petit pupitre et en leur répétant : « Va vite, mais fais bien et juste ». Je soutenais les plus faibles, tout en notant sur ma montre les temps de chaque enfant testé. Après une heure, aucun enfant ne s'est effondré — déchirant le papier, pleurant ou abandonnant —, aucune forte tête n'a marqué n'importe quoi. L'inquiétude silencieuse était de terminer en même temps que les plus rapides. J'ai bien senti que les plus lents en me remettant avec regret leurs deux feuilles, auraient souhaité la relire, la revoir, mais aucun ne l'a demandé. Ils savaient tous que les résultats concernaient les « Blancs », que c'était une étude scientifique pour moi, loin au sud et que c'était sans conséquence pour eux, les résultats n'étant pas publiés localement.

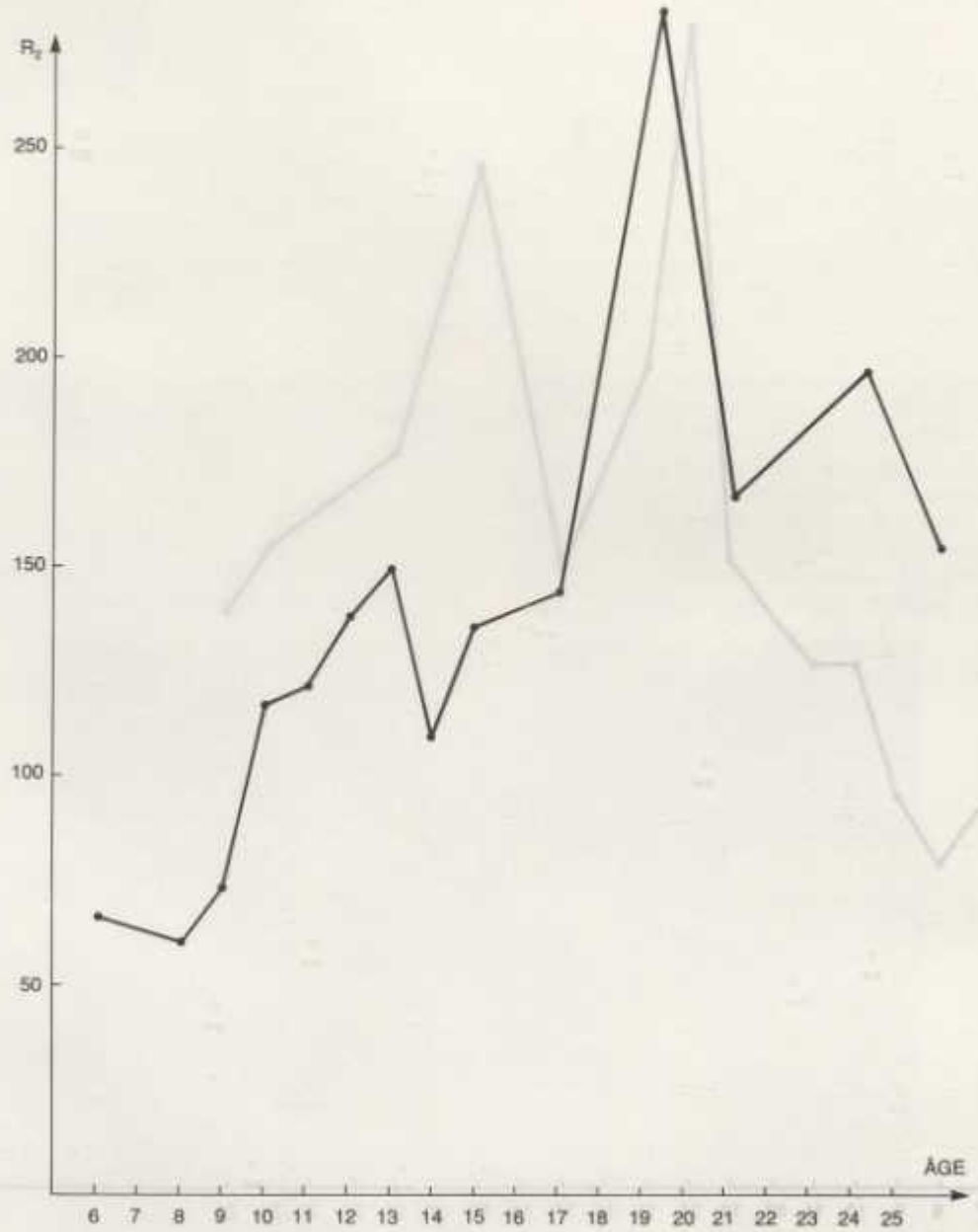


TABLEAU 5. — R2.

Commentaire

Cette épreuve n'est pas singulière pour les enfants inuit. L'enfant esquimau connaît ce type de défi. Il voit bien son père seul, à la chasse au phoque, en kayak ou sur le trou de glace ou à la chasse à l'ours. A la chasse, il faut agir vite et bien, sinon l'animal est manqué. Le test des Deux Barrages, test avec des figures abstraites, visant à contrôler la rapidité d'adaptation et la justesse et rapidité d'observation, est donc bien un test adapté au chasseur inuit.

Les conditions de relevé du test étaient par ailleurs correctes. D'abord, chaque groupe était de petite dimension. Assurément, le test n'a pas été relevé individuellement, comme en France, mais c'eût été agir ici artificiellement, comme je l'ai expliqué à mon retour à René Zazzo, car les jeux inuit s'exercent *toujours* en groupe. Interroger individuellement un enfant, eût signifié le mettre à part, l'examiner comme un médecin, le mettre mal à l'aise. La vie inuit est d'être toujours *ensemble* au village. Le soir, dans l'iglou de Siorapaluk ou de Savigssivik, nous jouions toujours en groupe de 5 à 10 à l'ajagaq (jeu de bilboquet

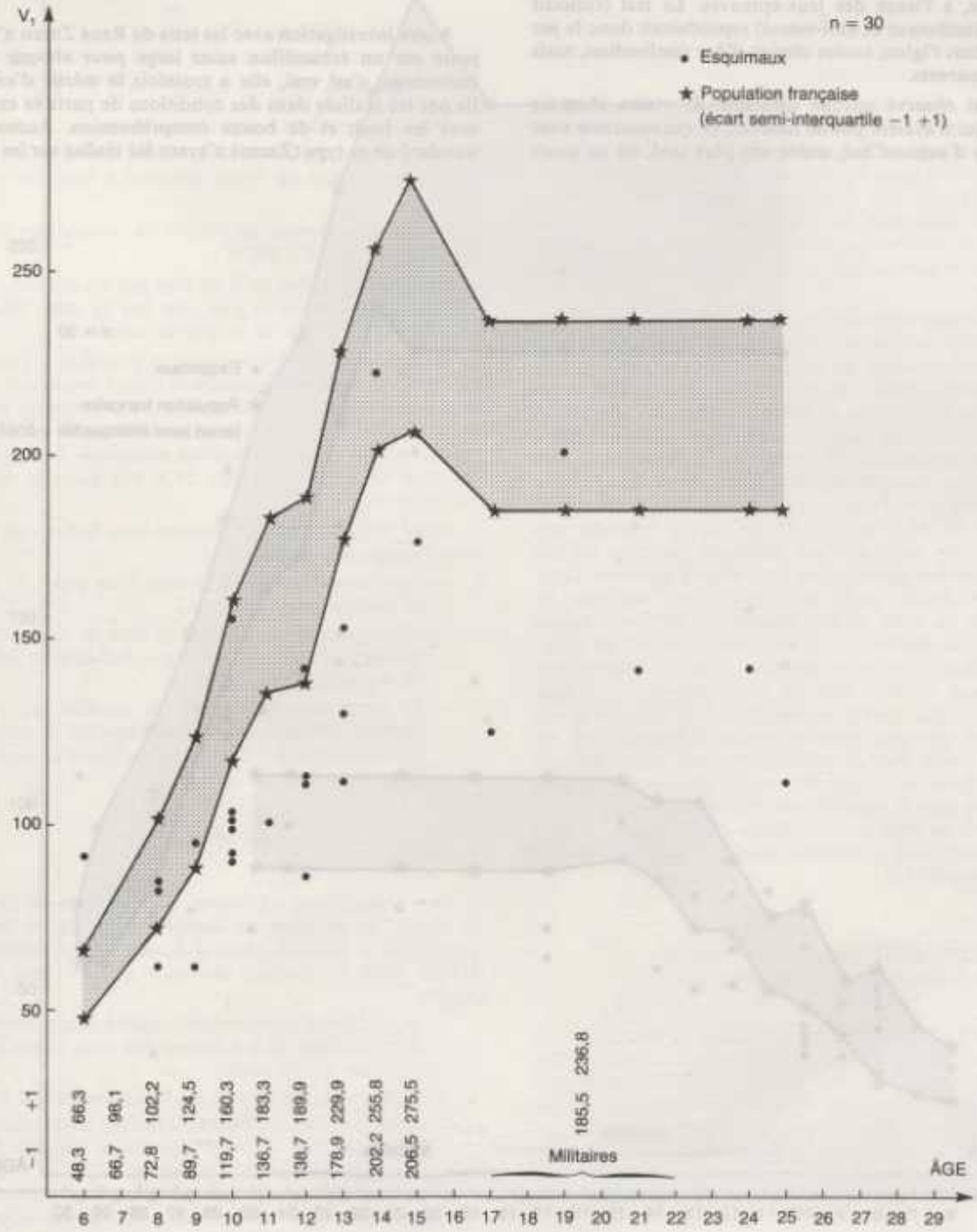


TABLEAU 6. — VI, comparaison avec l'écart semi-inter-quartile de l'étalonnage français.

où il s'agit de mettre le poinçon dans le trou de l'os, vingt fois). La notion de rapidité chronométrique n'existe pas pour ces jeux, car dans l'iglou on ne voit pas le mouvement de la lune, dont la lecture ne permet que des approximations horaires; ils n'ont pas de montre et, très rarement, une pendule, mais ils ont un sens intérieur du temps. Et, dans les jeux de ficelle, éminemment collectifs, ils agissent avec leurs doigts avec une extrême agilité, car c'est le premier qui réalise la figure (*vite* et *bien*)) qui obtient l'acquiescement général, c'est-à-dire un rire approbateur. *Oui ! Il agit bien en Inuk !* Vite et bien ! Les parents et visiteurs sont toujours présents et ce sont les juges. Le classement des meilleurs était donné silencieusement par le groupe, à l'issue des jeux-épreuves. Le test (collectif devant l'instituteur et moi-même) reproduisait donc le jeu du soir dans l'iglou, toutes classes d'âge confondues, mais sans les parents.

Je n'ai observé aucune difficulté de vision chez les enfants qui n'avaient pas de lunettes, ce qui contraste avec les temps d'aujourd'hui, trente ans plus tard, où un quart de la classe porte des lunettes. Aucune réelle difficulté à écrire, cocher, bien que dans la vie ils n'écrivent jamais. Les parents ne lisent pas, indépendamment du livre d'hymnes luthériens. Certains ont l'habitude de dessiner sur leurs cahiers de classe, de griffonner et, je le répète, en conclusion, l'Esquimau aime les défis comme ces jeux de course de kayak, de traîneau à chiens ou de tir au fusil sur cible, pratiqués au printemps; *vite* et *bien* sont des qualités éminemment inuit.

PREMIÈRES REMARQUES

Notre investigation avec les tests de René Zazzo n'a pas porté sur un échantillon assez large pour aboutir à un étalonnage, c'est vrai, elle a toutefois le mérite d'exister. Ils ont été réalisés dans des conditions de parfaite entente avec les Inuit et de bonne compréhension. Aucun test standard de ce type (Zazzo) n'ayant été réalisé sur les Inuit

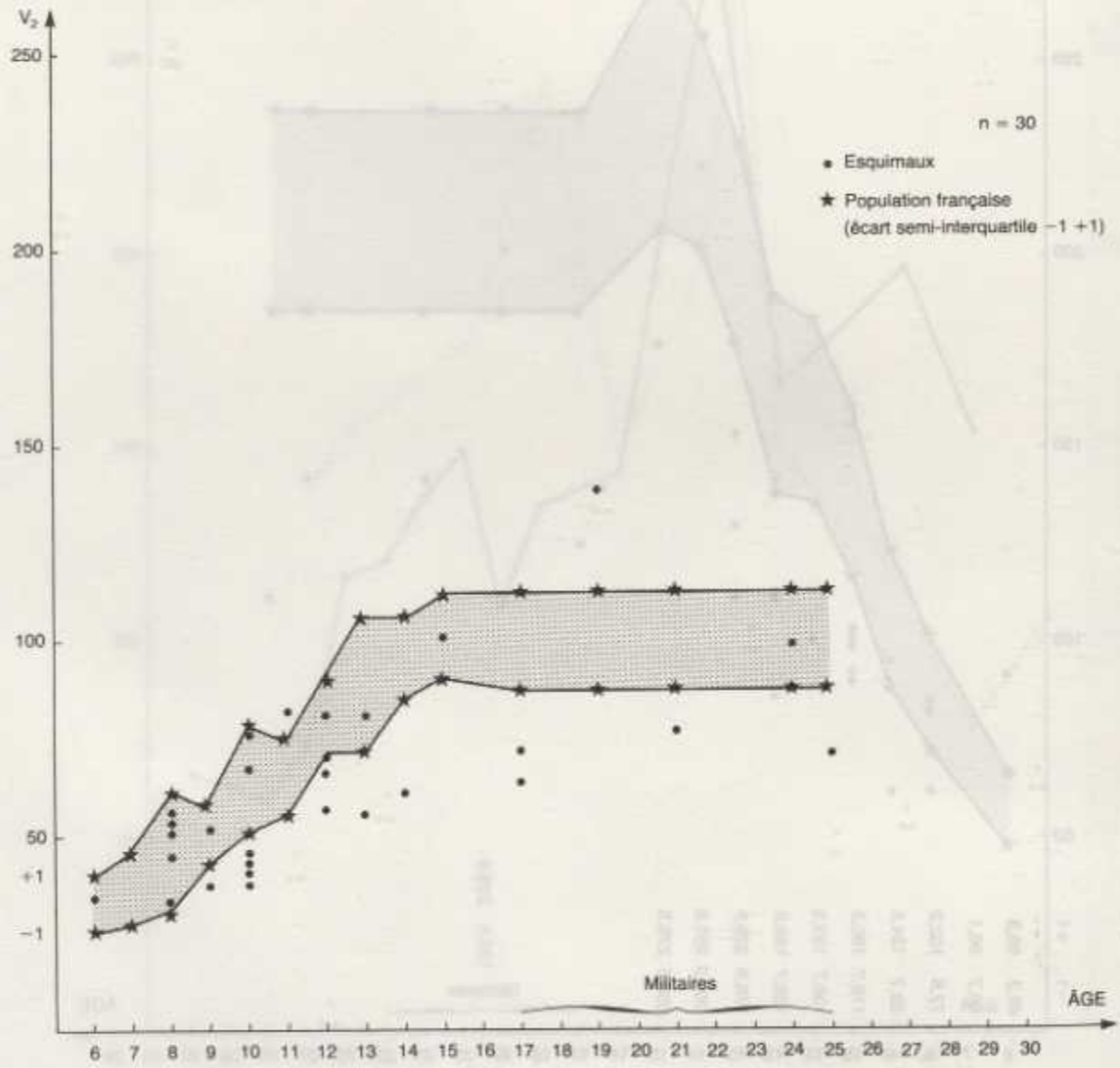


TABLEAU 7. — V2 (idem).

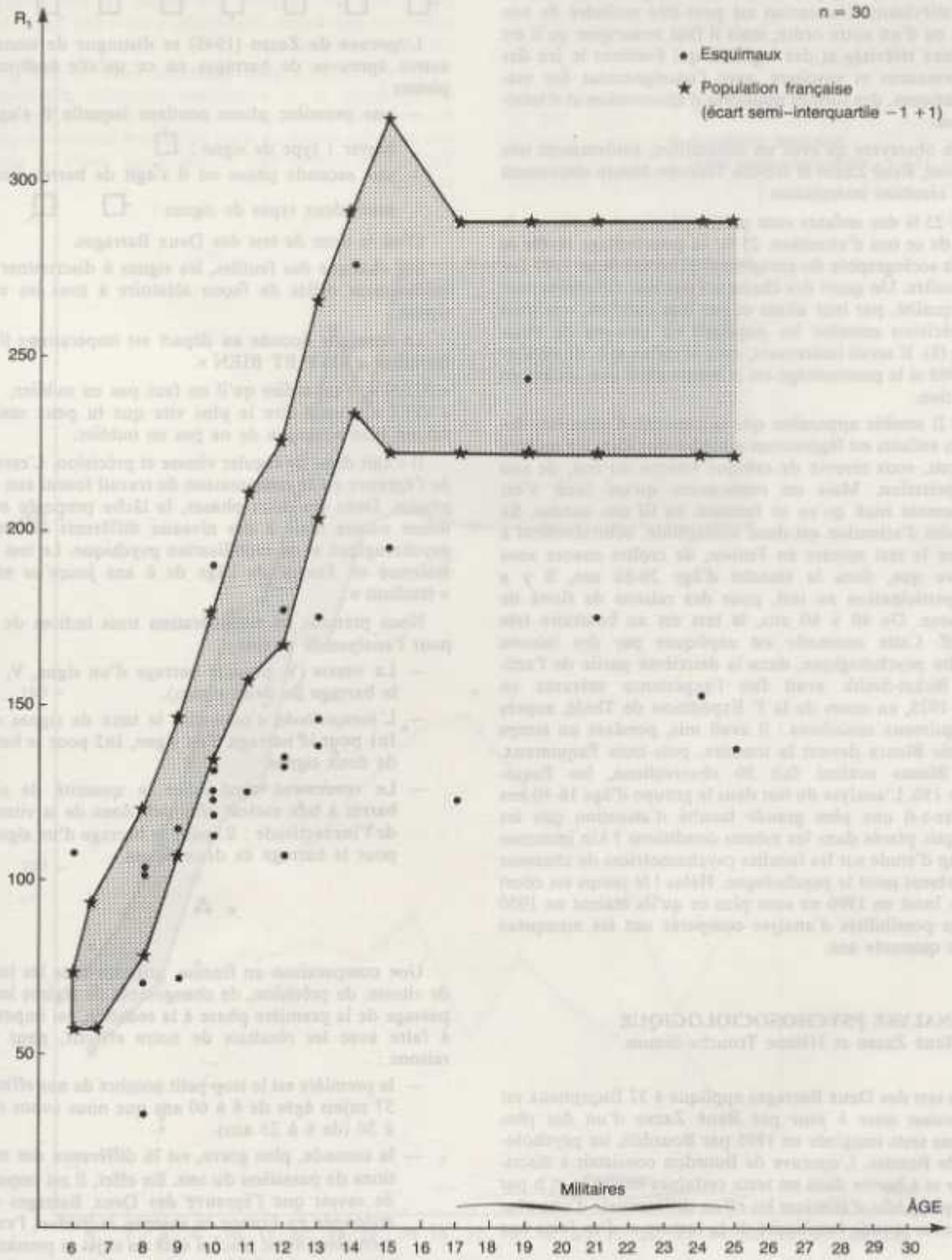


TABLEAU 8. — R1 (idem).

de culture traditionnelle, à ma connaissance, *ce test d'attention* serait le premier à avoir été réalisé, en son temps, sur une population inuit d'âge scolaire. Mais, ce point mérite vérification.

Ils peuvent servir de point de comparaison pour les sociétés inuit de l'an 2000 qui pratiquent désormais très peu la chasse, se déplacent en moto-neige et sont soumis à la télévision. L'attention est peut-être moindre de nos jours ou d'un autre ordre, mais il faut remarquer qu'il est des jeux télévisés et des logiciels qui éveillent le jeu des performances et suscitent, avec l'enseignement des mathématiques, des formes nouvelles d'observation et d'intelligence.

On observera qu'avec un échantillon, évidemment très restreint, René Zazzo et Hélène Trouche-Simon obtiennent deux résultats intéressants :

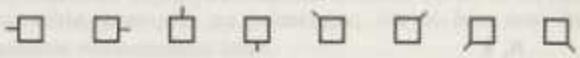
a) 25 % des enfants sont particulièrement doués sur le plan de ce test d'attention. 25 %; ce pourcentage révèle ce que la sociographie du groupe en 1950-1951 et en 1967 fait apparaître. Un quart des chasseurs par leur détermination, leur qualité, par leur allant et par leur habileté, attention et précision entraîne les *peqatigiit* ou groupes de chasseurs (8). Il serait intéressant, avec le même test, de vérifier en 1988 si le pourcentage est le même dans une société en mutation.

b) Il semble apparaître que la capacité d'attention des autres enfants est légèrement moindre que chez les enfants français, sous réserve de critique interne du test, de son interprétation. Mais on remarquera qu'un Inuk n'est pleinement inuk qu'en se formant au fil des années. Sa capacité d'attention est donc susceptible, contrairement à ce que le test montre en France, de croître encore sous réserve que, dans la tranche d'âge 20-60 ans, il y a non-participation au test, pour des raisons de fierté de chasseur. De 40 à 60 ans, le test est au contraire très positif. Cette anomalie est expliquée par des raisons d'ordre psychologique, dans la deuxième partie de l'article. Birket-Smith avait fait l'expérience suivante en 1922-1925, au cours de la 5e Expédition de Thulé, auprès d'Esquimaux canadiens : il avait mis, pendant un temps x, trois Blancs devant la toundra, puis trois Esquimaux. Les Blancs avaient fait 30 observations, les Esquimaux 150. L'analyse du test dans le groupe d'âge 16-40 ans montre-t-il une plus grande faculté d'attention que les Français placés dans les mêmes conditions ? Un immense champ d'étude sur les facultés psychomotrices du chasseur est présent pour le psychologue. Hélas ! le temps est court et les Inuit en 1990 ne sont plus ce qu'ils étaient en 1950 et des possibilités d'analyse comparée ont été manquées il y a quarante ans.

II. ANALYSE PSYCHOSOCIOLOGIQUE
par René Zazzo et Hélène Trouche-Simon.

Le test des Deux Barrages appliqué à 37 Esquimaux est la version mise à jour par René Zazzo d'un des plus anciens tests imaginés en 1895 par Bourdon, un psychologue de Rennes. L'épreuve de Bourdon consistait à discriminer et à barrer dans un texte certaines lettres (a et b par exemple). Afin d'éliminer les effets différentiels d'une plus ou moins grande familiarité de la lecture et d'en faire une épreuve indépendante de la culture (autant qu'il est possible), les psychologues ont été amenés à substituer au barrage de lettres un barrage de signes.

Les signes utilisés par René Zazzo sont des carrés de 3 mm de côté, affectés de bâtons qui les orientent et les différencient ainsi en huit catégories :



L'épreuve de Zazzo (1945) se distingue de toutes les autres épreuves de barrages en ce qu'elle comporte 2 phases :

— une première phase pendant laquelle il s'agit de barrer 1 type de signe : 

— une seconde phase où il s'agit de barrer électivement deux types de signes : 

D'où le nom de test des Deux Barrages.

Sur chacune des feuilles, les signes à discriminer sont évidemment mêlés de façon aléatoire à tous les autres signes.

La consigne donnée au départ est impérative : il faut travailler « VITE ET BIEN ».

« BIEN », c'est-à-dire qu'il ne faut pas en oublier,
« VITE », c'est-à-dire le plus vite que tu peux mais en faisant bien attention de ne pas en oublier.

Il s'agit donc de réguler vitesse et précision. L'essentiel de l'épreuve est la comparaison du travail fourni aux deux phases. Dans ces deux phases, la tâche proposée est de même nature mais à des niveaux différents de tension psychologique et de mobilisation psychique. Le test a été étalonné en France de l'âge de 6 ans jusqu'au niveau « étudiant »..

Nous prenons en considération trois indices de base pour l'analyse de ce test :

— La *vitesse* (V_1 pour le barrage d'un signe, V_2 pour le barrage de deux signes).

— L'*inexactitude*, c'est-à-dire le taux de signes omis. In1 pour le barrage d'un signe, In2 pour le barrage de deux signes.

— Le *rendement*, c'est-à-dire la quantité de signes barrés à bon escient résultant donc de la vitesse et de l'inexactitude : R_1 pour le barrage d'un signe, R_2 pour le barrage de deux signes.

∴

Une comparaison en finesse, utilisant tous les indices de vitesse, de précision, de changement de régime lors du passage de la première phase à la seconde, est impossible à faire avec les résultats de notre effectif, pour deux raisons :

— la première est le trop petit nombre de nos effectifs : 37 sujets âgés de 6 à 60 ans que nous avons réduit à 30 (de 6 à 25 ans).

— la seconde, plus grave, est la différence des conditions de passation du test. En effet, il est important de savoir que l'épreuve des Deux Barrages a été étalonnée en France en examen *individuel*, l'expérimentateur étant placé à côté du sujet et prenant des notes, ce qui évidemment soutient l'attention et l'effort du sujet. Or, dans notre expérience avec les Esquimaux, l'épreuve a été passée en petit *collec-*

(8) Jean MALAURIE, cf. note 3.

tif (5 à 10), pour des raisons que Jean Malaurie explicite en introduction. Les Inuit préfèrent les examens en groupe et non l'examen individuel devant le Blanc ou le maître d'école qui lui font perdre ses moyens.

Eu égard à cette non comparabilité, il est d'autant plus remarquable qu'une minorité non négligeable de nos Esquimaux se situe dans la zone de normalité statistique de la population française. On notera d'abord — mais c'est le moins étonnant — la progression des performances (indices de vitesse et de rendement) en fonction de l'âge jusqu'à 15 ans, ce qu'on observe de même façon pour la population française.

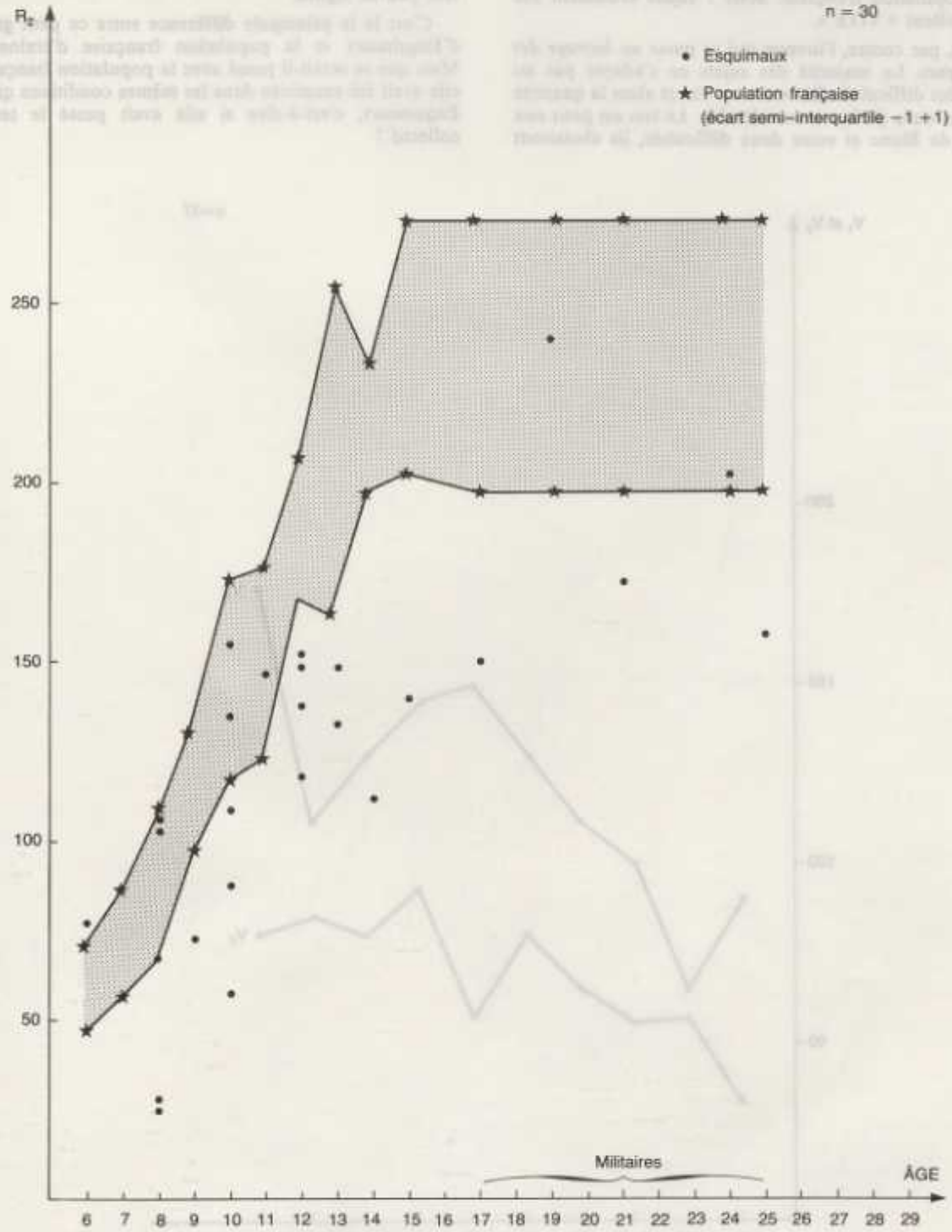


TABLEAU 9. — R2 (idem).

Remarque : la zone dite inter-quartile est celle où se situent au-delà et en deçà de la moyenne, 50 % de la population d'étalonnage.

Analyse des différents indices de base.
Barrage d'un seul signe : l'exactitude est privilégiée.
Barrage des deux signes : la vitesse privilégiée au détriment de l'exactitude.

Au *barrage d'un signe*, les Esquimaux respectent la consigne « BIEN » (faire attention de ne pas en oublier) au détriment de la « VITESSE » (le plus vite que tu peux). Leurs indices d'inexactitude sont à peu près égaux à ceux de la population française. Mais 7 sujets seulement sur 30 travaillent « VITE ».

C'est, par contre, l'inverse qui se passe au *barrage des deux signes*. La majorité des sujets ne s'adapte pas au niveau des difficultés. Ils vont trop vite et alors la quantité de signes omis (In2) est considérable. Le test est pour eux un test de Blanc et entre deux difficultés, ils choisiront celles de la rapidité qui leur plait, sachant que de toute façon, quand ils sont avec les Blancs, ils sont toujours les seconds et que le Blanc contrôle la qualité du travail, à la fin des fins. Donc VITE sera préféré à BIEN quand on ne saisit pas le pourquoi d'une opération. Lentement, signifie pour le Blanc lenteur à penser, paresse... Seuls 5 sujets sur 30 se maîtrisent et régulent convenablement leur travail : ils adoptent une vitesse qui leur permet de conserver une bonne exactitude, c'est-à-dire qu'ils omettent peu de signes.

C'est là la principale différence entre ce petit groupe d'Esquimaux et la population française d'étalonnage. Mais que se serait-il passé avec la population française si elle avait été examinée dans les mêmes conditions que les Esquimaux, c'est-à-dire si elle avait passé le test en collectif ?

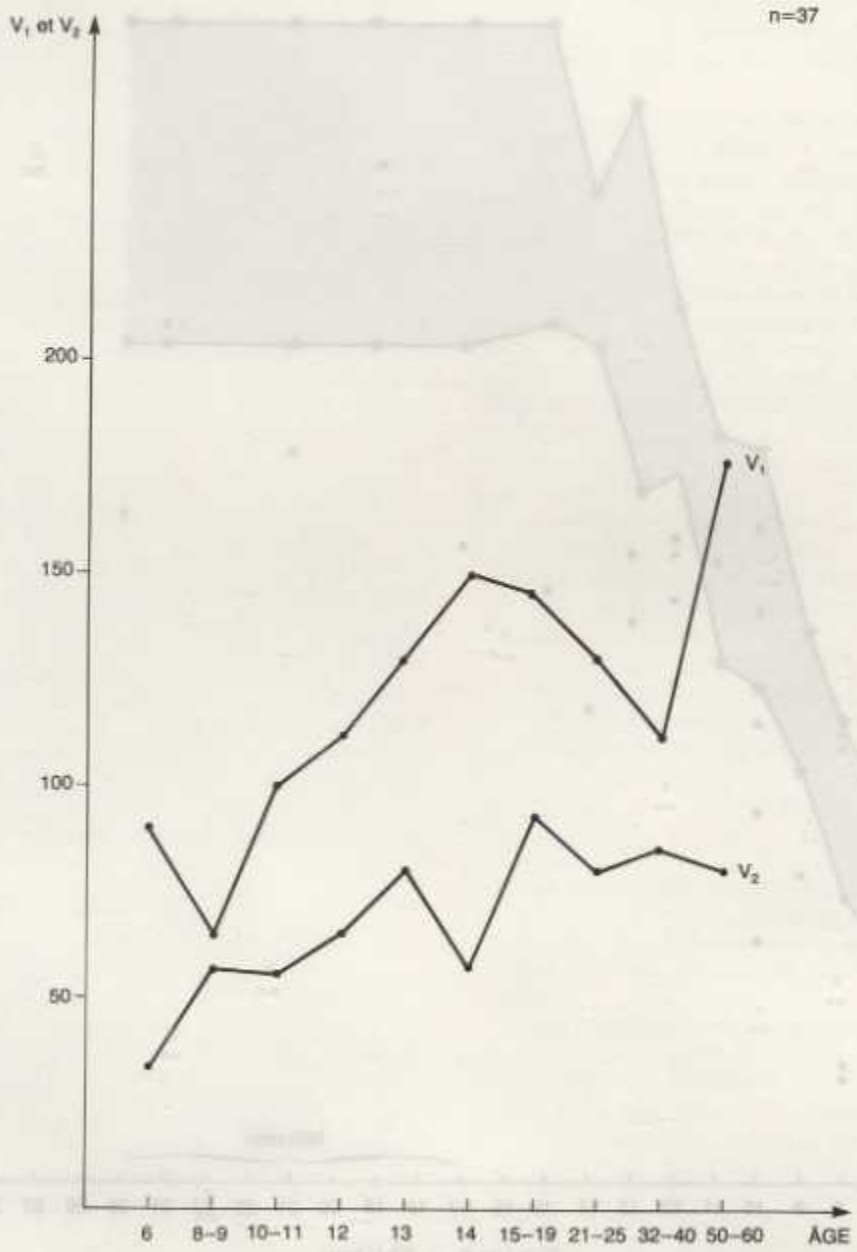


TABLEAU 10. — V1 et V2, en fonction de l'âge de 6 ans à 60 ans.

Il faut préciser en effet que, comme en France où la passation est en individuel, on précise qu'il a été accordé un léger temps de repos entre les deux tests (le barrage d'un signe puis de deux signes) et qu'avant d'aborder le barrage de deux signes, la consigne VITE et BIEN était répétée pour les Inuit en groupe en insistant encore sur le BIEN, dans le sens de « faire attention de ne pas oublier ». Jean Malaurie passait régulièrement auprès des enfants avec le maître d'école (Sud Groenlandais) pour leur dire « VITE » mais « BIEN », en étant assez près de chacun quelques minutes pendant l'opération.

Les rendements (R_1 et R_2) étant fonction, comme nous l'avons déjà dit, de la vitesse et de l'exactitude, sont inférieurs en moyenne à ceux des Français. Cependant, 25 % des Esquimaux se situent dans la zone de normalité de notre étalonnage.

Le développement avec l'âge

Les indices numériques suivants que l'on calcule habituellement dans le test :

V1 = vitesse au barrage d'un signe (nombre de signes examinés à la minute)
V2 = vitesse au barrage de deux signes (id.)
R1 = rendement au barrage d'un signe (nombre de signes correctement barrés à la minute)
R2 = rendement au barrage de deux signes (id.)

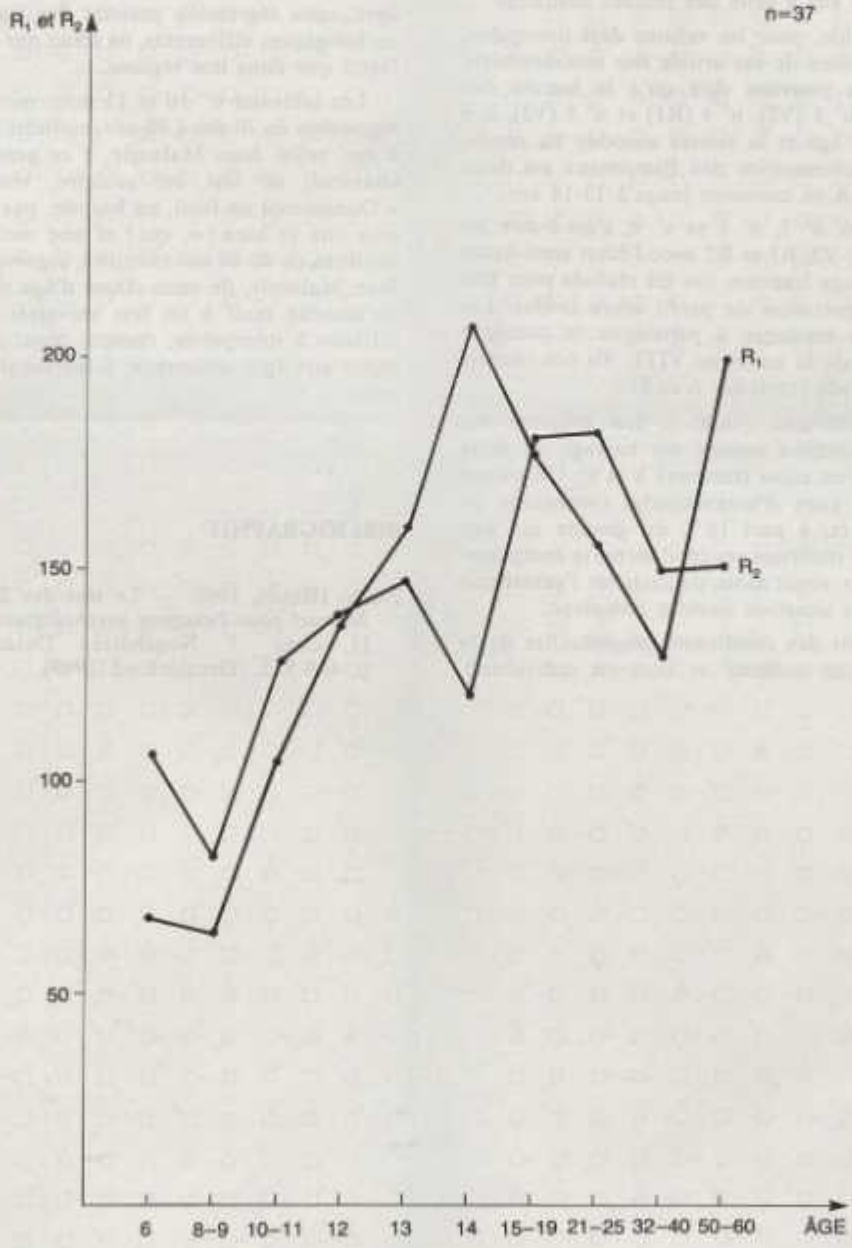


TABLEAU 11. — R1 et R2, en fonction de l'âge de 6 ans à 60 ans.

In1 = Inexactitude : taux d'erreurs (omissions plus signes barrés à tort par rapport au nombre total de signes à barrer)

varient avec l'âge tout au long de l'enfance de 6 à 10 ans pour arriver à un terme d'évolution et de stabilité vers 14 ans et que l'on peut amener à 19-20 ans quand les facteurs culturels n'entrent pas en jeu.

Lors de l'étalonnage français, l'analyse transversale de l'évolution génétique comparant des groupes d'âges successifs a montré que la corrélation vitesse/rendement avec l'âge était due en partie à la maîtrise de la stabilité de la psychomotricité, à la scolarisation et à la maturation physiologique.

Pour les adultes, il faut se référer aux étalonnages des étudiants et des recrues militaires dont la différence est évidente. C'est la raison pour laquelle nous avons réduit notre groupe à la limite de 25 ans et nous avons comparé la tranche des 18-25 ans à celle des recrues militaires.

Il n'est pas possible, pour les raisons déjà invoquées, de faire dans les limites de cet article des commentaires détaillés, mais nous pouvons dire qu'à la lecture des tableaux n° 2 (V1), n° 3 (V2), n° 4 (R1) et n° 5 (V2), il y a corrélation entre l'âge et la vitesse associée au rendement. L'activité graphomotrice des Esquimaux est donc liée avec l'âge et irait en croissant jusqu'à 13-14 ans.

Les tableaux n° 6, n° 7, n° 8 et n° 9, c'est-à-dire les comparaisons de V1, V2, R1 et R2 avec l'écart semi-interquartile de l'étalonnage francais, ont été réalisés pour une lecture et une interprétation de profil assez faciles. Les Esquimaux auraient tendance à privilégier la consigne BIEN au détriment de la consigne VITE. Ils ont sacrifié la vitesse à l'exactitude (tableaux 6 et 8).

Le mécanisme s'inverse quand le test présente des difficultés supplémentaires comme un barrage de deux signes et non plus d'un signe (tableaux 8 et 9). On trouve alors un important taux d'inexactitudes (omissions de barrage de signes) et, à part 18 % du groupe qui sait réguler son temps et maîtriser ses tendances, le comportement des Esquimaux serait alors de sacrifier l'exactitude à la vitesse quand la situation devient complexe.

Il faut se souvenir des conditions inhabituelles de la passation du test (en collectif et non en individuel). Comment se seraient comportés des sujets français dans cette situation ? Quelle est donc la stratégie plus ou moins consciente qu'éprouve l'Esquimau face à cette épreuve graphomotrice qui peut rappeler ses habitudes de chasseur ? (cf. Introduction : Commentaire p. 307). Les tableaux nous montrent encore que 25 % des Esquimaux arrivent à se situer dans la zone dite de « normalité », c'est-à-dire celle qui représente environ 50 % de la population de l'étalonnage français.

Pour terminer, nous allons tenter de faire une extrapolation qui nous paraît comme un « luxe » dans l'état actuel de notre recherche et qui sera formulée en tant qu'hypothèse. Nous avons délibérément regroupé les âges de 6 ans à 25 ans puisque le test montre que dans la population française il y a une régression avec l'âge après 25 ans et qui se fait plus ou moins sensiblement chez les sujets âgés.

Notre hypothèse serait que, chez les Esquimaux plus âgés, cette régression prenant des significations psychosociologiques différentes, ne serait pas affectée de la même façon que dans nos régions.

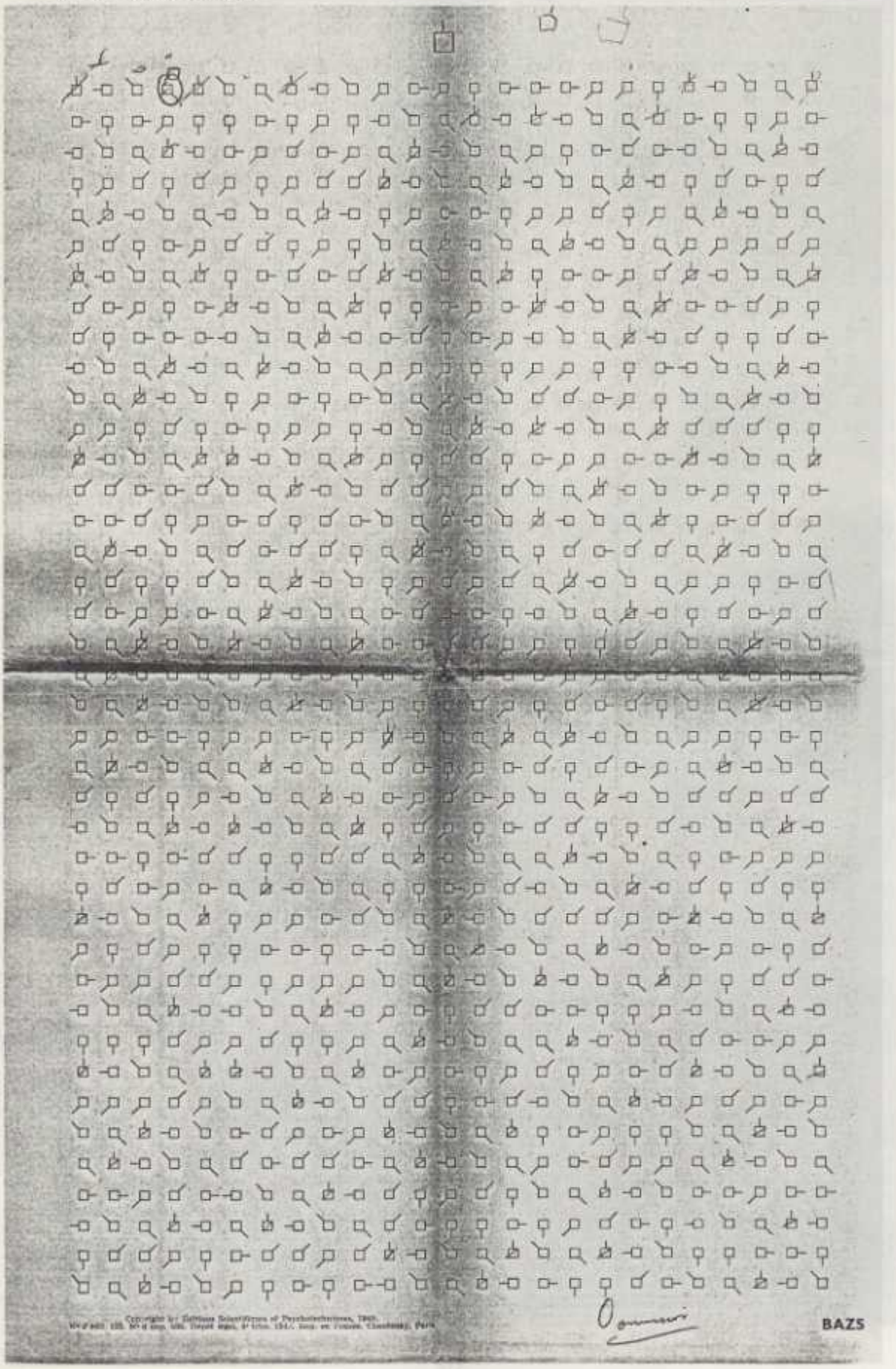
Les tableaux n°s 10 et 11 nous montrent qu'il y a une régression de 20 ans à 40 ans (moindre intérêt de ce groupe d'âge, selon Jean Malaurie, à ce genre de test; pour un chasseur, ce test est scolaire, réservé aux enfants; « Donne-moi un fusil, un harpon, pas un crayon, alors ce sera vite et bien ! », etc.) et une meilleure réaction aux environs de 40-60 ans (autorité, sagesse, grand souci, selon Jean Malaurie, de cette classe d'âge de participer en tant qu'autorité inuit à un test universel...). Ce décalage est difficile à interpréter, compte tenu du petit nombre de sujets aux âges concernés; il mériterait un approfondissement.

BIBLIOGRAPHIE

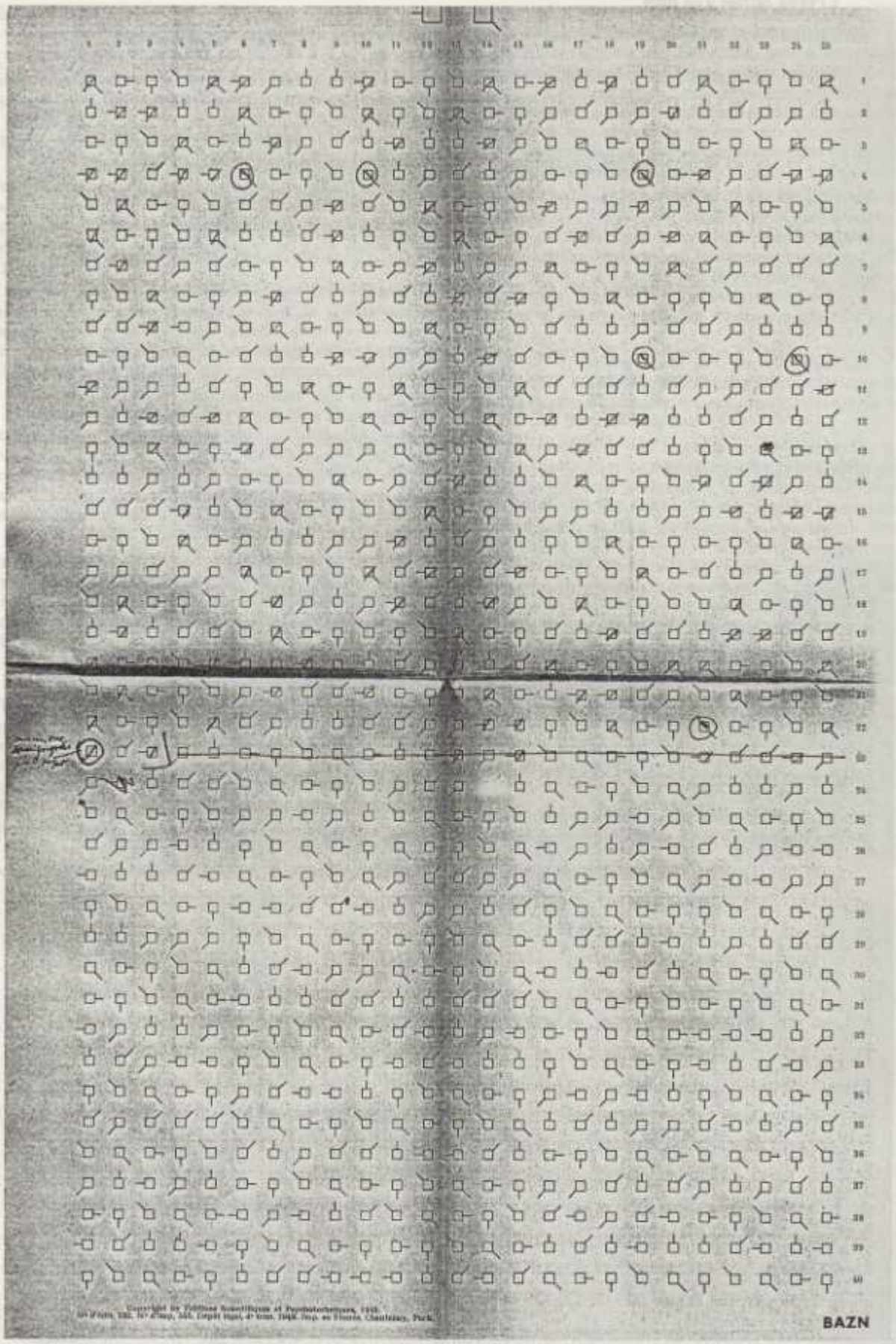
ZAZZO (René), 1960. — Le test des Deux Barrages. *In : Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*, Tome II, chap. 7. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé. p. 469-575. (Dernière éd. 1969).

ANNEXE 1

1 Feuille barrage d'un signe

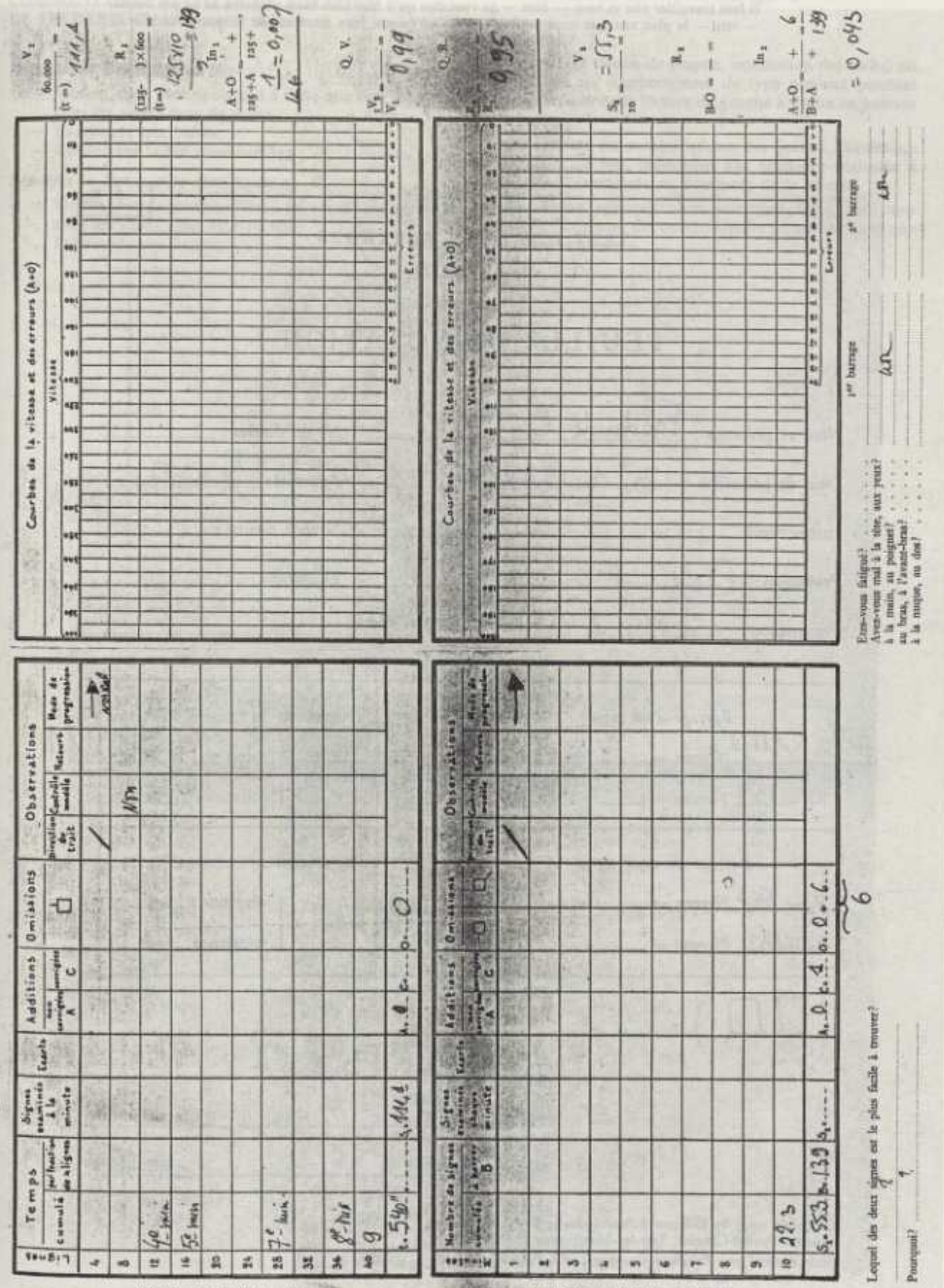


1 Feuille barrage de deux signes



ANNEXE 2

Test de Deux Barrages de R. Zazzo, exemple d'une feuille de notation.



Consigne : Répéter avant chaque épreuve :
Il faut travailler vite et bien — *bien* — ça veut dire qu'il faut faire bien attention de ne pas oublier
— *vite* — le plus vite que vous pouvez, *mais*... en faisant bien attention de ne pas en oublier.

f BA

TEST DES DEUX BARRAGES

de R. ZAZZO

FEUILLE DE NOTATION

Nom et prénoms : Frederik C. N° du dossier :

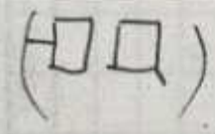
Date de naissance : 13. 1. 1938 Age réel : 13;7

Instruction : Niveau mental :

Profession : Ecole Diagnostic :

Provenance : 7 ans d'école communale.

Barrage d'un signe V_1 = 111,1 Niveau = ... In_1 = 0,7% R_1 = 139 Niveau = ...	QV = ... QR = ... Type de rendement	Progression 1 : → Biffage 1 { direction : / constance : +
Barrage de deux signes V_2 = 55,3 Niveau = ... In_2 = 4,3% R_2 = 132 Niveau = ...	$\frac{R_2}{R_1}$ = 0,95	Progression 2 : → Biffage 2 { direction : / constance : +



Date de l'examen : 13. 8. 54.

Heure : 2 h.

Opérateur : .....

Série *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*, fascicule 6, p. 18 et 84.

COMMENTAIRES FEUILLES DE NOTATION DE FREDERIK C., 13 ans et 7 mois

Résultats au Barrage d'un signe :

— Vitesse lente, correspondant à celle que l'on trouve chez les sujets âgés de 9 ans,
— Exactitude très bonne,
— Rendement faible pour son âge.

Résultats au Barrage de deux signes :

— Vitesse lente, correspondant à celle que l'on trouve chez les sujets âgés de 9-10 ans,
— Exactitude très bonne,
— Rendement faible pour son âge.

Conclusion :

Le griffage (tenue du crayon, orientation des traits) est bon malgré un comportement de type nerveux pendant l'épreuve. Sens de la lecture de gauche à droite en passant à la ligne.

Ce résultat est caractéristique des jeunes Esquimaux qui, face à ce test, présentent une tendance marquée à privilégier l'exactitude au détriment de la vitesse.

La vitesse apparait alors soit trop lente, soit trop exagérée entraînant des oublis, erreurs ou omissions et une baisse de rendement.

TEMPS CONTEMPORAIN

CURRENT EVOLUTION

LE DROIT DE LA MER DANS L'ARCTIQUE

par René-Jean DUPUY

Collège de France, Chaire de Droit International, Paris

RÉSUMÉ. — La situation juridique de l'Arctique, entouré par cinq Etats dont la souveraineté est incontestée, semble plus claire que celle de l'Antarctique. Mais, à la suite de la Convention de 1982 sur la Loi de la Mer, des problèmes entre Etats sont apparus, en particulier à cause de l'application du concept de Zone Economique Exclusive (Exclusive Economic Zone — EEZ).

Cependant, des problèmes très préoccupants concernant la sauvegarde de l'environnement, aussi bien dans l'Arctique que dans l'Antarctique, sont apparus. Actuellement, les Etats ne peuvent se départir de leur souveraineté afin de déterminer leurs activités. Ils doivent, selon leur juridiction nationale, se considérer comme liés, au nom de l'humanité, à sa protection.

Mots-clés : Groenland — Spitsberg — Environnement — Souveraineté — Stratégie — Zone Economique Exclusive — Humanité.

ABSTRACT. — **Maritime law in the Arctic.** *The juridical situation of Arctic, surrounded by five States which sovereignty is uncontested seems clearer than Antarctic's. But, because of the 1982 Convention on the law of the Sea, problems appeared between States. Mainly because of the application of the concept of exclusive economic zone (EEZ).*

Anyway, the most preoccupating problems concern Antarctic as well as Arctic environment safeguard. Now, the States, can't set forth their sovereignty in order to determine their activities. In the use of their national jurisdictions, they must consider themselves as binded by the right of Mankind to its survey.

Key-words : *Greenland — Spitsberg — Environment — Sovereignty — Strategy — Exclusive Economic Zone — Mankind.*

Le régime juridique des espaces maritimes de l'Arctique paraît, à première vue, plus simple que celui de l'Antarctique. Le Continent austral étant revendiqué par divers Etats, l'incertitude règne sur le statut des eaux côtières dès lors que ces prétentions sont refusées par d'autres, et notamment par les Etats-Unis et l'Union Soviétique. Certes, le Traité du 2 Décembre 1959 a instauré le gel du contentieux de façon à consacrer l'Antarctique à la liberté de la recherche scientifique et à des utilisations exclusivement pacifiques. Pour autant chacun des Etats intéressés peut conserver ses positions juridiques.

L'Arctique, en revanche, est bordé de cinq Etats dont la souveraineté n'est pas contestée. Cette zone comporte deux frontières terrestres, celle des Etats-Unis (Alaska) et du Canada; celle de l'URSS et de la Norvège. En réalité, la couverture de glace qui recouvre l'Océan Arctique ne peut occulter les difficultés juridiques qui y persistent. Au-delà des éléments stabilisateurs, apparaissent, en effet, des facteurs conflictuels toujours présents.

I. — ÉLÉMENTS STABILISATEURS

Ils résultent de l'existence de conventions particulières, d'une théorie unificatrice à laquelle certains Etats se sont ralliés et de la Convention sur le Droit de la Mer du 10 Décembre 1982.

A. — *Des conventions particulières déterminent la souveraineté de certaines zones terrestres, et du même coup des eaux qui les bordent.*

L'Archipel du Spitsberg, longtemps privé de statut juridique et considéré durant les siècles passés comme res nullius, a été revendiqué par la Norvège à partir de 1871. Après la Première guerre mondiale, cette prétention a été consacrée par le Traité de Paris du 8 février 1920, conclu entre les Etats-Unis, le Royaume-Uni, le Danemark, la France, l'Italie, le Japon, la Norvège, les Pays-Bas, la Suède. Ouvert à l'adhésion des tiers, il lie aujourd'hui quarante Etats dont l'Union Soviétique qui y adhéra en 1935. La souveraineté norvégienne doit cependant supporter certaines servitudes tenant :

— à la liberté d'accès, de pêche et de chasse pour les ressortissants des parties contractantes,

— à l'égalité dans l'exercice de toutes opérations maritimes, industrielles, minières et commerciales, tant à terre que dans les eaux territoriales. Le traité prohibe l'installation de bases navales et l'utilisation de l'Archipel dans un but de guerre.

Le Groenland est placé sous la souveraineté du Danemark qui s'installa dans la région Sud/Est. La Cour Permanente de Justice Internationale, par un arrêt du 5 avril 1933, a rejeté les prétentions de la Norvège sur la région du Nord/Est, prétentions qui se fondaient sur l'absence d'occupation effective de celle-ci par le Danemark. Pour la Cour, les conditions climatiques et naturelles ne permettent pas d'assujettir le Danemark à l'exigence d'occupation effective.

B. — *La théorie des secteurs*

Présentée devant le Parlement canadien, le 19 février 1907, par le Sénateur Pascal Poirier, elle avait un objectif unificateur. l'ensemble de la calotte arctique devait être découpée en secteurs. Tout pays traversé par le cercle polaire arctique a le droit de prolonger ses frontières sous la forme d'un triangle sphérique dont le sommet est le pôle et dont les côtes sont constituées par le méridient correspondant aux points extrêmes des frontières terrestres. A

l'intérieur de cet espace triangulaire, le pays concerné est dispensé d'une occupation effective.

Les Etats arctiques ont naturellement adopté à l'égard de cette théorie une attitude dictée par leur propre situation.

L'URSS est le seul pays à appliquer formellement cette théorie depuis la Déclaration du 15 avril 1926 qui concerne la zone comprise entre la frontière terrestre finno-soviétique de l'époque et le milieu du détroit de Béring. L'annexion du littoral finlandais après la Seconde guerre mondiale n'a pas modifié ce tracé.

Cependant la théorie des secteurs a été présentée à une époque où la navigation aérienne et sous-marine étaient encore inexistantes. Aujourd'hui, il ne semble pas que cette construction doctrinale soit invoquée de façon drastique pour interdir la liberté de navigation. Une grande puissance comme l'Union Soviétique ne peut se montrer restrictive si elle veut prétendre elle-même faire circuler librement ses avions et ses sous-marins. Ainsi s'explique que Moscou n'ait pas protesté, quand un sous-marin américain, après avoir navigué sous les glaces, a émergé au pôle Nord, point d'aboutissement du secteur soviétique, et pas davantage après le survol par des avions américains de la haute mer dans ce secteur.

Le Canada en dépit de la paternité de la théorie sectorielle qu'il pourrait revendiquer, a une attitude nuancée. La thèse de Poirier, qui tendait à absorber les terres, les îles et les eaux jusqu'au pôle Nord, s'expliquait notamment par des initiatives d'explorateurs étrangers, comme Nansen en 1893 et Amundsen, qui le premier franchit le passage du Nord/Ouest en 1903, tandis que l'Américain Peary atteignait le pôle en 1909. Le Canada a invoqué la théorie des secteurs en 1925 et proclama sa souveraineté en direction du pôle.

Le passage du pétrolier américain, « Manhattan », dans les eaux bordant le Nord du Canada jusqu'en Alaska, en 1969, a confirmé la possibilité d'une navigation internationale dans ces régions, ce qui a conduit le gouvernement canadien à promulguer, le 2 août 1972, une loi sur la prévention de la pollution dans les eaux arctiques et la protection du milieu marin. En définitive, il semble que le Canada ne prétende pas à la souveraineté pleine et entière sur les espaces maritimes compris dans le secteur, mais à la juridiction pour la protection de l'écosystème arctique. La modération du Canada dans l'application de la théorie des secteurs s'explique peut-être par le fait que ses deux voisins américains et danois ne l'acceptent pas.

En 1985, un incident assez sérieux a été soulevé par le franchissement du passage du Nord/Ouest par le puissant brise-glace américain, « Polar Sea ». Le gouvernement de Washington ne demanda pas d'autorisation; le passage ayant, à ses yeux, la nature d'une voie de communication internationale. Le Canada, tout en soutenant que le passage est une voie d'eau interne, a fini par autoriser le voyage en regrettant l'attitude américaine. Il a obtenu l'assurance que le « Polar Sea » était conforme aux normes de fabrication canadiennes et respecterait la réglementation écologique édictée par le Canada.

Ce pays est lui-même une grande puissance marchande, accueillant volontiers les navires étrangers dans ses ports. Il se trouve donc à cet égard dans une position délicate puisque, d'une façon générale, il tire davantage de la liberté de navigation.

Quant aux Etats-Unis, ils ont refusé, en 1924, de proclamer leur souveraineté sur un secteur au Nord de l'Alaska. La délimitation entre les eaux américaines et les eaux soviétiques remonte à la convention signée par la Russie, en 1867.

La Norvège, elle non plus, n'a pas réclamé un secteur. La sagesse de cette attitude a été confirmée par le nouveau droit de la mer, car un secteur ferait perdre à la Norvège une zone importante de plateau continental et de zone économique dans la mer de Barents.

C. — *La Convention de Montego-Bay du 10 décembre 1982 introduit le nouveau droit de la mer dans la région arctique*

Alors que la Troisième conférence des Nations Unies sur le droit de la mer n'était pas achevée, les Etats participants s'efforçaient de mettre en application les principes sur lesquels un consensus semblait acquis. Ils procédaient soit par voie bilatérale, soit unilatéralement. Cette double attitude se constate chez les Etats de la zone arctique.

Entre l'Islande et la Norvège se posait un problème de délimitations soulevé par l'île de Jan Mayen. Une commission de conciliation sur la délimitation du plateau continental entre l'île et l'Islande a été réglé par un Traité du 22 octobre 1981.

Les Etats côtiers ont proclamé unilatéralement, à partir de 1917, des zones de pêche exclusives de 200 milles; pour le Spitsberg, une zone de protection de l'environnement a été de surcroît établie.

L'URSS ne la reconnait pas. En principe, sur la base de la Convention de 1982, les riverains ont la jouissance d'une zone économique exclusive de 200 milles qui comporte non seulement le droit de pêche, mais aussi l'exploitation des ressources minérales et la réglementation contre la pollution. On voit mal, dans ces conditions, comment un Etat pourra refuser de respecter ces dispositions écologiques. Il est vrai que, pour l'heure, la Convention de Montego-Bay n'est pas encore entrée en vigueur, faute d'atteindre le nombre de ratifications exigées par elle. Son application entraînera celle de sa partie VI concernant le plateau continental et de la partie XI sur les fonds marins internationaux au-delà de la juridiction nationale. Cela ne se fera vraisemblablement pas sans certaines difficultés, compte tenu des éléments conflictuels toujours présents dans l'Océan Arctique.

II. — ÉLÉMENTS CONFLICTUELS

On doit d'abord rappeler qu'il constitue une zone belligène. Les stratèges soulignent l'importance de la mer de Norvège en cas d'un conflit mondial. Il souligne aussi que la plus grande concentration navale soviétique se trouve à Mourmansk. Certes, des projets de dénucléarisation de cette zone ont été envisagés mais ils sont restés sans échos. Dès lors des différends juridiques portés par des antagonismes politiques et économiques se manifestent depuis longtemps ou sont susceptibles d'apparaître du fait de l'application du nouveau droit de la mer.

A. — *Les conflits en cours*

Le Traité de 1920 sur le Spitsberg voit sa portée contestée notamment par l'Union Soviétique, les Etats-

Unis, la RFA, le Royaume Uni, au sujet de l'exercice de la compétence dont la Norvège dispose en principe pour délivrer des permis d'exploitation sans discrimination entre les ressortissants des parties contractantes.

Mais divers problèmes de délimitation dans la zone ne sont pas réglés. Nous citerons ici les plus importants.

La Mer de Barents soulève un grave problème de délimitation entre l'Union Soviétique et la Norvège. Les deux pays s'opposent sur le plan méthodologique, c'est-à-dire sur les principes juridiques sur la base desquels doit s'établir le tracé des lignes de délimitation. La Norvège invoque la méthode de l'équidistance reconnue par les Conventions de Genève de 1958 sur la mer territoriale et sur le plateau continental, alors que pour l'URSS devrait s'appliquer le décret soviétique de 1926. Les deux antagonistes sont parvenus à conclure un accord le 11 janvier 1978, mais il ne concerne que les problèmes de pêche et n'a qu'une portée temporaire.

Par ailleurs, le Traité de 1920 n'a pas mis fin aux difficultés soulevées par le régime du Spitzberg qui reconnaît la souveraineté norvégienne. Cet instrument a été conclu à une époque où le droit de la mer ne consacrait que la mer territoriale, traditionnellement de 4 milles marins dans les pays scandinaves. La reconnaissance, à partir de 1958, de la notion de plateau continental devait conduire le gouvernement norvégien à soutenir que sa souveraineté s'étend aux îles et au plateau continental sur lequel elles se trouvent.

La Convention de 1982 sur le droit de la mer devait lui permettre d'étendre sa prétention.

B. — ***Lors même qu'elle n'est pas encore formellement en vigueur, la Convention de Montego-Bay*** consacre certains concepts juridiques qui se sont imposés et développés depuis le début de la Troisième conférence des Nations Unies sur le droit de la mer en 1974. Ils ont acquis une valeur coutumière. C'est le cas en particulier de la zone économique exclusive que de nombreux Etats ont unilatéralement édictée avant même la conclusion de la Conférence. Le nouveau droit de la mer, sans comprendre toutes les notions retenues par la Convention de 1982, comporte donc déjà diverses règles issues du processus, aujourd'hui bien connu, de la coutume accélérée.

La Norvège en fait état pour étendre sa juridiction sur la zone économique exclusive au-delà de ses îles. Cette position n'est pas reconnue par tous les Etats intéressés pour qui le Traité de 1920 doit être d'interprétation stricte.

De même, l'avènement dans le droit de la mer de la notion de zone économique avive le litige entre la Norvège et l'Islande au sujet des eaux situées autour de l'île de Jan Mayen de souveraineté norvégienne.

Le Gouvernement d'Oslo revendique une zone économique autour de l'île. Pour l'Islande, les rochers qui ne se prêtent pas à l'habitation humaine ou à une vie économique, ne peuvent bénéficier d'une zone économique exclusive (principe qui devait être consacré par l'article 121 6 3 de la Convention de 1982). Un accord a été conclu le 28 mai 1980. Il reconnaît une zone de 200 milles en faveur de l'Islande, la distance qui la sépare de Jan Mayen étant inférieure à 400 milles.

En revanche, se poursuivent des négociations entre la Norvège et le Danemark au sujet de la délimitation maritime entre Jan Mayen et le Groenland.

CONCLUSION

La situation juridico-politique de l'Arctique ne laisse d'être préoccupante. Il demeure, en effet, à l'approche du troisième millénaire, dans tous les errements du droit international classique tel qu'il est élaboré depuis toujours par des Etats à courte vue. Dans un monde que le buissonnement de la technologie a rendu exigu, il serait souhaitable qu'il se hausse au plan de l'intérêt global de l'humanité.

Le mouvement est entamé pour l'Antarctique. Le Traité de 1959, bien que conclu entre 12 Etats, vouait le continent austral et les eaux qui l'entourent à l'humanité. Depuis quelques années, aux Nations Unies, une majorité d'Etats réclament qu'il soit proclamé patrimoine commun de l'humanité.

Le découpage de l'Arctique en souverainetés non contestées dans leur principe semble rendre utopique une telle revendication si telle était formulée à son égard. Il faut voir cependant que le concept de patrimoine commun n'entraîne pas nécessairement le dépouillement de leur souveraineté par les Etats concernés et le transfert de leur compétence à un organisme superétatique gérant la région à leur place. Cette solution a été retenue par le Traité sur la Lune de 1979 et par la partie XI de la Convention du 10 Décembre 1982 pour les grands fonds marins au-delà de la juridiction nationale. Mais la notion de patrimoine commun de l'humanité peut aussi se concilier avec le maintien des juridictions nationales dès lors que celles-ci ne sont plus discrétionnaires, dès lors que les Etats n'exercent que des compétences liées dont la finalité est déterminée par des textes définissant les intérêts de l'humanité. C'est ce qui se passe désormais en matière d'environnement. Par une manière de dédoublement fonctionnel, les Etats liés par les conventions écologiques exercent leurs compétences de protection de l'environnement dans leur intérêt propre et, en même temps, dans celui de l'humanité.

Les régions polaires revêtent pour l'avenir du genre humain une importance dont il conviendrait de prendre conscience.

VII. — POLLUTION, ENVIRONNEMENT
POLLUTION, ENVIRONMENT

LE TROU D'OZONE DANS L'ANTARCTIQUE

par Gérard MÉGIE

Service d'Aéronomie du CNRS, Verrières-le-Buisson
Université Pierre et Marie Curie, Paris

RÉSUMÉ. — Une diminution de plus de 50 % entre 1979 et 1986 du contenu total en ozone mesuré pendant les mois de septembre et d'octobre au-dessus du continent Antarctique a été mise en évidence à partir des observations sol et des données satellitaires. Plusieurs théories, photochimique, dynamique ou liée à l'activité solaire ont été proposées pour expliquer ce phénomène qui pourrait constituer une première indication d'un effet des activités humaines sur la couche d'ozone. Toutes prennent en compte les conditions très particulières température très basse, vortex circumpolaire intense bloquant tout échange méridien — qui règnent dans la stratosphère polaire d'hiver et qui expliquent d'ailleurs la dissymétrie observée avec l'Arctique. L'analyse des premiers résultats expérimentaux obtenus en 1985 et 1986 ne permet pas actuellement de trancher définitivement entre les différentes hypothèses, ni d'établir un lien direct entre la diminution observée d'ozone et la pollution d'origine anthropique.

Mots-clés : Antarctique — Ozone — Pollution — Environnement terrestre.

ABSTRACT. — **Ozone hole in the Antarctic.** *A 50 % decrease between 1979 an 1986 in the total ozone content over Antarctica in the september and october months has been measured by both ground based and satellite borne experiments. Several theories based on photochemical or dynamical processes or linked to the solar activity have been proposed to explain this depletion which could be a first indication of the impact of human activities on the ozone layer. The specific conditions — very low temperatures, intense circumpolar vortex prohibiting any meridional transfer — which occur during the polar winter are taken into account, as they also explain the dissymetry observed with the Arctic. The first experimental results obtained in 1985 and 1986 do not allow at the present time to rule out any of these hypothesis and do not establish any clear link between ozone depletion over Antarctica and man-made pollution.*

Key-words : *Antarctic — Ozone — Pollution.*

L'ozone, bien que minoritaire dans l'atmosphère terrestre — environ un millionième de contenu total — joue un rôle fondamental en tant qu'unique absorbant du rayonnement solaire ultraviolet entre le sol et 80 km d'altitude. Il permet ainsi le maintien de la vie animale et végétale en éliminant les courtes longueurs d'onde susceptibles de détruire les cellules et d'inhiber la photosynthèse. Il est également responsable, avec le gaz carbonique et la vapeur d'eau, de l'équilibre radiatif et thermique de l'atmosphère terrestre et partant des grands équilibres climatiques. L'absorption du rayonnement solaire par l'ozone conduit notamment à l'existence aux altitudes supérieures (20-50 km), d'une région de gradient de température positif, la stratosphère, dans laquelle la stabilité thermique vis-à-vis des échanges verticaux est très grande. Principalement produit par la photodissociation de l'oxygène moléculaire en région équatoriale et la recombinaison de l'oxygène atomique ainsi formé ($O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$), l'ozone est ensuite transporté par la circulation méridienne vers les pôles où il s'accumule, en particulier pendant l'hiver. On distingue en général deux domaines d'altitude suivant les processus prépondérants qui contrôlent l'équilibre de l'ozone : dans la basse atmosphère l'ozone se comporte pratiquement comme un traceur passif et est donc soumis à la seule influence des mouvements dynamiques. Aux altitudes supérieures (40 km et au-dessus) ce sont les processus photochimiques qui dominent et l'équilibre de l'ozone résulte alors d'un très grand nombre d'interactions physicochimiques qui mettent en jeu, outre le rayonnement solaire, de nombreux constituants minoritaires de l'atmosphère représentant pour certains moins d'un milliardième (10^{-9}) de la concentration totale. Ceux-ci trouvent leur source dans des espèces produites au niveau du sol, soit naturellement (vapeur d'eau, méthane, hydrogène moléculaire, protoxyde d'azote), soit artificiellement (méthane, protoxyde d'azote, chlorofluorométhanes). On sait donc depuis le début des années 1970 que les activités humaines, industrielles ou agricoles, en modifiant la composition chimique de l'atmosphère représentent un danger potentiel pour la couche d'ozone dans la mesure où elles aboutiraient à une augmentation des composés azotés (oxydes d'azote NO, NO_2) ou chlorés (chlore Cl, monoxyde de chlore ClO) susceptibles de détruire l'ozone dans les régions supérieures de l'atmosphère (30-50 km). Mais jusqu'à présent aucune preuve expérimentale n'a pu être apportée d'une diminution de l'ozone directement liée à ces effets anthropiques. Il est donc tentant de penser que la réduction importante, observée depuis 1979, de la valeur du minimum saisonnier d'ozone au-dessus du continent antarctique pourrait ainsi constituer la première manifestation de cette menace pour l'environnement terrestre; et ceci d'autant plus que les mesures des constituants sources effectuées à Palmer Station, Anvers Island (64°5, 64° W) montrent une augmentation constante du trichlorofluorométhane $CFCl_3$ (5.87 % an^{-1}) du dichlorodifluorométhane CF_2Cl^2 (5.5 % an^{-1}) du tetrachlorure de carbone CCl_4 (1.3 % an^{-1}) du méthylchloroforme CH_3CCl_3 (5.31 % an^{-1}) et du protoxyde d'azote N_2O (0.25 % an^{-1}) (Cronn et al., 1986). Mais la relation de cause à effet est encore loin d'être établie, d'autant que ce phénomène a réellement surpris une communauté scientifique qui pensait avoir progressivement élucidé les différents mécanismes responsables de l'équilibre observé de la couche d'ozone.

LES FAITS EXPÉRIMENTAUX

Les observations du contenu total en ozone mesuré par spectrométrie d'absorption dans le domaine des longueurs d'onde ultra violettes (spectrophotomètre Dobson) ont montré, dans les régions antarctiques, une diminution de près de 40 % (de 260 DU à 150 DU) (1) entre les mois de septembre et de novembre (printemps austral) par rapport à la moyenne observée au cours des années 1957-1978. Par contre de janvier à août la diminution reste plus faible compatible avec la variabilité interannuelle (fig. 1). Ce changement a été mis en évidence pour la première fois par les scientifiques du British Antarctic Survey à la station de Halley Bay (Farman et al., 1985). Leurs observations confirmées par les mesures faites aux autres stations antarctiques (Siowa — Japon, Mc Murdow, Amundsen Scott — USA) ont ensuite pu être étendues à l'ensemble de l'hémisphère Sud grâce aux instruments TOMS (Total Ozone Mapping System) et SBUV (Solar Backscatter Ultraviolet) de la NASA placés à bord du satellite en orbite polaire Nimbus 7 (Stolarski et al., 1986). La figure 2 représente la situation type rencontrée au cours de ces mois de printemps : une région de contenu en ozone très faible (180 DU) centrée sur le pôle Sud et une ceinture de contenu plus élevé dans les régions de moyenne latitude entre 40° et 50° S. Cette distribution d'ozone est d'ailleurs extrêmement variable dans le temps et dans l'espace et la région du minimum se déplace autour du pôle en suivant les trajectoires dynamiques liées à l'activité météorologique dans la haute troposphère et la basse stratosphère. Il est important de souligner à nouveau ici que le phénomène aujourd'hui connu sous la dénomination de « trou d'ozone » correspond donc à l'amplification locale (Antarctique) et limitée dans le temps (printemps austral),

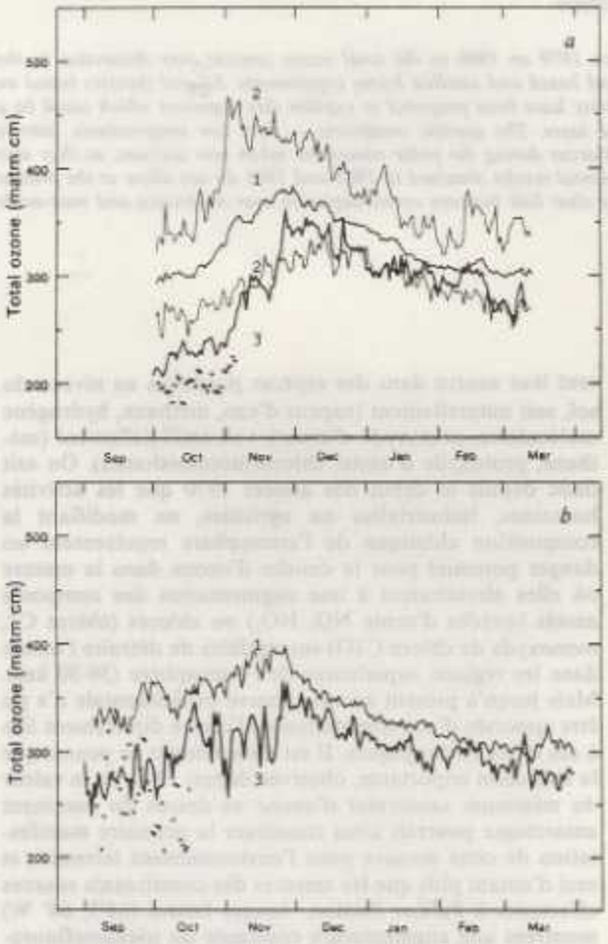


FIG. 1. — Valeurs journalières du contenu en ozone à Halley Bay (a) et Argentine Islands (b) : valeurs moyennes et extrêmes pour 6 saisons (1957-1973)-courbes 1 et 2; valeur moyenne pour 4 saisons (1980-1984)-courbe 3; valeurs observées en Octobre 1984-croix. (D'après Farman et al., 1985).

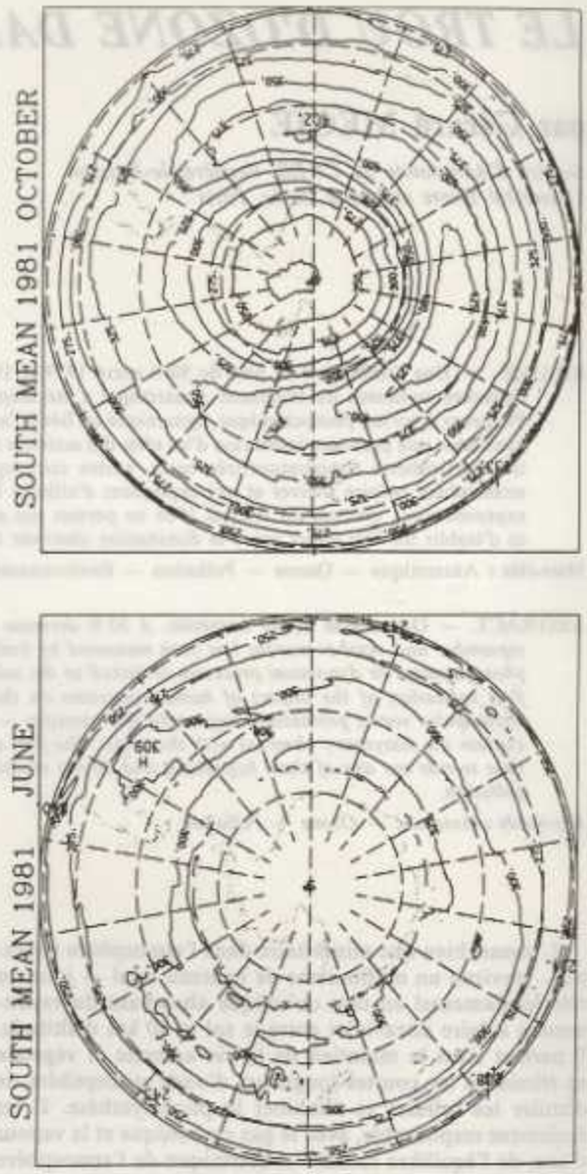


FIG. 2. — Contenu total en ozone dans l'hémisphère Sud en Juin et Octobre. Les quantités intégrées sont exprimées en unités Dobson. (D'après Schœberl et al., 1986).

(1) DU (unité Dobson) correspond à une épaisseur intégrée de la colonne d'ozone ramenée aux conditions standard de pression et de température de 0.01 mm.

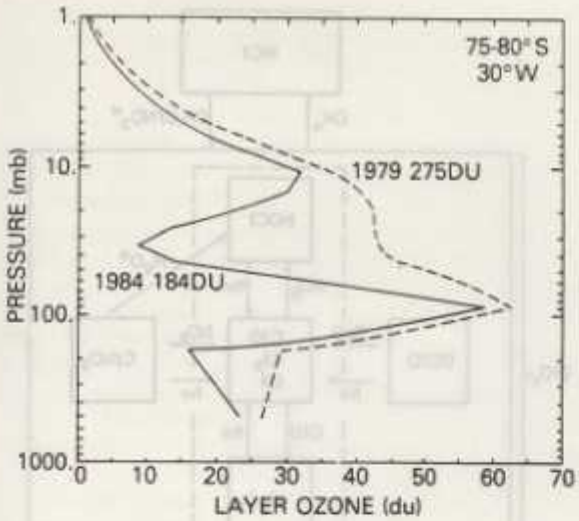


FIG. 3. — Profil vertical d'ozone mesuré par satellite en Octobre 1979 et 1984 (D'après Mc Peters et al., 1986).

d'une variation saisonnière existant déjà avant que des polluants d'origine anthropique puissent avoir un effet quelconque sur la stratosphère. Les mesures faites à partir d'instruments satellitaires (SBUV) ou de sondes embarquées sous ballon et lancées depuis les stations antarctiques (Hoffmann et al., 1986) montrent que la réduction du contenu total est en fait liée à une diminution limitée à la région d'altitude comprise entre 15 et 30 km (fig. 3).

En ce qui concerne l'hémisphère Nord il ne semble pas à l'heure actuelle qu'un phénomène de même ampleur ait lieu dans l'Arctique. Les observations satellitaires montrent une diminution du contenu en ozone au moment de l'équinoxe de printemps (Mars) d'environ 10 % entre 1979 et 1983 dans une bande de latitude comprise entre 70 et 75° N (Angell et al., 1985). Cette différence entre les deux hémisphères découle directement des conditions particulières rencontrées dans l'atmosphère au dessus de l'Antarctique au cours de l'hiver polaire. En effet, la stratosphère antarctique d'hiver est caractérisée par l'existence d'une circulation barocline zonale très rapide, avec des vents d'Est pouvant atteindre plus de 100 m/s à l'altitude de 15-16 km (fig. 4). Ce vortex circumpolaire crée des conditions de stabilité dynamique qui empêchent de fait tout échange méridien jusqu'à la rupture du vortex qui se produit en général sous l'influence des ondes planétaires d'origine troposphérique vers la fin du mois d'octobre ou le début du mois de novembre selon les années. Les régions subpolaires sont donc tout à fait isolées au cours de l'hiver ce qui se traduit par des températures extrêmement basses pouvant atteindre des conditions proches de l'équilibre radiatif (fig. 5). Dans l'hémisphère Nord au contraire la dissymétrie continent-océan induit des alternances de zones de haute et basse pression dans la troposphère qui contribuent à déformer en permanence le vortex polaire empêchant de ce fait un isolement total des régions polaires et créant donc une possibilité de transport méridien.

C'est donc à partir de ces caractéristiques spécifiques à la stratosphère antarctique que doit être trouvée une explication pertinente des phénomènes observés qui ne remettent pas totalement en cause la compréhension actuelle de l'équilibre de l'ozone dans la stratosphère.

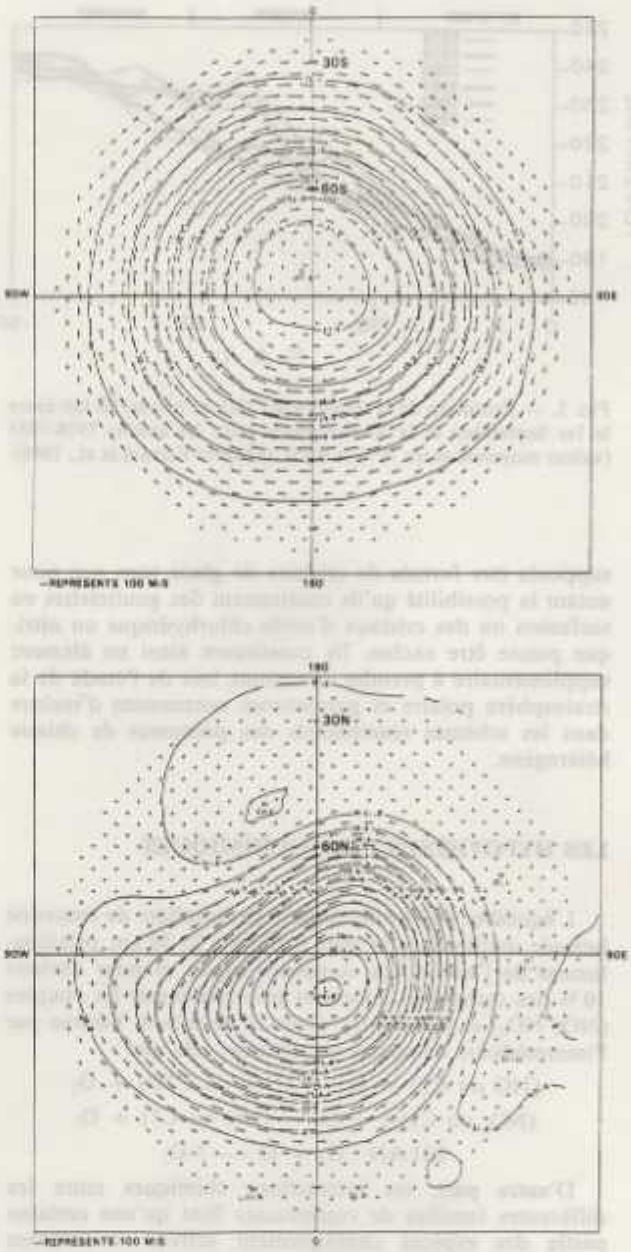


FIG. 4. — Comparaison des circulations zonales (vortex circumpolaire) dans l'hémisphère Nord et dans l'hémisphère Sud.

Trois théories ont été formulées jusqu'à présent, qui toutes présentent à la fois des points forts et des lacunes : une théorie photochimique fondée sur l'action des constituants chlorés ou bromés, une théorie dynamique liée à la rupture brutale de l'équilibre radiatif de la stratosphère lors du passage nuit (hiver) jour et une théorie « naturelle » fondée sur l'activité solaire et le cycle de onze ans. Les deux premières font appel à un phénomène particulier des régions polaires d'hiver mis en évidence par les expériences satellitaires SAM II ET SAGE : l'existence de nuages de très hautes altitudes (15-20 km) connus sous le nom de Nuages Stratosphériques Polaires ou PSC (Polar Stratospheric Clouds) qui se forment au cours des mois d'août et septembre dans l'Antarctique (février, mars dans l'Arctique) (Mc Cormick et al., 1982). Ces nuages sont

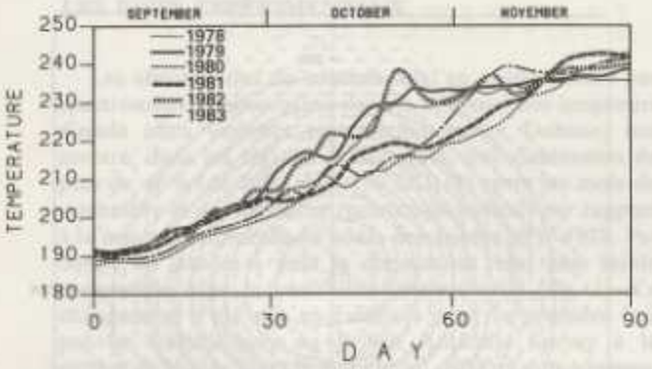


FIG. 5. — Evolution de la température (K) au niveau 30 mb entre le 1er Septembre et le 30 Novembre pour les années 1978-1983 (valeur moyenne entre 70°S et 80°S). (D'après Ferrara et al., 1986).

supposés être formés de cristaux de glace sans que pour autant la possibilité qu'ils contiennent des gouttelettes en surfusion ou des cristaux d'acide chlorhydrique ou nitrique puisse être exclue. Ils constituent ainsi un élément supplémentaire à prendre en compte lors de l'étude de la stratosphère polaire et permettront notamment d'inclure dans les schémas réactionnels des processus de chimie hétérogène.

LES HYPOTHÈSES PHOTOCHIMIQUES

L'équilibre de l'ozone dans la stratosphère de moyenne latitude résulte, dans la zone d'altitude 35-50 km, principalement de l'action des composés azotés et pour environ 10 % des composés chlorés et principalement les couples (NO, NO_2) et (Cl, ClO). Ceux-ci détruisent l'ozone par l'intermédiaire de cycles catalytiques tels que :

$$(NO \text{ ou } Cl) + O_3 \text{ ---- } (NO_2 \text{ ou } ClO) + O_2$$

$$(NO_2 \text{ ou } ClO) + O \text{ ---- } (NO \text{ ou } Cl) + O_2$$

$$\text{BILAN} : O_3 + O \text{ ---- } 2\,O_2$$

D'autre part, les interactions chimiques entre les différentes familles de constituants font qu'une certaine partie des espèces chimiquement actives se trouvent stockées dans des réservoirs temporaires tels que le nitrate de chlore $ClONO_2$ ou l'acide chlorhydrique HCl. On comprend alors que si l'on veut relier la disparition rapide de l'ozone dans la stratosphère polaire à l'augmentation des constituants chlorés il est nécessaire de concevoir des mécanismes particuliers permettant de libérer en quantité suffisante le chlore actif (chlore atomique, monoxyde de chlore) de ces réservoirs. Or, l'absence de processus de photodissociation et la lenteur des réactions en phase gazeuse, habituellement seules considérées ne permettent pas de libérer suffisamment d'espèces chlorées pour expliquer la diminution de l'ozone au rythme de 0.6 % jour-1. Plusieurs auteurs ont alors proposé de faire intervenir des réactions chimiques en phase hétérogène qui se produiraient à la surface des particules présentes dans les nuages stratosphériques polaires. Les schémas réactionnels sont alors les suivants (Solomon et Garcia, 1986; figure 6) :

$$ClONO_2 + H_2O\ (\textit{surface})\ HOCl + HNO_3$$

$$ClONO_2 + HCl\ (\textit{surface})\ Cl_2 + HNO_3$$

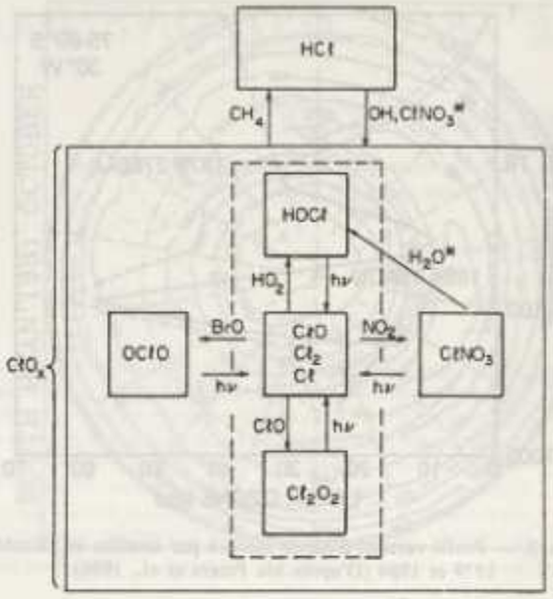


FIG. 6. — Schémas photochimiques liés à l'équilibre de l'ozone. Les réactions en phase hétérogènes particulières à l'atmosphère polaire sont notées avec une astérisque. (D'après Tung et al., 1986).

Ces conversions présentent un double intérêt : d'une part augmenter la quantité de chlore actif, d'autre part transformer une part importante des composés azotés présents en acide nitrique HNO_3 qui constitue de fait un puits pour ces constituants. Ceci aura donc pour effet de diminuer les possibilités de reconversion du monoxyde de chlore ClO en nitrate de chlore $ClONO_2$. Mc Elroy et al. (1986) ont également proposé un mécanisme complémentaire pour augmenter cet effet qui fait intervenir les composés du brome et notammment le monoxyde BrO qui

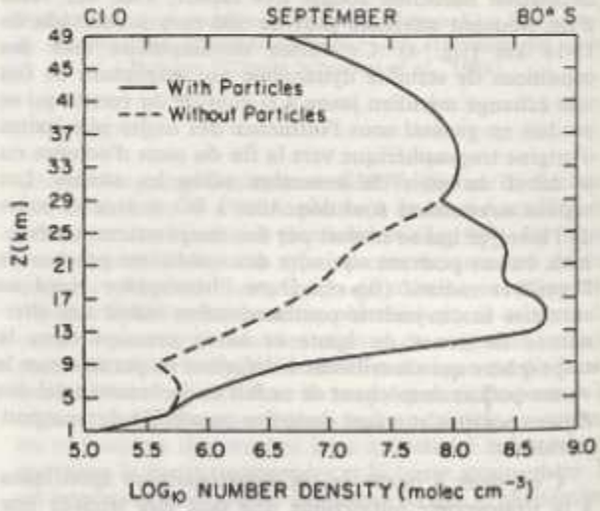


FIG. 7. — Profils calculés de monoxyde de chlore ClO en présence et en l'absence de particules liées aux nuages stratosphériques polaires. (D'après Isaksen et al., 1986).

en réagissant avec ClO :

$$BrO + ClO \rightarrow Br + OClO$$

ou

$$BrO + ClO \rightarrow Br + Cl + O_2$$

permet de stocker une part des composés chlorés sous forme du dioxyde OClO qui régénère rapidement ClO par photodissociation.

Dans ces conditions, les simulations numériques montrent que des quantités de monoxyde de chlore supérieures de 2 ordres de grandeur à celles obtenues en l'absence de particules peuvent être libérées entre 15 et 25 km (Isaksen et al., 1986 — fig. 7). Elles entrainent alors une diminution de l'ozone dont l'intensité et la durée restent compatibles avec les observations. La principale incertitude quant à ces théories photochimiques réside dans le manque de connaissance des cœfficients de réaction en phase hétérogène. Il semble en particulier que les valeurs adoptées doivent correspondre aux valeurs extrêmes envisageables si l'on veut obtenir un « trou d'ozone » aussi important que celui mis en évidence par les expériences.

LES HYPOTHÈSES DYNAMIQUES

Celles-ci se fondent sur le fait expérimental qu'au minimum de concentration d'ozone observé au-dessus des pôles semble correspondre une zone de maximum vers 50°S. Le contenu total en dessous de 40°S est alors conservé entre août et novembre, si bien qu'il est tentant de penser à une redistribution en fonction de la latitude. On peut d'ailleurs noter que, si un processus photochimique est responsable de la diminution de l'ozone total au-dessus du pôle il devra être équilibré par un apport d'ozone venant des régions de plus basse latitude ou par une source photochimique à 50°S; ces deux derniers effets devant en outre cesser brutalement vers la fin octobre.

La théorie dynamique présuppose une condition nécessaire qui peut s'énoncer ainsi (Mahlman, 1986, Tung et al., 1986) : à partir de 1979, le forçage troposphérique des ondes planétaires dans l'hémisphère Sud a diminué en intensité. Les raisons de cette réduction restent aujourd'hui inconnues mais pourraient être trouvées dans une variation climatique au niveau de la troposphère. Cette réduction aurait alors plusieurs conséquences : (a) une augmentation de la durée de l'hiver polaire et donc des températures plus basses dans la stratosphère polaire d'hiver du fait d'une rupture plus tardive du vortex; (b) une réduction globale de la concentration moyenne d'ozone dans l'hémisphère Sud du fait de la diminution

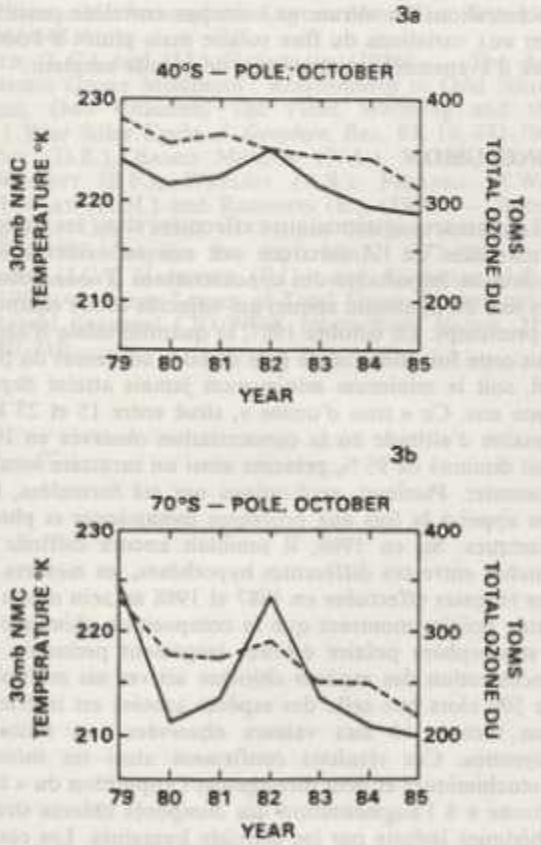


FIG. 8. — Evolution comparée de la température (K) au niveau 30 mb (trait plein) et du contenu total en ozone (trait pointillé) moyennes entre 40°S et le pôle (a) et 70°S et le pôle (a) et 70°S et le pôle (b) de 1779 à 1985 (D'après Newmann et al., 1986).

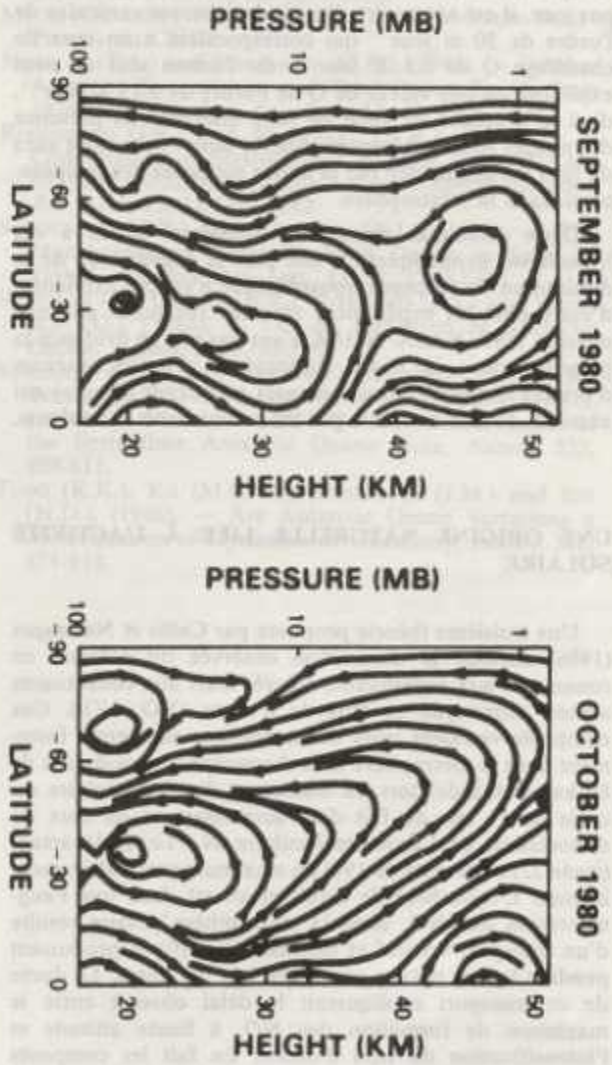


FIG. 9. — Circulations méridiennes dans l'hémisphère Sud pour les mois de Septembre et d'Octobre montrant le développement d'une cellule dans les régions polaires au cours du mois d'Octobre. (D'après Rosenfield et al., 1986).

du transport méridien à partir des régions sources et en particulier au dessus des pôles. Ces prédictions semblent pouvoir être corroborées par les observations satellitaires qui montrent une diminution notable (jusqu'à 18° C) entre 1979 et 1985 des températures stratosphériques (Newman and Schoerbel, 1986) — figure 8.

La diminution rapide de l'ozone à la sortie de l'hiver polaire s'explique alors de la façon suivante. Pendant l'hiver, comme nous l'avons déjà noté, la stratosphère se trouve pratiquement en équilibre radiatif (ce qui se traduit notamment par l'absence de flux de chaleur verticaux). En septembre, au lever du soleil, l'absorption du rayonnement par l'ozone et les particules contenues dans les nuages stratosphériques polaires va entraîner une rupture de l'équilibre radiatif qui se traduira par un mouvement vertical ascendant ($w > 0$) dont l'intensité est donnée par $w = Q/\Gamma$ où Γ est le gradient de température adiabatique ($\Gamma = dT/dz + g/C_p$). Ce mouvement vertical (fig. 9) va entraîner de l'air troposphérique, pauvre en ozone, vers la basse stratosphère polaire et donc contribuera à y diminuer la concentration locale. On peut alors montrer (Mahlman, 1986), que pour que ce processus puisse rendre compte d'une diminution du contenu en ozone de 0.6 % par jour, il est nécessaire d'avoir des vitesses verticales de l'ordre de 30 m jour^{-1} qui correspondent à un taux de chauffage Q de 0.3 K jour^{-1}. Or l'ozone seul ne peut expliquer qu'une valeur de Q de l'ordre de 0.15 K jour^{-1}, d'où la nécessité ici aussi de faire intervenir la présence des nuages stratosphériques polaires dont l'occurence aura de plus été augmentée par la baisse supposée des températures dans la stratosphère.

Deux difficultés principales subsistent quant à ces hypothèses dynamiques : d'une part la cause réelle de la diminution du forçage troposphérique n'est pas explicitée, d'autre part les expériences récentes conduites par une mission NSF/NASA/NOAA n'ont pas mis en évidence la présence dans la basse stratosphère d'autres traceurs d'origine troposphérique (aérosols, protoxyde d'azote) qui auraient dû être entraînés par les mouvements ascendants.

UNE ORIGINE NATURELLE LIÉE À L'ACTIVITÉ SOLAIRE

Une troisième théorie proposée par Callis et Natarajan (1986) attribue la diminution observée du contenu en ozone non aux constituants chlorés mais aux constituants azotés, monoxyde et dioxyde d'azote (NO, NO_2). Ces composés verraient leurs concentrations augmenter fortement dans la mésosphère et la thermosphère (au-dessus de 80 km d'altitude) lors du maximum d'activité solaire du cycle de 11 ans du fait d'un accroissement du taux de dissociation de l'azote moléculaire N_2. Le cycle actuel (cycle 22) a présenté en 1981 un maximum particulièrement intense. L'hypothèse de Callis et al. est donc que l'augmentation des NO_x dans la stratosphère polaire résulte d'un transport vertical et méridien (fig. 10) se produisant pendant la nuit polaire vers l'intérieur du vortex. La durée de ce transport expliquerait le délai observé entre le maximum de formation des NO_x à haute altitude et l'intensification du trou d'ozone. En fait les composés azotés actifs seraient libérés à la fin de l'hiver sous l'influence du rayonnement solaire à partir des espèces réservoirs telles que le trioxyde (NO_3) ou le pentoxyde (N_2O_5). La rupture du vortex à la fin du printemps

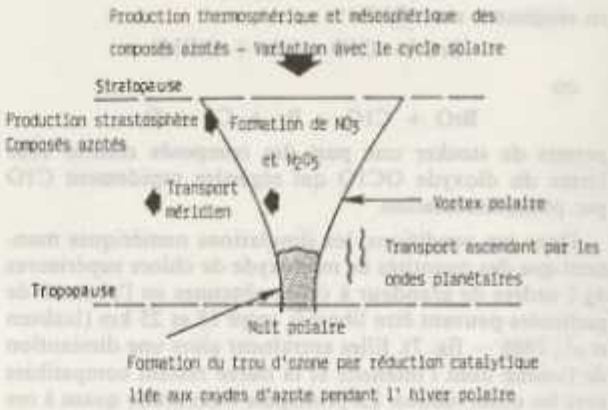


FIG. 10. — Processus de formation des oxydes d'azote lors du printemps polaire dans l'Antarctique. (D'après Callis et al., 1986).

expliquerait enfin, comme dans les autres théories, le retour à la normale vers la mi-novembre.

Cette théorie est probablement à l'heure actuelle la moins crédible dans la mesure où la diminution principale d'ozone a lieu à des altitudes inférieures à 25 km alors que les oxydes d'azote ne jouent un rôle destructeur que vers 30 km d'altitude. D'autre part, les concentrations en NO_2 observées par l'expédition américaine déjà citée, sont très faibles et peu compatibles avec la théorie du cycle solaire. Enfin les carottages de glace montrent également que les concentrations en nitrate ne sont pas corrélées positivement aux variations du flux solaire mais plutôt à l'occurence d'évènements protoniques de grande ampleur.

CONCLUSION

Les mesures systématiques effectuées dans les stations permanentes de l'Antarctique ont mis en évidence une diminution importante des concentrations d'ozone observées lors du minimum annuel qui coïncide avec l'équinoxe de printemps. En octobre 1987, la quantité totale d'ozone avait cette fois diminué de près de 60 % au-dessus du pôle Sud, soit le minimum minimorum jamais atteint depuis trente ans. Ce « trou d'ozone », situé entre 15 et 25 km, domaine d'altitude où la concentration observée en 1987 avait diminué de 95 %, présente ainsi un caractère local et saisonnier. Plusieurs explications ont été formulées, faisant appel à la fois aux processus dynamiques et photochimiques. Si, en 1986, il semblait encore difficile de trancher entre ces différentes hypothèses, les mesures les plus récentes effectuées en 1987 et 1988 au sein même du vortex polaire montrent que la composition chimique de la stratosphère polaire est très largement perturbée. La concentration des espèces chlorées actives est multipliée par 500 alors que celle des espèces azotées est inférieure d'un facteur 10 aux valeurs observées aux latitudes moyennes. Ces résultats confirment ainsi les théories photochimiques et lient directement l'apparition du « trou d'ozone » à l'augmentation des composés chlorés stratosphériques induite par les activités humaines. Les conditions particulières qui règnent au-dessus du continent Antarctique pendant l'hiver — température très basse, vortex circumpolaire intense bloquant tout échange méridien, présence de nuages de glace à haute altitude — sont

à l'origine d'un déplacement des équilibres chimiques qui provoque une amplification des effets destructeurs des composés chlorés. Toutefois, de nombreuses incertitudes subsistent encore dans notre compréhension de ces processus et seule la responsabilité des constituants chlorés d'origine anthropique peut aujourd'hui être considérée comme acquise.

Au pôle Nord, du fait de l'alternance entre continents et océans, les conditions météorologiques qui régnent dans la basse stratosphère sont très différentes de celle observée au pôle Sud. Elles ne permettent pas le maintien d'un vortex stable et les températures observées au cours de l'hiver polaire sont en moyenne supérieures de 20°C à celles observées au-dessus du continent Antarctique. Toutefois, les campagnes de mesures effectuées en 1989 ont montré que des processus analogues à ceux mis en évidence dans l'hémisphère Sud pouvaient apparaître localement aux hautes latitudes de l'hémisphère Nord au cours de l'hiver et du printemps. Il s'agit là en quelque sorte d'un préconditionnement chimique de la stratosphère polaire dont nos connaissances actuelles des mécanismes de destruction de l'ozone ne nous permettent pas encore de mesurer ou de prédire l'impact global.

REFERENCES

ANGELL (J.K.), KORSHOVER (J.) and PLANET (W.G.), (1985). — Ground Based and Satellite Evidence for a Pronounced Total Ozone Minimum in Early 1983 and Responsible Atmospheric Layers. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 641-646.

CALLIS (L.C.) and (M.) NATARAJAN (1986). — The Antarctic Ozone Minimum : Relationship to Odd Nitrogen, Odd Chlorine, The Final Warming and the 11-Year Solar Cycle. *J. Geophys. Res.*, **91**, 10, 771-796.

CRONN (D.R.), BAMES MERGER (W.L.) MENZIA (F.A.), WAYLETT (S.F.), WAYLETT (A.S.), FERRARA (T.W.), HOWARD (H.M.) and ROBINSON (E.), (1986). — Atmospheric Gas Trends at Palmer Station, Antarctica : 1982-1985. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1272-1275.

FARMAN (J.C.), GARDINER (B.G.) and SHANKLIN (J.D.), (1985). — Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClO/NOX Interaction. *Nature*, **315**, 207-210.

FERRARA (J.D.) and MECHOSO (C.R.) (1986). — An Observationnal study of the Final Warming in the Southern Hemisphere Stratosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 13, 12, 1232-1235.

HOFMANN (D.J.), ROSEN (J.M.), HARDER (J.A.) and ROLF (S.R.), (1986). — Ozone and Aerosols Measurements in the Springtime Antarctic Stratosphere in 1985. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1252-1255.

ISAKSEN (I.S.A.) and STORDAL (F.), (1986). — Antarctic Ozone Depletion : 2D-Model Studies. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1327-1330.

MAHLMAN (J.D.) and FELS (S.B.) (1986). — Antarctic Ozone Decreases : A Dynamical Cause. *Geophys. Res. Gett.*, 13, 12, 1316-1319.

Mc CORMICK (M.P.), STEELE (H.M.), HAMILL (P.), CHU (W.P.), and SWISSLER (T.J.), (1982). — Polar Stratospheric Clouds Sightings by SAM II. *J. Atm. Sci.*, 39., 1387-1397.

Mc ELROY (M.B.), SALAWITCH (R.J.), WOFSY (S.C.) and LOGAN (J.A.), (1986). — Reductions of Antarctic Ozone due to Synergistic Interactions of Chlorine and Bromine. *Nature*, **321**, 758-760.

Mc PETERS (R.D.), HUDSON (R.D.), BHARTIA and TAYLOR (S.L.), (1986). — The Vertical Ozone Distribution in the Antarctic Ozone Minimum Measured by SBUV. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1213-1216.

MÉGIE (Gérard), (1989). — *Ozone, l'équilibre rompu*. Paris : Presses du CNRS.

NEWMAN (P.A.) and SCHOEBERL (M.R.), (1986). — October Antarctic Temperature and Total Ozone Trends from 1979-1985. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1206-1209.

ROSENFIELD (J.R.) and SCHOEBERL (M.R.), (1986). — A Computation of Stratospheric Heating Rates and the Diabatic Circulation for the Antarctic Spring. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12,1339-1342.

SCHOEBERL (M.R.) and KRUEGER (A.J.), (1986). — The Morphology of Antarctic Total Ozone as Seen by TOMS. *Geophys. Res. Lett.*, **13**, 12, 1217-1220.

SOLOMON (S.), GARCIA (R.R.), ROWLAND (F.S.) and WUEBBLES (D.), (1986). — On the Depletion of Antarctic Ozone. *Nature*, 321, 755-758.

STOLARSKI (R.S.), KRUEGER (A.J.), SCHOEBERL (M.R.), Mc PETERS (R.D.), NEWMAN (D.A.) and ALPERT (J.C.), (1986). — Nimbus 7 SBUV/TOMS Measurements of the Springtime Antarctic Ozone Hole. *Nature*, 322, 808-811.

TUNG (K.K.), KO (M.K.W.), RODRIGUEZ (J.M.) and SZE (N.D.), (1986). — Are Antarctic Ozone Variations a Manifestation of Dynamics or Chemistry, *Nature*, 322, 811-814.

RECENT LEVELS AND TRENDS IN HYDROCHEMICAL AND POLLUTION PARAMETERS IN THE GULF OF BOTHNIA

by Guy BORDIN and Matti PERTTILÄ

The Finnish Institute of Marine Research, Helsinki

ABSTRACT. — The mean levels and trends of the hydrochemical properties and pollution in the Gulf of Bothnia have been reviewed for the two subareas : the Bothnian Bay and the Bothnian Sea. Except for lead, the trace metal levels (Zn, Cd, Cu, As, Hg) in the dissolved fractions are approximatively at the same level as in the North Sea and in the North Atlantic. Lead values are somewhat higher. Organochlorine concentrations in biological materials are the lowest when compared to other subareas of the Baltic Sea, and at about the same level as in the North Sea and the North Atlantic. Nutrient levels and trends for the winter period during the years 1975-86 are reviewed.

The monitoring of the chemical and biological state of the Baltic Sea is coordinated by the Commission for the Protection of the Baltic Marine Environment (the Helsinki Commission). In 1980, the Commission published the baseline assessment on the condition of the Baltic Sea marine environment, and in 1987, the first periodic assessment was published. The next periodic assessment is scheduled for 1990.

Key-words : Nutrients — Organochlorine compounds — Pollution — Trace metals — Gulf of Bothnia.

RÉSUMÉ. — **Teneurs actuelles et évolutions des concentrations des paramètres hydrochimiques et de pollution dans le golfe de Bothnie.** *Sont passées en revue les teneurs moyennes et les évolutions dans le temps des concentrations des principaux paramètres hydrochimiques et des pollutions, dans les deux bassins du Golfe de Bothnie : la Baie de Bothnie et la Mer de Bothnie. Sauf dans le cas du plomb, les métaux lourds (Zn, Cd, Cu, As, Hg) à l'état dissoux, sont présents à des teneurs comparables à celles trouvées en Mer du Nord et dans l'Atlantique nord. Les concentrations en composés organochlorés dans les matériaux biologiques provenant du Golfe de Bothnie sont les plus faibles de toute la Baltique, et de mêmes ordres de grandeur que celles mesurées en Mer du Nord. Les évolutions des teneurs en nutriments pour la période hivernale sont passées en revue entre 1975 et 1986.*

La Commission pour la Protection de l'Environnement de la Mer Baltique (Commission de Helsinki) est maître-d'œuvre et coordinateur des études et suivis de la chimie et de la biologie de l'écosystème baltique. En 1980, la Commission a publié un document de base sur l'état de l'environnement de la Baltique, suivi, en 1987, du premier ensemble de données acquises par année. La prochaine publication de la Commission est prévue pour 1990.

Mots-clés : *Nutriments — Composés organichlorés — Pollution — Métaux à l'état de traces — Golfe de Bothnie.*

BASIC HYDROGRAPHY OF THE GULF OF BOTHNIA

The Gulf of Bothnia is the northernmost part of the Baltic Sea (Fig. 1). For most purposes, Gulf of Bothnia can be divided into two subareas : the Bothnian Bay in the north and the Bothnian Sea, which opens to the Baltic Proper in the southern end. The two subareas are separated by a shallow strait, the Quark, the depth of which is only about 20 m. The volume of the Bothnian Bay is 1470 km^3, while that of the Bothnian Sea is 4700 km^3. Salt water reaches the Gulf from the North Sea via a series of shallow straits, first through the Danish Straits and the Belt Sea and then over the threshold between the Baltic Proper and the Aland Sea. As a result, water entering the Bothnian Sea is from the low salinity surface layer of the Baltic. For this reason, the vertical stratification in the Bothnian Sea is weak, and consequently the vertical mixing is generally good, providing continuously good oxygen conditions, contrary to the deep water layers in the Baltic Proper. The origin of the sea water entering the Bothnian Bay is the surface layer of Bothnian Sea, and thus salinity, and vertical stratification of salinity, are even weaker. Like the whole of the Baltic Sea, the Gulf of Bothnia also has a large catchment area. The river water input to Bothnian Bay is about 100 km^3/y, and to Bothnian Sea 90 km^3/y. Taking into account precipitations and water exchange between the different basins and the Baltic Proper, the mean residence time is only 3-5 years for the Bay, and 5-10 years for the Bothnian Sea. These estimations can be compared to the mean calculated residence time for the whole Baltic Sea, which is as long as 20-30 years, owing to the restricted water exchange through the Danish Straits.

NUTRIENTS

Because of annual cooling and ice formation, there is in the Baltic Sea an annual cycle of plankton production. These phenomena, both physical and biological, are reflected in nutrient concentrations of the euphotic layer. The autumnal vertical mixing, caused by the wind and the cooling of the surface water, leads to an increase of nutrients in the surface layer. After ice formation there is

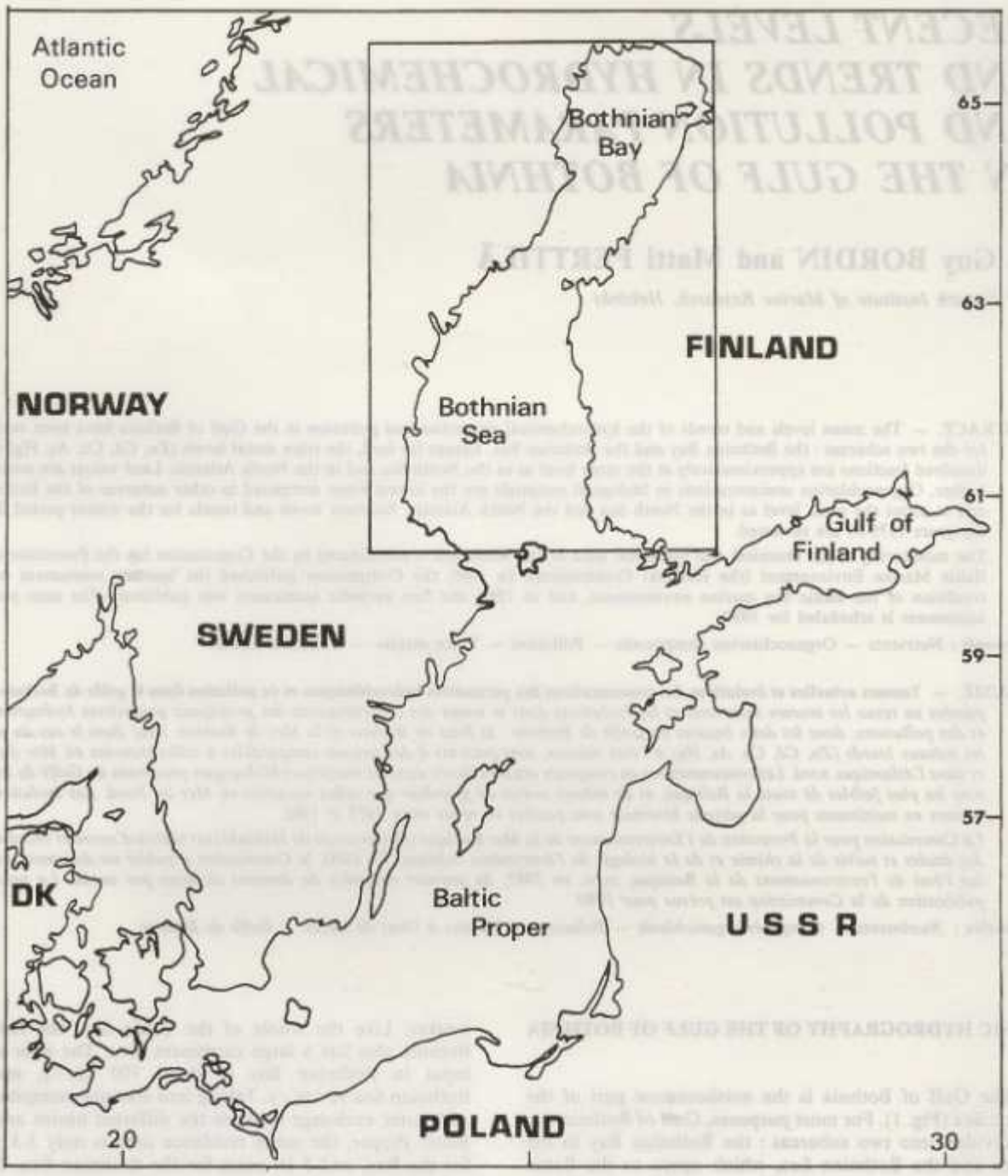


FIG. 1. — Location of the Gulf of Bothnia.

no biological production. Directly after the melting of the ice, plankton bloom starts and continues until all nutrients — or at least one of the nutrients, the limiting nutrient — have been consumed. For this reason, winter nutrient values are important for hydrochemical evaluation of the Baltic Sea.

In Table 1, we give the mean winter values of the principal inorganic nutrients over the years 1984-86 for open sea areas of Bothnian Bay and Bothnian Sea.

The two sea areas of the Gulf of Bothnia differ from one another in that, while in the Bothnian Sea primary nitrogen and phosphorus salts are roughly in balance with regard to what is needed for the plankton production, in the Bothnian Bay there is a significant excess of nitrate. Indeed, phosphate appears to function as a limiting nutrient in the Bay, and the spring bloom stops after phosphate has been consumed, leaving considerable amounts of nitrate in the water column. The Bay is like a barren Arctic lake, but the underlying reasons for the great nitrate excess are still under research.

Even though studies on distribution and circulation of the nutrients started in the Baltic Sea area as early as in

the 1920s, reliable winter values have been collected only since the 1960s, if at first sporadically. During the 1970s, winter monitoring of the nutrient concentrations became regular all over Baltic Sea. In the Gulf of Bothnia and the Gulf of Finland, which during most winters are covered by solid ice, the Finnish Institute of Marine Research carries out water sampling by helicopter.

The increase in nitrate content of the Bothnian Bay cannot be explained solely on the basis of river and atmospheric input, or on the basis of biological processes, like the nitrogen fixation, because nitrogen fixation, in which blue-green algae fix atmospheric nitrogen, plays only a minor role in Bothnian Bay. One additional reason for nitrate increase could be the diminishing phosphate input, which renders phosphate the limiting nutrient and consequently all nitrogen is not consumed from the euphotic layer.

The state of the Finnish coastal waters has been recently reviewed for the years 1979-83 (Pitkänen *et al.*, 1987).

TABLE 1. — Concentrations of the principal nutrients in the surface layer in the Gulf of Bothnia. Means of 1984-86 (30-80 observations) are given for the winter period (1.11-31.3.). Standard deviations in parentheses. Values in µmol/l unless specified.

	Bothnian Sea	Bothnian Bay
S (‰)	5.87 (0.13)	3.48 (0.10)
PO_4	0.17 (0.08)	0.04 (0.02)
P_{tot}	0.41 (0.09)	0.22 (0.06)
SiO_4	15.9 (1.1)	24.6 (4.0)
NO_3	3.55 (1.10)	6.58 (0.32)
NO_2	0.08 (0.06)	0.20 (0.06)
NH_4^+	0.10 (0.08)	0.29 (0.17)
N_{tot}	19.8 (1.73)	23.5 (5.6)

ORGANOCHLORINE COMPOUNDS

Following the decision of the Baltic Marine Environment Protection Commission, a systematic monitoring of harmful substances in selected species of the Baltic biota was set up in 1979 in all the seven states around Baltic Sea. In the Gulf of Bothnia, Finland and Sweden have the monitoring responsibility. At present, levels of DDT and PCB, as well as those of a few trace metals, are being determined annually in Baltic herring (Clupea harengus), cod (Gadus morhua), Baltic mussel (Macoma baltica) and shrimp (Mesidotea entomon).

In the Baltic Sea area, use of DDT has been severely restricted for about 15 years, and the discharges of both DDT and PCB have been forbidden. As a result, DDT and PCB concentrations in environmental samples have been reported to be decreasing in several Baltic Sea subareas (Tervo *et al.* 1980, Olsson and Reutergardh, 1986, Perttilä *et al.* 1986, Haahti and Perttilä, 1988).

In the beginning of the Baltic Monitoring Programme (BMP), mean PCB concentrations in herring muscle in the Gulf of Bothnia ranged from 2.6 to 3.6 mg/kg (in extractable fat), and mean DDT value was about 0.5 mg/kg.

The present (1986) data (Haahti and Perttilä, 1988) clearly shows the decreasing trend in DDT and PCB compounds in both herring and cod tissues. The DDT values in herring from the Gulf of Bothnia average at about 0.3 mg/kg (in extractable fat), while the corresponding total PCB concentrations range from 1.1 to 2.2 mg/kg. Compared to other Baltic Sea subregions, the organochlorine concentrations are lowest in Bothnian Bay. In the Gulf of Finland, DDT and PCB values in biological tissue are about double to those in the Bothnian Bay.

During the last few years, also HCB (hexachlorobenzene) and HCH (a conformer of hexachlorocyclohexane, known as lindane) have been monitored in biological tissues. Recent HCB values in herring muscle vary from 13.6 to 18.6 µg/kg (in extractable fat), and lindane values from 10.3 to 19.8 µg/kg.

Because of method development during the 1970s and the 1980s in the organochlorine analysis, and because of frequently variable study material, it is not always evident how earlier results should be compared to the present rather well-defined monitoring. However, a few comparisons can probably be made. In 1983, Falandysz (1983) has reported organochlorine levels in cod from Gdansk Bay in the southern Baltic Proper. In size class 31-35 cm, roughly corresponding to the age group used in the present BMP (where only two-year old females are used), the mean PCB value is 8.4 mg/kg and the mean DDT value is 2.3 mg/kg (in extractable fat).

Only a few studies have been carried out on the organochlorine contents in the Gulf of Bothnia sediments (Niemistö and Voipio, 1981, Perttilä and Haahti, 1985). The main difficulty lies in identifying suitable representative sedimentation areas. In the basins of the Bothnian Bay, sedimentation rates vary usually between 1 and 3 mm/y, while in Bothnian Bay, the sedimentation rate is about 1 mm/y. If phenomena like bioturbation, diagenetic processes, among others, are neglected, the pollutant concentrations in any given sediment layer can be assumed to reflect the conditions in marine environment, when that layer formed the topmost sediment layer. It has been shown (Perttilä and Haahti, 1985), that organochlorine (DDT and PCB) concentrations in sediments increase when going from the deep layers to the sediment surface, indicating an increase that has started some 40-50 years ago in the case of the DDTs. However, the expected decrease, owing to the restrictions in the uses and discharges of these compounds, was not then observed because of the slow sedimentation rate. In the Gulf of Finland, where sites with sedimentation rate as high as 10 mm/y can be found, this decrease has been noted in sediments (Perttilä and Haahti, 1985).

While it is encouraging to note a decrease in the concentrations of "classical" pollutants like DDT and PCB, it should, however, be kept in mind that, at the same time, new harmful compounds are being discovered in marine environment of the Baltic Sea. These include chlorinated terpenes, chlordanes, polychlorinated dibenzodioxins, dibenzofurans, and also some other compounds found in the pulp and paper industry's discharges. The knowledge of the levels and effects of these substances is still fragmentary, and considerable efforts have to be dedicated until reliable assessments can be made.

TRACE ELEMENTS

The study of trace elements in the northern parts of Baltic Sea is not as comprehensive (Kremling and Peter-

TABLE 2. — Concentrations of a few trace elements in the Gulf of Bothnia seawater. Values in ng/l.

Area	Cu	Cd	Pb	Zn	Ni	Fe	Mn	Al	Reference
Northern coast of Bothnian Bay	1167-1683	25-30	300-318	—	—	—	—	—	Bordin and Perttilä (1988)
Bothnian Sea	521-537	23-36	120-185	—	—	—	—	—	Bordin and Perttilä (1988)
Bothnian Bay (Open sea)	787	34	—	1295	886	1094	275	3467	Kremling and Peterson (1984)
Bothnian Sea (Open sea)	756	32	—	1014	810	698	275	1560	Kremling and Peterson (1984)

sen, 1984, Bordin and Perttilä, 1988), as the relatively large abundance of data from the southern Baltic (e.g. Brugmann, 1981, Danielsson and Westerlund, 1984). However, during the past few decades, all the marine coastal areas of Baltic have been exposed to many metallic pollutants, through the widespread disemination of various metals coming from the seven highly industrialized countries surrounding the sea.

It should be remembered that, by "heavy metals", it is meant those metals and metalloids which are potentially harmful in trace concentrations to cause biological effects on plants, animals and furthermore on man. Among those, can be mentioned mercury, cadmium, copper, lead, zinc, arsenic, cobalt, nickel, iron, manganese, etc. In terms of toxicity in living organisms, two criteria must be considered : the total concentration and the chemical speciation of an element. It is well known that, under some critical levels, certain trace metals are essential for life (for instance Cu, Co, V...), but become toxic their concentrations being above those limits. Then, it is well documented, that the chemical structure of a metal (ionic, complexed by organic ligands...) is as important for its biogeochemical behaviour as the global concentration is. For example, organic complexation decreases the toxicity of copper, but increases that of mercury.

BUT WHAT IS THE PRESENT SITUATION IN THE GULF OF BOTHNIA ?

Total dissolved metals :

Some recent results collected from different works are listed in Table 2. The coastal levels of such elements like copper and especially lead in Bothnian Bay are high compared with oceanic open sea concentrations. But such metallic values are rather typical of sea areas affected by human activities. For instance, Villa and Pucci (1987) report averages of over 3 000 ng dm^{-3} of copper from the Blanca Bay (Argentina), while Mart *et al.* (1982) give ranges of 41-857 ng dm^{-3} for lead and 13-77 ng dm^{-3} for cadmium in waters along the coasts of Netherlands and Belgium. Our own observations in Bothnian Bay and this comparison between several data sets, suggest a general decrease of metal levels from Bothnian Bay to Bothnian Sea, towards the Kattegat.

In the Baltic ecosystem, pollutants enter via four main pathways : direct industrial and domestic discharges, river inputs, inputs via atmospheric deposition and inputs from dumping and accidents.

In the Gulf of Bothnia, wet depositions and river inputs are, by far, the main sources of metals, as shown by all the observations made in this part of the Baltic Sea. Direct industrial and municipal discharges play only a minor role, giving a different situation from the one prevailing in other basins of the Baltic like the Gulf of Finland (Pawlak, 1980).

Trace metals in particulate matter and in sediments:

Particulate trace metals have been studied even more scarcely than their dissolved fraction counterparts. In a recent paper, Brugmann (1986) provides a lot of new informations. It is now assumed to be certain, that the particulate trace metal levels in the Baltic, and especially in the Gulf of Bothnia, are quite high compared to adjacent North Sea (3 to 9 times higher) and to NE Atlantic Ocean (8 to 290 times higher). According to Brugmann, this enrichment of particulate Pb, Cu, Zn and Cd, is partly a consequence of anthropogenic impacts.

In any case, it is not very easy at present to get a precise idea of the evolution trends of heavy metals in sea water, either in dissolved or in particulate fractions, because values older than ten years have to be considered with great care and critical spirits. In the last decade, analytical progresses have been considerable, but there is a lack of reliable baseline data from the previous years. On the contrary, sediment analyses allow such trend studies, and thus it is obvious, that there has been a clear increase of mercury, lead and zinc pollution during this century (Niemistö and Voipio, 1981). For example, Niemistö and Tervo (1978) report that lead concentrations in surface sediments were about 60-80 µg/g in 1970, and thus 4-8 times higher than concentrations in sediments dating from the beginning of the century.

Pollution by metallic elements of anthropogenic origin is then an obvious phenomenon in the Gulf of Bothnia, as in the whole Baltic Sea. However, it has to be kept in mind that in heavily polluted areas, like certain estuaries and bays, trace metal concentrations in water may reach much more higher values. As clear examples, the 600 ng dm^{-3} of cadmium in Humber estuary, Great Britain (Balls, 1985), or the 3000 ng dm^{-3} of copper in Haifa Bay, Israel, reported by Roth and Hornung (1977), can be mentioned.

While evidently polluted, the Gulf of Bothnia still shows rather moderate levels of heavy metals, compared to many other marine ecosystems of the industrialized world.

REFERENCES

BALLS (P.W.), 1985. — Copper, lead and cadmium in coastal waters of the western North Sea. *Mar. Chem.* 15 : 363-378.

BORDIN (G.) and PERTTILÄ (M.), 1988. — *The Bothnian Bay : a hydrochemical survey of dissolved cadmium, lead and copper and their distribution and binding to organic material.* (To be published).

BRUGMANN (L.), 1981. — Heavy metals in the Baltic Sea. *Mar. Poll. Bulletin* 12 (6) : 214-218.

BRUGMANN (L.), 1986. — Particulate trace metals in waters of the Baltic Sea and parts of the adjacents NE Atlantic. *Beiträge zur Meereskunde*, Heft 55 : 3-18.

DANIELSSON (L.G.) and WESTERLUND (S.), 1984. — Short-term variations in trace metal concentrations in the Baltic Sea. *Mar. Chem.* 15 : 273-277.

FALANDYSZ, (J.), 1983. — Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in cod livers from the Gdansk Bay, Baltic Sea. *Meeresforsch.* 30 : 54-60.

HAAHTI (H.) and PERTTILÄ (M.), 1988. — Levels and trends of organochlorines in cod and herring in the northern Baltic. *Mar. Pollution Bull.* 19(1) : 29-32.

KREMLING (K.) and PETERSEN (H.), 1984. — Synoptic survey on dissolved trace metal levels in Baltic surface waters. *Mar. Poll. Bulletin* 15(9) : 329-334.

MART (L.), RUTZEL (H.), KLAHRE (P.), SIPOS (L.), PLATZEK (U.), VALENTA (P.) and NURNBERG (H.W.), 1982. — Comparative studies on the distribution of heavy metals in the oceans and coastal waters. *The Science of the Total Environment* 26 : 1-17.

NIEMISTÖ (L.) and VOIPIO (A.), 1981. — Notes on the sediments in the Finnish Pollution research in the Baltic Sea. Rapp. P.-V. Reun. Conf. Int. Explor. Mer, 181 : 87-92.

OLSSON (M.) and REUTERGARDH (L.), 1986. — DDT and PCB pollution trends in the Swedish aquatic environment. *Ambio* 15 : 103-109.

PAWLAK (J.), 1980. — Land-based inputs of some major pollutants to the Baltic Sea. *Ambio*, 9(3-4) : 163-167.

PERTTILÄ (M.) and HAAHTI (H.), 1986. — Chlorinated hydrocarbons in the water and sediments of the sea areas around Finland. ***In*** : Proceedings of the Third Finnish-Swedish Seminar on the Gulf of Bothnia, Pori 1984 (eds. P. Kangas and M. Forsskähl).

PERTTILÄ (M.), STENMAN (O.), PYYSALO (H.) and WICKSTRÖM (K.), 1986. — Heavy metals and organochlorine compounds in seals in the Gulf of Finland. *Mar. Environ. Res.* 18 : 43-59.

PITKÄNEN (H). , KANGAS (P.), MIETTINEN (V.) and EKHOLM (P.), 1987. — The state of the Finnish Coastal Waters in 1979-1983. Vesi- ja Ympäristöhallinnon Julk., Helsinki.

ROTH (I.) and HORNUNG (H.), 1977. — Heavy metal concentrations in water, sediments and fish from Mediterranean coastal area, Israel. *Environ. Sci. Technol.* 11 : 265-269.

TERVO (V.), ERKOMAA (K.), SANDLER (H.), MIETTINEN (V.), PARMANNE (R.) and ARO (E.), 1980. — Contents of metals and chlorinated hydrocarbons in fish and benthic invertebrates in the Gulf of Bothnia and in the Gulf of Finland in 1979. *Aqua Fennica* 10 : 42-57.

VILLA (N.) and PUCCI (A.E.), 1987. — Seasonal and spatial distributions of copper, cadmium and zinc in the sea water of Blanca Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 25 : 67-80.

VIII. — PHOTOGRAPHIE ET FILMOLOGIE ARCTIQUES

ARCTIC PHOTOGRAPHY AND FILMOLOGY

INTERVIEW DE JAN TROELL SUR « LE VOL DE L'AIGLE », 1982

par Anne-Marie BIDAUD

Université de Paris X, Nanterre

RÉSUMÉ. — Jan Troell évoque au cours d'une interview comment il tourna et dirigea *Le Vol de l'Aigle*, film qui reconstitue l'échec de l'ingénieur Andrée lorsqu'il tenta d'atteindre le pôle Nord en ballon, à la fin du XIXe siècle; comment il travailla à partir de documents d'archives, quels furent ses choix esthétiques.

Mots-clés : Suède — Andrée — Film — Vol de l'Aigle — Festival International du film arctique.

ABSTRACT. — **Interview of Jan Troell about his film** «The Flight of the Eagle». *In this interview Jan Troell explains how he shot and directed The Flight of the Eagle, his film about engineer Andrée's failure to reach the North pole in a balloon at the end of the 19th century; how he worked from archives and actual documents, what his aesthetic choices have been.*

Key-words : *Sweden — Andrée — Film — Flight of the Eagle — International Arctic film festival.*

Préambule

Le Vol de l'Aigle, film du réalisateur suédois Jan Troell, évoque l'expédition malheureuse de l'ingénieur suédois Andrée qui tenta d'atteindre le pôle Nord en ballon à la fin du XIXe siècle.

Ce film a obtenu le prix du film de fiction au deuxième festival du film arctique à Rovaniemi (Finlande) en 1986.

Concernant l'arrière-plan du film, quelle en est l'origine ?

C'est la télévision suédoise qui tout d'abord me contacta, il y a longtemps, environ huit à neuf ans avant que je ne réalise le film. Ils voulaient faire une série pour la télévision, mais j'ai très vite refusé : après avoir lu le livre (qui évoque l'aventure de l'ingénieur Andrée) j'ai compris que je voulais faire un film pour le cinéma. Nous avons donc entrepris des négociations avec l'Institut suédois du film qui accepta, si bien qu'il s'agit en fait d'une co-production télévision-Institut du film suédois-télévision allemande, et quelques autres sources de production.

Vous avez donc disposé d'un budget important ?

Oui, mais pas assez important. Finalement, nous avons dû former une société de production (un ami avec qui j'avais déjà travaillé, et moi-même) pour prendre réellement en charge la production du film. Finalement, l'Institut du film suédois ne voulut plus avoir de responsabilités. Nous avons fait appel aux grandes sociétés de production mais elles refusèrent parce qu'elles ne croyaient pas au succès commercial du film. C'est pourquoi nous avons dû créer notre propre société, avec un budget fixé précisément, aussi réduit que possible, sans marge de sécurité en cas de problèmes imprévus; et bien sûr, pour un tel film, qui dépendait tellement des conditions atmosphériques, de l'état de la glace, des vents, c'était dément. Nous avons terminé le tournage le dernier jour prévu dans notre planning, mais avec un dépassement budgétaire important, de l'ordre de 18 millions de couronnes suédoises, peut-être plus.

Nous avons eu des problèmes considérables, très compliqués. J'ai dû faire un emprunt personnel pour le film, sinon nous aurions dû déclarer forfait. Autrement, ils auraient récupéré le film. Je voulais monter le film moi-même, comme je le fais habituellement, à l'endroit où j'habite. Mais ils voulaient que j'apporte tout ce qui avait été tourné et voulaient que je travaille sous leur contrôle... J'ai refusé. Enfin, le film a été terminé et montré pour la première fois au Festival de Venise en 1982. Plus tard; il obtint une nomination pour l'Oscar du meilleur film étranger, mais ce ne fut jamais un succès commercial. Il est passé à la télévision dans de nombreux pays, mais malgré tout, il n'a pas rapporté assez d'argent. Pour la Suède, c'est un film qui est cher.

Combien de temps a duré le tournage ? Comment et où avez-vous tourné ?

Cela nous a pris six mois. Nous avons tourné l'essentiel des scènes sur la glace au large de la côte septentrionale de la Suède, mais il fallait aller très loin de la côte pour que la glace ressemble à de la glace arctique. Pour cela, il nous a fallu un brise-glaces, et cela coûtait très cher. Nous avons également eu besoin d'un hélicoptère. Et bien sûr, cela prenait beaucoup de temps d'aller et venir tous les jours. Ce sont des choses comme celles-ci qui sont coûteuses. Il y avait aussi le problème de ballon : on ne peut espérer aller dans la direction que l'on veut facilement, et nous n'avions ni la bonne direction du vent, ni la force de vent convenable (huit mètres-seconde était la limite). Avec ces contraintes, il nous fallait pourtant tourner assez de matériel, et ce fut difficile.

PHOTO 1. — Jan Troell (collection J.-L. Passek)

Avez-vous fait des prises de vue du haut du ballon ? C'est ce qu'on peut croire à la vue de certaines scènes.

C'est une des choses que nous avions essayées avant même la production du film : nous avions construit une grue qui pouvait être installée sur la nacelle et qui pouvait placer la caméra à quatre mètres à l'extérieur, que l'on pouvait diriger électriquement et contrôler par moniteur TV. Mais en fin de compte, nous ne l'avons pas utilisée, par manque de temps. Si bien que toutes les scènes de la nacelle ont été tournées en studio. Je ne suis pas satisfait de ces scènes, si nous avions pu les réaliser comme prévu, le film aurait été bien meilleur.

Quel type de focales avez-vous utilisé ?

D'emblée, j'ai décidé que je ne voulais pas utiliser d'effet de zoom, bien que techniquement nous puissions le faire. Je ne dis pas que c'est mal d'utiliser un zoom, mais cela donne un style particulier...

Vous utilisez le travelling de façon spectaculaire, particulièrement dans les scènes à Paris, quand ils essaient le ballon.

En fait, cela a été tourné en Suède, à Stockholm !

J'aime beaucoup le montage, le rythme associé à des motifs visuels, comme la corde, le filet...

Pour moi, le filet était une sorte de symbole. C'était un souvenir d'enfance (d'Andrée), l'oiseau dans le filet. Cela représente aussi le rêve d'adulte qu'il voulait réaliser. Ce souvenir d'enfance n'a pas été inventé, c'est quelque chose que j'ai lu, quelqu'un se souvenant de ce qu'Andrée lui avait dit. En fait, cela venait de la femme qu'il aimait. Cette histoire d'amour n'était pas connue en détails à l'époque, les lettres étaient enfermées dans une boîte secrète, dans un musée, et ne devaient pas être divulguées au public avant 50 ans... après la mort de cette femme. Je crois que c'est la fille de cette femme qui a décidé de les faire connaître. C'était avant que je commence à travailler sur le scénario, et c'est pourquoi j'ai voulu inclure cette histoire d'amour, parce qu'elle me paraissait importante pour comprendre la personnalité d'Andrée.

Il y a une progression dans le rythme. Au début, chacun des trois hommes a un rêve, une couleur et un rythme spécifiques. Puis dès qu'ils travaillent ensemble, le rythme du film se ralentit.

Je me souviens que je voulais qu'il y ait une grande différence, dans la photo, dans les mouvements de caméra, une fois qu'ils se trouvaient sur la glace. Tout est en effet plus lent.

Comment avez-vous travaillé pour les scènes avec des ours polaires ?

Il y avait deux filles en costumes d'ours; elles se sont entraîné pendant des mois, à l'intérieur de ces costumes, pour savoir comment évoluer. Pour la scène où Franklin est tué par un ours, le choix était d'avoir un vrai ours, ou une vraie prise de vue. Ce fut un faux ours, et j'ai introduit des plans de coupe avec de vrais ours que nous avions filmés pendant que nous étions sur la glace.

Comment avez-vous recréé l'arrière-plan social de l'époque ? A partir d'archives, de vraies photos ?

A partir de vraies photos. D'ailleurs, je voulais montrer dès le début du film les photos (prises en cours d'expédition). Je reprends les mêmes à la fin. Il me semble que le sommet blanc ressemblait au sommet du ballon, et j'ai décidé de les utiliser en surimpression.

Il y a différents thèmes musicaux associés de façon complexe. Qui a fait le choix de la bande-son ?

J'ai personnellement décidé très tôt des airs qui devaient représenter les différents aspects du film. Je voulais une musique pour la relation romantique (violon et piano) mais je n'ai pas utilisé la musique que je prévoyais. J'ai finalement travaillé avec un compositeur à qui je décrivais ce que je voulais. Par exemple, la musique du destin, comme je l'appelle. A l'origine, je voulais utiliser une symphonie d'un compositeur suédois, Alan Petersen, très belle et imposante, mais je me suis rendu compte qu'elle était trop forte en elle-même, et que dans un sens elle rendait le film inutile... Pour Strindberg, j'ai utilisé du Schubert, ce qu'ils jouaient ensemble. Et puis, il y a une

PHOTO 2. — « Le vol de l'aigle » : construction du ballon (collection J.-L. Passek)

sorte de musique mécanique pour Andrée, parce que, selon moi, ce n'est pas un homme qui devait être très musicien.

Précisément, à propos d'Andrée... Vous le présentez comme quelqu'un de plutôt morbide. Etait-ce accrédité ou bien est-ce votre interprétation du personnage ?

Je ne sais pas si le terme morbide convient, mais en tout cas, il était obsédé. Je crois qu'au début, il a vraiment cru à son rêve, il croyait qu'ils réussiraient. Mais après la première tentative en 1896, il a dû se rendre compte que ce serait irréalisable. Mais il avait toute cette pression autour de lui, le monde entier le regardait et attendait. Et, sans doute plus forte encore que la pression extérieure, il y avait cette pression intérieure, ce besoin de réaliser son rêve : s'il ne le faisait pas, que lui restait-il ? Retourner à son bureau ? Il ne lui restait rien.

Dans le film, on a l'impression que la société dans laquelle il vivait était insupportable pour lui, qu'elle est négative.

Je crois que c'était quelqu'un de très névrosé, en fait; il avait un attachement excessif à sa mère dans la réalité, des tas d'inhibitions concernant l'amour, probablement une homosexualité latente mal vécue.

Etait-ce votre choix d'avoir Max von Sydow pour le rôle d'Andrée ?

Oui, je voulais cet acteur; il donne l'impression d'être déchiré, dès le début, et en même temps, il a une très grande présence physique.

Tout au long de votre film, on sent l'importance des photos, pas seulement celles prises par Andrée, mais aussi les photos de personnes qui ont un rôle décisif. Il semble que le monde de la société se réduit à des photos ou à des mannequins; et que dans le monde des hommes, dès qu'ils sont seuls, les femmes n'existent que dans les rêves.

J'aime cette analyse, même si je n'y ai pas délibérément songé. Les photos servent à déclencher les souvenirs.

On trouve un leitmotiv visuel, l'obsession des yeux, du regard, dès le début, avec le crâne et les orbites vides, puis plus tard, la mouette.

A l'époque, on faisait faire des mannequins dans ce genre, il y avait des musées de cire, un peu comme Madame Tussaud si l'on veut. Nous avons essayé de savoir s'il y avait encore des mannequins quelque part,

PHOTO 3. — « Le vol de l'aigle » : Andrée (Max von Sydow) et ses compagnons d'expédition (collection J.-L. Passek)

mais nous n'avons rien trouvé. Nous avons dû les faire faire.

Vos transitions sont musicales ou visuelles, par exemple la liaison par la couleur bleue, passant d'un gros plan sur les yeux d'Andrée, à la mer. La plupart de vos transitions sont sensorielles, et ne se font pas en termes de signification.

C'est ma façon de concevoir les choses : des impressions, des symboles... Je veux que les symboles n'agissent que subconsciemment; je ne veux pas que le public les perçoive intellectuellement, mais seulement visuellement, et par intuition.

Peut-on interpréter l'image du ballon noir se détachant sur le ciel comme une sorte de soleil noir, puisque vous le montrez après un plan du soleil, exactement au même endroit dans le cadre ?

Cela me fait toujours plaisir quand le public voit plus que ce que j'ai mis consciemment !

Quelle a été la réception du film ?

Dans l'ensemble, le film a été apprécié. La plupart des critiques ont été favorables, certains très élogieux.

Pourquoi le film n'est pas considéré comme un film pouvant avoir un succès commercial ?

D'abord, je crois, parce que c'est une tragédie. Et ensuite, parce qu'on sait, dès le début, qu'ils ne réussiront pas, qu'ils sont voués à l'échec. C'est pourquoi j'ai tenu à le montrer dès les premières scènes, pour que ce soit pas une question de savoir s'ils allaient réussir ou non. J'ai aussi entendu des réactions comme par exemple celle d'un homme à Helsinki, qui n'avait pas voulu aller voir le film en salle, se disant « je sais d'avance ce que ça va être, une longue histoire interminable de bonshommes marchant sur de la glace... »; et il a été surpris, quand il a vu le film (à la télévision) parce que ce n'était pas ce qu'il avait prévu. Avec cette idée préconçue, les gens n'ont pas envie de passer deux heures à voir cette histoire, parce qu'ils savent ce qui s'est passé.

Vous pensez que c'est un désavantage de montrer une histoire dont les gens connaissent déjà le déroulement ?

Ce n'est peut-être pas une règle générale, mais dans ce cas précis, c'est vrai : on savait qu'à la fin ils mouraient.

Si vous aviez à définir le genre du film ?

Ce serait une tragédie, basée sur une reconstitution d'événements réels. Nous voulions que le film reste très

proche des photos de l'époque. Le décorateur a fait un travail remarquable. Je voulais, très tôt, utiliser les vraies photographies que l'on avaient découvertes. Si le film avait été en noir et blanc, on n'aurait pas pu voir la différence.

Vous utilisez le noir et le blanc comme des couleurs dans le film, fréquemment.

Je voulais le faire en noir et blanc, mais bien sûr ce fut refusé par les compagnies de télévision : elles voulaient de la couleur parce que les gens paient pour ça. Nous avons fait des expérimentations : j'ai d'abord décidé que nous tournerions en couleur (négatif), puisque nous tirerions une version noir et blanc pour le cinéma, puis une en couleur pour la télévision. C'était très beau. Mais on ne peut faire directement un tirage en noir et blanc à partir d'un négatif couleur, il fallait faire faire une internégatif. C'était très beau, mais très cher.

Mais la couleur permet de percevoir ce que vous avez recréé ! Autrement le public risquait de voir dans votre film un film d'archives.

Je persiste à préférer le noir et blanc, je regrette qu'il n'y ait pas plus de films réalisés ainsi. Par exemple, Tarkovski est plus intéressant en noir et blanc.

Vous avez choisi d'utiliser une palette de tons gris, froids. Vous utilisez très peu de couleurs vives.

C'était un choix d'exclure les couleurs vives.

A propos de la mort des trois hommes... Sait-on exactement comment ils sont morts ? De quoi ?

En fait, nous ne le savons pas vraiment. Dans le livre, on suppose qu'ils sont morts tous les trois de maladie — la trichinose — transmise par la viande d'ours polaire qu'ils avaient mangé crue. Cela a été pratiquement prouvé : dans le campement, on a retrouvé des restes de l'ours polaire qu'ils avaient tué; on les a examinés au microscope et on a trouvé des traces de trichinose. Mais évidement, cela ne prouve pas qu'ils aient été contaminés. Cependant, la lecture du journal d'Andrée est très intéressante : dans les années cinquante, un médecin danois y a trouvé les nombreux symptômes qui caractérisent la trichinose. Mais cela n'explique pas pourquoi tous les trois sont morts dans un laps de temps aussi court — parce qu'ils ont dû mourir en l'espace de quelques jours, peut-être même le même jour.

On a fait beaucoup de conjectures à ce sujet. Tout ce que l'on sait, c'est que Strindberg était enterré; donc il est forcément mort le premier. Les deux autres étaient dans la tente, couchés côte à côte. Leurs corps avaient été en partie déchiquetés par les ours polaires, et emportés un peu plus loin... Dans ces conditions, nous pouvions inventer librement les circonstances de leur mort.

La mort d'Andrée est très belle, cinématographiquement.

Dans le livre, elle est racontée par Franklin. Son récit est à la première personne, et en conséquence, il doit être le dernier à mourir. Strindberg meurt le premier, comme dans le film : il est affaibli par la maladie et son cœur ne résiste pas. Ensuite, c'est Andrée qui s'affaiblit de plus en plus et meurt. Finalement, Franklin absorbe toutes les capsules d'opium qu'ils avaient, et se suicide. Mais pour le film, j'ai pensé qu'il fallait qu'Andrée meurt en dernier, pour être confronté aux conséquences de sa décision. Les circonstances précises de sa mort restent ouvertes. A la fin, lorsque l'on voit le ballon dans les airs, c'est une fin amère, puisque rien n'a vraiment été réalisé.

MÉTAMORPHOSE DE L'ESPACE ET DES CORPS COMME SIGNES D'ACCULTURATION : ÉTUDE DES FILMS DE JEAN MALAURIE CONSACRÉS AU GROENLAND

par Anne-Marie BIDAUD (1)

Université de Paris X, Nanterre

RÉSUMÉ. — A partir des deux films de Jean Malaurie consacrés aux Inuit du Groenland, on peut percevoir le progrès de l'acculturation par les modifications de l'organisation spatiale, par la transformation des corps et de la gestuelle, par la perte de sensorialité, à un moment de déstabilisation des cultures inuit : les années soixante-dix.

Mots-clés : Groenland — Acculturation — Corps — Film — Gestuelle — *Le Groenland se lève* — Jean Malaurie — *Nunarput (Notre terre)* — Sensorialité.

ABSTRACT. — **Space and body transformations as signs of cultural change : analysis of films by Jean Malaurie about Greenland.** *From the analysis of two films by Jean Malaurie dedicated to Greenlandic Inuit, one can perceive the advance of cultural change through transformations in spatial organization, alterations of bodies and gestures, loss of sensorial sharpness, at a time of cultural dislocation for Inuit cultures : the seventies.*

Key-words : *Greenland — Cultural changes — Body — Film — Gestures* — Le Groenland se lève — *Jean Malaurie* — Nunarput (Our Land) — *Sensorial sharpness.*

Depuis plusieurs décennies déjà, les cinéastes anthropologues ont dû modifier leurs méthodes de travail pour les adapter aux changements survenus dans le mode de vie des populations traditionnelles qu'ils étudient. A force d'être exposés au système de valeurs et aux technologies de l'Occident, les peuples lointains ont peu à peu perdu leur différence, l'éloignement culturel entre eux et nous s'effaçant tous les jours. Si bien que rendre compte du terrain gagné par ces nouveaux modèles dans des civilisations autrefois cohésives, de leurs effets déstabilisants en même temps que des stratégies d'adaptation qu'ils suscitent, constituent certainement une des orientations les plus enrichissantes de l'anthropologie visuelle contemporaine.

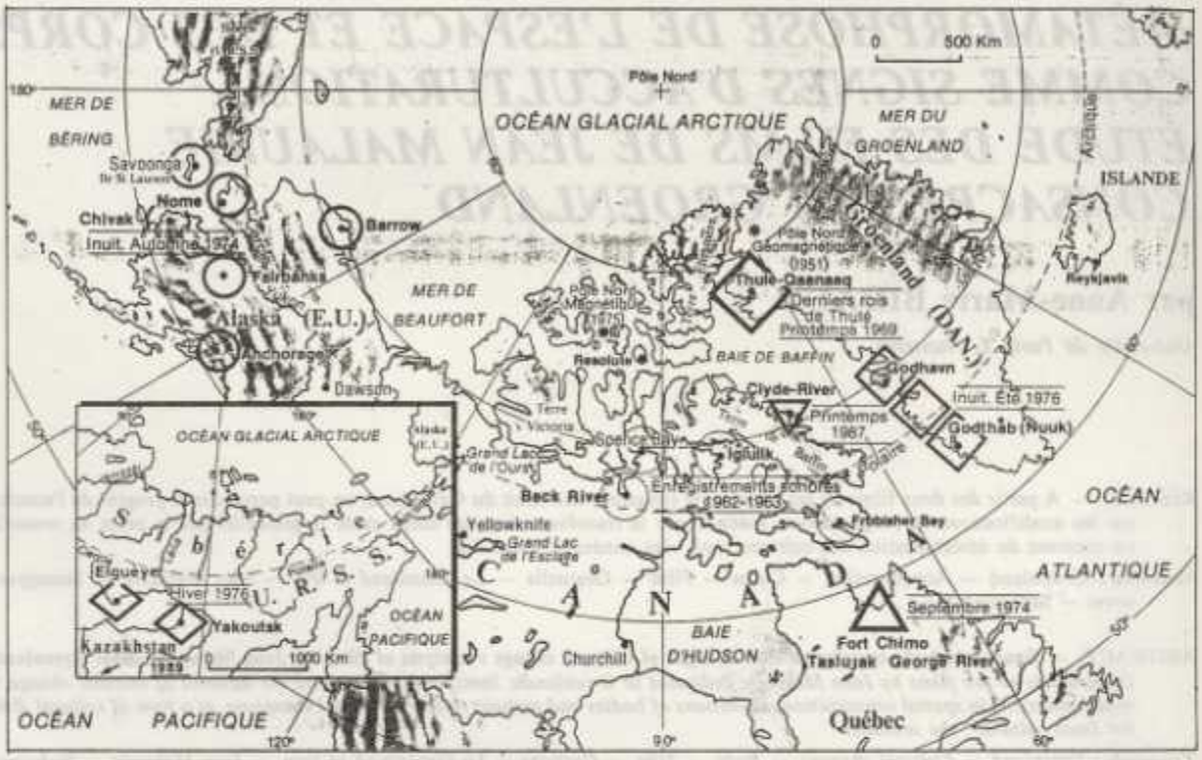
Les cinéastes tentant d'évoquer les périodes de rupture et de dislocation n'ont certes pas tâche facile : l'objet qu'ils cherchent à mettre en évidence est souvent flou et fuyant, en constante mouvance. Dans la mesure où toute acculturation implique une dynamique de la perte et de l'acquisition, les films doivent en saisir toutes les variations d'expression, simultanément : érosion des anciennes structures, affleurement des nouveaux modèles dans les comportements, mais aussi création de formes culturelles hybrides, résurgences « sauvages » du passé, résistances au changement. L'ensemble peut parfois laisser une impression de bigarrure déconcertante; au lieu d'un habit d'Arlequin harmonieux dans sa diversité, on ne voit le plus souvent que des pièces criardes cousues sur des haillons. Le cinéaste témoin de ces discordances ne doit pas pour autant céder à la tentation de conférer une cohésion artificielle — par le montage ou par le commentaire, par exemple — à une culture qui part en lambeaux, sous peine de manipuler la réalité, même si ce qu'il observe lui semble frustrant, intellectuellement et esthétiquement.

Les films que Jean Malaurie a consacrés aux Esquimaux, notamment la grande série *Inuit*[1], diffusée en 1981, satisfont à ces deux exigences. Ils savent rester humbles face à une réalité complexe, ne cherchent pas à donner à tout prix une vision harmonieuse de ce no man's land culturel qui semble avoir, pour l'instant, remplacé l'état d'équilibre passé; en même temps ils témoignent, sans concession ni condescendance, d'un moment difficile dans le devenir des populations circumpolaires propulsées, pratiquement sans transitions, d'une civilisation appartenant quasiment à la préhistoire à l'ère post-moderne. L'auteur des films fait un constat précis, méticuleux, du vécu de cette rupture, débusquant par exemple derrière un geste apparemment anodin, la résurgence d'attitudes anciennes, l'écart qui se marque, visuellement, entre les générations confrontées aux mêmes situations. Montrer, par l'image, les états culturels intermédiaires, révéler les changements de modes de vie par les métamorphoses de l'environnement et des corps, voilà son domaine.

Nous avons choisi d'étudier ici les manifestations non verbales de déculturation transitionnelle, telles qu'elles s'expriment par une relation différente à l'espace et par la perte de capital sensoriel chez les Inuit groenlandais à un moment de leur histoire — les années soixante-dix —,

(1) Se reporter également à : Bidaud (Anne-Marie). Représentation cinématographique de conflits dans les cultures arctiques : de l'autorégulation à la dislocation (analyse de quatre films : *Les Noces de Palo*, Knud Rasmussen — *La Terre de nos ancêtres*, Rauni Mollberg — *Les Derniers rois de Thulé* (2e partie), Jean Malaurie — *Les Esquimaux et le Canada : l'incommunicabilité*, Jean Malaurie). *Inter-Nord* nº 18. Paris : Ed. du CNRS, 1987, p. 279-287.

Secteurs de tournage des films de Jean Malaurie.



△ □ : Tournage de films et enregistrements musicaux. ○ : Enregistrements musicaux.

△ □ : tournage de films et enregistrements musicaux. ○ : enregistrements musicaux.

à partir des deux films que Jean Malaurie leur a consacrés : *Le Groenland se lève* et *Nunarput (Notre terre)*. Parmi les peuples arctiques, le cas des Inuit groenlandais est particulièrement révélateur de ce processus accéléré de transformation douloureuse. Majoritaires au Groenland, ils sont pourtant dominés sur tous les plans par le Danemark, en position quasi-classique de colonisateur malgré l'autonomie théorique du Groenland. Tant que les modèles danois resteront les références idéales ou imposées, le rêve d'une société biculturelle et bilingue ne pourra se réaliser, dans la mesure où les deux cultures n'ont pas un statut d'égalité. Dans les années soixante-dix, Jean Malaurie montre comment la superposition de deux systèmes culturels aussi différents est vécue dans le déchirement, comment la rupture avec le passé passe par des changements de modes de communication.

TOPOGRAPHIE DE LA DÉCULTURATION

Les spécialistes du comportement et les ethnographes de la communication spatiale, s'accordent à reconnaître que toute perturbation majeure de l'environnement, qu'il soit naturel ou architectural, s'accompagne d'expériences traumatiques pour tout groupe obligé à vivre dans un espace altéré [2]. Les Inuit du Groenland subissent une double destruction de leur environnement. Quelques plans brefs de *Nunarput* montrent comment la nature est maintenant polluée par les déchets industriels : l'embouchure d'une rivière est envahie par des épaves de voitures, une autre est encombrée de boites et bouteilles de bière vides, tels les nouveaux éboulis de la société de consommation... Plus grave peut-être, bien que moins spectaculaire pour la culture inuit, son espace collectif a été structuré selon des normes et des modèles occidentaux. Dans les deux films, des plans d'ensemble de la périphérie de villes comme Holsteinborg et Godthaab dévoilent des rangées de maisons précaires, disposées suivant l'idéologie de l'alignement, tels des corons du Grand Nord, où, selon les mots de Jean Malaurie lui-même, « la nouvelle promiscuité imposée par les Blancs engendre la plus extrême solitude ». Maintenant, le système proxémique traditionnel a disparu : les maisons modernes, toutes identiques, s'ouvrent du même côté; toute trace d'un centre communautaire est oblitérée. Au régime de classes introduit par l'éloignement des plus pauvres à la périphérie, s'ajoute la fragmentation et l'effacement de tout système spatial d'échange.

La nouvelle distribution de l'espace a morcelé les groupes et isolé les individus. Les Inuit modernes ont ainsi perdu une grande partie des contacts tactiles collectifs, si visibles, dans *Nanook* par exemple : on se souvient des plans à l'intérieur de l'igloo où les corps dénudés, rapprochés sous les peaux, révélaient une relation fusionnelle intense, en même temps qu'une communauté organiquement soudée. Dans *Nunarput*, un plan sobre remplace tous les commentaires sur la nouvelle solitude physique : un homme est assis, immobile, comme statufié, accoudé à une table devant un cendrier vide, dans une pièce vide, pathétique dans sa solitude, comme un tableau de Francis Bacon.

L'insertion dans un espace différemment organisé implique aussi, pour les Inuit, l'apprentissage d'une nouvelle gestuelle. Plus nettement que chez les jeunes, c'est chez les Inuit d'âge moyen ou d'âge mûr que l'on peut percevoir des traces de leur ancienne relation à l'espace

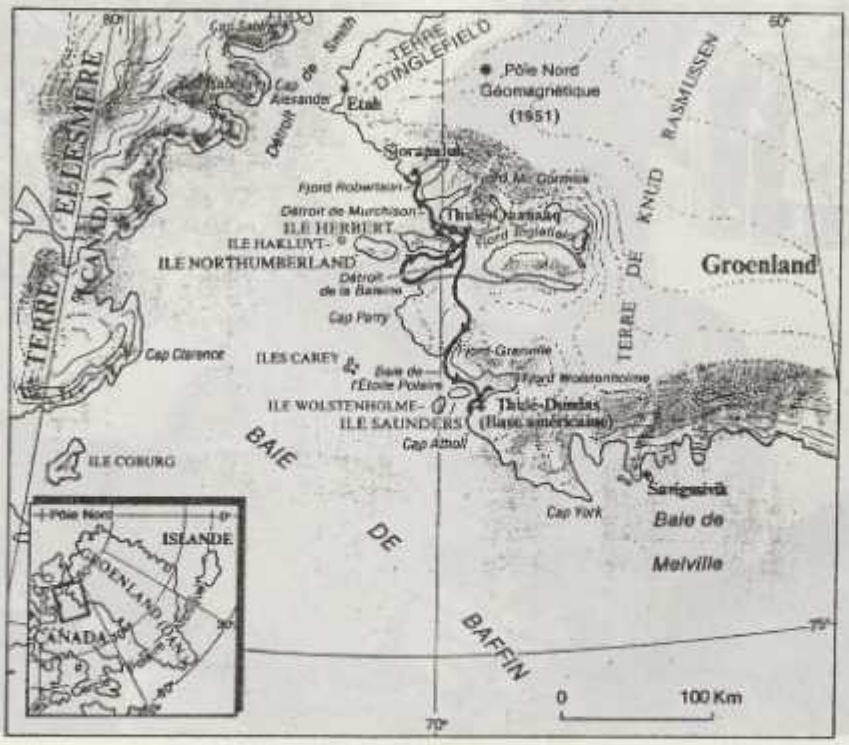
PHOTO 1. — Scène de tournage. *(Coll. J. Malaurie).*

parce que leur adaptation est incomplète. Ainsi, dans *Nunarput* encore, une séquence nous montre une voiture rouge s'arrêtant devant un dancing, dans une rue de Godthaab. Le cadre, le véhicule sont modernes, pourtant l'homme qui sort de la voiture marche les jambes écartées, comme s'il était encore un chasseur progressant sur la glace... Son corps n'a pas évolué aussi vite que l'environnement : il parait maladroit, « paysan »...

A l'intérieur des maisons, le mobilier de type occidental conduit graduellement les corps à changer de posture. A partir d'une situation semblable, mais filmée en des endroits différents, on peut mesurer les variations d'adaptation. Situation banale : une vieille femme est en train de coudre (*Nunarput*)... A Holsteinborg, elle est assise sur un lit, mais au bord, de façon à avoir les jambes verticales. Plus au Nord, à Kekertaq, où l'influence occidentale était moins marquée alors, une autre vieille femme assise, en train de recoudre des vêtements de peau, a, cette fois-ci, les jambes allongées horizontalement devant elle; elle a conservé, en même temps que ses bottes, la posture traditionnelle des femmes cousant dans l'igloo. Le contraste entre les deux positions est d'autant plus évident que la caméra les a cadrées, frontalement, de la même façon. Ici, le langage du corps traduit des étapes différentes dans l'acculturation.

EROSION ET POLLUTION DES SENS

A Godthaab, une jeune secrétaire Inuit mange un hot-dog (*Nunarput*) : elle rapproche le pain de sa bouche un bref instant, puis l'éloigne. On connait les conséquences funestes, tant médicales qu'économiques, des changements d'alimentation chez les Inuit : une nourriture trop riche en sucres leur a fait perdre les dents; ils s'appauvrissent par accroissement des achats de produits alimentaires importés... On perçoit moins cependant comment une diététique différente s'accompagne d'un changement de relation sensorielle aux aliments. Les produits industrialisés ont des goûts et des odeurs plus faibles, les manières de manger augmentent la distance entre ce qu'on consomme et le visage. Il suffit de revoir, dans des films comme *Nanook*, ou encore à l'époque où Jean Malaurie a tourné *Les derniers rois de Thulé* [3], des Inuit couper leur viande crue avec un ulu, au ras des lèvres, de voir leurs narines frémir légèrement au passage, pour comprendre que l'acculturation alimentaire signifie aussi, pour les Inuit, une perte de l'odorat. Cette érosion olfactive n'est pas dûe au hasard. Marshall MacLuhan rappelait que l'élimination des odeurs est une règle constante dans les sociétés fortement alphabétisées, qu'elle est associée à



Nord-ouest du Groenland : secteurs de tournage du film « Les Derniers Rois de Thulé », avril-mai-juin 1969.

l'idée de progrès [4]. L'effacement des odeurs fortes, signifie donc aussi manger comme un Blanc, être moderne; leur maintien est au contraire synonyme de « primitivisme », d'infériorité. Robert Gessain raconte ainsi qu'une vieille femme cacha précipitamment la graisse de phoque rance qu'elle mangeait, dans sa maison de retraite, et chercha à s'en excuser; « ça sent mauvais pour les Kratuna,dit-elle, mi-souriante, mi-honteuse » [5].

A l'hospice de Holsteinborg, des Inuit âgés se laissent filmer avec l'indifférence du désespoir : ils ne sont pas tous aveugles mais leur regard est mort. Pour une population dont l'acuité visuelle exceptionnelle était une condition de survie indispensable (pour la chasse notamment), refuser de regarder signifie refuser de vivre comme des parias : tandis qu'ils mangent, certains avec une fourchette, d'autres avec leurs doigts, leurs yeux restent baissés, ou se plissent dans la fuite, évitent même tout échange entre eux. A la même époque, à Thulé, les vieux ont le regard vif et rieur, tandis qu'ils égrennent leurs souvenirs...

Moins ouvertement victimes du progrès que la génération des vieux mis au rebus, les jeunes ont pourtant perdu aussi la vitalité et la fierté qui se lisaient dans le regard des Inuit, tel qu'on pouvait l'observer dans des films plus anciens. A Holsteinborg encore (*Nunarput*), une jeune femme Inuit, employée de vestiaire, a beau esquisser un sourire de politesse impersonnelle, son regard vide et morne n'établit aucun contact : elle semble absente, étrangère à ce monde, réifiée dans sa fonction subalterne.

PERTE DES ÉCHANGES COLLECTIFS

En 1933, Knud Rasmussen enregistrait les activités d'une communauté soudée, dans ses affrontements comme dans ses jeux : des extraits de son film *Les Noces de Palo*, insérés par Jean Malaurie dans *Nunarput*, permettent de mesurer, sans besoin de commentaire, le degré d'affaiblissement de toutes les activités qui, autrefois, cimentaient le groupe. Dans les années soixante-dix, non seulement la proxémie a changé, mais les Inuit ont perdu l'exubérance, la théâtralité violente et le sens de la participation ludique des générations passées. Les lieux de réunion qui leur sont maintenant proposés émanent tous de la culture blanche : l'église luthérienne, l'école, où une organisation contrôlée de l'espace,quadrillé par des rangées de tables et de sièges traduit une conception strictement occidental de l'ordre. Le seul contexte d'échange plus spontané qui leur reste est celui, dérisoire, du dancing, lieu banal, impersonnel, où la musique occidentale fait se rassembler des couples disparates dans leurs vêtements, sur des rythmes que leurs corps suivent d'un air pataud et gauche, parce qu'ils ne les ont pas intégrés en profondeur.

A ce stade de leur histoire, les comportements collectifs des Inuit illustrent parfaitement le passage du stade des « task activities » à celui des « crowd activities », selon la terminologie des comportementalistes [6] : les activités collectives structurées, où la place de chacun avait sa raison d'être, ont été remplacées par des activités plus molles, où l'individu n'a qu'un rôle aléatoire. Le groupe

PHOTO 2. — Un jeune chasseur groenlandais s'interrogeant sur son avenir, 1982. *(Coll. J. Malaurie).*

s'est dégradé comme unité organique, et ne constitue plus qu'une masse.

L'observation minutieuse des modifications de la gestuelle des Inuit, de leur relation à l'espace, de leur perte de sensorialité, fournit ainsi un répertoire d'indices précieux qui permettent de suivre le parcours de leur changement de culture et d'en saisir les réverbérations dans leurs corps mêmes. C'est par ce type de micro-analyse que l'on comprend aussi, concrètement, comment il est possible de détruire une culture et un peuple en perturbant brutalement son espace, sa diététique, ses rythmes, — tout son écosystème en somme. Les anciennes structures collectives, invisibles mais présentes, qui constituaient le « corset » des Inuit, comme Jean Malaurie aime le définir, et les maintenaient droits et forts, passaient par des formes de communication sensorielle intenses. Elles représentaient ce « contexte fort » qu'évoquent les sociologues à propos des groupes gouvernés par des règles clairement définies. Une fois ce réseau de communication sensorielle déstructuré, le groupe entre dans la catégorie des cultures à « contexte faible », moins nettement codifié, où l'individu est abandonné à lui-même. Pour pallier cette perte de soutien collectif, on le remplace alors par des structures matérielles. Dans *Nunarput*, Jean Malaurie explique ainsi qu'à Godthaab, dans les années cinquante, avant que la société inuit ne soit déstabilisée, on n'avait pas encore construit de prison centrale, le groupe réglant ses conflits lui-même. En 1976, un long travelling exploratoire nous fait découvrir les murs, les couloirs, la succession de portes de la maison d'arrêt qui matérialisent à la fois la déculturation et la répression selon des normes blanches.

Il serait caricatural de considérer les films de Jean Malaurie évoqués ici comme une forme de bilan définitif et pessimiste sur les Inuit du Groenland. Certes, l'érosion culturelle est perceptible partout. Mais ce constat témoigne d'un moment dans le long devenir des Inuit; loin d'être des victimes passives définitivement condamnées par l'Histoire, ils peuvent se transformer en acteurs de leur destin. Sans céder pour autant à une forme d'optimisme excessif on peut percevoir, dans un contexte chaotique, les signes d'émergence d'un autre temps, celui du redressement. Dans *Le Groenland se lève*, des structures collectives renaissent, adaptées au présent : à Holsteinborg par exemple, des Inuit se sont regroupés activement sur des bases syndicales (coopératives de Sipinek); un club de femmes organise un débat sur la pertinence de la législation danoise en matière d'avortement par rapport à leur propre culture; elles confrontent leurs expériences dans un local dont le plafond — est-ce là pur hasard ? — est arrondi comme une voûte d'igloo. De son côté, le mouvement militant Siumut veut lutter contre la division sociale introduite par les Blancs, division qui a été inscrite dans l'espace et l'habitat par les Danois. Les racines de la culture inuit n'ont pas été arrachées définitivement : elles resurgissent sous des formes différentes, et pourront peut-être servir de base à de nouveaux équilibres. La génération des enfants n'a pas non plus perdu sa vitalité sensorielle. Dans une séquence de *Nunarput*, d'autant plus intense qu'elle est muette, la caméra filme en gros plan de jeunes visages : aux questions de leur instituteur, hors-champ, les enfants répondent uniquement par des mimiques : l'un lève les sourcils très rapidement, un autre fronce le bout du nez, le reste de leur visage demeurant immobile. Eux n'ont pas oublié le langage du corps des anciens...

---

[1] Série de sept films : *Le cri universel du peuple esquimau* (87 min), *Les Groenlandais et le Danemark : le Groenland se lève* (55 min.), *Les Groenlandais et le Danemark : Nunarput (Notre terre)* (55 min.) *Les Esquimaux et le Canada : l'incommunicabilité* (55 min.), *Les Esquimaux alaskiens et les Etats-Unis d'Amérique : les fils de la baleine* (55 min.), *Les Esquimaux alaskiens et les Etats-Unis d'Amérique : pétro-dollars et pouvoir* (55 min.), *Les Esquimaux d'Asie et l'Union soviétique : aux sources de l'histoire inuit* (55 min.). Format 16 mm, couleur. Diffusion Antenne 2, 1978.

[2] Edward T. HALL : *Psychology and Architecture*, dans *The Hidden Dimension*. New York : Doubleday & Co, 1966. pp. 169-171.

[3] *Les derniers rois de Thulé* I et II. 1970.

[4] Marshall McLUHAN : *Pour comprendre les médias*. Paris : Mame/le Seuil 1968.

[5] Robert GESSAIN : *Ammassalik, ou la civilisation obligatoire*. Paris : Flammarion, 1969. p. 179.

[6] Sam WRIGHT : *Crowds and Riots : A Study in Social Organization*. Beverly Hills, California : Sage, 1978.

L'ETHNOPHOTOGRAPHIE

par Henri BANCAUD

Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS), Paris

RÉSUMÉ. — La photographie est toujours contestée en Sciences Humaines et en Sciences Sociales. Les scientifiques de ces disciplines l'ont peut-être toujours perçue dans sa forme essentiellement créative.

Notre volonté est de singulariser la démarche de l'ethnophotographe qui doit tendre à oublier ses structures mentales pour être en quête de l'imaginaire des autres. Par ailleurs, nous voulons attirer l'attention sur la réelle urgence à considérer l'ethnophotographie dans ses aspects multiples : conservation et inventaire des documents existants depuis les origines de la photographie, communication et technologies nouvelles, organisation de missions spécifiquement ethnophotographiques.

Mots-clés : Ethnophotographie — Photographie scientifique et esthétique.

ABSTRACT. — **The Ethnophotography.** *Photography has always been contested by Human and Social Sciences. Scientists generally considered it as essentially artistic.*

Our purpose is to examine the ethnophotographer's work, giving way to the imaginary of the people studied. We want to point out the real emergency to consider ethnophotography from its different aspects : conservation and inventory of already existing documents, new communication and technologies, organization of specific ethnophotographic missions.

Key-words : *Ethnophotography — Scientific and artistic photography.*

INTRODUCTION

On pourrait croire que l'ethnologie et la photographie sont faites pour s'exprimer ensemble : à quelques mois près elles sont jumelles ! Pourtant plus d'un siècle après leur apparition et, bien que les plus grands anthropologues aient beaucoup photographié, leur rencontre reste précaire, la volonté de quelques marginaux. L'ethnophotographie n'est toujours pas reconnue comme discipline à part entière, elle est même contestée : « L'image reste toujours marquée du sceau de l'inconséquence et de la frivolité pour une grande majorité d'anthropologues » [1] Pourquoi écrire ou décrire quand on peut photographier ? Comme le rappelle Jean Malaurie, il y a « l'indicible, l'indescriptible ». Nous savons aujourd'hui que nos expériences visuelles sont emmagasinées et « lues » par l'hémisphère droit de notre cerveau. Cette zone présente une structure similaire à celle de l'hémisphère gauche qui est le centre de l'élaboration du langage. Autrement dit, la partie du cerveau qui a affaire aux apparences et celle qui traite de l'expression verbale sont tout à fait comparables et communicantes. Pourquoi alors amputer notre « lecture » de l'acte, ou sa transmission, en ignorant l'image ou en lui attribuant un statut de seconde zone.

Seul le support photographique permet de témoigner de la culture visuelle des peuples; dans son instantané, il emmagasine une somme d'informations jamais totalement inventoriées par l'opérateur ou l'ethnologue et dont certaines ne pourront être expertisées qu'avec une meilleure connaissance de la culture analysée.

Enfin, par la photographie s'exprime l'acte créateur. Nous aurons à expliquer le comportement et le geste très spécifiques qui devront habiter l'ethnophotographe et comment, en quête de l'imaginaire des autres, il devra oublier son « moi » sans pour autant « atrophier sa poétique... ».

Le défricheur discret ne peut guère passer pour un amateur qui remplirait un album de voyages, mais il ne prétend pas davantage laisser un nom dans l'histoire de la photographie, si bien que notre photographe ne répond pas non plus à l'étiquette de professionnel telle qu'on l'entend aujourd'hui. « Les clichés ne sont pris ni pour la presse, ni pour les cimaises dont rêvent désormais les artistes de la pellicule » [2].

De nombreux centres d'intérêt justifient la nécessité d'attirer l'attention des hautes instances sur ce que pourrait être cette branche des Sciences Sociales et des Sciences Humaines :

- un outil de travail à l'usage des scientifiques
- la mémoire visuelle des peuples, de leur civilisation et de leurs cultures, patrimoine de l'humanité
- un moyen de communication
- une clé pour l'initiation à l'ethnomusique
- la préservation de l'archéologie photographique de toutes origines
- la définition d'une nouvelle approche photographique avec ses spécificités où le talent du photographe doit être en osmose avec la rigueur scientifique.

Pour clarifier notre position vis-à-vis des Sciences Humaines ou des Sciences Sociales, afin que notre démarche ne soit pas utilisée pour des querelles de principe ou inter-disciplinaires, nous souhaitons énoncer d'entrée un principe : l'ethnophotographie, ou le geste photographique qu'elle engendre, sont parfaitement complémentaires de l'écrit : sans le savoir du scientifique ou de l'autochtone érudit, le photographe ne saurait parfaire sa démarche.

« Les photographies n'ont pas valeur d'illustration ». « Photographies et textes sont tels des égaux mutuellement indépendants et qui entièrement collaborent ».

Dès 1875, le géographe Janssen, dans une communication à la Société de Géographie, s'exprimait ainsi : « Il me parait que le moment est venu de faire intervenir la

photographie... de manière à fixer les phénomènes et à pouvoir en discuter, au lieu de se contenter d'indications vagues, fugitives et souvent inexactes comme celles qu'on peut recueillir de visu avec de simples mots.

L'image était déjà reconnue comme document scientifique. Force est de constater que la réalité est tout autre en ethnologie et en sociologie : la photographie, marque de notre époque, reste un accessoire occasionnel, là même où elle devrait constituer un instrument, voire un document fondamental d'étude. Les tenants de ces disciplines ne connaissent pas toujours bien le langage de l'image, cette réalité entre les actes. Ils ignorent ses qualités, ses caractéristiques, ses contraintes. Il nous faut réapprendre l'image, car même sans voix, les images ont toujours parlé de quotidienneté, et cela depuis la nuit des temps. » « Tout est dit sans avoir rien dit ». Réaction spontanée de Ag. Mohamed Acherrif, Touareg de l'Adrar des Iforas, après avoir visionné un document de recherche pour une nouvelle écriture audio-visuelle : un montage de diapositives sur une musique de tindi.

Inséparable de toute civilisation, l'image est historiquement antérieure au verbe. On pourrait affirmer sans paradoxe : au commencement était l'image. Toutes les civilisations, toutes les cultures ont perçu les apparences comme des signes adressés aux vivants. L'image était alors destinée à raconter : peaux peintes des Amérindiens, peintures rupestres en Chine ou au Tibesti, fresques en Grèce ou en Egypte, plus récemment Tankas au Tibet, ou tout simplement icônes de l'Europe orthodoxe, fresques romanes... Tout était fait pour être lu par l'œil. L'histoire n'avait pas encore le monopole du temps. Les filtres de l'écrit ne réduisaient pas l'aventure cosmique de l'homme à des écarts de style.

L'ethnophotographie, élément de la photographie, fille de la vision, est une invention insolite, aux effets multiples, car ses matériaux bruts sont la lumière et le temps, objets mêmes de nos sciences. Pierre Bourdieu nous fournit la preuve de ce statut particulier de la photographie, sa législation: « Le droit est sans doute un des meilleurs indicateurs de la signification objectivement conférée à la photographie par notre société. Si la représentation photographique du nu prête plus facilement que la représentation picturale à l'accusation d'obscénité, c'est sans doute que le réalisme attribué à la photographie fait qu'elle paraît moins capable d'opérer cette « neutralisation » — au sens des phénoménologues qu'effectue la représentation picturale » [4].

LE COMPORTEMENT SPÉCIFIQUE DE L'ETHNOPHOTOGRAPHE

En fait, la photographie ethnographique ou l'ethnophotographie a une particularité qu'il nous semble nécessaire de mentionner : elle se singularise fondamentalement de la photographie d'art ou de la photographie de reportage par le geste du photographe. Si, dans la photographie d'art, ce dernier va jusqu'au bout de son imaginaire, ou, si dans le reportage commandé, il doit allier le sien et éventuellement celui du journal pour lequel il est commandité (le choc des photos étant souvent hélas, loin de donner la réalité des faits), l'ethnophotographie devra tendre à oublier totalement son imaginaire pour révéler celui des autres.

S'il fallait fournir le contre exemple absolu de ce geste scientifique que l'on cherche ici à définir, nous serions tentés de citer l'album « Femmes Algériennes » de Marc Garanger : tous les visages expriment le rejet, la violence, le mépris, la révolte contre ce photographe qui leur a imposé, avec ses complices, son inadmissible démarche.

A l'inverse, les œuvres de James Agee et de Walker Evans, de Paul Strand... inspirent de bien plus profondes réflexions [3].

L'acte de photographier pour les Sciences Humaines est d'abord conditionné par la motivation et le comportement du photographe, sa relation avec le groupe et avec le territoire, ses sentiments envers le sujet qu'il doit saisir.

« Regardons ces images : elles sont d'une honnêteté extraordinaire, on est sûr que ces hommes et ces femmes vivent comme ils ont été photographiés »... et François Nourissier précise : « Afin d'atteindre à ce réalisme, et en sachant bien que le réalisme parfait, à son point de perfection, glisse à une espèce de fantastique qui est la récompense suprême du photographe, Paul Strand et sa femme Hazel ont séjourné en 1954 aux Hébrides pendant plusieurs mois. Ils se sont promenés; ils ont attendu que la magie du lieu jouât, qu'elle les pénétrât insensiblement; alors seulement, une fois cette chimie réalisée, ils ont sorti leurs appareils et se sont livrés à l'opération matérielle de leur art — cette affaire de lentilles, de minutie et de posomètres, qui n'en est somme toute, que la servitude. Le reste importe bien plus : être le voyageur attentif, cet interlocuteur passionné qui laisse s'accomplir secrètement les rites de sa poésie.

On peut dire que les lieux et les habitants de Southuist ont nourri admirablement la sensibilité de Paul Strand. Vous le sentez bien, entre « prendre des photos » et parvenir à composer cette manière de poèmes tristes et tendres que vous feuilletez, il y a un monde. Il y a aussi mystérieusement une sorte d'histoire d'amour ».

« Ce ne sont pas des photos d'art, c'est simplement la vérité d'un pays telle que peut la découvrir un œil privilégié, capable d'écarter le pittoresque, le superflu, pour ne voir que l'objet essentiel dans l'instant essentiel » [5].

Cette analyse se prête parfaitement à l'ethnophotographie. Elle nous amène à réfléchir sur la façon d'être sur le terrain, avant même de photographier : « alors seulement une fois cette chimie réalisée... », il y a harmonie entre la nature et la société traditionnelle; le photographe, et plus généralement le chercheur en Sciences Sociales doit tendre à cette alchimie. Il faut donc cette inclination naturelle, fondamentale, pour s'identifier à une autre société que la sienne, et se laisser autant que possible imprégner de sa culture, de son rythme et de sa sensibilité. Jean Malaurie nous rappelait toutes les difficultés du séjour chez les Inuit, pour son preneur de son, végétarien, alors que l'essentiel de la nourriture est à base de viande crue...J'ai dû ainsi supporter lors de mon travail près du Dalaï-Lama, l'impatience de mon co-équipier tibétain qui, « laïque », tentait d'échapper à de longues cérémonies religieuses bouddhistes. Peut-on étudier un peuple et sa religion sans être sensible au sacré ?

Il devrait donc y avoir avant tout, en chaque ethnophotographe, comme en chaque « chercheur », à l'origine de ses motivations et de son comportement une valeur inhérente à sa personnalité qui n'appartient à aucun ordre de réalités mesurables et que nous appellerons la vocation. Cette particularité, cet état d'âme, engendre le deuxième

aspect fondamental dans la démarche de Paul Strand, que l'on retrouve chez Walker Evans : la faculté d'être perméable. Ainsi que le mentionnait Jean Malaurie à propos de l'œuvre de James Agee et de Walker Evans : « Louons maintenant les grands hommes » : « Leur expérience évoque celle d'un chaman, celle d'un être qui, pour ressentir, se veut perméable et fait en sorte de se placer dans un état second pour pouvoir être à l'écoute sensorielle du monde, non pas seul, mais avec le groupe de façon à comprendre l'ensemble des relations indescriptibles, indicibles qui s'échappent de manière à très précisément « entrer » dans l'autre ». En d'autres termes, le chercheur en Sciences Sociales doit devenir le confident de ce qui l'entoure, homme ou fleur, objet ou atmosphère; chacun à un moment a son heure d'intimité ou, suivant les expressions de Gaston Bachelard, doit saisir « la poétique de l'espace » et « l'intuition de l'instant ». « La fréquentation des « sociétés naturelles » ne dépend pas d'une connaissance scientifique, mais de cette perméabilité ou de cette faculté à se faire reconnaître par le groupe. Je dois aux Touaregs d'avoir parfait ce langage qu'ils m'ont finalement enseigné en dépit de mes balourdises, indulgents peut-être en raison de mon jeune âge et de ma naïveté. Dès les premiers jours au cours d'une soirée, je posais de nombreuses questions; je voulais tout savoir et tout voir. Quelle erreur commise dans ce pays où l'homme est constamment voilé ! On ne peut le reconnaître que... par son chèche, ou par ses nails... On ne lui demandera pas qui il est lors d'une rencontre dans le désert, même si l'on a échangé une conversation. Un vieillard m'avait dit : « Vous, les Occidentaux, vous voulez tout savoir, tout posséder très vite. Pour nous le temps ne compte pas ».

Une autre fois, nous allions rendre visite à un campement d'un rang social inférieur à celui de nos compagnons. Arrivés à une centaine de mètres des tentes, nous avons attendu que quelqu'un vienne nous accueillir.

Ce rituel se répétera toujours. Il est symbolique du langage des sociétés traditionnelles. Je l'ai vérifié partout où j'ai eu l'occasion de séjourner. En toutes circonstances, il est fondamental d'attendre ce moment où l'on vous invite à entrer, même sur un plan purement abstrait.

Cette « chimie » a lieu à tous les niveaux : celui du territoire, du groupe et de l'individu. C'est le groupe qui décidera des « initiations » successives qui permettront d'accéder à l'âme du lieu, et c'est l'homme qui donnera la clé qui déclenchera cette initiation.

« Tu parleras à un chef comme à un chef, et à un esclave comme à un homme » dit un proverbe touareg. Le chercheur, quel que soit son pouvoir de métamorphose, reste un étranger. La première nécessité élémentaire est de respecter chaque être, chaque particule du territoire qu'il scrute.

Il ne faut jamais réclamer de façon directe. Ce langage, finalement universel, appris chez les Touaregs, consiste à écouter, à être totalement disponible, constamment attentif et parfois à suggérer et, quel que soit son degré de connaissance par rapport à la culture, rester d'une grande ingénuité, l'initiation étant toujours constante et, en conséquence, la perception toujours nouvelle.

Lorsque j'étais en méharée dans le Hoggar, dans ce désert où nous n'étions que deux, je me sentais vexé lorsque Mohamed Ag. Lahro tenait le chameau au moment de ma mise en selle. Quelques jours après notre départ, n'y tenant plus, je lui suggérai de me laisser aller seul. Très catégoriquement, il me répondit que ce ne serait pas avant 21 jours. De la même façon, il y aura le jour pour la cuisson de la galette dans le sable, un autre pour l'examen des plantes, etc. Je n'avais rien demandé et il m'a « tout » appris, à chaque halte, il était si fier de m'avoir initié à la vie nomade. Un jour, nous sommes arrivés dans un campement pour assister à un mariage au coucher du soleil. Nous avions cheminé toute la journée. Mohammed Ag Lahro me prévint qu'il s'occuperait de ma monture et que je devais me dépêcher d'aller photographier avant la tombée de la nuit. « Demain, lui dis-je, ce soir nous arrivons chez tes amis auxquels tu vas me présenter et que je dois saluer ». Il fut très flatté et le répéta à nos hôtes. Grâce à cette prestation, je pus le lendemain photographier chez les femmes à la demande de mon compagnon et non à la mienne.

Ceci met naturellement le chercheur dans des conditions psychologiques de travail tout à fait exceptionnelles. Il atteint cet état de conscience légèrement altéré par lequel tout dans son environnement porte à la communication, un peu comme si « les mille choses qui l'entourent » s'entretiennent avec lui, le réclament.

Etant en harmonie avec le milieu, nous n'aurons plus aucune appréhension à sortir l'appareil photographique. Tout se passera facilement, sans aucune hostilité, dès lors que chacun des gestes du chercheur sera un réflexe qui ne saurait troubler l'osmose établie. Car l'appareil photographique n'est pas un objet plus dérangeant que le stylo pour les autochtones, contrairement à ce qu'affirment beaucoup d'ethnologues que j'ai rencontrés. La seule fois où j'ai été tenu de quitter les lieux, ce fut précisément parce que j'écrivais. Allier à la poésie du geste, les vertus de l'analyse scientifique, sera la préoccupation constante de l'ethnophotographie. L'éthique, qui doit sous-tendre le geste photographique étant ainsi définie, l'ethnophotographie reste un acte complexe.

Elle consiste d'abord à apprendre à regarder correctement au-delà de ce que voient les yeux. Outre les contraintes de temps et d'argent, l'ethnophotographe doit essentiellement résoudre la grande question de la subjectivité ou des subjectivités : comment les limiter ou les relativiser pour laisser une place de choix à l'objectivité de la prise de vue et par là-même à la lecture objective de l'image, en référence aux propres lois du groupe et non en référence à sa propre morale et à ses codes.. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous pensons qu'actuellement l'appareil photographique est le meilleur ordinateur du visuel.

« Dans ses limites et manié proprement, selon la lettre de ses exigences, comme un œil, d'une froideur de glace limité à certains égards, à d'autres moins, il est comme l'enregistrement phonographique et comme les instruments scientifiques, et comme ne l'est aucun autre système de leviers à travers les arts, incapable de rapporter quoi que ce soit, que la vérité absolue et sèche » [5].

LES CONTRAINTES TECHNIQUES DE TEMPS ET DE QUALITÉ

Elles ne devraient pas exister si les conditions idéales pour la réalisation d'une mission photographique étaient réunies. Mais nous devons les rappeler car elles ont été jusqu'à présent l'une des préoccupations de tous les chercheurs et elles leur ont sans aucun doute imposé un travail très limité par rapport à ce qui leur était offert. Il

semble nécessaire pour en juger, de poser les conditions idéales pour la réalisation d'une mission photographique. Le but de ces missions peut être de deux sortes :

- réaliser l'inventaire d'un site : un village ou un groupe de villages mitoyens, le territoire, l'architecture, les habitants, la vie quotidienne, les objets, les cérémonies.
- ou bien réaliser une enquête sur un thème précis mais avec ce même souci d'inventaire : les cérémonies religieuses chez les Indiens des Plaines, l'agriculture au Népal, les costumes chez les Touaregs du Hoggar, etc.

Dans tous les cas, il faut séjourner sur le terrain d'investigation pendant les quatre saisons et avoir à sa disposition un nombre illimité de pellicules. L'expérience montre en outre qu'il faut toujours être accompagné d'un interprète, si possible local. Paradoxalement, ce travail systématique d'inventaire photographique n'a, à ma connaissance, jamais été réalisé, sinon occasionnellement par une équipe de chercheurs japonais. Et pourtant, il faudrait tendre, avec des moyens financiers restreints, à préserver le patrimoine de l'humanité. Or, les chercheurs jonglent avec le temps et le nombre restreint de films dont ils disposent. En raison d'impératifs financiers, ils sont confrontés à la difficulté de devoir établir un inventaire, sans en avoir tous les moyens, ce qui revient à composer un catalogue raisonné partiel avec beaucoup d'inconnues. Ils doivent analyser rapidement, avec tous les risques d'a priori pour fixer leur choix sur la personne, l'objet ou la séquence à photographier.

Ceci implique d'avoir déjà bien regardé, d'avoir mémorisé un inventaire visuel ou effectué un « repérage » avant de photographier, ce qui ne pose pas de grandes difficultés quand on séjourne plusieurs mois sur un territoire ou mieux quand on y revient, mais la situation est tout à fait différente quand on ne fait que traverser les lieux. L'ethnophotographe ne peut en ce cas que « butiner » au hasard de ses rencontres. La richesse de sa moisson dépendra de l'acuité de sa perception et de la chance. Il ne s'agit en aucun cas d'un travail scientifique tel qu'il devrait être mené en ethnophotographie, mais d'une approche partielle sous forme de témoignages isolés. C'est ainsi qu'en Sciences Humaines, se sont déroulées jusqu'à présent, les enquêtes photographiques.

LA SUBJECTIVITÉ

Voir et traduire avec des matériaux et des techniques photographiques revient pourtant à un acte créateur donc naturellement subjectif. L'ethnophotographie n'y échappe pas, mais il lui faut poser les limites de ces subjectivités et tenter d'en réduire l'importance. C'est ce qui permet l'inventaire systématique qui réduit à néant l'essentiel de la subjectivité en photographie.

Il y a sur ce plan un rapport entre le peintre et l'ethnophotographe qui peut nous aider à définir notre point de vue. Le peintre Redouté ou notre contemporain Bernard Durin s'attachent à représenter le plus exactement possible la nature, la fleur, l'animal observé. Leur imaginaire n'intervient que pour la mise en page, le choix des matériaux et la technique de travail. Or, si ces peintres, comme le photographe, maîtrisent parfaitement la technique, ils ont l'avantage d'avoir la maîtrise aussi des matériaux. Le photographe n'a pas cette possibilité avec la pellicule et moins encore avec la lumière, composant essentiel de l'image, élément déterminant de la prise de vue. Le peintre peut travailler ses pâtes, chercher à l'infini ses couleurs, prendre son temps, recommencer autant de fois qu'il le souhaite, déplacer son sujet, l'éclairer, le regarder à la loupe pour mieux l'observer. L'ethnophotographe n'a cette liberté ni avec le temps, ni avec la lumière, baguette magique omniprésente, capricieuse, redoutable ou merveilleuse, toujours péremptoire.

L'un et l'autre pourtant ont l'obsession de saisir techniquement, le plus fidèlement possible ce qu'ils observent. Leur geste et leur détermination visent à cette perfection objective qui leur permettra d'en réaliser le fac simile. Pour prétendre à cette réalité au moyen de l'appareil photographique qui capte instantanément un ensemble d'informations souvent partiellement inventoriées au moment de l'instantané, l'ethnophotographe doit accéder à cet état neutre défini par Henri Michaux, qui disait : « Quand je peins une pomme, je veux être la pomme », ou qui faisait écrire à Yves Berger en parlant de James Agee : « Il y a aussi chez Agee une hypersensibilité à la misère qui le fait littéralement chercher à « devenir » les « métayers » qu'il décrit et raconte ».

On ne saurait trop insister sur cette voie d'accès au geste ethnophotographique par lequel le chercheur tente d'occulter ses propres structures mentales pour révéler celles de la population étudiée. Il doit maîtriser le matériel et ses possibilités techniques pour en être libéré dans son contact avec l'environnement. Ainsi, la subjectivité de l'image pourra-t-elle se limiter au choix de l'instant et du lieu , s'il sait ajouter à l'inventaire photographique l'atmosphère réelle du moment saisi, telle qu'elle est perçue ou créée par la population elle-même.

Il y a bien d'autres facteurs de choix auxquels est contraint l'ethnophotographe : l'émulsion, l'appareil photographique, l'objectif, le cadrage. Mais, ils sont en fait mineurs car la nécessité d'avoir à réaliser un fac simile impose une méthodologie qui fixe ces choix selon des critères techniques classiques et dominés. A la démarche et au geste ainsi définis, s'ajoute la sensibilité qui les anime et qui tient à la personnalité propre du photographe. Elle est le signe de son talent dans l'exercice de cette discipline. Ne sera pas ethnophotographe qui veut. Cette sensibilité varie selon qu'on photographie des cérémonies, des objets, un territoire, un peuple, la vie quotidienne; elle est pourtant la condition sine qua non pour que l'ethnophotographe métamorphose son observation méthodique en belle image.

ESTHÉTIQUE ET ETHNOPHOTOGRAPHIE

L'image ethnophotographique ne saurait échapper sous aucun prétexte aux principes fondamentaux qui constituent avec rigueur la technique d'une image sous prétexte de n'en faire qu'un « document ». Les technologies de pointe de prise de vue et de reproduction, alliées aux principes antédiluviens de construction de l'image, permettent de dominer totalement la technique de l'image, celle-ci ne devant être qu'un simple réflexe. Cela ne signifie pas que le photographe doit connaître les systèmes de fonctionnement informatisés de ses appareils, ou la chimie exacte des pigments, des émulsions, mais simplement, qu'il doit être familiarisé avec les résultats en fonction des circonstances. Ainsi, pourra-t-il sélectionner

les méthodes les plus adaptées pour atteindre le but recherché : une excellente image, reflet de son observation.

La technologie de plus en plus sophistiquée est destinée à améliorer le résultat de l'ethnophotographe et à lui simplifier son approche.

La sensibilité de l'ethnophotographe et son degré d'imprégnation seront alors au service de son talent pour réaliser les images qui seront les plus significatives.

« Réussir » l'image impliquera tout d'abord que l'ethnophotographe réalise le fac simile de ce qu'il regarde au même titre que la reproduction d'une toile de maître. Nous ne parlerons pas de « belle photographie » puisqu'il n'y a que l'application absolue de règles techniques. Le fac simile sera plus délicat à réussir et fera appel au talent de l'ethnophotographe dès lors qu'il faudra saisir un environnement abstrait tel que l'atmosphère ou le caractère d'un personnage par l'expression de son visage.

Malgré tout, cette photographie sera une image réussie dès lors que l'opérateur ne fera que rapporter le théâtre de son champ visuel sans le modifier. Il devra s'y appliquer et échapper au « document » qui est celui que nous retiendrons pour définir une photographie non réussie mais à partir de laquelle, néanmoins, le scientifique pourra puiser des informations.

A ce sujet, nous voudrions citer un exemple : lors d'une rencontre avec les responsables de la photographie du Musée des Arts et Traditions Populaires, ces derniers nous apprirent que le photographe unique de leur département opérait à longueur de journée. Sa tâche n'est pas facile et il est particulièrement sollicité pour photographier des objets, quelquefois pour aller sur le terrain. Pour satisfaire à la demande, il semble avoir deux techniques de travail : l'une produira des photographies qu'il signe, l'autre des « documents » qui restent anonymes. Le choix de l'une ou l'autre dépend du demandeur ou de la destination des épreuves. Quant aux chercheurs sur le terrain, ils font souvent eux-mêmes leurs propres prises de vue, car ils n'ont besoin que de « documents ».

Certes, tout document a le mérite d'exister. Présentant une société, il peut être utile en Sciences Sociales et doit impérativement être conservé. Le chercheur y trouvera toujours un élément de costume, d'architecture, une scène quotidienne qui l'aidera à reconstituer le puzzle de l'existence d'une société à une époque précise, tout comme l'archéologue procède à partir de fouilles et de textes.

Les travaux photographiques du Prince Bonaparte, d'Alexandra David Neel, d'Albert Kahn, de Curtis et combien d'autres anonymes, sont inestimables et constituent la plupart du temps un témoignage unique pour l'époque à laquelle ils ont été réalisés. Mais l'ethnophotographe, libéré de l'enquête ethnologique, aura donc le souci de l'esthétique. Peu importe si l'ethnophotographie est alors considérée par certains comme une forme d'art : il n'y a pas incompatibilité entre le témoignage scientifique et la science du beau.

Ce sont des poètes, Segalen, Michaux, Claudel, qui ont le mieux compris l'âme de la Chine, ses structures; les sinologues ont donné les moyens d'accéder à leurs visions.

L'ethnophotographe n'aura pas la hantise de réussir une photographie comme si cette forme d'expression allait ôter toute crédibilité à l'information scientifique ou à son témoignage; il devra, au contraire, avoir pour obsession de révéler l'esthétique des populations et de leur territoire. « La question esthétique ouvre à son tour une nouvelle spacialité que le tableau comme œuvre d'art, n'est pas dans l'espace où il habite comme chose physique et comme toile coloriée »[6].

Les sociétés traditionnelles possèdent la maîtrise des proportions, des couleurs, des équilibres, des gestes, des matières qui font que chaque élément de leur territoire, tant géographique qu'humain, est comme le tableau qu'évoque Merleau-Ponty. Les fondements de l'esthétique ont précédé les cultures. Les sociétés traditionnelles ont su préserver ces valeurs. L'esthétique devrait, par conséquent, être sous-jacente, constamment dans le témoignage de l'ethnophotographe, à moins qu'il n'en ait pas conscience, mais son témoignage serait alors partiel, atrophié. Au même titre, que pourrait découvrir le matérialiste qui n'a pas le sens du sacré, de ces sociétés qu'il est sensé étudier « tandis que la religion est leur colonne vertébrale » ?

Il convient donc de vérifier la définition des critères esthétiques par rapport à l'image photographique et en fonction des valeurs culturelles tant de l'observé que de l'observateur si les paysages de Gweilin et de l'Assekrem sont reconnus tant par les autochtones que par ceux qui viennent du monde entier; il convient d'être plus prudent lorsque, par exemple, la photographie devra interpréter des données abstraites, telles les atmosphères ou l'expression du visage...

La complexité du phénomène scientifique impose la contre-lecture de la représentation visuelle par les autochtones. Nous avons eu à vérifier plusieurs fois que nous devions nous garder d'une esthétique qui primerait sur l'information et qui appartiendrait à un concept ethnocentriste de l'imaginaire du seul photographe. Telles ces photographies en contre-jour du Dalaï-Lama qui n'avaient aucun sens pour les Tibétains où certains voyaient même une injure à l'égard de leur chef spirituel (on ne voyait pas son regard).

« La recherche a été trop longtemps handicapée dans l'Arctique comme ailleurs en restant extérieure aux systèmes de pensée autochtone, qu'il s'agisse de missionnaire ou de scientifique, plaquant des systèmes de pensée; c'est comme si l'on étudiait les mythes hyperboréens en passant par la grille de la psychanalyse freudienne, sans tenir compte d'un univers religieux dont l'essentiel — le sens sacré — nous échappe, tout en tentant de reconstituer la génèse mentale selon nos normes avec les brides de ce palimpseste qu'est un mythe plurimillénaire » [7].

Cette perception authentique exige une forme de talent de l'ethnophotographe. Il devra tendre à se situer à l'intérieur d'une pensée cosmologique pour en saisir la logique par l'image. Par là, tant pour lui-même que pour ceux dont il devra transmettre la culture, il répondra sans nul doute à l'une des grandes conclusions de l'œuvre de Mircea Eliade : « On ne peut pas concevoir d'homme sans rapport au sacré, autrement dit à la transcendance ».

Face à l'accélération de l'emprise culturelle occidentale et plus généralement des grandes puissances, jusque dans les lieux les plus reculés de notre planète, il y a urgence à prendre les moyens nécessaires pour sauver par l'image les traditions en péril et les collections existantes. Mais la prise de vue n'est pas simple. Faire un portrait, fixer l'architecture ou le paysage sont relativement choses aisées pour l'ethnophotographe dont la mission est de s'intégrer dans un territoire avec le temps. Il saura attendre les conditions atmosphériques idéales, l'harmonie acquise avec la population. La réalité est tout autre lorsqu'il devra photographier une cérémonie religieuse.

LES DIFFICULTÉS ET LES LIMITES DE L'ETHNOPHOTOGRAPHE

Jean Malaurie aime rappeler que la « religion est la colonne vertébrale d'une culture ». Les cérémonies sont au centre de la vie communautaire; elles sont comme le pouls de la société qui sacralise une partie de son existence pour s'adresser à Dieu, aux dieux ou à l'Etre Suprême. C'est un moment grave. L'attitude, les gestes, tout est codé, ritualisé, particulier. Le moindre bruit, un geste maladroit devient rapidement intolérable, voire irrespectueux. Alors, l'attitude du photographe, avec ses flashs, son pied, ses déplacements, parfois au cœur même de la célébration, exige de multiples précautions. On doit devenir une ombre discrète et non un fantôme. Dans une manifestation politique, le reporter est comme un révélateur, le média qui emporte le message à l'autre bout du monde; au contraire, il devient une gêne au sein d'un groupe qui recherche la divinité et qui cherche à éliminer tout ce qui est temporel pour tendre vers la méditation ou la communication, non avec le monde, mais avec l'au-delà. Nous avons pu remarquer que la cérémonie religieuse était, avec l'intimité du couple, ce qu'il y avait de plus difficile, de plus exigeant et de plus délicat à photographier au sein d'une société et qu'il est même parfois impossible d'opérer. Les raisons sont multiples : techniques, politiques, voire indéfinissables et imprévisibles.

Les réactions varient d'une ethnie à l'autre, à l'intérieur même de la société, et ces différences de comportement que nous avons observées dans tous nos séjours doivent éveiller chez l'ethnophotographe une attitude de prudence et de réserve pour ne pas heurter ses hôtes.

Nous nous posons encore la question de savoir si nous n'avons pas été nous-mêmes différents dans notre approche. Il peut suffire d'un peu de fatigue et d'une perception moins subtile, d'un interlocuteur moins ouvert qu'un autre, d'un temps trop limité pour exercer l'ouverture nécessaire.

Mais pour mieux expliquer la complexité et les difficultés de cette approche ethnophotographique des cérémonies, nous prendrons pour exemples nos deux séjours chez les Amérindiens qui nous ont permis d'observer quatre « Danses du Soleil », manifestation religieuse la plus importante dédiée au Grand Esprit.

C'est tout d'abord le hasard et non le fruit d'une expérience ou d'une quête scientifique qui nous permit de recueillir les indications sur les dates et les lieux des « Danses du Soleil » chez les Indiens des plaines de l'Alberta au Canada.

Rencontrée au Stampede de Calgary, Anne Sophie Tiberghien, (*Mon cœur s'appelle Amazonie* — Ed. Robert Laffont), aventurière par excellence, nous proposa d'échanger ses informations contre son transport et celui de sa fille.

Nous avons ainsi assisté avec elle à trois « Danses du Soleil ». Pour chacune d'elles le contact fut tout à fait différent bien qu'Anne-Sophie fut connue apparemment de la même façon dans les trois réserves indiennes.

La première rencontre fut celle des « Blood ».

Anne-Sophie nous introduisit immédiatement auprès de la famille « Mountain Horse » qui avait son propre tipi dans le cercle traditionnel. Ils nous autorisèrent à planter notre tente à proximité. Nous avons sympathisé très rapidement; le chef de famille était très intéressé par la photographie, la mère très ouverte, les enfants de notre génération, l'un ayant épousé une Canadienne anglaise.

Nous avions fait demander au « responsable » de la cérémonie l'autorisation de photographier. La réponse fut négative. La famille Moutain Horse nous expliqua les différentes étapes de cette cérémonie, au fil des jours et nous indiqua un trou dans la toile de leur tipi par lequel nous pourrions photographier. Mais je ne pouvais pas tout photographier de cette manière, malgré un puissant téléobjectif de 400 mm; nous avons donc utilisé d'autres astuces.

Le quatrième jour les Indiens partirent chercher des branches pour édifier la « loge sacrée ». Il s'organisa une sorte de procession ouverte de cavaliers, puis de voitures à cheval et enfin d'automobiles. Avec eux, nous sommes allés ramasser ces branchages. Au retour, introduit dans cette caravane de voitures, étant camouflé par les branchages qui couvraient notre véhicule je pus photographier les cavaliers.

L'autre opération était un peu plus délicate. Nous étions tous assis en cercle et la « Horn Society » exécutait un rituel sacré. Ceci se répéta plusieurs jours. Je n'ai pas trouvé d'autre solution que de dissimuler mon appareil dans la manche d'un chandail et de photographier au jugé en gardant l'ensemble sur mes genoux.

Il est vraisemblable que le rendu aurait été bien meilleur avec un Instamatic plutôt qu'avec un appareil professionnel qui ne pardonne pas une mise au point approximative.

Enfin pour avoir une vue d'ensemble du « Camp sacré » montrant le cercle, l'emplacement des lieux les plus importants, j'ai loué un petit avion à l'heure où se déroulait la partie extérieure de la cérémonie. Je m'étais fait accompagner par Maurice Little Bear, l'un de mes informateurs, qui apprécia beaucoup l'aventure.

Nous avons ainsi, pour cette première cérémonie, photographié des séquences importantes. Elles constituent un premier témoignage et une partie d'un puzzle. Nous sommes conscients des manques. Nous savons la difficulté d'accéder à certains rites comme l'ouverture du paquet sacré qui contient le calumet, mais nous sommes persuadés qu'un ethnophotographe avec le temps et une succession de voyage parviendrait à photographier, voire à filmer, l'essentiel des différents rituels. Nous pensons même qu'il le ferait à la plus grande joie des Indiens eux-mêmes dont beaucoup ont le souci de laisser un héritage culturel.

Ainsi John Little Bear, de l'ethnie « Blood », pensait qu'un jour ses petits enfants viendraient me voir pour connaître leur propre culture. La génération intermédiaire, celle de ses enfants, est déjà, à ses yeux, acculturée.

Est-ce là aussi la raison pour laquelle ces mêmes Indiens ont fini par initier un jeune Américain d'origine allemande, Adolphe Hungry Wolf, auquel ils transmettent scrupuleusement leurs connaissances. Ce n'est pas sans un problème relationnel au sein du groupe. Certains les accusent de brader leur culture à un Blanc, d'autres sont perplexes car ce Blanc ne pourra jamais chanter comme un Indien, ne pouvant émettre leurs sons gutturaux.

Mais cet homme, s'il est sincère, démontre à l'extrême ce que devrait être le comportement de tout chercheur et de tout ethnophotographe pour accéder à la connaissance et à l'intimité d'une culture. Il faut préciser qu'il publie, avec l'accord du groupe, une partie de la mémoire qui lui est léguée.

Il a même obtenu de récupérer auprès d'un musée d'Edmonton, un calumet et son « Sacred Bundle » qui était nécessaire pour les initiations et pour perpétuer certains rites.

Sur le plan technique et financier, cette première cérémonie nous montre que l'ethnophotographe doit disposer d'un minimum de moyens pour accomplir sa mission d'inventaire :

— La nécessité de plusieurs voyages.
— Différents types d'appareils répondant aux difficultés rencontrées.
— Une certaine autonomie du budget pour lui permettre ici de louer un avion, en d'autres lieux un chameau, etc.

La seconde « Sun Dance » fut celle des Cree dans la réserve d'Hobema à proximité d'Edmonton, capitale de l'Alberta. Nous n'avons pu rester qu'une seule journée, car nous préférions assister à la totalité de celle des Piegan où nous étions invités.

L'accueil fut glacial, voire hostile, malgré la présence d'un ami interface, Indien Ojibway, et celle toujours très décontractée d'Anne-Sophie Thibergien qui, là encore, connaissait plusieurs familles.

On nous prévint immédiatement de l'interdiction absolue de sortir un appareil photographique.

L'atmosphère était très différente, d'une très grande densité et le rite à l'intérieur de la « Loge Sacrée » très impressionnant. A mon avis, nous avons manqué la cérémonie la plus intéressante parce qu'a priori, la plus authentique. Ce n'était pas le souci de notre aventurière !

Mais comment emporter un document au moins extérieur, puisqu'à l'intérieur j'aurais été immédiatement expulsé et mon appareil sans doute détruit ou confisqué ?

Je me promenais dans le bois sur la petite colline voisine de la « Loge Sacrée », des enfants jouaient avec des chevaux et m'ont demandé de les photographier, j'en ai profité pour photographier le camp et la Loge.

Un peu plus tard, depuis ma voiture, j'ai dissimulé mon appareil dans une veste en photographiant par la manche, caché par mes amis.

Témoignage fustrant, comportement scandaleux, mais nous voulions témoigner de la permanence des traditions et des croyances dans ces réserves. Ceci explique la nécessité d'avoir « volé » ces deux images malgré notre souci d'éthique. Il est évident que cette attitude est le contre exemple de ce que nous voulons démontrer et défendre.

La troisième cérémonie fut donc celle des Piegan. La famille « Crow-Shoe », une des premières arrivées sur la « Terre Sacrée » nous attendait, très chaleureuse. Nous avions lié d'excellentes relations avec elle lors de la « Sun Dance » des « Blood ». Nous avions obtenu l'autorisation de photographier intégralement, du chef de cette famille, Joe Crow-Shoe, dont la femme n'était autre que la « Holy Woman », celle qui avait eu les visions permettant après 25 ans d'interruption, la réalisation de cette célébration, qui de ce fait devenait exceptionnelle. Le seul endroit où nous ne pouvions pénétrer serait le tipi de la « Brave Dog Society », société secrète et sponsor de la cérémonie. Tout s'annonçait merveilleusement.

Hélas, après les premières photographies, le premier jour, un jeune homme d'une vingtaine d'années, très agressif, vint nous demander de stopper immédiatement. Je lui dis que nous avions l'autorisation. Il s'éloigna en maugréant. Je précise que pour toutes ces cérémonies, nous étions les seuls « Blancs ». Fort de mon contact direct avec le « Holy Man », je continuais. Le jeune Piegan revint alors avec un poignard et, menaçant, nous demanda de remettre l'appareil dans notre sac.

Nous sommes alors allés chercher un autre membre de la famille, qui visiblement avait moins d'autorité que le belligérant; il fut convenu qu'après le rituel, ils iraient demander au « Holy Man » la confirmation de son autorisation. Nous avons ainsi perdu un moment important de la cérémonie. Quelques heures plus tard, l'adolescent vint s'excuser et nous continuâmes pendant huit jours sans autre incident, sinon un seul, d'ordre technique. Eric Navet, ethnologue, prenait de son côté quelques photographies et vint me demander de confirmer les indications de sa cellule. Ce fut suffisant pour jeter le trouble dans mon esprit car j'avais oublié de ramener de 100 ASA à 25 ASA mon appareil photographique et je gâchais une pellicule portant malheureusement sur une séquence importante à l'intérieur de la « Loge Sacrée ». C'était en 1977, la cérémonie ne s'est pas renouvelée depuis.

Le manque de pellicule imposa un choix, rendu encore plus laborieux par la méconnaissance de la cérémonie. Les informations qui nous étaient communiquées sur les lieux et l'heure des événements étaient très imprécises et changeantes. Ceci montre que, malgré l'autorisation et l'accueil excellent de l'ensemble du groupe, le travail de l'ethnophotographe reste complexe, peu aisé et soumis aussi à la défaillance humaine.

La quatrième cérémonie fut celle des Sioux. Nous avions été informés par Clyde Bellecourt lui-même, alors que nos tentes voisinaient dans le grand camp du Pow-Wow de Thunder-Bay. Cette cérémonie était « organisée » par « l'American Indian Mouvement », maître d'œuvre de toutes les manifestations menées contre le gouvernement américain. Toutes les issues de la « Terre Sacrée » étaient bouclées et tous ceux qui voulaient y pénétrer — je parle des Indiens — étaient très soigneusement fouillés, les gens comme les véhicules ou les sacs. Il était absolument interdit d'introduire de l'alcool, des armes à feu ou des appareils photographiques. Nous n'avons donc pas pu photographier. Sur les conseils de notre ami, je fus volontaire pour faire partie des équipes de garde. Ceci me permit de vérifier que les fouilles étaient très sévères et impitoyables, mais ce fut aussi pour moi le moyen d'introduire mon appareil photographique. Dérisoire ! Le risque était trop grand pour le sortir, je n'ai réalisé que quelques documents à travers la moustiquaire de notre tente avec le plus grand téléobjectif, c'est sans intérêt. En revanche, je ne désespère pas de photographier cette cérémonie. L'accueil des Sioux fut excellent et là encore, je suis persuadé qu'avec le temps et une suite de voyages, ils accepteraient le fait.

Ces quatre expériences, à quelques semaines d'intervalle, au sein d'une même culture, mais dans quatre tribus différentes, nous démontrent que la démarche de l'ethnophotographe serait hasardeuse si elle ne s'attachait pas à la rigueur scientifique et ne bénéficiait pas d'un temps illimité. Le fait d'être reconnu par les quatre ethnies et avoir la possibilité de « voir » ces cérémonies, parfois même de vivre dans le camp et même de photographier, ne permettrait pas de réaliser un inventaire ethnophotographique complet.

Nous devons préciser que ce marathon d'une réserve à l'autre n'avait pas cette ambition. Outre le témoignage

sur la vivacité d'une culture qu'on dit par ailleurs « pour touriste », nous voulions apporter notre point de vue au symposium sur les minorités qui avait lieu à l'université d'Edmonton, où pas un des sociologues locaux n'avait pu être informé de l'existence et des dates des « Sun Dances ».

D'autre part, l'équipe formée avec l'ethnologue Eric Navet m'a montré combien il était important d'avoir un minimum de connaissances concernant ces cérémonies, pour pouvoir photographier l'essentiel et être au bon endroit, au bon moment. Dans l'inconnu, comment identifier certains cérémonials alors qu'ils sont fondamentaux ?

Nous avons conscience que, si l'ethnologue est parfois aussi un excellent photographe (Corneille Jest, Jean-Dominique Lajoux), il ne peut assumer systématiquement les deux fonctions. Ainsi, lorsque nous tentons de définir la démarche de l'ethnophotographe, nous n'avons pas la prétention de donner des leçons d'approche à l'ethnologue, mais bien plutôt de préciser le geste particulier, les protocoles spécifiques que devra respecter le photographe qui serait tenté par l'ethnophotographie. L'ethnophotographe s'intéressera aux nouvelles technologies de la communication et à la gestion des informations (Laservision et informatique), avec les ethnologues, ethnographes et sociologues; elles apporteront une importante contribution à la connaissance des autres.

Le vidéodisque laser et le CD ROM assurent une mémorisation, une conservation définitive de l'image dans sa qualité d'origine. Ils procurent également de nouveaux moyens d'expression grâce au mariage de l'image et du son, mot ou note de musique — c'est une nouvelle écriture — et devraient, par exemple, faciliter l'accès aux musiques traditionnelles complexes.

En attendant, le Centre Audiovisuel du CNRS, la Maison des Sciences de l'Homme, le Musée des Arts Africains et Océaniens, ne possèdent pas de photothèques. Un projet présenté par Noël Ballif à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales est resté sans réponse.

Les chercheurs du Musée de l'Homme ne sont pas tenus de déposer à la photothèque le résultat de leurs travaux alors qu'ils sont financés par l'institution ou par le CNRS.

Ainsi, la situation actuelle des photothèques des Musées ethnographiques et les moyens dont elles disposent soulignent que l'ethnophotographie reste marginalisée au sein même de nobles institutions qui devraient, depuis longtemps, s'en préoccuper tant pour collecter et gérer les documents du passé que pour lancer des missions ethnophotographiques.

Alors qu'on s'inquiète des espèces animales en voie de disparition, et des demeures historiques en péril, on oublie que des sociétés humaines entières sont englouties un peu plus chaque année par la modernité ou par la puissance politique de leurs voisins. Et tandis qu'elles disparaissent, des savants continuent de discourir sur la subjectivité de l'image et non pas sur le texte « scientifique ».

BIBLIOGRAPHIE

[1] Terrenoire (Jean-Paul). — Images et Sciences Sociales : l'objet et l'outil. In : Revue Française de Sociologie. — Décembre 1985.

[2] Manuel (Christian). — Préface. *L'Exotisme.* — Paris : Robert Laffont.

[3] Agee (James), Evans (Walker). — *Louons maintenant les grands hommes.* Préface. — Paris : Plon, 1972. — p. 1-12.

[4] Bourdieu (Pierre). — *Un art moyen. La définition sociale de la photographie.* — Paris : Editions de Minuit.

[5] Nourissier (François). — Préface. Strand (Paul) Les Hébrides. — Lausanne : Editions Clairfontaine.

[6] Merleau-Ponty (M.). — *Phénoménologie de la perception.* — L'Espace p. 333.

[7] Malaurie (Jean). — Une autre lecture de l'espace arctique : pour une géographie sacrée des lieux. — *In* : Ethnologie et anthropogéographie arctiques. Premier Dialogue franco-soviétique. — Paris : CNRS, 1986. — p. 159-177.

IX. — BIBLIOGRAPHIES

BIBLIOGRAPHIES

ACTUALITÉ MUSÉOLOGIQUE ARCTIQUE N° 3[1]

par Sylvie DEVERS

Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS), Paris

RÉSUMÉ. — Description des collections arctiques de quatres musées : le Glasgow Art Gallery and Museum (Glasgow, Ecosse), le musée national du Groenland (Nuuk), le Musée d'anthropologie de l'Université du Kansas (Lawrence, Kansas, USA), et l'American Museum of Natural History (New-York, USA).

Mots-clés : Muséologie — Arctique.

ABSTRACT. — **Museological news.** *Four museums Arctic collections are described : the Glasgow Art Gallery and Museum (Glasgow, Scotland), the Greenland Museum (Nuuk), the University of Kansas Museum of Anthropology (Lawrence, USA), and the American Museum of Natural History (New-York USA).*

Key-words : *Museums — Arctic collections.*

I. ESKIMO MATERIAL AT GLASGOW ART GALLERY AND MUSEUM KELVIN GROVE, GLASGOW, SCOTLAND G3 8AG

The amount of Eskimo material in the Museum's collections is comparatively small, under 140 items are mentioned in the original accession registers and around 110 have survived. Best represented are items of clothing, implements for hunting and fishing and more general purpose cutting tools. There is one full-sized kayak with a fairly complete range of equipment for seal hunting, several model kayaks and umiaks and a few model sledges. The number of containers and domestic items such as food dishes and lamps is extremely small, and there is only one example of a smoking pipe. Two masks and two tambour drums fall within the sphere of religion. The small selection of animal and figure carvings, some 19th century and some 20th were made for tourists, and there is one example of an indigenous pin and hole game.

Much of this material (60 items) was purchased between 1959 and 1965 from E.H. Ohly of the Berkeley Galleries, London, in preparation for the mounting of a new permanent display in the Ethnography Gallery. This display, mounted in the early 1960s, still persists to the present day, apart from a few changes made to the Japanese and African exhibits. It presents a general overview of the Museum's non-European material, covering all the world's regions, from Australia and the Arctic at one end of the gallery to India, Japan and China at the other. The Eskimo displays take up three case windows, devoted separately to the Western, Central and Greenland Eskimo. This is a comparatively large proportion of display space in terms of the museum's overall holdings, reflecting the amount of interest traditionaly shown in Eskimo culture, both by the museum's own Education service, and perhaps by the general public for which the displays were designed.

Little is known of the original collectors of the Eskimo material. A partial exception are those pieces bought from Mrs E.K. Wilkie of Edinburgh, a lady who made a mixed collection of North American Indian material (a total of 81 items, mainly Northwest Coast and Eskimo) whilst visiting her brother in law, Bishop Rowe in Alaska during 1900. However we have few accession details for individual pieces, some were purchased by her from a Lt. G.T. Emmons, but we don't know which ones, and we do not know how many she acquired in trade shops. Little research has been done as yet on the history of particular pieces. 6 items came from the Wellcome Historical Medical Museum, 6 from a teacher in the Museum's Education Service, Thomas Lindsay, who had a special interest in North American Indian material and acquired a sizeable collection, much of which he then sold to the museum. The bulk of the Eskimo items were acquired by purchase and the vendor's name is given for each piece, or the donors or lenders where appropriate. The material is listed according to its function under the heading of clothing and adornment, general tools, hunting and fishing, transport, containers and domestic equipment, personal equipment (smoking), games, religion, and art products (animal and figure carvings).

(1) Se reporter également à : Devers (Sylvie). Actualité muséologique. *Inter-Nord* n° 16. Paris : Ed. du CNRS, 1983, p. 288-298. (11 musées sont présentés : Le Musée Eskimo, Churchill (Manitoba) — National Museum of Man, Ottawa (Ontario) — Northern Life Museum, Fort Smith (NWT) — Alaska State Museum, Juneau (Alaska) — Anchorage Historical and Fine Arts Museum, Anchorage (Alaska) — Robert H. Lowie Museum of Anthropology, Berkeley (California) — San Diego Museum of Man, San Diego (California) — National Board of Antiquities and Historical Monuments, Helsinki (Finlande) — Grønlands Landsmuseum, Godthaab (Groenland) — Historisk Museum, Universitet i Bergen, Bergen (Norvège). Et : Devers (Sylvie). Actualité muséologique n° 2. *Inter-Nord* n° 18. Paris : Ed. du CNRS, 1987. (5 musées sont présentés : The Artic Collections of the Museum of the American Indian, New York (USA) — The McCord Museum of McGill University, Montreal (Canada) — Arctic Collections in the University Museum of Archaeology and Anthropology, Cambridge (England) — Les collections arctiques des musées de province français — Les collections ethnographiques et archéologiques relatives aux Inuit dans les musées suisses).

CLOTHING

Eagle down cloak

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-Bh)
Cloak of fluffy eagle down, mottled white and brown in colour, made from small sections of skin sewn together with white cotton thread, some mends in black cotton thread. Roughly rectangular when laid flat.
Length 24 cms, width 114 cms.
On display, Western Eskimo case (case 12 + 13 : 11)
Label text:
Made from eagle down. This is worn by the Eskimo living along the Alaskan coastline.

Boy's boots

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8ae)
Brown hide with evidence of wear on darker soles. Draw-thong of hide through casing at top. Small loop for pulling boots on at join of sides and casing seam. Sinew stitching.
Length 23 cms, height 41 cms.

Boy's leggings

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8ba).
Small leggings, with foot covers, made mainly of fish skin section. Dark brown fish skin with pale cream sealskin contrasting ribs on calves and ribbons on foot covers.
Length 59 cms, width 25 cms, thickness 14 cms.

Woman's waterproof skirt

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8bb)
Made from seal intestine. Very dry and creased. Has 13 side seams and flares out gently from the waist. Turned-up hem, 5 cms deep. Linen tape sewn to top in 2 places — now attaches label.
Length c. 90 cms.

Man's suit

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8bk)
Hooded top, trousers and pair of boots (mainly of caribou skin) with fur outside. Hood trimmed with wolverine fur, feather attached on hide thong to top of hood, hangs down back between the two ears of piece taken from a caribou head piece. Hood has side insets of white ermine fur that contrast with buff of caribou main section. Hood top or main section continuous with back of jacket, side insets continue to form 2 triangles on jacket front. On these insets and on bands inserted at sleeve seams, and jacket hem, are decorative edgings of red and blue wool tufts. A black and white bird skin tassle of the Great Northern Diver bird is attached via bird's beak to the rear left shoulder. A tassle of ermine skin, with ermine's head at top, 4 strips ending in paws,1 ending in black tipped tail, and 2 plain strips is attached to the rear right shoulder. Wolverine fur edges wrists, hems sleeve tops and trouser bottoms. Trousers & boots have similar white inserts with wool tufts in lines, but trousers also have regularly spaced pendant thongs of caribou. Fur removed from under soles and lower pieces of boot uppers.
Length of top 95 cms, width across shoulders 70 cms. Length of trousers 73 cms, breadth of trouser sides when laid flat 41 cms.
Length of boot foot 23 cms, height of boot 41 cms, max diam boot 13 cms.
On display, Western Eskimo case 1 (case 12 + 13 : 1)
Label text:

Photo 1 : Man's swit (winter), Alaska *(Art Gallery and Museum, Glasgow).*

This suit is of finer quality than everyday wear and would be worn on ceremonial occasions or when visiting other Eskimo groups. It is made from the skin of the caribou (the North American reindeer). The head is trimmed with wolverine fur which is both decorative and functional in that the fur does not freeze up. Charms are frequently attached to the back of the coat, an ermine skin ensuring speed in hunting.

Girl's jacket

Possibly Greenland Eskimo. Presented as bequest by trustees of Robert Kirke, Burntisland, 1905 (acc '05-198b).
Hooded jacket of young caribou skin with hair outside, but very worn. Small rounded tail back and front. Trimming of a series of narrow strips of dehaired hide with one strip of darkened hide, and on centre front a chequer pattern of haired caribou in white & brown. Dark brown hide trim round hood.

Length from shoulder to base of tail 69 cms, width across shoulders 40 cms, length hood 2 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 : 9).
Label text:
Made from the skin of a young caribou (the Eskimo form of reindeer). The remainder of the outer clothing would consist of trousers and boots.

Child's Moccasins

Central Eskimo, Davis Strait. Presented by George Sievewright, Glasgow 1907 (acc '07-11).
Child's moccasins of caribou and seal skin with caribou fur ankle trim. Now very hard.
Length 18 cms, width 8 cms, height 7.5 cms.

Sealskin jacket

Central Eskimo, Davis Strait. Presented by Mr George Sievewright, Glasgow 1909 (acc '09-108).
Jacket with pointed hood and fur outside. One main central panel from hood continuous with jacket back. Side panels and front panels. Darker fur strip borders hem. Slit up bottom of side seams. Darker fur also on front of hood.
Front panels very badly damaged, so displayed with rear facing viewer. Wooden snow goggles also displayed under hood — not sure if these came with the jacket.
Length from top of hood to hem 98 cms, width across shoulders 64 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :9).
Label text:
Man's coat of sealskin. The rest of the outer clothing would consist of trousers and boots made from dehaired sealskin. This type of hooded jacket with the hair outside is used in summer, normally in winter time the hair provides a warm lining on the inside.

Summer suit

Central Eskimo, Davis Strait. Presented by John Cordiner, 1914 (acc '14-51).
Some confusion whether jacket on display is '09-108 or belongs with this suit which originally consisted of 9 pieces — not listed in detail. Surviving items clearly labelled with this number include a length of hide thong (diam coiled 21.2 cms, width 1 cm) a pair of boots of caribou skin (length 52 cms, width 29 cms) with sign of wear on the heel; a pair of mits of caribou skin where the fur has worn off on the palms (length 20.5 cms, width 11.5 cms) and a pair of leggings — short trousers of caribou fur with band decoration on their lower half. These last have button fastening at a side opening and 4 buttons spaced out on the waist band. There is a pocket near the side opening.
Overall length 66 cms, width as folded 26 cms.

Woman's suit

Central Eskimo, Baffinland. Purchased from Sydney W. Woodward, Leicestershire, 1915 (acc '15-16a).
Originally of 8 pieces, all that remain are a hooded jacket, leggings and boots (on display) and a pair of bloomers or shorts. The jacket, leggings and bloomers are made from blanket material. The jacket has a large hood (to fit over a baby's head too) trimmed with fur and with a border band of floral embroidered black wool cloth edged with red linen strips. The jacket body has a short tail in front and a very long tail behind, edged with machine sewn red linen tape and zigzag braid of black and grey. The trouser bottoms have similar edging. The bloomers are of white caribou fur with white linen casing round waist band and linen drawstring through this. The boots are of dehaired caribou hide.
Length from top of hood to hem 126 cms, width across shoulders 50 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :15).
Label text:
The style of dress is typical of the Central Eskimo region but the blanket material from which the jacket and trousers are made shows the influence of white settlers and traders in this area.
The large bulge at the neck is to prove room for carrying a child on the back inside the jacket.

Waterproof suit

Kodiak or Aleutian Eskimo, Alaska. Purchased from Berkeley Galleries, London 1964 (acc A6410a&b).
Coat (A6410a) made of seal intestine strips, 2 1/2 ins wide with tufts of red and black wool along seams. Stiff upright neck, 4 1/2 ins high, with v-shaped opening at the front, all covered with a band of decoration consisting of a black background of tanned and dyed skin with a fringe of duck feathers (?) Sewn onto the black skin are 3 bands, each having a central strip of skin dyed red, on either side are 2 narrow strips of fur and then 2 strips of skin dyed green. The arm bands and the hem of the coat have a similar decoration with a different pattern. On the black background are sewn 2 outer bands made of a thin strip of fur edged with skin dyed red. The central zone consists of alternate strips of fur red and yellow dyed skin. Patched in several places.
Length 99 cms.
Hat (A6410b) also of seal intestine. Brimless, the upright band consisting of a single strip of intestine forming a rim, 17.7 cms in diameter. The upper part of the hat expands to a flat top 25.5 cms diameter, made of strips of intestine sewn together along the edges and meeting in the centre of the flat top. The sewn edges are decorated with tufts of red and black wool. The lower part of the hat is decorated with a narrow strip of red and black skin, above this is a 2 cm wide band with black skin background on which is sewn a strip of green skin with a band of red on either side. On the flat top is a circular pattern consisting of a circle of green skin with 4 yellow leaf shapes. Around this are circles of thin bands of red and black skin and fur.
On display Western Eskimo case (case 12+13 : 10).
Label text:
The coat is made from horizontal strips of seal or walrus intestine sewn together and decorated with tufts of red and black wool along the seams. The colourful decoration of dyed strips of skin and wool tufts on the neckband and hat are typical of the Kodiak and Aleut groups of the Eskimo.

Waterproof jacket

Alaskan Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1959 (acc A597g) Made of strips of seal intestine, (5 cms wide, sewn together, 18 widths being required from shoulder to bottom edge. This edge, the long sleeves and the attached hood are bordered with a thin black strip. The jacket does not open down the front, but must be donned by being pulled over the head. Crinkled, fragile and torn in many places.
Length from shoulder to bottom edge c. 86.5 cms. Width at bottom 76 cms.

Waterproof jacket

Western Eskimo ? Accession details lost (Eth/NN/427). Hooded jacket of seal intestine, vertical strips between 3 and 10.5 cms wide run from shoulder to hem. Fur-trimming (seal-fur ?) round hood opening, hood peak, shoulders seems & hems. Draw string of sinew through hood opening in dark skin casing and through wrists. Mends of reddened intestine in places, and 3 red intestine darts across shoulder and 1 centre front.
Length 100 cms, width across shoulders 56 cms.

Gloves

Western Eskimo ? Accession details confused, numbe-

red 94-59, but does not match the woman's Athapaskan costume of this number, (Eth/NN/424) fits with 02-8bk no. mixed up at one stage.
Pair of skin gloves — dark dehaired caribou stitched with sinew, 4 fingers & opposed thumb sewn in separate section. Hemmed with series of border bands at wrist, outer one of reddened hide, then broad white haired skin, then second band of white haired skin, finally a narrow dark skin band before main glove piece. On one glove the outer reddened wide band is loose.
Length 22 cms, width 11 cms hem banding 3.7 cms.

Mits

Eskimo. Accession details lost (Eth/NN/426). Pair of seal skin mits with very long wrist hem ending in a pale skin casing with twisted sinew draw string. 2nd casing at wrist below broader band of pale skin — drawing string lost. Seam on rear from thumb across to both sides. Front top of mits gathered. Stitched with sinew.
Length 39 cms, width 16 cms.

Fur strip

Eskimo. Accession details lost, but perhaps this is forehead band of 14-51 (Eth/NN/425).
2.5 cms wide strip sewn with 1 diagonal seam and 1 straight. One end has horizontal hole cut in it, the other a hole through which a narrow hide thong is knotted.
Length 86 cms, width 2.4 cms.

Belt fastener

Alaskan Eskimo. Presented by Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8bl), originally accessioned as an old carved ivory charm.
Square of ivory with a central hole, etched with 2 concentric toothed rings and irregular cross-hatching on tapered side sectors. From corners of rings birds feet designs point outwards to corners of squares.
Length 4.7 cms, width 5 cms, thickness 1 cm.
On display, Western Eskimo case (case 12+13 : 5).
Label text :
This is attached to the belt by a short cord tied through the hole pierced in the centre. They are frequently carved to represent birds or animals but this ivory example is a simple type with an etched decoration incorporating a symbol representing the raven totem.

Bead necklace

Alaskan Eskimo (?). Presented by Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh 1902 (acc '02-8bn).
Necklace of Russian trading beads. Red, pale blue and dark blue glass beads strung in irregular sections on flax and wool mixture string. Red beads are opaque with white inside, pale blue circular and opaque, dark blue more translucent and faceted.
Length 26.5 cms, widest bead 1 cm.

Snow goggles

Alaskan Eskimo. Presented by Agnes B. Chalmers, Glasgow, 1956 (acc A5636g).
Carved from a single piece of very dark brown polished horn, probably musk-ox horn. The upper part consists of a flat peak, rounded at the front with rounded ends. Below this the two eye protectors, each with a slit c.3.7 x 0.2 cms and straight, are set back obliquely, meeting at a sharp keel in the centre. The back is cut on the curve and hollowed out. There is a broad rounded notch on the lower side to fit the nose. There are 2 cord holes on each side; no cord is present.
Length 12.2 cms, height 3.7 cms, thickness 2.9 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :13).
Label text : (for acc A5636g & A6346b).
The upper pair is a modern type with a flat peak; the lower one is an older variety with a rounded outer surface. Both pairs are probably made from musk-ox horn. Goggles are worn in the spring as a protection against snow blindness.

Snow goggles

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1963 (acc A6346b).
Of musk-ox horn, the outer surface smoothly rounded, both horizontally and vertically and tapering from centre to sides. On the inter side a rounded and shaped notch has been cut for the nose. To either side the horn has been deeply hollowed out; the eye slits have been drilled and then cut through to make openings c2.5 x 0.2 cms in size. A single hole at each end retains a length of thong.
Length 12.7 cms, height 3.8 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :13). For label text see above.

Snow goggles

Alaska, Point Barrow Eskimo (?). Purchased from Berkeley Galleries, London 1962 (acc A625k).
Carved on the curve probably from a piece of pine. On the outer side is a flat central band, curved to the inside above and below. On the inside the wood is deeply channelled opposite the eyes, leaving narrow vision slits only slightly curved on the lower sides. There are 2 central notches that fit the nose, the lower one deep, the upper one shallow. On the right side are 2 string holes, on the left side 1. Slightly chipped on left side.
Length 14 cms, height 3.3 cms.

HUNTING AND FISHING

(see also equipment with full size & model kayaks).

Seal call

Western Eskimo, Alaska. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8cc).
In the shape of a paw. 3 seal claws attached by braided sinews to tapering wooden handle. Sinews fasten through lug on handle underside, near front. Claws have wooden wedges inserted in their open ends.
Length 23 cms, width 5.2 cms.
On display Western Eskimo case (case 12+13 :8).
Label text :
Consisting of three seal claws attached by braided sinews to a wooden handle. The method of catching seals in the winter is to kill them while they use breathing holes in the coastal ice. As this is a slow and difficult process the hunter scratches the surface of the ice near the breathing hole with the seal call in the hope of attracting the seal to the spot.

Club

Western Eskimo, Alaska. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1963 (acc A634-d). Said to be from Bering Strait.
Made from a single piece of reindeer antler, the surface a creamy yellow in colour and polished except where the internal cellular structure is exposed. The haft is gently curved in ogee fashion both horizontally and vertically. At the grip the haft is cut off almost square, with a slight collar. At the head the cut is oblique. The blade is formed by a sharpened line, 7.3 cms long, set 7-10 cms behind the head. Decoration consists of rows of scored parallel lines on top of the haft and bordering the head and front of the blade; these rows are emphasized for most of their length by pointille ornament originally infilled with red or black.
Length 50.3 cms.
On display Western Eskimo case (Case 12+13 :3).
Label text:

This type of weapon was probably used both for hunting and for warfare.

Club

Accession details lost (Eth/NN/78).
Whale bone with curved tapered handle and rounded head. Red linen type knotted round handle end. Bone is from whale's penis.
Length 53.5 cms, width 6 cms.

Bow

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1959 (acc A597a).
Composite bow made from 3 pieces of bone, the centre and stoutest 2.7 cms wide, fastened to end with sinew, the joints overlapped on each side by smaller pieces of bone secured in place by sinew lashings. Resilience is given to the bow by 8 cords of twisted sinew which pass round the shouldered knobs at each end of the bow and are led down the outer (concave) side of the bow, being drawn close to the bone by sinew lashings at intervals. The bone is of a light ivory colour; the outer surface of the bone is on the inner surface of the bow. Some sinew and bow string missing.
Length 77.5 cms.

Bow

Central Eskimo. Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow, 1961 (acc A6115h).
Composite bow made from 3 pieces of yellowish bone c.2.8 cms wide, fastened end to end, the joints secured by bone splints, the outer ones thin and 7.3 cms and 10.2 cms long, the inner ones stout and each c.5.7 cms long. All tightly bound by sinew lashings. Resilience is given to the bow by at least 7 plaited sinew cords which pass round the shouldered and slotted knobbed ends of the bow and are drawn close to the outer side of the bow by 17 sinew lashings at intervals along the bow. The 2 lashings in the centre are far thicker than those elsewhere. The bow string consists of a black waxed cord folded to a thickness of 7 strands leaving a loop at the ends; it is tightly bound for c.9.5 cms in the centre and more loosely towards each end. One shoulder at one end broken off.
Length 73 cms, length of cord 71.1 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :4).
Label text:
Made of pieces of bone and antler, secured by bone splints. The lack of elasticity in the bone is overcome by backing the bow with plaited deer sinew, thus providing the necessary resilience. The bow is used for hunting caribou and polar bear, mainly in the summer months, but is now largely replaced by firearms.

Bow case and quiver

Central Eskimo, Copper Eskimo (?). Purchased from Berkeley Galleries, London 1959 (acc A5935a).
Combined bow case and quiver of sealskin with the hair removed. The case follows the shape of a self-bow and has an opening at the top perhaps once closed by a missing toggle fastening. The bottom end is a sewn addition. There are now several holes in the case and at least 3 original patches. Attached to the string side of the case by 3, perhaps originally 4, sinew fastening, the top one of which incorporates a 6.3 cms bone toggle, is a cylindrical quiver, c 76 cms long, also of sealskin with the hair removed. It is c 7.5 cms in diameter and has a strengthening piece sewn round the bottom. Attached at the central sinew, is a curved bone carrying handle, with pointed ends, 19.7 cms long. Received with 10 arrows and 2 shafts (a5935b-m).
Length of case 143.5 cms, width 24.2 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :10).
Label text :
Of dehaired sealskin. When travelling, the quiver is carried by a bone handle but slung over the left shoulder when in use. Besides the large case for the arrows there is, occasionally, a pouch for small arrowheads and small tools.

10 Arrows and 2 arrowshafts

Central Eskimo, Copper Eskimo (?). Purchased from Berkeley Galleries, London, 1959 (acc A5935b-m).
Received with combined bow case & quiver (acc A5935a).
A5935b : 2 pieces wood shaft, plain notch-like nook. 2 replaced flights & white and brown feathers. Bone from shaft 27.2 cms long with sinew binding, with copper arrowhead secured by copper rivet. Length 85.5 cms.
A5935c : Wood shaft with broad slot as nock. 2 replaced flights of white and brown feathers. Wooden foreshaft, 11.5 cms long, secured by sinew binding. Tanged leaf-shaped copper arrowhead with sinew binding. Length 85.9 cms.
A5935d : Wood shaft with broad slot as nock, 2 replaced flights of white and brown feathers. Wooden foreshaft 11.5 cms long, secured by sinew binding. Tanged copper arrowhead secured by sinew binding. Length 85.5 cms.
A5935e : Pine wood shaft with 2 flattish facets and a broad slot as nock. Replaced flights of dark brown feathers. Copper arrowhead with single 4.5 cms barb to one side and long tang inserted in shaft and secured by sinew binding. Length 83.3 cms.
A5935f : Pine wood shaft with broad slot as nock. Replaced flights of brown and grey-brown feathers. Copper arrowhead originally tinned, containing beaten over rivets, with a tang 8.7 cms long, secured by sinew binding, and a leaf-shaped head. Length 86 cms.
A5935g : Pine wood shaft, slightly curved with a broad slot as nock. 2 replaced flights of white and grey brown feathers. Shaft pierced to take copper arrowhead with tang secured by sinew binding and triangular head. Length 91 cms.
A5935h : Pine wood shaft, with broad slot as nock. 2 replaced flights of grey-brown feathers. Shaft pierced to take a copper arrowhead, the tang secured with a sinew binding. The arrowhead made of copper sheet, originally tinned, a rivet still visible. Heart-shaped head with tang 13.3 cms long. Length 88.2 cms.
A5935i : Pine wood shaft with broad slot as nock. 2 replaced flights of greyish brown feathers. Copper arrowhead, tang secured by sinew binding of tinned copper sheet, head triangular with a blunt tip and a single 3.5 cms barb. Length 80.5 cms.
A5935j : Pine wood shaft with broad slot as nock. 2 replaced flights of grewish brown feathers. Copper arrowhead, tang secured by sinew binding originally of tinned copper sheet. Head leaf-shaped. Length 84.5 cms.
A5935k : Pine wood shaft with broad slot as nock. 2 replaced flights, a white and a brown feather. Copper arrowhead, tang secured by sinew binding, originally of tinned copper sheet. Head triangular with truncated tip and barb of 3.5 cms. Length 8l.1 cms.
A59351 : Wooden arrowshaft with spliced foreshaft and piece c.6ins long to take the (missing) flights. Broad slot-like nock. Shaft pierced for a missing tanged head, but the sinew binding for this remains. Length 66.3 cms.
A5935m : Wooden arrowshaft hollowed at one end to take a tanged head. At the opposite end a piece has been snapped off and the nock does not survive. Length 58.5 cms.

Arrows

Western Eskimo, Alaska, Point Barrow or Bering Strait. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1965 (acc A6516a-n,p). Label attached loosely to A6816e : Bundle

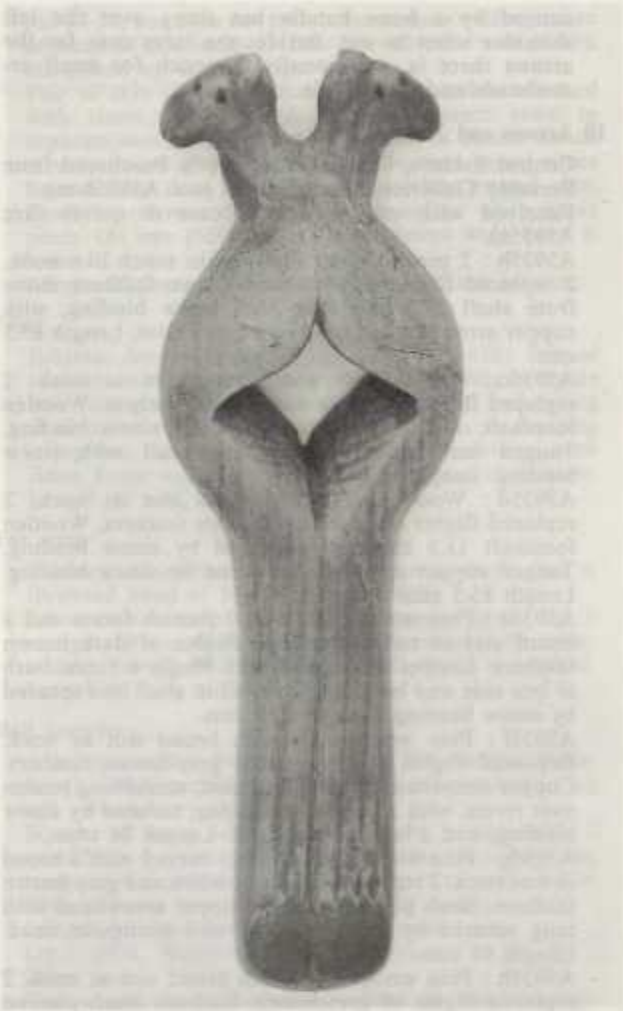


Photo 2 : Arrowshaft *(Art Gallery and Museum, Glasgow).*

of six bone-tipped arrows, two with ownership marks. From the Rosehill Collection, Lord Northesk, sold at Christie's Lot 687, 17 July 1924 (applies to A6516e,f,g,h,i,j according to accession register) k is labelled seal arrow, Cook Inlet Alaska, harpoon style.

A6516a : Possibly a deer arrow. Wood shaft with broad slot as nock. 2 flights of cut greyish-white feathers bound with sinew. Tanged bone head, triangular in section with one edge cut into 4 barbs. At the base of each barb is a groove and below the lowest a semicircular cut. Sharp point and rounded tang inserted in cut shaft and bound with sinew. Length 72.5 cms.

A6516b : Possibly a deer arrow. Wood shaft with broad slot as nock. 2 flights of 2 feathers now badly damaged. Bone head, semi-oval cross-section and 2 barbs on one side. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. Length 69.7 cms.

A6515c : Possibly a deer arrow. Wood shaft with broad slot as nock. 2 flights of cut dark brown feathers with sinew binding. Bone head, ovoid cross-section and 3 barbs on one side. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. Length 71 cms.

A6516d : Possibly for use with a boy's bow. Wood shaft with broads lot as nock. Flights missing, some sinew binding for these remain. Bone head, triangular cross-section with single barb on one side. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. Length 49.5 cms.

A6516e : Possibly a deer arrow. Wood shaft with nock. The flight feathering has been destroyed, only the whippings of sinew binding remain. Bone head, c. 18 cms long, triangular cross-section with 2 barbs on one side. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. On the lower part of the head above the shoulder is cut an owner's mark. Length 75 cms.

A6516f : Possibly a deer arrow. Wood shaft with nock. 2 flights of cut feathers, grey-brown, now badly worn, fastened with sinew binding. Section of sinew binding mid-length of shaft. Bone head c. 15 cms long, triangular cross-section, with 2 barbs on one side. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. On the lower part of the head above the shoulder is cut an owner's mark. Length 76.3 cms.

A6516g : Possibly a deer arrow. Wood shaft with broad slot as nock. Flight feathering destroyed, only a fragment remains in sinew binding. Bone head 12.7 cms long with single barb on one side. Triangular cross-section. Blunt tip triangular point, and round tang held in shaft with sinew binding. Above the shoulder is cut an owner's mark. Length 78.7 cms.

A6516h : Possibly a deer arrow. Wood shaft with broad slot as nock. No feathers now remain of flights, only sinew bindings. Bone head c.14 cms long, triangular in section with one barb each side, at different heights, and deep grooves under them. Sharp point and rounded tang held in shaft with sinew binding. Length 71 cms.

A6516i : Wood shaft, broad slot as nock. 2 flights of cut dark brown feathers with sinew binding. Bone head, 8 ins long, oval cross-section with 2 deeply cut barbs on one edge. At the tip a notch, 2.5 cms deep has been cut for the insertion of a metal point. 2 bone pins are inserted at the base of the notch. Head ends in a shoulder with a round tang inserted in shaft and bound with sinew. Length 77.5 cms.

A6516j : Wood shaft, lower end broken off, only upper sinew binding for flights remains. Bone head, c.9 cms long, oval cross-section, with a flattened grooved base and a single deep barb on one side. Barb split longitudinally into 2 sections. At the tip a notch has been cut for the insertion of a metal point, at right angles to barb. Head has shoulder and round tang inserted in shaft and bound with sinew. Length 71 cms.

A6516k : Fishing arrow, probably also used for sealing. With shaft of light brown wood, flattening towards the butt and terminating in a nock. Shaft has bands of red paint. Of 2 cut white feather flights, only one, badly damaged, remains with sinew binding. Bone head, c. 10 cms long, of 2 parts. Base with bevelled top that has hole to hold detachable point of bone with 2 barbs on one side and one on the other. Base tanged & held in shaft with string binding. String loop through piercing in point tied to bottom of this string binding. Length 2ft 7 ins. Label attached: Seal arrow harpoon style, Cook Inlet, Alaska — pencil date 25/10/1929.

A65161 : Arrow with wood shaft and black painted bands. Of 2 cut black feather flights, only one remains, with string and quill binding. Bone head, c.16.5 cms long, suboval in cross-section with a row of small notch-barbs down one side.

Point long and sharp. Base at the head terminates in a wedge-shaped tang inserted into the split shaft top and bound with string. Faint remains of red in long groove either side of notch-barbs. Length 83.7 cms. Old label attached : Arrow for spearing wild animals. Alaska — pencil date 25/10/1929.

A6516m : For shooting sea otter and polar bear (?). Wood shaft with deep nock, no flights. Head c.16.5 cms long is of iron (or steel ?). A long narrow shank, rectangular in section, flattens out to a spatulate head with a fairly sharp point. The tang is wedged between

the split end of the wooden shaft and bound with string. Length 68.5 cms. Old label attached : Eskimo arrow for shooting sea otter and polar bear — pencil date 25/10/1929 (cf Bureau Am. Ethnol. 1896-7 Part 1 PL LXI (6) 13).

A6516n : Arrow for duck and goose shooting. Wood shaft with deep groove nock. 3 cut dark brown feathers — 2 on one side, one on other form flights, set in groove in wood and with string and sinew binding. Feathers cut inside into triangles. Bone heads, 2 pieces set either side of painted shaft tip to form an acute angle, each with row of notch-barbs down their inner edges. String binding at base of heads and nearer top of shaft. Length 94 cms. Old label attached : Eskimo arrow for duck and geese shooting. Pencil date, very faint 25/10/1929.

A6516p : Arrow with wood shaft and deep groove nock. Only string binding and sinew binding near base remain of flights. Bone head, 24 cms long, sub-oval in cross-section, flattening to a spatulate shape towards the tip. The tang is wedge-shaped and inserted into a deeply cut notch in the wooden shaft and bound crudely with a waxed sinew. Length 76.2 cms.

Arrow straightener

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1961 (acc A615a).

Of light yellow polished bone, it has a slightly bent square-sectioned shank, the end of which is carved into a lozenge-shaped head with a lozenge-shaped hole, c.2x2.2 cms with roughly square-sectioned sides (cf 6th Ann. Rep. Bur. Ethno. Smiths. Inst. (1884-5 525 fig 474).

Length 16.8 cms, width 4.8 cms.

On display Central Eskimo case (case 15 :12).

Label text :

The wooden shaft of the arrow is softened and drawn through the diamond-shaped hole in the centre to straighten out any slight bends in the wood.

This type of tool is usually made from deerhorn or walrus ivory. A similar tool with a smaller hole is used for straightening pieces of bone for tipping arrows.

Arrow straightener

Western Eskimo, Bering Strait. Loaned by Louis Lyons, Glasgow, 1966 (LA 6625) found near Turriff, Aberdeenshire.

Made of dark brown, highly polished mammoth tusk. The shaft is oval in section, expanding into a rounded form at the upper end and surmounted by two animal heads in the round. The heads facing outwards, may be of caribou or even bear. The diamond shaped opening is set at an oblique angle, the back being higher than the front (cf Bureau of American Ethnology 1896-97, PL XL, 2 from Diomede Islands).

Length 12.7 cms, width 4.5 cms.

On display Western Eskimo case (case 12+13 :7).

Label text :

The wooden shaft of the arrow is softened and drawn through the hole in the implement to straighten out any slight bends in the wood. Usually deer horn or walrus ivory is used but this arrow straightener is made from mammoth tusk, suggesting that it may have been made in Siberia.

Lance

Western Eskimo, Alaska, Bering Strait. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1965 (acc A6516o). Old label attached : This article came from... 1001 Curious Things, JE Standley, Prop E V Standley Mgr... front. Seattle (on reverse) : Salmon spear used by Alaska Indians from Kuskokwim River.

Shaft of brown wood, smoothed, lozenge shaped in section with a flattened rounded butt with a hole and two pieces of thong attached. The rounded head c.2 ins long, of glass (?) with chipped edge has tang inserted into the shaft and bound with rawhide (?). Length 92.7 cms (cf Bull. of Am. Ethnog. 1896-7 PL LVD 3,4 & PL LVIIa, 19, 22).

Lance

Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625n). Ex collection of Lord Elphinstone, Carberry Tower, Midlothian.

Killing lance with shaft of light brown wood, partially stained, round in section and tapering slightly towards the sharply truncated butt. The letters MXM have been cut in the shaft. The head c.40.5 cms long, of ivory, is triangular in section with a slight groove along the upper edge and terminates in a fairly sharp point. The head is slightly curved to give a concave profile. It is held by a wedge-shaped tang inserted into the shaft and bound with sinew with double braiding. Length 167.5 cms.

Lance

East Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625o).

Throwing lance with shaft of light brown wood smoothed, round in section but narrowing toward the butt which has a rounded bone terminal. The shaft is in 2 parts, the lower 78 cms being held to the upper part by a tenon and 8 brass pins. 2 brass pins for a throwing board are set diagonally into the shaft and 2 ivory finger rests, one set transversely, the other longitudinally, and a thong with an ivory terminal are set into the shaft. The shaft expands towards the head and has a bone plate 1.3 cms wide with a knob in the centre. Another narrow bone plate lies 0.7 cms below this. The head is a long rod, 19 cms long of ivory with a hollow base to fit over the knob, 2 holes on either side carry the thongs fastening the head to the shaft.

Length 274.5 cms.

Throwing board

East Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625p).

Made of light wood, smoothed on the outer surface. The terminal bone piece has a long tenon held fast to the stick by 2 bone pegs placed transversely. The hole is u-shaped with a slightly rounded upper edge. The shaft groove on the inner face is somewhat roughly finished, the handle has a deep well-rounded notch for the thumb and a slight notch for the forefinger. On the end piece is a bone plate riveted with 3 bone pins. The hole is round, the lower part lined with pieces of quill, sewn through smaller holes. A bone peg is set transversely beside the hole.

Length 45.7 cms.

Harpon head

Greenland Eskimo, Disko Island, Davis Strait. Purchased from W. D. Webster, Bicester, 1895 (acc 95-137a).

Barbed head of walrus tusk with side piecings below barbs and lozenge cross-section socket hole at base. Tipped with lozenge shape iron blade, held by iron pin.

Length 12.7 cms, width 2.9 cms, 2.4 cms thick.

On display Central Eskimo case (case 15 :6). Label text:

Harpoon heads of walrus tusk and antler with iron tips.

Harpoon head

Greenland Eskimo, Disko Island, Davis Strait. Purchased from W. D. Webster, Bicester, 1895 (acc 95-137c).

Barbed head of walrus tusk with serrated fins below socket and side piercings at mid-length. Tipped with leaf shape iron blade. Iron pin holds blade in place, and blade has single hole to one side above.

Length 10.3 cms, width 2.9 cms, thickness 2.3 cms.

On display Central Eskimo case (case 15 :7). See above for label text.

Harpoon heads

(3 specimens) Greenland Eskimo, similar to Davis Strait examples. Purchased from R.B. Cairns, Edinburgh 1896 (acc 96-106ez).
All of walrus tusk with iron blades. One has long tusk piece with tapered socketed base, side piercing and blade edges projecting to the side from tusk tip. The second has shorter finned nock piece with broad groove at openings of side piercing and 2 holes in the leaf shape iron blade. The third has serrated finned tusk piece, with similar side piercings and no holes visible in blade.
Length 12 cms, 9 cms, 8.4 cms respectively, widths 2.6 cms, 3.4 cms, 2.6 cms, thicknesses 3 cms, 1.7 cms, 1.9 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :5, & 2 of 7).

Harpoon head

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1962 (acc A625i).
Probably of whale bone, yellowish-brown in colour with surface originally smoothed. The head is straight but cut away obliquely at the base and socketed to take the main staff. Just above the socket hole the head is transversely pierced with an oblique hole c.2.5 x 0.7 cms, to take the line; a channel is cut in the obliquely pointed back to take this line when the head is secured to the shaft. Above the shaft hole the body is 3-sided, the back and sides each decorated with 2 shallow flutes. The tip is rounded off and slotted to take a flat, leaf-shaped slate head, 6.3 x 3 cms size.
Length 24 cms, width 3.5 cms, thickness 2.3 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :1).
Label text :
Whale harpoon head, probably of whale bone with a slate head.

Whale harpoon head

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625d).
Probably of whale bone, dark yellowish brown in colour, with surface originally smoothed. The head is straight, but cut away obliquely at the base and socketed to take the main shaft. Just above the socket hole the head is transversely pierced with an oblique hole c. 2.5 x 0.7 cms, to take the line; a channel is cut in the obliquely pointed back to take this line when the head is secured to the shaft. Above the hole the body is almost triangular in section with a decorative rib along the back and one side. The tip is finished off in a blunt point and slit for 3.2 cms to take a (missing) point.
Length 23.2 cms, width 3.7 cms, thickness 2.3 cms.

Harpoon line

East Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625r).
Consisting of a continuous strip of hide, c.0.7 cms wide and over 12 metres long with a large loop at one end and passed through a bone harpoon head, 12.7 cms long, with twin barbs, slotted to take a flat leaf-shaped iron point c.3.8 cms long, secured by an iron rivet. At the opposite end the line has a loop passing through a curved bone toggle, 5.9 cms long, in the shape of a fish, and a smaller carved bone stop 3.8 cms long, thin and knobbled at one end; these are for attachment to the float line, c. 141 cms from the point the line passes through another long fitting, 5 cms long, rectangular, with 1 rounded end, and pierced with 2 additional holes, c 0.8 cms in diameter.
Total length 12.8 metres.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :7).
Label text:
The line is of hide with a bone head, barbed and tipped with iron. During the hunt for seal or walrus the line lies coiled in a wooden box in front of the hunter in the kayak, one end being attached to the float line.

Seal skin float

East Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625q).
Consisting of an originally inflatable dark brown sealskin, dehaired, each end and 1 flipper end tied up and all holes carefully stopped. The other flipper end has been fitted with a bone nozzle for inflation, the stopper missing. On to what was originally the head end has been fastened a hide line 146 cms long, ending in a loop to take the toggle of the harpoon head line.
Length 99 cms, width 42 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :6).
Label text :
Made from dehaired sealskin. A bone nozzle, for inflating the sealskin, is inserted into one flipper while the neck end is bound with a thong to which the harpoon line is attached. The float lies on the kayak behind the hunter.

Bird snare

Alaskan Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1960 (acc A6016d).
Of bolas type, consisting of 7 strands of thin twisted sinew, to the ends of 5 of which are still fastened, through v-shaped perforations, short cylindrical pieces of yellowed ivory c.2 cms long. There is another loose piece of ivory. At the opposite end the strands are bound together, a few feathers being bound with them to aid the flight of the snare, when thrown. Obviously an old specimen.
Length c.61 cms.

Wolf killers

Alaskan Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8v).
Pointed strips of whalebone with asymmetrical jagged ends.
Length 30 cms, width 1.4 cms.
On display Western Eskimo case (case 12+13 :4).
Label text:
Of whale bone. Prior to the introduction of steel traps wolves were killed with these pointed strips which were softened, bent, wrapped in blubber and left for the animals to eat. The heat of the body thawed the blubber, releasing the whalebone which, in turn, lacerated the stomach.

OTHER TOOLS

Knife (Pana) or dagger

Copper Eskimo, Northwest Territories. Purchased from Berkeley Galleries, London 1959 (acc A597c). Said to be 18th century in date.
Has tanged, broad, leaf-shape blade of copper, worked cold, the edges tapered away from a flat central rib. The hilt consists of 2 pieces of bone, one fitting over the tang of the blade and forming the grip, the other, a T-shaped pommel, being spliced to the grip, the 2 pieces are secured by copper rivets. Secured to a hole in the pommel and wrapped spirally round the grip is a binding of thin brown leather.
Length 43.5 cms, breadth, 7.3 cms.
On display in Central Eskimo case (case 15 :1).
Label text:
With a copper blade riveted to a bone handle, bound with leather. Extensive deposits of copper occur along the Coppermine River and Coronation Gulf area giving the name "Copper Eskimo" to the group using these

deposits for making tools and weapons. The Eskimo never learned to smelt it, however, but hammered it cold.

Knife (Pana)

Copper or Netsilik Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1964 (acc A644b).
With long straight smoothed bone handle, slotted at one end to take a copper blade, which is secured by a copper rivet. The blade is 12.5 cms long and 3.8 cms broad, sub-triangular in shape, but with convex sides. It has broad bevelled edges with a slightly hollow-ground, the tip being rounded. At the opposite end the handle is slotted to take a T-shaped chisel-ended terminal, 4.8 cms wide of bone, secured by a bone pin. Such a long-handled knife may have been used for probing a seal's breathing hole and afterwards building a snow dome over it, also for building snow dwellings.
Length 4.3 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :2).
Label text:
This specimen has a long bone handle. Apart from other uses this type of knife is suitable for cutting up the carcasses of seals and whales.

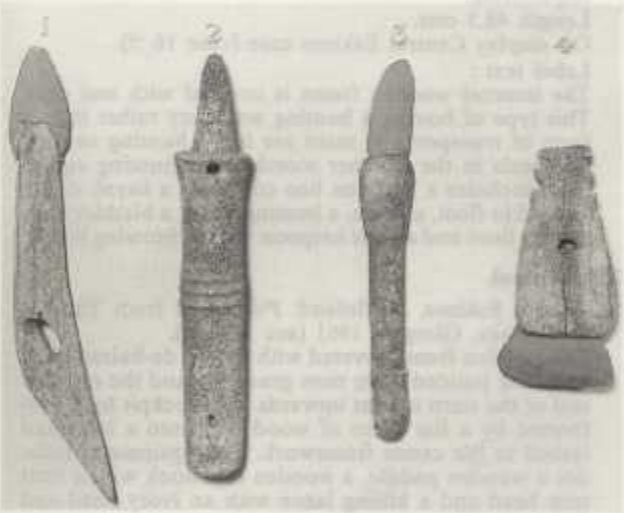


Photo 3 : Tools *(Art Gallery and Museum, Glasgow).*

Knife

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1962 (acc A625f).
Brown bone handle with smoothed surface, straight oval in section in the middle, but with an expansion to either end, the butt laterally pierced with a hole 0.5 cms in diam. The opposite end is slotted to take a flat tanged slate blade with one edge straight and the other curved. A single rivet hole remains on one side of the handle near the straight edge of the blade; the hole opposite is broken away.
Length 20 cms, of blade 5 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :3).
Label text :
Knife, with bone handle and slate blade.

Knife

Central Eskimo. Presented by Wellcome Historical Medical Museum 1951 (acc A51-13m).
With rough bone handle, flattened on one side and half-round on the other, to which is riveted a short, single-edged and pointed iron blade, curved for almost a quarter circle at right angles to the cutting edge. The present haft seems at one time to have been used to hold a blade, since it is pierced with 3 rivet holes, whilst a fourth has been started.
Length 15.8 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :6).
Label text :
(for 51-13m,n and A6425a).
Knives with polished bone handles and curved iron blades. The largest is probably a wood working tool, the smaller ones being used for bone and ivory carving.

Knife

Central Eskimo. Presented by Wellcome Historical Medical Museum 1951 (acc A51-13n).
Knife with bone handle flattened on the bottom and half-round on top, to one end of which is riveted a short, single-edged and pointed iron blade, curved at right angles to its cutting edge, and fitting snugly to the haft, which is also curved. Blade is now so worn that little but its edge and point remain visible beyond the haft.
Length 15.2 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :6).
Label text : see above.

Knife

Central Eskimo. Purchased from Mrs W. D. Lamont, 37 Kirklee Road, Glasgow, W.2 (acc A6425a). Curved knife of the type used for wood carving, with curved handle of smoothed and polished bone, approximately rectangular in section and tapering to an almost pointed bevelled tip. The curved blade is 12.7 cms long, with a single bevelled edge and pointed at the tip, and is very dark in colour. It is checked into the handle and attached by 3 rivets. On the back is stamped "..OM-MUNITY N.I.Y".
Length 55 cms.

Snow knife

(Sulung) Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1963 (acc A6346a).
Ivory blade cut from a gently curving tusk, one side being the rounder outer side of the tusk. To this is applied and secured by iron rivets, a bone handle, one side of which is flattened to correspond with the flat edge of the blade. A short finger grip is made by cutting away a portion on each side of the handle (cf 6th Ann. Rep. Bur. Ethn. Smiths. Inst. 1884-5, 559 fig 490).
Length 36.5 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :3).
Label text :
(Sulung) with an ivory blade and bone handle. This type of knife was used for cutting snow blocks to build igloos, the typical winter houses of the Central Eskimo.

Skin scraper

Western Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc 02-8ab).
Curved wooden handle/haft. Hide thong binding, knotted underneath. Grey basalt blade, fan-shape with bevelled curved cutting edge.
Length 19 cms, height curve 6 cms, width blade 6.3 cms, width haft 4.3 cms.

Skin scraper

Western Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc 02-8ac).
MISLAID ?

Adze head

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625g).
Composite adze head consisting of a bone socket, a

truncated triangle in shape, slotted at the back to take a knee haft and pierced with 4 horizontal eyes c.0.8 cms in diameter, the lowest having a central hole opening on to the front of the socket. A flat triangular slate blade 6.5 cms wide, is set into the socket and secured by a wooden wedge. There may originally have been a fifth horizontal eye at the top, disused and partially destroyed during the life of the adze head.
Length 12.5 cms, width 6 cms.
On display, Central Eskimo case (case 15 :4).
Label text:
Composite adze head with bone socket and triangular slate blade.

Adze blade

Eskimo. Presented by Wellcome Historical Medical Museum, 1951 (acc A51-13r).
Whale (?) bone wedge shaped and sharpened from both sides. Butt rather roughly broken off. A hole c.0.7 cms diameter runs through the adze at right angles to the blade and about 4 ins above it.
Length 16 cms, width 4.5 cms, height 4.7 cms.

Mattock handle

Eskimo. Presented by Wellcome Historical Medical Museum, 1951 (acc A51-13k).
Of "knee-haft" form, solid bone. The head, at the short end at right angles to the handle, has a flat step cut for a depth c.3.8 cms into the inner side : to this would be bound the iron blade, now missing. Mattocks used for separating blubber.
Length c.35.5 cms.

Mattock handle

Eskimo. Presented by Wellcome Historical Medical Museum 1951 (acc A51-131).
Similar to A51-13k, but with step cut for a depth of c.5 cms into the inner side of the head. Traces of punched decoration, including letters SE on handle.

Callipers

Accession details lost (Eth/NN/79).
Callipers of bone, with bone pivoting pin and thong knotted strip at base of each arm. One side of bone rods polished, other side rough.
Length 29.5cm, width 4 cms, thickness 0.7 cms.

Snow shovel rim

Probably Greenland Eskimo. Presented by the Wellcome Historical Medical Museum, London, 1951 (acc A51-13s).
Cut from a solid piece of bone to fit a slightly curved wooden shovel. The slot into which the wooden part of the shovel would fit has walls pierced with holes to which the sinews holding the wood and bone together would be secured.
Length 27.6 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :2).
Label text :
The shovel is frequently made of wood and has a broad blade and short handle. As wood is scarce this tool is often made from several pieces of wood, neatly dowelled. The sharp edge of the blade is of ivory, held in position with wooden pegs.

WATER TRANSPORT

Model kayak

Greenland Eskimo ? Bequest of Mr Turner, Glasgow (acc 04-14ec).
Wooden frame covered with de-haired whitened skin with a wooden man sitting in (just torso & head) wearing cotton cloth parka, his face roughly carved. He has ivory hook hands to hold double bladed ivory-tipped paddle. A harpoon is lashed to kayak top, the wooden foreshaft has come loose. A wooden seal skin float, ice-pick(?) and trap (?) are also attached to kayak top. Cover for kayak opening of dark & white hide. Kayak has bone tip at stern and bow and bone rod underneath skin, thong lashings have bone toggled.
Length 84.5 cms, width 10.5 cms, height with man 14 cms.

Model kayak

West Greenland. Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow 1961 (acc A6115e). Bought by him in Copenhagen.
Frame covered with dark brown de-haired hide and protected at bow and stern by ivory keel runners with terminal knobs. The wooden figure of an Eskimo in the central cockpit is dressed in a hooded jacket of white linen and grasps a double-ended ivory-tipped paddle with each hand. His equipment includes a throwing lance, ivory-tipped, with throwing board, an ivory-headed killing lance, a float, 2 steel-tipped lances, with 3 ivory barbs, a coiled harpoon line on its stand and attached to the float, an ivory knife for scraping ice off the kayak, carcase-touring apparatus and 2 wooden implements.
Length 48.5 cms.
On display Central Eskimo case (case 16 :5).
Label text :
The internal wooden frame is covered with seal skin. This type of boat is a hunting accessory rather than a form of transport; its main use is for hunting caribou and seals in the summer months. The hunting equipment includes a harpoon line coiled on a kayak stand, a sealskin float, a lance, a hunting knife, a bladder dart, towing lines and a light harpoon with a throwing board.

Model kayak

Central Eskimo, Baffinland. Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow 1961 (acc A6115i).
The wooden frame covered with brown de-haired hide. The long pointed stern rises gradually and the extreme end of the stern is bent upwards. The cockpit has a rim formed by a flat piece of wood bent into a loop and lashed to the canoe framework. The equipment includes a wooden paddle, a wooden seal hook with a bent iron head and a killing lance with an ivory head and pins.
Length 96.5 cms

Full-size kayak and hunting gear

West Greenland Igdlorsuit. Purchased from Mr J. Campbell, Voltaire & Rousseau Bookshop, Glasgow 1980 (acc A804a-n). Made by Eskimos in 1959 for Kenneth Taylor.
The wooden frame is made from timber imported from Denmark, it is covered with seal skin with a wooden cockpit hoop (possibly willow). The hull section is a V-shape and deck thongs with toggles for holding hunting implements stretch horizontally accross the kayak, four on the bow and two in the stern. A long plate of bone is attached to bow and stern (a).
The paddle (b) is double ended with bone paddles tips. The screen (c) is used mounted on front of kayak when stalking and is made from white cotton cloth, hemmed and slotted to take wooden battons at top and kayak deck level, making an elongated horizontal screen. The harpoon (d) has bone ends and a bone tipped foreshaft fastened with thonging. There is a triangular-shaped gun-case (e) of seal skin with wire loop inside mouth and ivory bar, a spear-thrower (f) made from a triangular piece of wood with bone tip, a seal skin float (g) made from an inflated seal skin with bone plug and thong attachment, a wooden skeg (h) used to hold the

canoe on course at final run to kill, a stand of wood and bone (i) to hold harpoon steady on the kayak top, a seal skin cockpit 'shirt' (j), a wooden club stick (k), a small wooden platform to raise the neck of the gun bag off the deck (l), thong and toggle (m) for attaching hunting gear to kayak deck, and a mounting block for the screen (n).
Length of kayak 503.5 cms, width at cockpit 44 cms.
Length of paddle 240 cms. Other dimensions available.

Model umiak

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon, 1901 (acc '01-113b).
Open skin boat with wooden frame and thin sealskin cover. Has 2 end struts and 3 cross-struts on top, 2 paddles and 2 quant poles fastened to middle cross-strut with white cotton thread. White cotton thread and wood pegs join rest of structure. Hide binding between 2 of different cross struts, 1 each side.
Length 31 cms, width 14.6 cms, height 5 cms.

Model umiak

West Greenland Eskimo. Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow, 1961 (acc A6116f). Bought by him in Copenhagen.
Wooden frame covered with buff de-haired hide. The umiak is rowed by 4 women each dressed in a different variety of West Greenland costume and each provided with a square bladed wooden oar. A male Eskimo in a blue hooded jacket holds the similar but smaller steering oar. On the haft deck between are a wooden chest, urine pot, kettle, 2 (supposed) steatite bowls on tripod stands, 2 dishes holding ulus, bundles of skins, furs, yokes, poles etc. Tied in at the bottom of the umiak is a cauldson with implements. Protecting gunwale posts at bow and stern repaired.
Length 66.7 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :4).
Label text :
Women's boat. Over the wooden skeleton is stretched a sheath of seal or walrus skin, sewn together. The umiak is now used solely for travelling in open water in summer and, as the model shows, the women frequently do the rowing. Formerly the men used the umiak for whaling expeditions. The figures show modern Greenland dress consisting of jackets, without hoods, covered with coloured cotton or silk. On the half-deck are models of household implements, skins and furs.

LAND TRANSPORT

Model sledge

(Unia) Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon, 1901 (acc '01-113e).
Long near-rectangular sledge made of soft wood with cross-struts and 2 model seals, gun, lance, powder horn and bag lashed on sledge top with cotton thread. 6 wooden dogs with hide thong harnesses and single cotton thread traces. No driver.
Length sledge 32 cms, length to front dog 69 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :8).
Label text:
(Unia) loaded with dead seals. Due to a lack of wood sledges were formerly made of pieces of drift wood, bone or even frozen skins. The sledge being the main form of transport in winter, the dog team needs free movement amongst rough and hummocky ice; the dogs here are spanned fan-shaped, each having its own trace, but driven without reins.

Model sledge

Greenland Eskimo (?). Purchased from Berkeley Galleries, London, 1959 (acc A592a).
Carved in moose ivory, pieces lashed together with sinew. The sledge consists of runners, upturned at the front, joined together by 3 arched cross members which support 2 longitudinal bearers upon which rest the cross pieces of the main platform. The runners also carry 3 uprights on each side; these support bearers carrying the main platform, and also top rails connecting with the front ends of the runners. The top cross piece of the platform is shorter than the rest, and has a hole for the attachment of the dog harnes. Around 7 cross pieces were missing and part of right hand rail.
Length 28 cms, breadth 7.5 cms, height 9 cms.
On display Greenland Eskimo case, (case 16 :3).
Label text missing.

Dog whip

Greenland. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1960 (acc A6016e).
Stout handle of brown hardwood, perhaps oak, 26 cms long, with rounded grip, slotted to take the 9 rawhide thongs which form the upper part of the whip. To the handle is also attached a rawhide loop. The rawhide thongs c. 1.5 cms wide, are pierced at intervals and stitched together by a rawhide strand. The thongs gradually diminish in numbers and width until only a single thong is left for the last 376 cms or so of the whip.
Total length c.920 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :3).
Label text :
The wooden handle is slotted to take a rawhide thong which binds it to the lash made of walrus or seal hide. Occasionally a bone ferrule was attached to the handle to act as a brake when the sledge was descending a steep slope.

CONTAINERS AND DOMESTIC EQUIPMENT

Fish skin bag

Western Eskimo. Purchased from Mrs E.W. Wilkie, Edinburgh, 1902 (acc '02-8az).
Satchel type bag with a large pocket front and back, either side of a mid fold and with a central vertical slit opening. Decorative banding of cut seal skin and white and natural sinew twist at openings and as horizontal cross bands. Dry, perished and cracked.
Length 33.5 cms, height 34 cms.

Needle case

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625c).
Tube of polished yellow bone, made from a shank bone, open at each end, with the middle hollowed out and smoothed. Just below the wider end is a scored band infilled with a dark substance. Below this are two scenes in similar technique, the upper showing tents and fish (?) hanging on lines to dry, the lower showing 2 hunters, with spears, and a walrus.
Length 6.7 cms, diameter 3.5 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :14).
Label text :
Made from a shank bone with an incised decoration of human and animal figures. The box should probably have a wooden base and lid.

Food dish

(Utusik) Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1961 (acc A615b).

Carved from grey steatite, quadrangular in shape, flat-bottomed but with slightly bowed sides and ends. A slight ridge runs across each end just above the middle. In the upper edge of the vessel, at or near each corner is pierced a hole c.0.3 cms in diameter, emerging c.1.2 cms below the top, to take a suspension thong. Still soot-coated in places. One side and end cracked and repaired.
Length 27 cms, width 11 cms, height 10 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :10).
Label text:
Made of steatite (soapstone). Due to the lack of wood, clay and metal the Eskimo have adapted soapstone for making household containers. The four holes in the rim are for thongs which suspend the dish over the lamp.

Lamp

Greenland Eskimo, West ? Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow, 1961 (acc A6115g).
Carved from grey steatite, almost semicircular in shape, one side being straight, the other curved. The underside rounded, the upper part hollowed out. Somewhat chipped in use.
Length 23.7 cms, width 11.5 cms, height 4.8 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :11).
Label text :
Made of steatite. Formerly the lamp, burning blubber oil, was one of the most important household articles used for lighting, heating, cooking and drying clothes. Without the lamp life would have been almost impossible in the treeless Arctic.

Ladle

Central Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London 1962 (acc A625m).
Originally of musk-ox horn, which has split and lost portions. Remains of a wooden handle are attached by a thong passing through 2 holes in the ladle and retained in a slot at the back. Broken parts of the ladle have been trimmed away and patches applied. A neat ivory patch is attached by 4 copper rivets at the side. A broken piece of the horn itself is held by 2 copper plates and rivets, and also attached by a thong. A rather rough triangular bone patch is attached by sinew or thong. Various attachment holes, some with copper rivets, not in use, are to be seen. Some thongs have worked loose.
Length 20.7 cms, width 14 cms.
On display Central Eskimo case (case 15 :5).
Label text:
Of musk-ox horn with the remains of a wooden handle attached by a thong. The bowl is patched with ivory plates. Occasionally the ladle is used for drinking soup made from boiled seal or walrus meat.

Model hearth

Greenland Eskimo. Purchased from Thomas B. Lindsay, Glasgow, 1965 (acc A6520j).
The lamp, one side straight, the other curved, rests on a 3-legged wooden stool. Imitation blubber fills the shallow bowl of the lamp. Above it is suspended a kettle or cooking pot wider at the base than at the top. Thongs attached to the 4 corners of the rim support it on a framework of 4 poles, arranged in a square around the lamp and with 4 cross-bars connecting the poles at the top. A model *ulu* or woman's knife has a lanceolate blade made of tin with a barrel-shaped handle bound with a thong. A small stick 3 ins long is used for trimming the wick and lighting other lamps.
Height 17.7 cms, lamp 7.5 cms, kettle 6.3 cms.
On display Greenland Eskimo case (case 16 :12).
Label text:
The lamp, burning blubber oil, rests on a wooden stool. Suspended above it is the cooking pot with thongs attached to the wooden framework surrounding the hearth. Usually a hoop with a net of thongs stretched across it lies on the wooden crossbars and serves as a clothes drier. The small stick is used for trimming the wick and lighting other lamps. The women's knife (ulu) is used for cutting up game, skins and making clothing.

SMOKING

Pipe

Western Eskimo, Point Barrow, Alaska. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1959 (acc A592c).
Tobacco pipe consisting of a gently curved polished wooden stem tapering slightly from bowl end to mouth piece. Made by splitting a solid piece of wood, hollowing out the centre and binding the pieces together again. Bowl with flatish top of brass and support of copper is attached by sinew. Mouthpiece damaged and part of sinew binding lost.
Length c.25 cms, diameter of bowl top 4.5 cms.
On display in Western Eskimo case (case 12 & 13 :9).
Label text :
The stem is made from two pieces of wood normally held in position with sinew bindings. The tall bowl is of brass and copper.
Tobacco was introduced among the Alaskan Eskimo from Asia, by way of Siberia and the Bering Strait. This type of pipe with an upright cylindical bowl and wide rim, made of metal, stone or ivory, is similar in many ways to Asiatic pipes.

GAMES

Pin and hole game

(Ajegaung) Central Eskimo, possibly Baffinland. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1962 (acc A625j).
Yellowed ivory in the form of a conventionalised polar bear, the right eye of which is represented. On the top are 13 holes, some running into each other, on the right side 3, on the left side 11, at the front 3, at the back 6 good and 3 broken holes, and on the underside 24 holes. The finish is plain, smooth and slightly surved. (cf 6th Annual Report Bul. Ethn. Smith. Inst. 1884-5, 566 (fig 5B)).
Length 12 cms, length of pin 14 cms.
On display in Central Eskimo case (case 15 :7).
Label text :
Made of ivory in the stylized form of a polar bear. The purpose is to throw the piece of ivory in the air and catch it on the stick in a given sequence of holes. The game is widespread amongst the Eskimo being played, not only as a source of amusement, but also as a means of gambling.

RELIGION

Mask

Western Eskimo. Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh 1902 (acc '02-8d).
Small ovoid mask of wood with pierced oval eyes, large triangular nose, prominent lips and interlocking wooden peg teeth, the incisors being very fang-like. The distinct head cap area is painted black, and the lips red. A hide thong is tied through piercings at the side and knotted at the back.
Length 18.5 cms, height 12.6 cms, thickness 5.0 cms.

Photo 4 : Eskimo mask, probably from King Island, Alaska, end of XIXth century *(Art Gallery and Museum, Glasgow).*

Exhibited at Whitney Museum of American Art, Nov 1971 — Jan 1972, illustrated in exhibition Catalogue, plate IV.

Mask

Western Eskimo (?). Purchased from Mrs E.K. Wilkie, Edinburgh 1902 (acc '02-8bc).
Ovoid wood mask framed by two loops, the interior one of wood covered partially with a hide strip, the exterior one of reed or other fibre, bound with hide. The face inside has a very long forehead, a square nose, raised cheek areas, a 'v'-shaped slit mouth, and painted rings on the cheek area. A painted skin tassle and single feather are tied through a hole in the nostrils as a nose ornament. The face is very brightly painted with blue stripes that have white ringed red dots on the forehead and nose area. The paint is so bright it is possible that it has been retouched by an over enthusiastic conservator at some date. The framing loops are attached to the side of the wooden face at mid-height with string.
Length 52.5 cms, height 34 cms, thickness 9.5 cms.

Drum

Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1959 (acc A597h).
Tambour with membrane of seal intestine on an oval wooden frame. The loop of the frame held together by stitching with sinew. Under the membrane is one wooden crossbar, across the shorter diameter of the tambour. A rectangular wood handle is attached to the frame side with sinew lashing. The membrane is held in the upper of two grooves in the outer face of the frame by a hide thong. The membrane was incomplete and torn on arrival and was subsequently backed onto a muslin base with carbo-wax.
Length 18.5 cms, width 41 cms, height 6.1 cms.

Drum

Greenland Eskimo. Purchased from Berkeley Galleries, London, 1964 (acc A644a). Marked Angmagsalik 1936, rapporté par Michel Perez, apparently from expedition of the "Pourquoi Pas".
Tambour with cream coloured skin membrane on an oval wooden frame. The loop of the frame held together by stitching withsinew. The membrane is held in the lower of two grooves in the outer face of the frame by a hide thong. A curved wooden handle is attached by sinew lashings to the frame side, and a rough face is carved on its tip.
Length 45.7 cms, width 40 cms, handle length 11 cms, frame 4.5 cms.
On display in Greenland Eskimo case (case 16 :1).
Label text :
The membrane, probably of sealskin, is stretched over a wooden hoop and secured by sinew. On the terminal of the wooden handle is carved a stylized human face. The drum is held in the left hand and beaten with an ivory or wooden stick. It accompanies any form of singing and chanting as well as religious ceremonies.

ART PRODUCTS

Model house

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113a).
Roughly carved in imitation of wood panels, a rectangular house with projecting entrance cover at front (now loose). Skin covered window above this, 1 chimney and a section of roof which lifts off. Inside is a printed yellow floral cotton bed, 2 seats to the side of the bed, a stove with pipe continuous with chimney, and a round table. Held together with small wood dowels.
Length 19 cms, width 12 cms, height 11.7 cm.

Male costumed doll

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113f).
On loan to Education Department, no description available.

Female costumed doll

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113g).
On loan to Education Department, no description available.

Miniature figure

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113i).
Bone carving of a man wearing parka, trousers and boots and a flat cap on his head. A model gun and satchel, also of bone are tied round his waist with cotton thread. Touches of red paint visible along parka hems, man's neck, lips and cheeks.
Length 5.3 cms, width 1.9 cms, length of gun 4.1 cms.

Miniature reindeer

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113k).
Bone carving of reindeer with horns. Mouth, nostrils, eyes and ear tips etched with black ink.
Length 3.6 cms, height 2.5 cms, width 0.8 cms.

Miniature kid

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-1131) Bone carving of kid (or lamb ?), the ears now broken off. Mouth marked with a rough black cross and black dots for eyes.
Length 2.6 cms, height 2 cms, width 0.6 cms.

Miniature mammal

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113m).
Bone carving of long-tailed mammal (?), 2 legs broken. Paws, nostrils eyes and ears marked with black, mouth with red.
Length 5 cms, height 2.1 cms, width 0.7 cms.

Miniature fox/dog

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113n).
Bone carving of a dog or fox, with tail straight out behind the body stretched. Ears, eyes, nostril and mouth etched with black.
Length 4.9 cms, height 1.1 cms, thickness 0.7 cms.

Miniature bird

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113o).
Bone carving of a bird with wings etched on its sides, sits back on rear of body, feet out in front, ears, eyes and mouth etched with black. Beak tip broken off.
Length 3.2 cms, height 2.5 cms, thickness 0.9 cms.

Miniature bird

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113p). Bone carving of a duck (?), with wings etched on its sides. Sits back on rear of body, feet out in front. Ears, eyes, beak and feet tips etched with black.
Length 3.4 cms, height 2.3 cms, thickness 0.6 cms.

Miniature bird

Labrador Eskimo ? Purchased from Edward Lovett, Croydon 1901 (acc '01-113q).
Bone carving of bird, beak and side of head now badly chipped, feet and tail tips now broken off. Etched design of wings on sides.
Length 2.6 cms, height 2.5 cms, thickness 1.0 cms.

Pair of Snow Geese

Purchased from Dr Helen Lochhead, Glasgow, 1973 (Acc A7314a). Presented to Mr & Mrs Lochhead by the wife of the first Bishop of the Arctic.
Carved in grey steatite, one bird larger than the other. Both have a hole drilled on their underside to take a wooden peg which is inserted into a flat steatite base. On the base is a label CANADIAN ESKIMO ART.
Base 5.7 x 5 cms, large snow goose length 12 cms.

Whale

Purchased from Dr Helen Lochhead, Glasgow, 1973 (acc A7314b). Presented to Mr and Mrs Lochhead by the wife of the first Bishop of the Arctic.
Carved in steatite, polished dark grey, body and base one piece. Incised on the base the number E9-944.
Dimensions ?

Dancing Man

Presented by Mr G. Niven, Glasgow, 1986. Given by a senior partner of an international accountancy firm from Toronto as a thank you to Mr Niven's brother who organised a tour of Scotland for them as part of a trade visit in 1986.
Whalebone carving of a man dancing or throwing up his arms in joy, legs bent and at slight angle. Rough outline of parka with hood. Very pitted bone, worn smooth in places.
Height 17.5 cms, width 16.5 cms, thickness 6.5 cms.

Antonia LOVELACE,
Assistant keeper
Department of archaeology,
ethnography and history.

II. KALAALLIT NUNAATA KATERSUGAASIVIA (THE GREENLAND MUSEUM) BOX 145, DK-3900 NUUK/GOTHÅB, GREENLAND

Kalaallit Nunaata Katersugaasivia (=The Greenland Museum) is since 1981 the national museum of Greenland. It was founded ca. 20 years ago as a small local museum, but has now developed to a considerable size. Since the Greenland Home Rule took over the responsibility for cultural matters there has been a strong interest in establishing a modern museum. The museum now has all the necessary facilities : preservation laboratory, photographic and graphic departments, modern storage-areas and a staff of 11 persons, of whom more than half are inuit.

Accessions :

Among the most prominent collections, the following must be mentioned.

- the 8 inuit mummies from Qilakitsoq from the 15th. century.
- the fine collection of 160 water-colors by the inuit artist Aron from Kangeq (19th. cent.).
- important parts of the Danish National Museum's east Greenland collections were transferred to Greenland in 1986. These include parts of the Gustav Holm Collection from 1884, ethnographic objects from Tasiilaq from the turn of the century, where special mention must be made of the important "Christian Rosing Amulet Collection". Important archaeological excavations from Tasiilaq, i.e. Kangaartik and Suukersit, the "death-house Nuuaalik" and a large material from the "Dødemandsbugten" were likewise transferred. Parts of other collections were transferred at the same time.
- material from archaeological excavations in Tasiilak, Dove Bay (North-East Greenland), Nuuk and Sisimiut. This comprises material from the paleo-eskimo cultures, the Thule- and Norse cultures and the Moravian Mission in Nuuk.
- excavated material from an 18th. century Thule-culture site in Scoresby Sund. The ruin is called "The bead-house".
- several hundred water-colors of an inuit artist working in the beginning of this century, Isak Danielsen. The pictures depict the inuit ideas of the supernatural beings. The collection has never been published until it was put on display two years ago in the Greenland Museum.
- an 18th century kayak was donated by Holland to the Greenland Museum a few years ago thereby giving us the opportunity to exhibit one of the oldest Greenland kayaks in the world. It was at the same time a valuable contribution to our collection of ca. 20 kayaks from all parts of Greenland. Most of them from this century.

Among the more recent material it can be mentioned that the museum has obtained a large ethnological (interviews) material also from the National Museum and a fine photocollection from the Royal Greenland Trade Company (formerly KGH, now KNI).

Besides, many people still donate paintings, clothes etc. to the museum and the museum itself buys Greenland handicraft like bone-and soapstone carvings and paintings. Thanks to two major collections donated to the museum within the last 6 years, the Greenland Museum now has a very impressive and representative collection of Greenland art, covering the last 50 years development.

Likewise films about Greenland are bought when possible.

Objects in the museum are recorded in greenlandic with a short danish translation — and photographed. This is now done manually. We are cooperating with the National Museum in Denmark to establish a database-program on all objects and knowledge on Greenland in both museums.

Another important task is the mapping of all human made features in the Greenland landscape. For scientific and administrative reasons, the Museum sends out each year survey-teams to different parts of Greenland. All sites are documented, photographed, drawn and described. Sometimes test-excavations are made. The files now contain information of 4.-5.000 sites all over Greenland.

Larger archaeological excavations have not been made by the Greenland Museum for the last 5 years. For the last 4 years the museum in Qasigiannguit (Christianshåb) has been excavating a big and very important saqqaq-culture site, with extremely well preserved organic material.

In scientific terms the plans for the future can be divided in archaeological plans and ethnological plans :

Archaeology

The museum now tries to establish a long-term scientific programme to elucidate the cultural history in East Greenland from the far Northeast to Kap Farewell. This will include archaeology and ethnohistory. The programme will probably run for 5-7 years and include the cooperation with scientists in other fields like zoology, botany and geology.

Last year, a major programme was set up to document all human remains from Greenland and their cultural context. Letters have been sent world-wide to museums and other institutions. The goal is to make a database on these remains and the information about them and to continue the interdisciplinary research on man and his environment in Greenland past, which started so succesfully with the mummies from Qilakitsoq. A catalogue of the recorded remains is supposed to be published in 1988. Research on the material will take place in the following years.

Ethnology

A major concern is the documentation of elders traditional knowledge on land and marine resources, technology, social behaviour etc. This information is no longer handed down to the next generation like earlier. A rescue-programme is supposed to be established within the next year.

Exhibitions and publications

The museum has permanent exhibitions on East Greenland, inuit skin clothing, the mummies from Qilakitsoq and kayaks and umiaqs. Temporary exhibits are made whenever we can loan an exhibit or arrange one with own material.

For some of these temporary exhibits, catalogues are made. Catalogues have been made in greenlandic, danish and english for the mummies and the East Greenland exhibit.

The Qilakitsoq-mummies have also been published in a colorfull book in greenlandic, danish and dutch. It is hoped it will soon appear also in french and english. Likewise a documentary movie on the interdisciplinary scientific investigations into the mummies have been made (30 minutes, 16 mm. color, danish speak). This film will probably appear in a french version in 1988.

In the last years the growing international interest in Greenland has resulted in several exhibitions abroad where the Greenland Museum has contributed with material. Japan, Denmark, Sweden and Canada can be mentioned. In 1988 the Qaqortoq Museum opens a small exhibit in Havana, Cuba, and the Greenland Museum participates in a Danish exhibit-programme in France in 1988.

Educative programs

The museum has no specific educative programs. Our main concern and obligation is to improve the scientific standards on the Greenland museums. We have a museum conference every second year where the participants exchange ideas and experts give lectures in documentation, preservation, exhibition, surveying, archaeological and etnological methods. The staff at the Greenland Museum often visits the local museums to give advice on any kind of museum-related matters.

Besides we cooperate closely with Ilisimatusarfik/The Greenland University. Interested students work at the museum and/or join us in the field-work.

Museums in Greenland

Museums have been established in all towns except : Ivittuut, Qeqertarsuaq, Tasiilaq and Ittoqqortoormiit. Tasiilaq expects to get a museum in a few years. Except for Qaqortoq, Nuuk, Ilulissat and Upernavik all these museums have been established within the last 6 years due to economic support from the Home Rule.

Claus ANDREASEN
Museum Director

III. UNIVERSITY OF KANSAS MUSEUM OF ANTHROPOLOGY, LAWRENCE, KANSAS 6605, USA

The Museum of Anthropology at the University of Kansas, Lawrence, houses the Arctic ethnographic collection of Lewis Lindsay Dyche. Dyche was a professor at the University from 1888 to 1915 and made several

collecting trips to Greenland. In 1895 he was a member of the Peary Relief Expedition. This expedition was organized to rescue Lt Robert E. Peary back from an unsuccessful attempt to reach the North Pole. Dyche collected birds, eggs, seals, narwhal, reindeer, polar bears and ethnographic objects for the American Museum of Natural History and the University of Kansas Museum of Natural History. The ethnographic objects are now in the University's Museum of Anthropology.

Many items from his collection were on exhibit from 1975 to 1985 at the Museum of Natural History. The Museum of Anthropology currently exhibits a small kayak and Eskimo dolls that are part of: "What is to be Human", a permanent exhibit that explains culture. The artifacts demonstrate the use of such items for adult role learning by Eskimo children in a life cycle sequence. Kayak tools, a harpoon, lance, bird dart and atlatl are used in part of this exhibit to demonstrate the quest for food.

The collection contains a full sized kayak and paddle with all the tools that were carried on the boat for hunting. Other items such as clothing, fishing tools and harpoons, skis, rugs, and lamps are part of the collection. The entire collection is catalogued on a computer system but has not been photographed.

Dyche's life and travels are currently being researched using his diaries and glass lantern slides. This research will be published in a biography of Dyche. The museum has not planned future use of the artifacts other than those that are part of the permanent exhibit "What is it to be Human".

Cathy J. AMBLER
Public Relations

IV. AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY, NEW-YORK, NY 10024, USA

Four years after the American Museum of Natural History was organized in 1869, the Museum's Administration formed the Department of Anthropology to develop and manage an international collection of ethnological, archaeological, and physical anthropological material. From 1873 to the present, items from the Arctic region have been part of this collection, used for exhibition and research. The Department's Arctic holdings today consist of well over 31,000 items from North America and Greenland, Siberia and Scandinavia.

Collection Inventory

The North American, Asiatic and Greenland Eskimo collection numbers more than 26,000 items : masks, skin and textile clothing, hunting and fishing implements, religious paraphernalia, utensils, pots, dishes, tools, ivory carvings and other artworks, snowshoes, dog sleds and harness, charms and amulets, musical instruments, kayaks and boating equipment, games and toys. Among the oldest in the Department, the Eskimo collection was acquired by large-scale expeditions, archaeological excavations, purchases, intermuseum exchanges, and gifts made as recently as 1978. This collection includes items from the Asiatic Eskimo (Yuit), the Alaskan and Mackenzie Eskimo; the Central Eskimo, including the Copper, Netsilik, Caribou, Southampton, Iglulik, Baffin and Labrador Eskimo; and the Greenland and Polar Eskimo. The pre-historic cultures of Denbigh, Ipiutak, and Thule are also represented in the collection.

The Siberian collection consists of approximately 5,300 items, including : armor and weapons, utensils, dishes, pottery, bags and baskets, hunting and fishing implements, clothing and textiles, tools, boats, dog sleds and harness, horse saddles and harness, jewelry, charms, amulets, musical instruments, wood and ivory carvings, games and toys. Obtained in large part during the Jesup North Pacific Expedition in 1897-1902, this collection contains items from the Ainu, Chukchi, Gilyak, Goldi (Nanai), Kamchadal, Koryak, Lamut, Tungus (Evenki), Yakut and Yukaghir.

Both the Eskimo and Siberian collections include physical anthropological material, such as skeletal remains and measurements, phonographic recordings, and photographs, which are available for scholarly research. Photographic prints of artifacts can be ordered from the Photographic Archive of the Museum Library for a modest fee.

A small collection of 55 items from the Finnish Lapps (Same) completes the Department's Arctic collection. The Lapp collection consists mostly of clothing, textiles, and knives.

The Arctic collection is available for professional research. Artifacts are lent to other museums for temporary exhibitions. The entire Arctic collection is catalogued, listing catalog and accession numbers, names of collectors, geographic location, cultural identification, accession date, object description, and publication references. At present, only the Siberian collection has been computerized. The Department is planning to computerize the Eskimo collection as well, and move it into new storage facilities in the near future.

Collection History

The Museum acquired its first Eskimo artifacts by purchase, two of them significant : the George T. Emmons collection, purchased in 1888 and 1894, includes 560 objects from Alaska and the Siberian coast, and the James Terry collection, purchased in 1891, containing ivory carvings from Alaska collected in 1875, 1880 and 1892.

Museum President Morris K. Jesup financed Robert E. Peary's expeditions in 1894-1896, which resulted in collections from Greenland. The Museum supported other expeditions which brought back Arctic collections, namely George Comer's to Hudson Bay in 1899 and intermittently from 1902-1910; James S. Mutch's to Cumberland Sound in 1902-1903 and Baffin Island in 1908; Vilhjálmur Stefánsson and Rudolph M. Anderson's to the coast of Alaska via the Mackenzie River and also along the north Arctic coast from Point Hope, Alaska to Coronation Gulf, Canada in 1908-1911, and the Crocker Land Expedition to Smith Sound in 1913-1917.

The Museum, supporting the Jesup North Pacific Expedition, organized by Franz Boas in 1897-1902, took an interest also in Eskimo origins. Russian anthropologist Waldemar Bogoras, a member of the expedition, undertook both archaeological and ethnological research on the Asiatic Eskimo, and collected items from the Aleutian Islands, St. Lawrence Island and the Siberian coast in 1900-1901. In 1899, funds from the expedition were used

to purchase the Miner Bruce Collection of more than 1,100 items from Port Clarence, Alaska.

Archaeological work on pre-historic Eskimo cultures began in earnest when Edward Moffat Weyer Jr. directed excavations on the Aleutian Islands, Alaskan Peninsula, and Bering Strait during the Charles H. Stoll — Harold McCracken Expeditions in 1928. Other archaeological expeditions were undertaken by James A. Ford in the vicinity of Point Barrow, Alaska in 1931-1932; Junius B. Bird in Hopedale, Labrador in 1934; Froelich G. Rainey near Fairbanks, Alaska in 1936 and on St. Lawrence Island in 1937; Froelich G. Rainey, Helge Larsen, Harry L. Shapiro and Otto W. Geist near Point Hope, Alaska from 1939-1941, and Helge Larsen on the Aleutian Islands in 1945.

The Siberian collection is in large part the result of the Jesup North Pacific Expedition. From 1898-1902, three research teams worked among the peoples of southern and northern Siberia : 1) anthropologist Berthold Laufer studied the Gilyak, Goldi, Tungus and Ainu on Sakhalin Island and the nearby mainland in 1898, and archaeologist Gerard Fowke worked along the Amur River in 1898; 2) anthropologist Waldemar Jochelson and medical student Dina Brodsky Jochelson studied the Koryak, Yukaghir, Tungus and Yakut along the Gizhiga River, Penzhina Bay, Kolyma River and Korkodon River, in 1900-1902; 3) anthropologist Waldemar Bogoras and his wife studied the Chukchi, Yukaghir, Lamut, Koryak, Kamchadal on the Anadyr River and the Kamchatka Peninsula, and Eskimo on the East Cape and St. Lawrence Island, in 1900-1901.

The Anthropology Department and the Museum Library archives, available for scholarly research, document the history of the Arctic collection. The archival material consists of correspondence, accession files, annual reports and photographs. Prints of photographs taken during expeditions and of artifacts as well as photocopies of archival material are made available to scholars for a fee.

Exhibition

The Department manages two permanent exhibition halls that display a small sample of its Eskimo and Siberian collections. Eskimo artifacts have been on exhibit in the Museum since 1896, initially as part of the Ethnology Hall; then, in 1900-1907, as part of the North American Hall. In 1909, the collection was placed at one end of the Northwest Coast Indian Hall where it became part of the first anthropology exhibit to include large murals. Painted by Frank Wilbert Stokes, these murals (now in storage) depict scenes of Inuit hunting, homes, and mythology against an Arctic landscape : they were published in the *American Museum Journal*, 1909, 9 (7) :211-266. The collection was once again moved in 1916 to an independent exhibition hall where it is today. In 1965, the exhibition was redesigned and its floor area was approximately doubled. The current exhibit depicts aspects of Eskimo life from Alaska to Greenland, including : hunting and fishing gear, a dog sled, a kayak and all associated equipment, snowshoes and other items for transportation, household utensils, models of a Polar Eskimo winter house and a Copper Eskimo snowhouse, religious paraphenalia, masks and drums, men's tools, crafts, animal skin clothing, basketry, weaving and pottery, games, ivory carvings and other artworks, and life-size manikins wearing the clothing of Alaskan, Copper, Caribou, Hudson Bay, Iglulik, Greenland and Polar Eskimo.

The Siberian collection was initially displayed in the early 1900s as a special exhibit of the Jesup North Pacific Expedition. Soon after, the collection became part of the Department's permanent exhibition hall of Asiatic material in which samples of clothing, textiles and utensils, ivory carvings, Koryak armor and models of Siberian summer and winter scenes were displayed from 1910-1961. In 1980, the Museum opened a redesigned Gardner D. Stout Hall of Asian Peoples exhibiting such Siberian items as ivory carvings of the Koryak, Chukchi and Yakut; a life-size diorama of a Yakut shaman performing a curing rite; Yakut wood carvings, blacksmith's tools, a saddle and other items related to horses, a calendar, and implements used in the Kumiss ceremony; Samoyed clothing, utensils, and dolls; Chukchi religious items, armor and weapons, a sled, snowshoes and household utensils; Goldi religious items and charms, a shaman's costume, fishskin garments, and carved boxes and spoons; a Gilyak fishskin garment, arrows, and utensils for daily life. Scale models show a Koryak village and Chukchi hunters engaged in a religious ritual to appease spirits angered by the killing of a reindeer. A life-size diorama shows the interior of a Tungus tent with two manikins in traditional costume, a saddle, and utensils.

The Department has also sponsored special, temporary exhibits on the Eskimo. Aleutian burials, excavated during the Stoll-McCracken Expedition were exhibited in 1929. Other special exhibits were : 1967, a display of photographs and artifacts illustrating Greenland Eskimo life; 1971, "Arts of the Eskimo", loaned to the Museum by the International Telephone and Telegraph Arctic Services and Arctic Institute of North America; and 1973, "Greenland-Arctic Denmark" circulated by the Smithsonian Institution and the Danish Government. The most recent special exhibit, "Ancient Eskimo Ivories of the Bering Strait", runs from October 9, 1987 to January 3, 1988.

Publications

The Museum has published Arctic research since the early 1900s in its *Memoirs* and *Anthropological Papers* series. Some of these are available for purchase from Anthropology Publications, Department of Anthropology and American Museum of Natural History and are indicated with an asterisk on the following list.

Anthropological Papers

1910 Vol. 5, No. 2. Contribution to the anthropology of Central and Smith Sound Eskimo. Aleš Hrdlička. 177-280 pp., 9-23 pls.

1914 Vol. 14, No. 1. The Stefánsson-Anderson Arctic expedition of the American Museum : preliminary ethnological report. Vilhjálmur Stefánsson. 1-395 pp., 94 figs, 2 maps.

1916 Vol. 14, No. 2. Harpoons and Darts in the Stefánsson collection. Clark Wissler. 397-443 pp., 44 figs.

1918 Vol. 20, No. 1. Tales of Yukaghir, Lamut, and Russianized natives of eastern Siberia. Waldemar Bogoras. 1-148 pp.

1918 *Vol. 22, No. 3. Archaeology of the Polar Eskimo. Clark Wissler. 105-166 pp, 33 figs, 1 map.

1929 *Vol. 31, No. 3. An Aleutian burial. Edward Moffat Weyer, Jr. 219-238 pp., 27 figs.

1930 *Vol. 31, No. 4. Archaeological material from the village site at Hot Springs, Port Möller, Alaska. Edward Moffat Weyer, Jr. 239-279 pp, 25 figs.

1931 *Vol. 31, No. 6. The Alaskan Eskimo. A Study of the relationship between the Eskimo and the Chipewyan Indians of central Canada. Harry L. Shapiro. 347-384 pp, 5 figs.

1933 Vol. 33, No. 2. The Yakut. Waldemar Jochelson. 35-225 pp., 107 figs.

1939 Vol. 36, No. 4. Archaeology in central Alaska. Froelich G. Rainey. 351-405 pp., 12 figs.

1941 *Vol. 37, No. 4. Eskimo prehistory : the Okvik Site on the Punuk Islands. Froelich G. Rainey. 453-569 pp., 37 figs.

1945 *Vol. 39, No. 2. Archaeology of the Hopedale area, Labrador. Junius B. Bird. 117-188 pp., 40 figs, 9-12 pls.

1947 Vol. 41, No. 2. The whale hunters of Tigara. Froelich G. Rainey. 227-284 pp.

1948 Vol. 42, No. 1. Ipiutak and the Arctic whale hunting culture. Helge Larsen and Froelich G. Rainey. 1-276 pp., 60 figs, 1-101 pls, 4 tables.

1959 *Vol. 47, No. 1. Eskimo prehistory in the vicinity of Point Barrow, Alaska. With an appendix, "Skeletal remains from the vicinity of Point Barrow, Alaska". T.D. Stewart. James A. Ford. 1-272 pp., 118 figs, 13 pls, 28 tables.

Memoirs
(Jesup North Pacific Expedition Volumes)

1902 The decorative art of the Amur tribes. Berthold Laufer. Vol. 4, pt 2, 1-86 pp., 1-24 figs, 1-3 pls.

1905 Religion and myths of the Koryak. Waldemar Jochelson. Vol. 6, pt 1, 1-382 pp, 1-58 figs, 1-13 pls, 1 maps.

1908 Material culture and social organization of the Koryak. Waldemar Jochelson. Vol. 6, pt 2, 383-811 pp, 59-251 figs, 14-40 pls.

1904 The Chukchee : material culture. Waldemar Bogoras. Vol. 7, pt 1, 1-276 pp., 1-199 figs, 1-31 pls, 1 maps.

1907 The Chukchee : religion. Waldemar Bogoras. Vol. 7, pt 2, 277-536 pp., 201-301 figs, 32-34 pls.

1909 The Chukchee : social organization. Vol. 7, pt 3, 537-733 pp., 302 figs, 35 pls.

1910 Chukchee mythology. Waldemar Bogoras. Vol. 8, pt 1, 1-197 pp.

1913 The Eskimo of Siberia. Waldemar Bogoras. Vol. 8, pt 3, 417-456 pp.

1910 The Yukaghir and Yukaghirized Tungus. Waldemar Jochelson.
Vol. 9, pt 1 : Social Organization. 1-133 pp., 1-7 pls, 1 map.

1924 Vol. 9, pt 2 : Religion and Folklore. 135-342 pp., 1-26 figs, 8-16 pls.

1926 Vol. 9, pt 3 : Material Culture. 343-454 pp., 27-162 figs, 17-28 pls.

Geraldine SANTORO, Research Assistant
Stanley A. FREED, Curator

X. — INSTITUTS DE RECHERCHE ARCTIQUE

INSTITUTES OF ARCTIC RESEARCH

NORSK POLARINSTITUT, PAST AND PRESENT

by Odd ROGNE

Norsk Polarinstitutt, Oslo

ABSTRACT. — Norsk Polarinstitutt is one of the oldest polar research institute in the world to-day. In this article, director Odd Rogne gives a survey of Norwegian polar tradition, the history of the Institute and the Institute's activities. Norsk Polarinstitutt is to-day the central institute for mapping and scientific investigations in Norwegian polar areas.

Key-words : *: Polar Institute.*

RÉSUMÉ. — **Le Norsk Polarinstitutt, passé et présent.** *Le Norsk Polarinstitutt est un des plus anciens instituts de recherche polaire dans le monde. Dans cet article, son directeur Odd Rogne donne un aperçu sur la tradition polaire norvégienne, l'histoire de l'Institut et ses activités. Le Norsk Polarinstitutt rassemble actuellement la plupart des cartes et des études scientifiques sur les régions polaires norvégiennes.*

Mots-clés : *Institut polaire.*

EARLY NORWEGIAN POLAR TRADITION.

Norway is the only country having territories both in the Arctic and in Antarctica. This is due to Norway's geographical location, her maritime tradition and some other historical events. A part of the main country is north of the polar circle and exploring the neigbouring seas and islands for fishing and hunting has been a part of everyday life. Maritime tradition goes back for centuries and was founded on the ship constructions prior to the viking period. These oceangoing vessels gave the Norsemen possibility to visit the known world down to Africa and also to explore the outskirts with their voyages to Greenland, Svalbard (Spitsbergen) and parts of North America in the 10th and 11th centuries.

Plagues (the Black Death), economic conditions and other historical events reduced the traditional Norse exploration voyages for centuries which were first revived in the 19th century. Then polar exploration started again both to the Arctic and to Antarctica.

Fishing and hunting expeditions had occurred from time to time in the Arctic. However, these now became more regular and scientists took an interest in these areas and joined the expeditions. Seals and whales expeditions to Antarctica started also and gave explorers and scientists the opportunity to join and later to form their own expeditions. The internationally most famous of these was Roald Amundsen's one (to be first) to the South Pole. However, there had been several Norwegian expeditions earlier and Norwegian sealers had also carried several foreign expeditions.

ORGANIZED STATE — SUPPORTED EXPEDITIONS

Based on the mentioned Norwegian exploration and hunting expeditions through a long period of time, the first regular scientific expeditions started to Svalbard in 1906 and these were officially organized from 1909 as "The Norwegian State supported Spitsbergen Expeditions". After Norway had been given the sovereignty of Svalbard, these expeditions were reorganized in 1928 as "The Norwegian Explorations in Svalbard and the Polar Seas".

In Antarctica, Norway had annexed Bouvetøya in 1927, Peter I øy in 1929 and Dronning Maud Land in 1939. Before the Second World War, privately financed mapping and scientific expeditions had been sent to the new Norwegian territories in Antarctica. After the war, the responsibility for mapping and scientific investigations of Norwegian polar areas both in the Arctic and in Antarctica was given to Norsk Polarinstitutt — the Norwegian Polar Research Institute. This was a direct continuation of the institutions mentioned earlier, but the geographical area and the subject fields covered were extended.

NORWEGIAN POLAR RESEARCH

Like polar research in most countries Norwegian polar research has been concentrated on the natural sciences and has covered all fields from the bottom of the sea to upper atmosphere. In addition to Norsk Polarinstitutt activities, all universities and several other scientific institutes have been and are active. In the last decades, polar research has also started in the social sciences, in the humanities and in technology. Norwegian polar research has a long historical tradition, covers many subject fields and scientists coming from different scientific institutions. In this respect Norsk Polarinstitutt stands for continuity and central institute functions. In order to fulfil our tasks, the Institute has a core group of scientists and utilizes the cooperative projects together with polar scientists at the universities. However, the Institute has different tasks and a short survey may give you an idea:

NORSK POLARINSTITUTT TO-DAY

Norsk Polarinstitutt is an independent institution under the Ministry of Environment, and is Norway's central

institute for scientific research in Norwegian Arctic areas and for the Norwegian dependencies in the Antarctic — and for mapping of the Norwegian polar land areas. The Institute has an all-year staff of about 70, while during the field season additional 60-70 persons are engaged either in scientific work or logistics. The main office is located in Oslo, but the Institute also operates in an all-year research station in Ny-Alesund (Svalbard) and runs a service office in Longyearbyen. The Institute operates with ice — strengthened research vessels during the Arctic summer in addition with chartering helicopters. The Antarctic expeditions are logistically supported by the Norwegian Coast Guard. The main tasks of interest to the scientific world is listed below. In addition, the Institute serves as an advisory body to the ministries and runs other services in Norwegian polar areas, as for instance the lighthouses and navigation aids for air and shipborne traffic. The multidisciplinarity of the Institute has been very valuable both for solving scientific problems as well as for the advisory roles to science, ministries and industry.

MAIN TASKS ARE :

1. Research

The Institute's special responsibility is to take care of research needs of importance to the management of Norwegian polar areas. Although the Institute has to keep this applied scientific approach in mind, basic research is fundamental for progress and is carried out both internally and in cooperative projects with the universities.

Subjects covered by permanent staff is : biology, geophysics and geology.

Biology

Biological research is primarily directed towards conservation and management, description and mapping of the distribution of species, and migration and population dynamics. The Institute's biological department is concerned with management-related investigations of sea birds, botany, and marine and terrestrial mammals.

Geophysics

Ice and climate are key words for the Institute's geophysical research. Glaciological research is carried out in Svalbard, mainland Norway and in Antarctica. Sea ice is the other major topic also incorporating oceanographic investigations of the ice-covered sea regions.

Geology

The aim of the geological studies is to provide knowledge about geological structure, composition and substratum together with mineral resources in the polar regions. This is combined with geological mapping, for which the Institute is responsible for in Norwegian polar areas. As to marine geology, the Institute is responsible for structural investigations and charting of the sea floor.

Other subjects

The Institute's research fields by own permanent staff have been concentrated on those subjects in the natural sciences of most importance to management.

However, the Institute is engaged in other fields on an irregular basis and particularly in projects relevant to its central institute function. For the time being, a *polar history* project is focusing on the establishment of a data base for Norwegian polar historical material. The project is likely to continue for years, as Norwegian polar historical material is abundant and is scattered nationally and in several other countries.

2. Mapping

The Institute is responsible for *topographical mapping* of Norwegian polar regions. In addition to the final topographical maps, the Institute provides copies of aerial photos and other bi-products in the mapping process.

Thematic maps are a result of scientific and investigative research efforts. They comprise a multi-disciplinary group of information products with knowledge about the natural conditions, the distribution of resources etc. Thematical maps are produced in all our research fields.

3. Services and coordination

Polar research is carried out by several universities and research institutions in addition to Norsk Polarinstitutt. Also several foreign scientists are working in Norwegian polar areas — some nations even have their own field stations there.

A coordination of activities will render a more efficient use of resources and ensure a better coverage of various scientific fields. The Institute assumes the task of coordination, gives advice and provides service to other research institutions such as:

Research station at Ny-Alesund

This all-year station is open to all Norwegian scientists with government-funded projects and to foreign scientists cooperating with Norwegian institutions.

The station is gradually upgraded and is used as an observatory, a laboratory, and a field base. It has an all-year capacity of 20 visiting scientists.

A small permanent staff operates about 15 permanent observatory programs and they also assist visiting scientists. The station is one of the northernmost all-year stations in the world.

Administration of joint scientific expeditions

Norsk Polarinstitutt has the responsibility for the administration and implementation of the Norwegian Antarctic Research Expeditions. Norway is building a permanent station in Antarctica in 1940. Summer expeditions are sent every third year. Marine disciplines have been dominating the expeditions, but terrestrial sciences are now increasing. The geographical area is limited to the Norwegian territories : Dronning Maud Land, Bouvatøya and Peter I øy. The Institute's annual expedition to Svalbard also includes scientists from other research

institutes usually organized as cooperative projects. As a central governmental body, the Institute has also the responsibility of coordinating scientific studies. This applies particularly to management-oriented investigations.

Management of Polar equipment Pool

Research institutions with short-time projects or initiating projects would find the acquisition of a complete set of field equipment, difficult or impractical. In order to assist, the Institute is building up an equipment pool where specialized equipment may be borrowed at a non-profit rate.

4. Publications

The Institute has a substantial publishing program organized in different series. Most of the series are open to any scientist wanting to publish results from Norwegian polar areas. All contributions to the scientific series have to be accepted by an independent scientific reviewer's group.

Skrifter is the scientific monographs series published in English, French or German. Nearly 190 monographs have been published in this series since the first issue appeared in 1922.

Polar Research is the scientific journal started in 1982 to provide quick publication of shorter original scientific papers in English. Two issues are published each year.

Polarhåndbok is a series of handbooks and has appeared in two issues so far (Svalbards Flora and Geography of Svalbard). However, more issues are in preparation.

Årbok. The Institute's yearbook has appeared since 1960. During recent years the contents have changed and 'Årbok' is now an annual report of the Institute (in English).

Meddelelser is a series for articles of a more popular character and is mostly in Norwegian.

Rapport series was started in 1979 for limited distribution of preliminary scientific reports, cruise reports etc.

Translations

The Institute has a limited translation program and is translating parts of Soviet scientific reports from Russian to English. No external commission can be accepted. However, copies of translated literature can be produced at a fixed rate. A survey of translations is available. Information about our translations is also registered in the international database on translations in Delft.

Research in Svalbard is an annual information bulletin on planned research in Svalbard. Data about planned field work is collected by the Institute and distributed in an annual volume to all contributors before the main field season begins. The intention is to strengthen the cooperation between different scientific groups working in Svalbard.

The basic idea is "to coordinate through information". As scientists from most nations have free access to Svalbard, there is few possibilities to organize a sensible coordination.

Thematic maps is produced in geology, biology and some fields of geophysics. Usually the maps are accompanied by detailed descriptions.

Topographic maps. The Institute is responsible for production of topographical maps in various scales, of Norwegian polar areas. Aerial photos are also available.

5. Databases for Norwegian polar areas

One of the Institute's important functions has always been the collection, storage and presentation of information about the Norwegian polar areas. Although Norsk Polarinstitutt is not alone in this field, it has the special responsibility for continuity and for covering a wide range of fields in its data collection and storage. The multidisciplinary nature of the Institute itself gives added value to the presentation of the many different types of data. As part of its central institute status, Norsk Polarinstitutt also has a similar data storing and presentation function within areas covered by its own activity as far as these areas are not naturally covered by another government institution on a permanent basis.

The use of computors for storing and organizing large data masses has greatly assisted the Institute's work. The building up of data bases for the Norwegian polar area has therefore been given priority. However, this work is time-consuming and the various bases mentioned below are in different stages of development.

Fauna data base

Norsk Polarinstitutt has collected and systematized observations on Svalbard's birds and mammals since early 1960s. The data base comprises to-day many thousand observations and is used for compiling thematic maps and to extract specific data for administrative or scientific use.

Bibliographic data base

The library has a fine collection of older polar literature. Newer acquisitions, however, had to be limited to those relevant to Norwegian polar areas.

The data base was started in 1985 and covers so far only a fraction of our collection.

Data base for icebergs in the Southern Ocean

Relatively few data on the distribution of Antarctic icebergs were available prior to 1980. The published literature included size data of about 5000 icebergs, and position data of 12000 bergs. In 1981, Norsk Polarinstitutt initiated a programme of systematic observations, using standard forms distributed to all ships going to Antarctica. The position of nearly 80.000 icebergs are now in this data base. Information from the data base is available to external users and data have been provided on request for various research purposes. Maps and print-outs of data are automatically returned to all contributors.

Other data bases

This short description of three different data bases was ment to be an illustration of the various types of specialized data bases in operation. There are several other data

bases covering such fields as geology, sea ice observation and distribution, place names and radiation. This field is likely to grow as the number of polar scientists is increasing and are scattered geographically. Quick available information with the possibility to tabulate, extract or combine data by use of a computer, is other obvious advantage.

6. International cooperation

The Norwegian Polar Research Institute is the national central institution for research in Norwegian polar areas. Foreign scientists usually contact the Institute for scientific and practical information before starting their work in Norwegian polar regions and they are often also looking for cooperative partners. Polar science is represented at all the Norwegian universities as well as at some other scientific institutions. Cooperative projects, therefore, are partly involving with the staff of our Institute and partly with other Norwegian scientists.

Norsk Polarinstitutt's research station in Ny-Alesund is also open to foreign scientists cooperating with Norwegian ones. In addition to being the national focal point and coordinator (when needed) for the development of cooperation between Norwegian polar scientists and those from other countries, the Institute is engaged in contributing to and developing international cooperation. At a national level, this is done in close cooperation with the Norwegian National Committee on Polar Research, of which the Institute has the chairmanship and serves as secretariat.

It is noteworthy that the "Maudheim" expedition, a Norwegian — British — Sweedish multiyear expedition to Antarctica, organized by the Institute in 1949-52, was the first international expedition to that area and became a model and inspiration for the development of international cooperation in Antarctica. Now, international scientific cooperation in Antarctica is supported by SCAR, the Scientific Committee on Antarctic Research.

The Institute and Norwegian polar scientists have been engaged in most of the international cooperative Arctic projects. Cooperation in the Arctic has so far been based on bilateral agreement. The Institute has entered into such agreements with institutions from Canada, France, Germany, Great Britain, Japan, Poland and United States. A bilateral agreement with USSR has been signed recently. Most of these agreements are open to all Norwegian polar scientists.

However, the Arctic is missing an international, scientifically based cooperative forum as there is in Antarctica. Although the political situation in the Arctic is more complicated , polar science would benefit substantially from a better international coordination of Arctic science. A planning group has presented a proposal for an International Arctic Science Committee and the Institute will strongly support the founding of this organization.

XI. — MÉDAILLES

MEDALS

MÉDAILLES ARCTIQUES DE L'ADMINISTRATION DES MONNAIES ET MÉDAILLES EN L'HONNEUR D'EXPLORATEURS ARCTIQUES CONTEMPORAINS

Jean CHARCOT
(Sculpteur : R. Grégoire, 59 mm, octogonale, bronze)

Paul-Emile VICTOR
(Sculpteur : L. Bazor, 68 mm, bronze)

Knud RASMUSSEN
(Sculpteur : F. Maillart, 80 mm, cuivre)

Roald AMUNDSEN
(Sculpteur : G.-H. Laugeois, 77 mm, bronze)

Jean MALAURIE
(Sculpteur : J.-P. Luthringer, 68 mm, bronze)

SVALBARD
SCIENCES DE LA TERRE :
LES PRINCIPAUX RÉSULTATS DU
GDR
ÉTUDES ARCTIQUES 1980-1989

SVALBARD EARTH SCIENCES :
THE MAIN RESULTS OF THE
GDR ARCTIC STUDIES 1980-1989

CAHIER SPECIAL
SPECIAL SECTION

SVALBARD
SCIENCES DE LA TERRE : LES PRINCIPAUX RÉSULTATS DU GDR
ÉTUDES ARCTIQUES 1980-1989

SVALBARD EARTH SCIENCES : THE MAIN RESULTS OF THE GDR ARCTIC STUDIES 1980-1989

LES FRANÇAIS AU SPITSBERG : 1946-1967

par Charles-Pierre PEGUY

Pendant les vingt années qui suivirent la Seconde Guerre mondiale, le Spitsberg exerça sur les jeunes Français une indiscutable et profonde fascination. Double effet d'un accès par mer, *l'été*, relativement peu coûteux et de la révélation brutale d'un « milieu » qui n'est certes pas le Groenland, mais apparaît déjà comme totalement irréductible à une quelconque extrapolation du monde alpin. La traversée s'effectuait encore, alors, à bord d'un vapeur de 500 tx chauffé au charbon, le *Lyngen*, mis en service en 1931, et qui a laissé chez tous ses passagers un relent de délicieuse désuétude...

Les premiers à venir furent des alpinistes. Ce fut notamment, en 1946, une équipe française (J.A. Martin, R. Pommier, Y. Valette) qui détermina la position du point culminant de l'île (il sera dénommé « Mt Général Perrier »). Quatre ans plus tard, ce furent d'autres Français — Claude Maillard et deux compagnons — qui en firent la première ascension. Epoque héroïque, car, après la guerre, le *Lyngen* ne devait reprendre son service qu'en 1951 et ces pionniers de 46-50 devaient se mettre à l'affût d'embarquements plus ou moins problématiques sur des phoquiers.

Spitsberg, et non pas « Spitzberg ». Le norvégien ne comporte pas de « z ». Ceux qui ont eu le privilège de connaître des Norvégiens quand le souvenir de l'Occupation était chez eux encore frais savent que la bienséance exigeait que l'on évitât d'employer devant eux des toponymes germanisés (Narvik s'était écrit pendant quatre ans « Narwik »...).

Les géographes firent leur apparition en 1952. Trois Lyonnais : Jean Corbel et deux jeunes instituteurs. La logistique de ce voyage encore modeste avait été préparée en commun avec un groupe d'alpinistes emmenés par Desorbay. Premières publications de J. Corbel en 1954 (*Rev. de géogr. de Lyon* et *Rev. de Géomorphol. dynamique*). En 1959, Corbel et Marc Côte reconnaissent à la Baie du Roi le site qui serait le mieux adapté à un travail de longue haleine « pour le jour où... ». Et c'est, finalement, la possibilité de séjours estivaux répétés avec l'usage de baraquements légers (9 m² en 1963, 45 à partir de 1964). — Contre toute attente, ces modestes constructions ont été retrouvées debout, quinze ans plus tard, par la seconde vague de chercheurs.

A partir de 1960, ce sont par dizaines que des alpinistes visitent le Spitsberg chaque été : on ne peut plus les évoquer que globalement. Dans un ordre d'idées tout différent, des recherches pétrolières se sont développées (avec la participation de Français à partir de 1964). Il s'agit d'opérations à la fois lourdes et rapides, tous les déplacements s'effectuent pratiquement par hélicoptères à partir de l'Isfjord.

Mais la « Recherche » — au sens classique du terme — mérite qu'on s'y attarde un peu. D'abord, parce que ceux qui en ont rêvé n'innovaient pas : avant nous, le Spitsberg avait été un monstrueux terrain de « travaux pratiques » pour des étudiants avancés scandinaves ou britanniques. Je pense aux géologues de Cambridge, ou aux heureux mortels que H.W. Ahlmann avait emmenés, dès avant la guerre, sur la Terre du Nord-Est... Mais c'est aussi qu'en France une innovation, longtemps attendue, était apparue sur le plan administratif. Jusqu'en 1963 inclusivement, l'aide apportée par le CNRS aux chercheurs l'était sous forme de crédits de mission personnels : en 1963 encore, les crédits se rapportant à un déplacement de 11 personnes avaient été répartis en trois tiers placés sous les responsabilités respectives de trois « Professeurs »(1). Face à ce qui paraissait être un besoin nouveau dans de nombreux domaines scientifiques l'administration créa enfin les fameuses RCP (Recherches Coopératives sur Programmes). Jean Corbel en bénéficia avec la création, au 1er janvier 1964, de la RCP 42 « Hautes latitudes Arctiques ».

Les conditions de cette création soulignaient d'ailleurs le caractère *nécessairement interdisciplinaire* de toute recherche arctique (2). Qui ne s'en réjouirait ?

En fait, la dernière campagne eut lieu en 1967. Bénéficiant du concours de la Commission (nouvellement créée) d'Océanographie elle permit essentiellement à Annik Moign de terminer ses recherches de morphologie littorale et sous-marine.

Outre la belle thèse d'Etat soutenue par celle-ci (Brest, 1973) et deux thèses de Troisième Cycle (H. Barbaroux et H. Geoffray), ces cinq années passées à la Baie du Roi permirent la rédaction d'un grand nombre d'articles, la plupart regroupés en deux recueils (Lyon, Audin, 1966, 350 p. et le vol. 10 des *Mémoires et Documents* du CNRS, Paris, CNRS, 1970, 274 p.) (3). Par ailleurs, une douzaine d'enseignants du Supérieur ont effectué des séjours à la base entre 1964 et 1966 (2 à 4 semaines chacun). Il y eut des critiques, et certains ont parlé de « tourisme ». Avec du recul, j'estime que ces visites ont contribué, fût-ce modestement, à rééquilibrer l'attention (et l'enseignement)

(1) J. Corbel, L. Lliboutry, Ch.P. Péguy.

(2) Un détail me paraît devoir être souligné : la demande de création de la RCP 42 avait été examinée par trois Commissions du CNRS (Géographie, Géologie, Anthropologie). En 1965 s'y ajoutera la Biologie animale. Procédure normale, dira-t-on. Mais sur la première cinquantaine de RCP créées, *cinq* seulement dépendaient de plusieurs Commissions : l'« interdisciplinarité » ne s'est pas épanouie en un jour !

(3) Du premier de ces volumes je retiens un long article de N. Fédéroff sur « Les sols du Spitsberg occidental » (p. 111-228). — Du second la « Carte géomorphologique de la Péninsule de Brogger » (F. Joly) et le seul article de géographie humaine produit dans le cadre de la RCP : Huguette Vivian, « Un exemple de limite de l'oekoumène sur la côte Ouest du Spitsberg » (p. 231-274) : une excellente description de ces populations à la veille des transformations qu'elles ont dû subir dans les années 70; un témoignage que l'historien du prochain siècle ne pourra pas ignorer.

de nos collègues vers les hautes latitudes, longtemps négligées. Je n'en veux pour preuve que la participation, exceptionnellement nombreuse, des Français aux deux excursions arctiques proposées par le Congrès de Montréal. Des « anciens » de la RCP 42 (Yvette Dewolf, Fernand Joly, Ch. P. Péguy) se sont ainsi retrouvés être les hôtes de la base de l'Université McGill à Axel Heiberg (même latitude que la Baie du Roi, mais dans un contexte climatique très différent : une publication in BAGF nº 411, 1973).

NOTES FOR THE FUTURE. TAKING STOCK OF FRENCH ARCTIC RESEARCH IN SVALBARD (THE CNRS ARCTIC BASE) KING'S BAY : 1979-1989

by Jean MALAURIE

Centre d'Etudes Arctiques, CNRS-EHESS, Paris

ABSTRACT. — French Arctic CNRS Base in Svalbard. Historical account of scientific results : 1979-1989. Linguistic and national barriers. Need for international cooperation. Proposals. Research work : bibliography.

Key-words : *Svalbard — French Arctic Station Svalbard — Geomorphology, botany, climatology, chronobiology — International cooperation — Linguistic barriers.*

RÉSUMÉ. — **Observations pour l'avenir. Bilan de la recherche arctique française au Svalbard (Base arctique du CNRS) King's Bay : 1979-1989.** *Historique et compte rendu des recherches conduites à la Base française CNRS au Svalbard. Barrières linguistiques pour la diffusion des importants travaux scientifiques réalisés. Nécessité d'une réelle collaboration internationale. Suggestions.*

Mots-clés : *Svalbard — Base française CNRS — Géomorphologie, botanique, microclimatologie, chronobiologie — Coopération internationale — Barrières linguistiques.*

I. — ASSESSMENT OF ARCTIC RESEARCH IN A FRENCH CNRS BASE IN SVALBARD (1979-1989) HISTORICAL ACCOUNT

Our colleague Charles-Pierre Péguy, the eminent climatologist has retraced the first twenty three years of French geographic and geological research in Svalbard from 1944 to 1967, on which date the Svalbard group ceased operations. After twenty two inactive years, operations started up again in 1979, at the initiative of Thierry Brossard, carried out by the Centre d'Etudes Arctiques under my direction, with the support of an Executive Committee to which I am extremely grateful : ten years of annual summer campaigns.

From 1944 to 1967, French Arctic research in Svalbard had been conducted mainly by French geomorphologists. The outcome of it was an excellent doctorate thesis (PhD) in coastal geomorphology, which was innovative in the matter of strandflats, studied especially through deep-sea diving by Mrs Annick Moign (1), in two post-graduate theses in sedimentary geology (L. Barbaroux and H. Geoffray) and several articles collected by the CNRS in a special publication (2).

Over twenty three years, admittedly this does not amount to much but what was aimed at was the creation of a tradition in this sector of Svalbard. The tradition has taken a concrete form in the setting up of a small base in the Kongsfjord.

Some French geologists considered the results were insufficient and too piecemeal. We can propose a tentative explanation. The Svalbard French action provided above all the opportunity for a foundation course offering a basis for geographical teaching for many university professors, geographers and geologists, who had come for an introduction to the periglacial problems. Thus in their turn, they discovered at Svalbard, the importance of the Arctic area, neglected for too long, by French geographical research.

Since 1948, a powerful movement in French polar research was active in another region, in Greenland, on the west central coast and the ice-cap : it involved the French Polar Expeditions — Missions Paul-Emile Victor (3). At the request of Emmanuel de Martonne and the Academy of Sciences, I was a geographer for the very first two campaigns in 1948 and 1949. The geomorphological research was conducted in Disko Bay, mainly at Skansen (Disko Island) : 69°N. The French Polar Expeditions continued in Greenland in the « Central station », up to 1963, near Eismitte (1932-1933) Wegener expedition. The results in glaciology, meteorology and geography were considerable.

In 1950-1951, I left the French Polar Expeditions led by Paul-Emile Victor, in order to conduct, under the aegis of the CNRS, in dry high latitude (79°-80°) research in dynamic geomorphology of the rock-talus. This research continued for fifteen years and led to a geomorphological thesis which was, I believe, somewhat of a landmark, since it criticized standard periglacial hypotheses, giving frost an

(1) Annick MOIGN. *Strandflats immergés et émergés du Spitsberg central et nord-occidental.* Brest : Université de Bretagne Occidentale, 1973. 2 volumes, 692 p.

(2) *Spitsberg 1964.* Lyon : Audin, 1966, 350 p.
Spitsberg, mission française 1966. Paris : Ed. du CNRS, 1970, 278 p. (Mémoires et Documents, vol. 10).

(3) Expéditions Polaires Françaises — Missions Paul-Emile Victor. Trois séries de publications arctiques : 1) Rapports préliminaires des campagnes au Groenland, 2) Publications définitives, 3) Actualités scientifiques et industrielles, 1948 à 1960.

essential geomorphological role (4), while my own research in Inglefield Land and Washington Land (N.W. Greenland) established, through field studies and laboratory measurements, their selective and complex characters, dynamic geomorphology in high latitudes being by nature conservative : the cubage of erosion within a given period and by types of petrography (granite, gneiss, calcareous sandstone, phonolithe) was shown.

Thus, there were in geology and geomorphology, during this period, two poles of French Arctic research : Svalbard and Greenland. Just as it is often noticeable in the history of natural sciences, there was no real coordination between the French Arctic research (P.E. Victor) in Greenland and that carried out by the CNRS, in Spitsberg, a deplorable tendency opposing two organizations undermining effort and signing away both development and exploitation of scientific research, a regrettable division indeed.

As a geohistorian, in 1957, I founded, at the famous Ecole Pratique des Hautes Etudes, VIe section (5) with the eminent professor Fernand Braudel, the Centre d'Etudes Arctiques. The purpose was to coordinate for the first time in French higher learning, gathered around a chair in polar geography — the first in French higher learning and which remains unique — multidisciplinary Arctic research. Having, as it were, succeeded Commandant Charcot at the Ecole Pratique des Hautes Etudes (he directed there the Laboratoire Maritime de l'EPHE from 1910 to 1936 on the *Pourquoi Pas ?*(6), I was set after having founded in 1960, the scientfic journal *Inter-Nord*, on having the Svalbard CNRS Base reactivated. It had been used during a couple of years for the very first personal geomorphological research of Thierry Brossard and Daniel Joly (University of Besançon), but it was only in 1979 that the Director of the CNRS decided at the request of the Centre d'Etudes Arctiques to reopen the base, later (1989) named Base Charcot, under the management of the Centre d'Etudes Arctiques and on a coordinated programme. A coordinated Research Programme (RCP), created in 1979 and then a Scientific Group (GS) of Arctic Studies in 1982, were the administrative organizations, within the context of the Centre d'Etudes Arctiques.

As I have said, an Executive Committee, which I have had the honour of presiding for ten years (1979-1989) and to which I again express gratitude, and an annual Group Council bringing together seven universities and three CNRS laboratories define the general directions and oversee the work (7). The Executive Committee, more limited, included, besides myself Professor Alain Godard (Laboratoire de Géographie Physique CNRS Meudon), Professor Robert Vivian (Laboratoire de la Montagne Alpine CNRS Grenoble), Dr. Alain Reinberg (ER de Chronobiologie Humaine CNRS Paris), Professor Claude Lepvrier (Université Pierre et Marie Curie, Département de Géotectonique, Paris), Professor Christian Mériot (Université de Bordeaux II, Centre d'Ethnologie). I feel deeply indepted to my eminent colleagues for the time taken and the ingenuity shown in achieving this interdisciplinary programme over ten years.

Five chiefs of campaign (8) were appointed successively and despite the dangers to be encountered in these regions, carried out missions which were happily completed without a single accident. An individual contract binds the members of the mission, who are responsible to the Executive Committee, under the responsibility of a chief of expedition.

For the scientific preparation of these expeditions, collaboration was particularly close with the Centre de Géomorphologie (CNRS) in Caen (Brigitte Van Vliet-Lanoë) as regards measurements, the Laboratoire de Géographie Physique (CNRS) (Alain Godard, Marie-Françoise André) as regards the geomorphology of processes and dating, the Laboratoire de Géographie de l'Université de Besançon (Thierry Brossard, Daniel Joly) as regards geomorphology , climatology and computing, the Université de Brest (Annick Moign, Arnaud Héquette) as regards sedimentology and coastal erosion, the Laboratoire de la Montagne Alpine of Grenoble (Robert Vivian, Bernard Lefauconnier) as glaciology and photogrammetric studies.

From 1989, the coordinator and head of the earth sciences project of GDR Etudes Arctiques in Svalbard will be the geomorphologist Thierry Brossard whose great competence I know well (I was his director of his PhD during ten years) and to whom I wish good luck and success.

II. — LOGISTICS

The base is made up of 4 buildings fitted out with all essential equipment, an electric generator, 3 Zodiacs (Mark IV, III, II) equipped with 3 main engines and 2 stand-by engines. This base (lat. 78°55'N, long. 12°10'), located 400 m from the shore in Kongsfjord, is 6 km east of the Norwegian base in Ny Alesund where a Norwegian house was rented in order to promote better collaboration with the Norwegians. Since the base was reactivated (1979), two phases of work have been carried out to modernize the outside and inside of the buildings. The total annual funding of the summer campaigns, all included, were respectively, for these ten years : 4 M francs.

The annual missions have numbered from 5 to 10 people; approximately in all, 16 researchers have been to Spitzberg since 1980.

(4) Jean MALAURIE, 1968. — *Thèmes de recherche géomorphologique dans le nord-ouest du Groenland*. Paris : Ed. du CNRS. 497 p., 79 photos, 161 fig., 2 cartes h.t. (Mémoires et Documents, hors série).

Jean MALAURIE, 1985. Pentes et éboulis nord-ouest groenlandais : étude générale et observations comparées avec l'érosion mécanique sur La Lune et Mars. *Inter-Nord* n° 17. Paris : Ed. du CNRS. p. 63-80.

(5) Which became the Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, in 1975.

(6) Jean MALAURIE, J.-B. Charcot; father of French polar research.

Ultima Thulé. Paris : Ed. Bordas (1990). 320 p., 700 photos, 25 cartes.

Polar Record. Cambridge : Scott Polar Research Institute (1989). p. 191-196.

(7) Laboratoire de Géographie Physique CNRS, Meudon; Centre de Géomorphologie CNRS, Caen; Laboratoire de la Montagne Alpine CNRS, Grenoble; Laboratoire de Chronobiologie Humaine CNRS, Paris; Université de Bretagne Occidentale, Brest; Université de Franche-Comté, Besançon; Université de Pierre et Marie Curie Paris VI; Université de Bordeaux II; Université des Sciences et Techniques de Lille; Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

(8) Thierry BROSSARD, Daniel JOLY, Bernard LEFAUCONNIER, Claude LEPVRIER, Brigitte VAN VLIET LANOE.

All the food supplies and equipment had to be imported from France and, considering our limited financial means, they were transported by the *Compagnie Paquet* on the *Mermoz*, following an agreement between the Centre d'Etudes Arctiques and this shipping line to which we are most grateful for making our logistics easier given the lack of Norwegian maritime transport.

This strictly scientific base, on account of its growing activity, aroused the interest of other French ministries and one year the Executive Committee was obliged to take strict action in order to avoid any encroachment which might prove detrimental to research. On this occasion, the Board of Directors of the CNRS even had to send a written reminder to the administration which was involved, to the effect that in this sector of the Arctic, the French base was *strictly scientific* and was only answerable to the authority of the CNRS, any unforeseen supplement being required to be channelled through the CNRS which will assess its timeliness and assignment.

It is fitting to praise the research workers who, despite financial straits, achieved a most considerable schedule, amounting to four State doctorates (PhD), nine University thesis (MA) and about 170 articles.

III. — RESEARCH WORK 1979-1989

Programme : GEOMORPHOLOGY AND GLACIOLOGY

The main orientation was the geomorphology of the processes in a young environment in dry high latitudes with little entropy.

A) — Attempt to determine the volume of erosion in a given time.
— Microclimatology and topoclimatology.
— Micropedology.

This three main geomorphological orientations aim at determining a geosystem.

B) Tectonic geology of the faults studied through networks of microfaults.

1) *Structure and development of an Arctic landscape system : attempt at a rational approach*

Thierry Brossard headed seven missions in Svalbard, including two in the context of *GS Etudes Arctiques* (9).

Research theme : The geographical area covered extends from 20 to 30 kilometers around the CNRS Base. The study bears on the integrated structure and dynamics of the landscape; it involves, taking into account geomorphological, biogeographical and climatological factors, and requires the collaboration of research-workers from other branches of learning. The work is founded on the survey of detailed basic documents such as geomorphological and phytogeographical maps on a scale of 1/16,000 and 5/1,000. Then systematic observation through sampling of the area and recourse to computer processing make it possible to bring together a multitude of data relative to geomorphology, morphometry, climate, physionomy and the composition of vegetation. All this information has been followed up over different spans of time, seasonal and annual. The association of statistics, infography and automatic cartography leads to the proposition of an experimental geographic method suitable for general application. Thus a new light is thrown on the physical geography of Svalbard : the landscape in its structure and functioning, with reference to the concept of a geosystem, is defined according to a hierarchical nomenclature of the conjonction of spatial and temporal scales. The epistemological bases of an approach to the landscape in this fashion are established : the landscape, a visible and tangible datum is recognized both as an objective physical reality and a provisional mental construct. The validity of the resulting models is due more to their momentary qualities linked to a given experimental schema than to their value as universal explanation.

2) *Climatological analyses on different scale levels* (D. Joly) (10)

Research theme : Study of the spatio-temporal variations of the climate on various scales thanks to several networks (28 microclimatological stations, 61 local climatological stations and 15 stations for topoclimate study), all situated around the Base near Ny Alesund. Determination of the different microclimates according to soils, vegetation and microenvironments (tundras, moraines, sandurs) and topoclimates according the environment (strandflat, glacier, mountain slopes), the gradient, exposure and altitude, etc. Daily 5 to 6 hours runs had to be made in order to ensure regular measurements later exploited through computer analysis. Daniel Joly established the ACI complex (Instant Climatic Atmospheres) so as to correlate the time and spatial variations of the climate. The statistical means used with the help of the Besançon team of mathematicians, statisticians and computer experts (one of the best in French universities) made it possible, as regards spatial analysis (calculations of correlation, factorial analyses of correspondences, areas of tension, variogrammes, etc.) to obtain quite remarkable results, the first to be achieved in Svalbard.

3) *Study of the Arctic screes, erosion volume and geodynamics* (M.F. André)

Research theme : Research undertaken over ten years on the dynamics of Arctic slopes in Labrador (1978-1980) (11) and Svalbard (1980-1988). A major study of the geodynamics of slopes during the Holocene. Identification of the main morphodynamic, petrographic sequences and cryogenic topoclimate, identification and volumetric measurement of the erosion, current rate of retreat of the slopes over a given period. Typology of Arctic slopes.

(9) Thierry Brossard, *Pratique des paysages en Baie du Roi et sa région (Svalbard)*. Paris : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Centre d'Etudes Arctiques, 1987. 2 volumes, 759 p. (State doctorate).

(10) Daniel Joly, *Ambiances climatiques instantanées au Spitsberg (pour une approche méthodique par niveaux d'échelle)*. Paris : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Centre d'Etudes Arctiques, 1987. 3 volumes, 1 000 p. (State doctorate).

(11) Marie-Françoise André, *Reconnaissance géomorphologique dans les socles des hautes latitudes : l'exemple du Nord du Labrador*. Paris : Université de Paris I Panthéon Sorbonne, 1982. 357 p. (Postgraduate thesis).

4) *Pedoclimatic and geological study of the recent quaternary. Geochemical study of the soils* (B. Van Vliet-Lanoë) (12)

Research theme : Paleoclimatic research over the past six years at Svalbard on cryopedology around the CNRS Base and a comparison with the active and fossil periglacial phenomena studied in detail in the North West of Europe (Belgium, France, Poland). Arctic paleosoils, tundra polygons, striated soils, gelifluxion and cryoturbation lobes, segregation layers and geological cuts. Geological maps, measurements of temperature and pedological samples. Physico-chemical explanation of the processes identified in Svalbard after experiments at the *Centre de Géomorphologie* in Caen.

5) *Coastal morphology, genesis and dating* (A. Hequette) (13)

Research theme : Continuation of the pioneering work by Annick Moign (Laboratoire de Géographie de Brest) on the geomorphology of shelved strandflats of Western Svalbard, from the Isfjorden to Amsterdamöya (1964-1974). The team of geomorphologists in Brest has continued this programme within the context of *GS Etudes Arctiques* (Centre d'Etudes Arctiques) from 1983 to 1988. It involves a programme of coastal morphology centred on the sector around the CNRS Base in Kongsfjord, Brögger Peninsula.

Progradation connected with the maxima of the hydrological regime. Coastal morphosedimentology of the vertical variations during the Holocene. Microdeltas, coastal cordons, dating of the coasts and their movements.

6) *Glaciation of Svalbard in the late Weichselian. Were there sectors of Svalbard which were not glaciated ?* (B. Lefauconnier) (14)

Research theme : The history of Svalbard in the ice age is controversial. Was the archipelago entirely glaciated in the late Weichselian or no ? Did Svalbard experience a single episode or an interstade in the Weichselian ? Did some sectors of Svalbard remain free of ice during this Weichselian ? Cartography of the ice-free areas (Prince Charles Foreland, Phippsøya, Reinsdyrflyr, North of Andrew's Land, North of the Brögger Peninsula).

Bernard Lefauconnier has carried out, during four summer campaigns, photogrammetric measurements of ice-movements in Kongsfjord : a neoglacial pulsation before the Little Ice Age, determination through the identification of an underwater frontal moraine on the front of the glacier, thickness of the glacier (144 m), constant rate of flow of the ice over twenty years. Study of historic documents, sampling in the field of stria, of microstructures connected with frost.

(12) Brigitte Van Vliet-Lanoë. *Le rôle de la glace de ségrégation dans les formations superficielles de l'Europe de l'Ouest. Processus et héritage.* Caen : Centre de Géomorphologie et Université de Paris 1, 1987. 2 volumes, 796 p. (State Doctorate).

(13) Arnaud Hequette. *Morpho-sedimentologie et évolution de littoraux meubles en milieu arctique, Péninsule de Brögger, Spitsberg nord-occidental.* Brest : Université de Bretagne Occidentale, 1986. 397 p. (Postgraduate thesis).

(14) Bernard Lefauconnier. *Fluctuations glaciaires dans le Kongsfjord (baie du Roi), 79°N, Spitsbergen, Svalbard. Analyse et conséquences.* Grenoble : Institut de Géographie Alpine, 1987. 252 p. (New thesis).

7) *Geotectonic programme through a study of the microfaults on the Western facade of Svalbard* (C. Lepvrier)

Research theme : In the paleogenic era, from the upper Paleocene to the lower Oligocene, the continent-continent transforming movement between the West of Spitzberg and the North-East of Greenland, occurred in a NNE-SSW transpressive regime. Between the difference right-hand segments breaking off from the left or right levels, the movement was absorbed by thrust faults (Brögerhalvöya) or by the opening of sedimentary basins (Forlandsundet). The geometry of the structures produced in these relay zones is of the « strike-slip duplex » or « pull-apart » type. A rotation in the direction of the compression from NNE-SSW to ENE-WSW occurred at the end of the slipping period, before the setting up of the rifting regime in a NNW-SSE direction.

8) *Human biology programme* (Dr A. Reinberg)

Research theme : Interindividual variations of several biological rhythms during the Arctic summer (79°N).

Summer in the high Arctic with its permanent sunshine constitutes a situation where a natural synchronizer of biological rhythms, the alternance between light and darkness is highly reduced. During the summers of 1981 and 1982, three geographers on scientific expeditions to Svalbard participated in research on the evolution of biological rhythms under these conditions. They carried out from 4 to 6 times a day, over respectively 63, 141 and 147 days, a series of auto-measurements of several physiological variables. These included an auto-estimation of fatigue on an analogical visual scale, the measurement of oral temperature, the muscular strenght of both hands and their pulse-rates. They also noted the times at which they fell asleep and woke up. These tests were carried out in France before departure, in Svalbard (latitude 79°N), where their physical activities were often intense, and in France on their return. The temporal series of each individual were analyzed according to three methods : a graphic lay-out of data as a function of time, spectral analyses in order to calculate the preponderant periods and cosinor analyses.

This method consists in adjusting a sinusoidal function to the data gathered according to time. It makes a statistical validation of a biological rhythm and its parameters possible. In the case in question, the latter include the daily average, the amplitude (half the difference between highs and lows) and the acrophase (time of the peak in the rhythm). The use of these various statistical methods applied to the temporal series of each individual made possible the demonstration under these conditions of the stability of the circadian rhythm of alternating waking and sleeping, of oral temperature and tiredness. On the contrary, the circadian rhythm of muscular strenght was affected under these conditions. The modification of this rhythm bore on different parameters according to the individual. Thus the peak time for muscular strenght in the left hand was delayed by around 3-4 hours for 2 of the subjects, while that in the right hand remainded at the same time (about 15.00 h). For the 3rd subject, the period of the rhythm of muscular strenght in both hands was brought down to 23.1 hours. This shortening meant that this geographer's maximum muscular strenght was reached an hour earlier each day, after he arrived at Svalbard (fig. 1 and 2).

Outside and inside the French CNRS Base in Svalbard.
(Researchers' photos and aquarelles).

These results demonstrate that the organization of man's circadian rhythm can be disturbed by a change in a natural synchronizer sensibility : the rhythmical parameter affected may be the period or the peak time.

This study will be continued in collaboration with Professor J. Arendt (University of Surrey) and will bear on an analysis of circadian rhythms (about 24 hours) and circannual rhythms (about 1 year) in healthy adult caucasian males during a year stay in the Antarctic. The variables being studied concern among others the plasmatic melatonin and prolactin, hormones secreted mainly during the night and very dependent on the day/night cycle — hence the interest of a study conducted in the Antarctic.

IV. — NOTES FOR THE FUTURE : LINGUISTIC BARRIERS

170 scientific articles, 4 MA and 4 PhD are the result of ten years of work (1979-1989) completed by fifteen French advance research-workers at Charcot CNRS Station in Svalbard, under the GS of the Centre for Arctic Studies, Paris.

But what is the purpose of research ? Undoubtedly to broaden the field of our knowledge. A prospect, a research must be *internationally* propagated, for science is a collective work. Scientific thinking being of an international dimension, it is of primary importance for theses studies to be distributed heard, and read by our Scandinavian, North-American, Russian and Japanese colleagues. It is a great pity that the lack of knowledge of the French language particularly in some areas, especially in Great Britain and USA should considerably reduce the international distribution that these works deserve.

1) Linguistic and national barriers

Here is a great problem, that of the linguistic barrier. Every research-worker in the Centre for Arctic Studies is bilingual out of necessity, that is to say he must read and speak English because of the international diffusion of this language and when he does not understand German, Norvegian or Russian..., these foreign works are then translated by the laboratory at his request. In France, we consider as *unscientific* any research-worker who pleads his ignorance of a particular language to excuse his having no knowledge of the work on the same subject of one of his foreign colleagues. Research is *international* and it is something of an ethical duty to complete the review of the international literature on the subject.

In the United States, Great-Britain, Netherlands and Scandinavian countries, the majority of scientists have a very different attitude. One considers that a good research-worker should only publish his work in *English*. Therefore, most of them ignore those studies or keep silent about when not translated into English. Thus there is no dialogue on the matter published as they are not even acquainted with the work. Should I remind that only 3 % of British people speak French, 2 % of Americans (15). Similar observations about Russian of Japanese scientists. We are confronted with non-English tongues (such as French, Russian, Japanese, Italian, Spanish and indigenous languages). In the European Community, two foreign languages are envisaged, one belonging to the English, German and Nordic group, the other to the Latin one. French (200 million speakers) is destined to be more widely used within the European framework.

It is worthy of note that since the end of the second world war, any publication in languages other than English is at a serious disadvantage. As I note too frequently, it will not be read and therefore not quoted. Take a look at text-books on geology or on American and English geography, you will observe that the only works reported on are those written in English, despite the fact that modern physical geography came into being in the scientific community with Emmanuel de Martonne's famous treatise on physical geography (1910) and that the works of so eminent French-speaking geographers, internationaly known, such as Baulig, Birot, Dresch, Gourou, Brunet, Lacoste, Pissart, Claval are fundamental. That is also the case as regards work in German, Polish, Czech or Russian. The same may be said of general geography (16).

The tendency to ignore publications other than those in English is obvious in arctic geomorphology, anthropology and ethnohistory. A bibliography on the small population of Polar Eskimos in North West Greenland was published in a highly-considered Danish collection, the Meddelelser om Grønland (17). This slanted bibliography numbered 600 titles. Another bibliography was published a few years later in order to amend the first one : 600 titles, some of which quite essential, were lacking in the previous work (18) ! This sort of mishap occurs more and more frequently. Research-workers do not know how to set up bibliographies, either because they are not allotted the necessary means, or because not knowing

(15) To remedy the ignorance of European research on the discovery of and first contacts with the Arctic people, a programme has just been launched (1989) within the framework of UNESCO. This *Programme de Recherche Ethnohistorique sur le Groenland, l'Amérique du Nord et le Mexique* (PREGANEM) aims at highlighting and compiling an inventory of available sources of information about the first contacts between Europeans and the autochthonous peoples of Greenland, America and Mexico. A general work on the sources is being prepared (Honorary President : W.E. Washburn, Executive Committee : J. Soustelle, J. Malaurie, J. Rostkowsky, S. Devers — *Centre d'Etudes Arctiques* 19 rue Amélie, 75007 Paris). Two volumes : vol. I, The first contacts, 50 papers; vol. II, The Arctic sources in European Museums and Libraries. Vol 1 and 2 : 600 p. — Paris : UNESCO, to be published 1992.

(16) Not quoted are Pierre Gourou : « Terre de Bonne Espérance », « Géographie Tropicale ».

Lucien Febvre : « La Terre et l'Evolution humaine ».

(17) Gilberg (Rolf). Polar Eskimo Bibliography. Copenhagen : Arnold Busck, 1976. *Meddelelser om Grønland*. 87 p.

(18) Jean Malaurie. Polar Eskimos Bibliography II. Complementary List of 600 References. *Inter-Nord* n° 18. Paris : CNRS, 1987, p. 321-360.

Développement économique de l'Arctique et avenir des sociétés esquimaudes; Le Havre-Rouen, 24-27 novembre 1969.

— Proceedings published in *Actes et Documents* n° 4. Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris, 300 p.

— Eskimo people to-day and to-morrow : rapports scientifiques du quatrième congrès international de la FFEN. Paris : Mouton. 696 p. (*Bibliothèque Arctique et Antarctique* n° 4).

Arctic oil and gas. Problems and perspectives; Le Havre 2-5 mai 1973. Paris : Mouton, 1975. (*Contributions du Centre d'Etudes Arctiques* XII). 912 p.

languages other than English is a matter of indifference to them.

This tendency to fall short of full bibliographical research cannot be avoided and we observe the growing indifference for all the Arctic works not written in English : publications in German, Polish, Hungarian, Russian, Dutch... are not quoted because cynically not read.

For instance, most of the recent publications in the United States about the Inuit — present and future — ignore, as far as contemporary problems are concerned, the transactions of the First International Conference on the Inuit (with the Inuit and their representatives from the four areas concerned — Congrès de Rouen, Le Havre 1969), whose chairman was the Nobel prize-winner René Cassin (18). It would be easy and unpleasant to quote other fundamental French, Russian, Swiss, German, Dutch and Italian publications, regularly not mentionned in North American specialized papers.

Some remarks on the field of Arctic geomorphology : the pioneering work of the French geomorphologist Thierry Brossard, specialist of Svalbard geomorphology, is insufficiently known abroad. Listen Brossard : « The language as a scientific object is not easy to define : hence the fact that the fields of enquiry that relate to it have a tendency to become different. In spite of this, the Anglo-Saxon contributions to « Landscape ecology » (19-20) and, to a lesser extent, the Soviet contributions linked to the concept of a « geosystem » (21-22), constitute exclusive references and very largely ossify the contours of landscape analysis. On the other hand, French (23-24) and Spanish (25-26) findings which, in an original global thought process combine the physical and social dimensions of the landscape are widely ignored. The sanction for the fringe character of non-restrictive geography, opposed to the commonly accepted dividing lines between subjects, abiding by which is compulsory before being entitled to recognition. In this case, the handicap is a double one : the exoticism of the thought-process is built up by that of the language ».

The *Encyclopaedia Britannica* (15th edition 1973-1974), in the forefront of everything to do with thought, published in English, takes twenty to thirty years to notice and acknowledge French, German or Russian works : Bachelard, the philosopher, Baulig, the geographer, Lucien Febvre, the historian of *Ecole des Annales* fame, Gourou, the tropical geographer, Griaule, the ethnologist, Segalen, the writer are unknown, even in this renowned encyclopaedia. Under the heading of geomorphology, the Soviet Encyclopaedia is at fault for opposite reasons in an ideological direction and undoubtedly every national encyclopaedia reflects the same chauvinism and lack of objective opening to universal knowledge.

The uneven treatment of scientific production is again to be met with in various encyclopaedias, for example the *Encyclopédie de la Mer* published by *Encyclopaedia Universalis* but which in fact is a French edition of an English book so badly updated and as it were inhibited by the original text that it does not put serious mistakes right. The prestige of English language is so high that the French edition ignores, without having done the normal bibliographical research on continental publications, through undifference to the French reader, the fundamental French publications (27). Publications of the First International Congress on the cod-fishing industry in the North Atlantic (Rouen-Fécamp, January 27-29 1966) (28), publications of the Third International Congress of the Centre d'Etudes Arctiques on « Large ports and seatraffic in the North Atlantic » (Rouen-Le Havre, March 25-27 1968) (29) are not mentioned, that is to say read. This atlas must revise seriously its arctic chapter. The publications of the First International colloquium in Arctic history on « Arctic oil and gas » (Le Havre, May 2-5 1973) (30) are not mentioned. Such is the case as far as cartography is concerned, which, one must admit, is regrettable for an Encyclopaedia of the Sea. Concerning oceans, the Atlas of non-English countries are ignored, as are the German atlas, a classic, and the authoritative Soviet atlas (31).

In the great age of satellites, media, international communications, the world appears so unified by technology. Yet, in social and political science, at least, I observe the opposite tendency self-limiting linguistic bounderies which determine self-sufficient group of scholars.

It is obvious, I have to repeat, that there can be no research, no thought, unless it be on an international level. Bibliographical research must be *objective* and *comprehensive* : research is not merely a piece of work but must take into account *all* the publications that have a bearing on the subject and on related questions as well, in the *whole* world. Linguistic apartheid would be absurd, unscientific and blameworthy. The point evoked in this paper

(19) Colloquium « Perspective in landscape ecology ». Veldoven (Netherlands) 1981. Pudoc ed. Wageningen, 1982.

(20) APPLETON J. *The Experience of Landscape*. London : Wiley, 1975.

(21) DROZDOV A.V. O roli balancovogo metoda v fizičeskoj geografii landšaftnye balancovo-issledovanija. Moscow : *Isvestija* An SSSR n° 2, 1975.

(22) MADASOVA A.A. Opyt izucenija struktury sezonnogo zitma geosistem. Irkutsk : Khozijajstva i Naselenija Sibiri, 1975.

(23) BERTRAND G. Le paysage entre la nature et la société. Toulouse, 1978. *Rev. Geogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 49, fasc. 2. BERTRAND G. Construire la géographie physique. Paris : Maspero, 1982, *Hérodote* n° 26.

(24) BROSSARD T., WIEBER J.C. Le paysage, trois définitions; un mode d'analyse et de cartographie. Paris, 1984. *L'Espace Géographique* n° 1.

(25) FERNANDEZ LOPEZ S. *Taxonomia de los paysajes geograficos*. Paulino Caballero ed. Pampelona, 1985.

(26) *Jordanas tecnicas internacionales de paisajisma*. Madrid : Rufino Garcia Blanco, 1977.

(27) Belonging to a dominant nation in Europe, the Frenchmen do not traditionnaly learn Italian. In return, the Italians prefer to communicate with the Frenchmen in English. And these two sister nations speak to each other in a drastically limiting pidgin English. An example which prefigures the Europe of the year 2000...

(28) Premier Congrès International de l'Industrie morutière dans l'Atlantique Nord : tradition et avenir (Codfish and Industry). Rouen : FFEN, 1966. — *Actes et Documents* n° 2, 260 p.

(29) Grands ports et trafics de l'Atlantique Nord. Rouen, Le Havre : FFEN, 1968. *Actes et Documents* n° 3, 207 p.

(30) Le Pétrole et le Gaz Arctiques. Problèmes et perspectives. (Arctic Oil and Gas. Problems and Perspectives). Paris : Mouton, 1975. — *Contribution du Centre d'Etudes Arctiques XII*. 912 p.

(31) *Atlas der Eisverhältnisse des Nordatlantischen Ozeans und Übersichtskarten der Eisverhältnisse des Nord- und Südpolargebietes*. Hamburg : Deutsches Hydrographisches Institut, 1950, 27 cartes.

Atlas Arktiki. Moscou : Glavnoe Upravlenie Geodesii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, 1985. 204 p.

cannot be evaded. It is an essential problem for us, men of thought. Some scholars take excuse of the linguistic barrier to voice only the opinions of national lobbies. The discrediting of a provincialized research is thus irreversible.

Europe, the mother of Western civilizations, in the major crisis which modern research and thought are experiencing, if she wants to escape being wiped out, as a matter of urgency must produce a European Encyclopeadia — a Western and Central Europe from the Atlantic to the Ural — this encyclopaedia being, thanks to UNESCO, the springboard for a real world encyclopaedia.

2) *The Need for truly international and comprehensive bibliographies*

Science also partakes of the great currents of history and it is obvious that the French language is no longer as prestigious and widely-spoken as it used to be in the XVIIIth century. To-morrow, this could be the fate of English owing to improper use of this language, which becomes a kind of scientific pidgin unsuitable for social sciences (32). But the problem is not one of economic or cultural power and superpower but one of listening to the the geniuses of every language on an international level. One does not conceive Kant or Balzac or Sartre writing in English to promote their thought internationally, nor the ethnologist Levi-Strauss, nor the mathematician de Gennes. One can only express oneself well in one's own language. The research-worker must make the effort to read either directly or with the help of a translation every work published on his subject in a foreign language. This is the way any research-worker should gather information on a subject. It is only since the relative decline of the Russian, Italian and German languages... that the American language (and its ultra modern technology) has imposed its supremacy on Europe. But old Europe is reuniting and it would be somewhat ironical and historically tragic to see that the cradle of modern culture (French, German, Italian, Portuguese and Spanish...) has become a linguistic appendix to the United States. When the people of Greenland want to express themselves in their own language, social scientists approve loudly their wanting to protect their cultural identity. This is also true of the French people or any European language.

Why are the French scientists so set on being published in French ? In France, as a matter of fact, the government insists on the publishing in French of research studies sponsored by the State. And the stubbornness of French people in thinking, writing and being published in this language has some intellectual reason. One can only express oneself well in one's own language. A more or less fluently spoken foreign language has a more or less restrictive effect on thought processes.

But research must be international; we have to face realities. Owing to the reluctance of American and Scandinavian research organisms to take into consideration scientific work published in non-English languages, it would be advisable — as a suggestion — for the French government (and every foreign government) to automatically have the most eminent works of earth, life and social sciences translated, at his expenses, into the great cultural languages (and not only into English but also into Spanish, Russian, Italian, Dutch). These translations should be circulated freely by the scientific centres of our embassies in great universities, as the Academy of Sciences in the USSR and the United States are sometimes doing.

3) *International bibliographies in exact sciences are models for social sciences*

For public opinion, science is a synonym for objectivity and truth. Exact sciences, known as « hard », meet this expectation. Of an experimental nature, they proved their efficiency in the 19th and 20th centuries through their outstanding discoveries in physics, chemistry and biology. The considerable means at the disposal of the research-workers in these laboratories, the need to be always foremost in the competition partly because of patents to be obtained, make it compulsory for research-workers to command knowledge of all the work achieved the world over on given subject, whatever the language used for it. The Medline network (33) illustrates the denseness of bibliographical networks which are available to medical research and world-wide biology, thanks to the *index medicus*.

Social sciences and natural sciences, late-comers, practised on a small scale, are conductive to the objectives of truth and universality — evidence of this is given by the break-throughs in structuralism, linguistics and psychology — but the straitened means at the disposal of cognitive and human sciences doom research-workers to limited bibliographical investigation. Most of the time, therefore, it remains on a national level (34). Language barriers, lack of funds for foreign reviews and books, specialization, methodological quarrels, all the reasons already put forward are of such a nature that the research-workers' bibliographies are slanted, restrictive and monolingual. Moreover, out of « esprit d'école », some research-workers refrain from reading the work of rival colleagues who do not belong to their school of thought : the structuralists do not quote the work of non-structuralists, Freudians the work of followers of Lacan or Jung, Marxists that of non-Marxists. The *Ecole des Annales* incurs criticism in Great Britain. Through never mentioning any work other than that belonging to its sphere of influence, the quantitative school of geographical research has the same attitude regarding research carried out by different methods. For a long time (this is less true now), the quaternarian geologists in France have criticized geomorphologists through silence.

V. — SVALBARD AND INTERNATIONAL COOPERATION. INTERNATIONAL COOPERATION OR SCIENTIFIC INTERCOMMUNICATION PROPOSAL

One of the best consequences of the second world war was undoubtedly the creation of the UN. UNESCO was created to be a meeting point for international research. UNESCO has been recently torn by political tension; the

(32) MALAURIE (Jean). L'anglais doit-il remplacer le latin ? Paris : *Le Monde*, 30 mars 1988.

(33) NENNA (André). Avis d'un utilisateur sur l'information médicale automatisée. *In : Arctica 1978*, Proceedings of the 7th Northern Libraries Colloquy. Paris : CNRS, 1982, p. 345-346.

(34) Arctica 1978. VIIe Congrès international des Bibliothèques nordiques. — Paris : CNRS, 1982. *Colloques internationaux du CNRS* n° 585. — 580 p.

departure of the USA was a political act. It is distressing to see that the USA tried, around 1980, to abandon UNESCO — a non political force — in order, according to the rumor, to have its headquarters based in San Francisco. UNESCO has fought against scientific chauvinism. The departure of both the USA and Great Britain illustrates our problem, that of the difficulties of international and interlinguistic cooperation.

Svalbard, an Arctic area open to research-workers belonging to the countries having signed the 1920 Treaty of Paris does command an inter-nation current bibliographical survey of expeditions engaged in research work with no military object, in this area of disinterested and pacific trend of thought. The Arbok (Oslo) is indeed a valuable initial tool but it would doubtless be preferable to have an annual issue of a more complete international bibliography compiled by all the nations involved.

The Special Section of *Inter-Nord* for which I am honoured in writing a preface, will without a doubt be a revelation : a hundred and seventy pieces of research work, four of them being doctorate theses. The discovery of this research will be a belated one for many specialists. Unfortunately, it must be said, these publications are written in French. There is, I dare say, no reason to apologize for this.

First recommendation :

I recommend drawing up for Svalbard on an international level an annual thematic bibliography with an extended summary in English, French, German and Russian, the UN working languages. The model for this bibliography is « Arctic Bibliography », the remarquable sixteen volumes (35) of which have been invaluable working documents. Without a doubt, the discovery by each research-worker of different methodologies or the new findings of Norwegians, Americans, Russians, Frenchmen, Poles, Britons, Czechs, Germans, Finns and others would be stimulating for research and define the viewpoint better.

Second recommendation :

The organization of thematic round table conferences in Oslo or at UNESCO in Paris; they should be genuinely international with simultaneous translations. The ambitions of research are too lofty to admit financial stringency in funding linguistic intercommunication between specialists. The financial support of translation into the working languages of the UN must be almost on a part with that given to the missions proper.

The Centre for Arctic Studies proposes in 1992, in Oslo or at UNESCO in Paris, with simultaneous translation, a conference on international geomorphology in the Svalbard, on the particular themes of geomorphology of processes, of micropedology and micrometeorology.

Third recommandation :

It would be desirable for every publication to give, as they did formerly, a brief account of the full research carried out on the matter in hand, as was the case fifty years ago in English publications (Review of Literature).

(35) Arctic Bibliography prepared by the Arctic Institute of North America. Montreal & London : McGill — Queen's University Press, 1953-1975. (16 vol.) 108.723 references.

LISTE DES TRAVAUX RÉALISÉS PAR LES CHERCHEURS DU CENTRE D'ÉTUDES ARCTIQUES (GDR ÉTUDES ARCTIQUES) À LA BASE CNRS DU SVALBARD

LIST OF PUBLICATIONS ON SVALBARD BY THE RESEARCHERS OF THE CENTRE D'ÉTUDES ARCTIQUES (GDR ÉTUDES ARCTIQUES)

Marie-Françoise ANDRÉ, *Laboratoire de Géographie Physique du CNRS, Meudon*

ANDRÉ (M.F.), CAMPY (M.) et PUISSEGUR (J.J.), 1974. — Un remplissage karstique dans le Jura salinois, le « trou du diable » à Pretin (Jura). *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon*, fasc. 22, p. 33-41.

ANDRÉ (M.F.), 1976. — L'efficacité du travail des glaciers quaternaires dans les vallées supérieures de la Moselle et de la Moselotte. *Mémoire de Maîtrise*, Université de Paris I, 97 p.

ANDRÉ (M.F.), 1979. — L'ouverture de la mer du Labrador et le soulèvement du bourrelet marginal du Nord-Est Canadien : état des recherches et problèmes en suspens. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, XXVIII (4), p. 115-124.

ANDRÉ (M.F.), 1981. — Le bourrelet du Labrador : morphologie continentale et sédimentation bordière. *Hommes et Terres du Nord*, 3, p. 1-12.

ANDRÉ (M.F.), 1981 (en collaboration). — Géographie classe de Seconde (nouveaux programmes). Chap. 10 à 21, p. 26-49. Collection J. Bethemont, éd. Bordas.

ANDRÉ (M.F.), 1982. — Reconnaissance géomorphologique dans les socles des hautes latitudes : l'exemple du Nord du Labrador. *Thèse de IIIe cycle*, Université de Paris I, 357 p.

ANDRÉ (M.F.), 1983. — Genèse du bourrelet du Labrador et ouverture de l'aire océanique bordière (texte d'une communication au Colloque AGF « Bourrelets marginaux »). *Physio-Géo*, 7, p. 11-20.

ANDRÉ (M.F.), REINBERG (A.), BROSSARD (T.), JOLY (D.), MALAURIE (J.), LEVI (F.) et NICOLAI (A.), 1984. — Interindividual differences in a set of biological rhythms documented during the high arctic summer (79°N) in three healthy subjects. *Chronobiology International*, 1 (2), p. 127-138.

ANDRÉ (M.F.), 1985. — Types d'évolution et de dynamique des versants dans le socle nord-labradorien. *Inter-Nord* n° 17. Paris : Editions du CNRS, p. 81-94.

ANDRÉ (M.F.), 1985. — Lichénométrie et vitesses d'évolution des versants arctiques pendant l'Holocène (région de la baie du Roi, Spitsberg, 79° N). *Revue de Géomorph. Dynamique*, XXXIV (2), p. 49-72.

ANDRÉ (M.F.), 1986. — Recherches arctiques françaises en Géomorphologie dynamique (1975-1985). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 30 (1), p. 93-100.

ANDRÉ (M.F.) et JOLY (D.), 1986. — Estimation du gel estival d'altitude en domaine arctique océanique, in Recherches Françaises au Svalbard. *Cahiers de Géographie de Besançon*, p. 59-82.

ANDRÉ (M.F.), 1986. — Dating slope deposits and estimating rates of rock wall retreat in NW Spitsbergen by lichenometry. *Geografiska Annaler*, 58 A (1-2), p. 65-75.

ANDRÉ (M.F.), 1986. — Une géographe au Spitsberg — émotions et rencontres. *Bulletin de la Société Arctique Française*, n° 5, p. 28-31.

André (M.F.), 1986. — Types of slope evolution and dynamics in the Canadian shield of Northern Labrador. *Polar Geography and Geology*, vol. 10, p. 55-79.

André (M.F.), 1987. — Sous le soleil de minuit, une flore polaire. in : Svalbard/Spitzberg (sous la direction de Ch. Kempf). *L'univers du Vivant*, n° 19, Avril 1987, p. 84-85.

André (M.F.), 1988. — Franskmen på Svalbard, 1946-1986 (en norvégien, sur la présence française au Spitsberg). *Svalbardboka*, Tromsö (à paraître).

André (M.F.), 1988. — Vitesses d'accumulation des débris rocheux sur le tapis neigeux annuel au pied des parois du Spitsberg. *Zeitschrift für Geomorpyhologie* (sous presse).

André (M.F.), 1988. — Frequency of debris flows and slush avalanches on Spitsbergen : a tentative evaluation from lichenometry. *Arctic and Alpine Research*, soumis au Comité de Lecture, Mars 1988.

André (M.F.), 1989. — Colonisation végétale et géodynamique des versants en milieu polaire océanique (Svalbard, 79° N). *Inter-Nord* n° 19 (Revue Internationale d'Etudes Arctiques). Paris : Ed. du CNRS.

André (M.F.), 1989. — L'interdisciplinarité, une nécessité vitale pour la géomorphologie arctique. *In : Pour Jean Malaurie, 102 témoignages en hommage à quarante ans d'études arctiques*. Paris : Editions Plon, 1990, 940 p.

Thierry BROSSARD, *Laboratoire de Géographie Physique, Université de Franche-Comté, Besançon et Centre d'Etudes Arctiques, Paris.*

Brossard (Th.), 1977. — Les équilibres bio-géographiques liés aux équilibres dynamiques des versants dans les paysages du Svalbard (région de Ny Alesund). Paris : Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS). Thèse de 3e cycle (non publiée). 2 vol. 503 et 389 p.

Brossard (Th.), 1980. — Classification hiérarchique et cartographie expérimentale. *Bull. Assoc. Géogr. Fr.* n° 474. Paris : Assoc. Géogr. Français.

Brossard (Th.), 1982. — Le complexe géomorphologique aval des glaciers Loven Est Central. Université de Besançon.

Brossard (Th.), Joly (D.), 1983. — Exemple de croquis géomorphologique synthétique appliqué au strandflat nord-est de l'Ile du Prince Charles (Svalbard). *Inter-Nord* n° 16. Paris : Editions du CNRS, p. 83-98.

Brossard (Th.), Wieber (J.C.). — Le paysage, trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie. Doin ed., *l'Espace Géomorphologique*, N° 1. Paris 1984, p. 5-12.

Brossard (Th.), Deruelle (S.), Nimis (P.L.) Petit (P.). — An interdisciplinary approach to vegetation mapping on lichen-dominated systems in high-arctic environment, Ny-Ålesund, Svalbard. *Phytocoenolgia* No. 12-4. Stuttgart Braunschweig 1984, p. 433-453.

Brossard (Th.), André (M.F.), Joly (D.), Malaurie (J.), Levi (F.), Nicolai (A.), Reinberg (A.). — Interindividual differences in a set of biological rhythms documented during the high arctic summer (79°N.) in three healthy subjects. — *Chronobiology international* Vol. 1, No. 2, London : Pergamon Press, 1984, p. 127-138.

Brossard (Th.). — Regards sur le paysage et sa production objets produits et forces productrices, la sensibilité fonctionnelle. — *Revue Géographique de l'Est*. T. XXV, No. 4. Nancy 1985, p. 365-377.

Brossard (Th.), 1985. — Evolution biogéographique d'un secteur de moraine au Svalbard (Glacier Loven Central), bilan quantitatif 1978-1981. *Inter-Nord* n° 17. Paris : Editions du CNRS. p. 33-46.

Brossard (Th.), 1985. — Géosystème de haute latitude : analyse quantitative des milieux naturels. *In : Actes du Premier Colloque Franco-soviétique*. Paris : Editions du CNRS, p. 141-157.

Brossard (Th.), Chapuis (R.). — *Les ruraux français* — Paris : Masson ed., 1986.

Brossard (Th.), Chapuis (R.). — Dossier pédagogique sur les ruraux français. — *Espaces, Populations, Sociétés 1986-3* — Paris 1986 — p. 137-145.

Brossard (Th.), Tourneux (F.P.), Wieber (J.C.). — Structure et fonctionnement du « paysage visible » : modèle d'analyse et simulations. — 25e Congrès de l'Union Géographique internationale; actes du symposium « Analyse de systèmes et modèles mathématiques »; août 1984 — *Cahiers de Géographie de Besançon* N° 28 — Besançon 1986 — p. 163-174.

Brossard (Th.), Joly (D.). — Le complexe géomorphologique aval des glaciers Loven Est et Central (Svalbard). — *Cahiers de Géographie de Besançon (Nlle série)* n° 2 — Besançon 1986 — p. 5-58.

Brossard (Th.). — Probabilités et partition de l'espace, proposition d'un modèle de traitement et exemple appliqué — *Cahiers de Géographie de Besançon* (Nlle série) n° 2 — Besançon 1986 — p. 113-144.

Brossard (Th.), Tourneux (F.P.). — DIGICART, logiciel de cartographie assisté sur micro-ordinateur — *Contributions françaises au 4e Congrès Européen de Géographie Théorique et Quantitative*, Eindhoven sept. 1985; Brouillon Dupont 1986-14 — Avignon 1986 — p. 41-58.

Brossard (Th.). — *1) Approche théorique du paysage; 2) A propos du paysage visible; 3) L'analyse du paysage par l'analyse des données* — Cycle de conférences à l'Université Polytechnique de Madrid; Curso Monografico Sobre, Restoración del paisaje, Problemas, Bases Cientificas y técnicas de recuperación; Escuela tecnica superior de Ingeneros de Montès. — Madrid 1986 — p. 15-25; 27-43; 143-157.

Brossard (Th.). — La production des paysages au Svalbard. *Mappemonde* n° 87/4. Montpellier 1987, p. 38-40.

Brossard (Th.), 1987. — Pratiques des paysages en baie du Roi et sa région (Svalbard). Thèse de Doctorat d'Etat, soutenue le 8 décembre 1987 au Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS). 2 vol. 759 p. (non publiée).

Brossard (Th.). — Landscape : definitions, methods of analysis and mapping. Proceedings of the 3rd European Colloquium held at Augsbourg 13th. 17th. sept. 1982. Bremer Beiträge zur Geographie und Rauplanung. Bremen 1987, p. 3-22.

Brossard (Th.). — Paysage et simulation numérique. *Bulletin de l'Association de Géographes Français* 1987-2. Paris 1987, p. 163-174.

Brossard (Th.), Joly (D.), 1987. — Plantes et climat. Pour une modélisation phénogéographique du paysage (test d'application au Svalbard). *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

Brossard (Th.), 1989. — Paysages arctiques : perception globale et informations élémentaires. *In : Pour Jean Malaurie, 102 témoignages en hommage à quarante ans d'études arctiques*. Paris : Ed. Plon, 1990, p. 177-187.

Arnaud HÉQUETTE, *Institut Océanographique de Bedford, Dartmouth et Laboratoire de Géographie Physique, Université de Bretagne Occidentale, Brest.*

Héquette (A.), 1984. — Dynamique des polynies des Iles Belcher (Baie d'Hudson, Canada). *Norois*, t. 31, n° 123, p. 457-464.

HÉQUETTE (A.), 1985. — Découverte de structures de cryosols immergés et hypothèse de transgression marine récente en péninsule de Brögger (Spitsberg). *Norois*, t. 32, n° 127, p. 429-433.

HÉQUETTE (A.) et MOIGN (A.), 1985. — Evolution estivale d'un littoral arctique en péninsule de Brögger (Spitsberg), *Norois*, t. 32, n° 125, p. 5-17.

HÉQUETTE (A.), 1986. — *Morpho-sédimentologie et évolution de littoraux meubles en milieu arctique. Péninsule de Brögger*, Spitsberg. Thèse de doctorat de 3e cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 397 p.

HÉQUETTE (A.) et RUTZ (M.H.), 1986. — Migration de cordons littoraux par processus de débordements de tempête dans le cadre d'une transgression marine, Kvadehuk, péninsule de Brögger, Spitsberg. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 40, n° 2, p. 197-206.

HÉQUETTE (A.) et MANN (D.H.), 1986. — Des figurations périglaciaires immergées, preuve d'une transgression marine ayant succédé à l'émersion postglaciaire au Spitsberg nord-occidental (Svalbard). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, Sér. II, t. 303, p. 1237-1240.

HÉQUETTE (A.), 1987. — Holocene vertical shoreline displacements in northwest Spitsbergen, Svalbard : new interpretation. The example of Broggerhalvøya. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, vol. 41, n° 2, p. 91-100.

HÉQUETTE (A.) et VAN VLIET-LANOE (B.), 1987. — Activité éolienne et sables limoneux sur les versants exposés au nord-est de la péninsule de Brögger, Spitzberg du nord-ouest (Svalbard). In : M. Pecsi et H. French (eds.), *Loess and periglacial phenomena*, Acad. Kiado, Budapest, p. 103-123.

HÉQUETTE (A.) et BARNES (P.W.), (soumis pour publication). — Coastal retreat and shoreface profile variations in the Canadian Beaufort Sea. *Marine Geology*.

HÉQUETTE (A.), RUZ (M.H.) et VAN VLIET-LANOE, (B.) (soumis pour publication). — Les variations verticales de la ligne de rivage pendant l'Holocène dans le Kongsfjord, Spitsberg. *Norois*.

HÉQUETTE (A.), (soumis pour publication). — Processus littoraux en bordure de sandurs au Spitsberg nord-occidental. *Geodinamica Acta*.

HÉQUETTE (A.), (1988, sous presse). — Vues récentes sur l'évolution du Svalbard au Quaternaire. *Revue de Géomorphologie Dynamique*.

HÉQUETTE (A.), 1988. — Dynamique morpho-sédimentologique et évolution du littoral dans la région du Kongsfjord, Spitsberg. *Inter-Nord*, n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

HÉQUETTE (A.), MOIGN (A.), 1989. — Les processus de disparition estivale du pied de glace sur un littoral arctique (Spitsberg). *In : Pour Jean Malaurie, 102 témoignages en hommage à quarante ans d'études arctiques*. Paris : Ed. Plon, 1990, p. 241-249.

Daniel JOLY, *Laboratoire de Géographie Physique, Université de Franche-Comté, Besançon et Centre d'Etudes Arctiques, Paris.*

JOLY (D.), 1980. — Essai de modélisation des variations thermiques observées dans la région de Ny Alesund (Spitsberg). Paris : Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS) Thèse de 3e cycle (non publiée). 3 vol. 804 p.

JOLY (D.), 1980. — Recherche d'une méthode pour l'étude intégrée des climats à grande échelle. *Bull. Assoc. Géogr. Fr.* n° 474. Paris : Assoc. Géogr. Fr.

JOLY (D.), 1983. — Les types de temps à Isfjord Radio. *Inter-Nord* n° 16. Paris : Editions du CNRS. p. 99-109.

JOLY (D.), 1985. — Etude de la variation journalière de six variables météorologiques dans le cadre de quelques Ambiances Climatiques. *Physio-Geo*, n° 2, p. 3-9.

JOLY (D.), 1985. — Etude comparée du climat d'un sandur et d'une toundra selon trois Ambiances Climatiques. *Inter-Nord*, n° 17, p. 95-101.

JOLY (D.), ANDRÉ (M.F.), 1986. — Estimation du gel estival d'altitude en domaine arctique océanique. *Cahiers de Géographie de Besançon, Nouvelle série*, n° 2, p. 59-82.

JOLY (D.), BROSSARD (Th.), 1986. — Le complexe géomorphologique aval des glaciers Loven Est et Loven Central (Presqu'île de Brogger, Spitsberg). *Cahiers de Géographie de Besançon, Nouvelle série*, n° 2, p. 5-58.

JOLY (D.), 1986. — Présentation d'une méthode pour la modélisation des variations de température et d'humidité relative (exemple appliqué à l'étude microclimatologique d'un sandur au Spitsberg). *Cahiers de Géographie de Besançon, Nouvelle série*, n° 2, p. 83-111.

JOLY (D.), 1986. — L'interpolation supervisée : une méthode de traitement destinée à la cartographie automatique présentée à l'aide d'un exemple de topoclimatologie. *Colloque international sur la topoclimatologie et des applications*, Liège Mont-Rigi, Belgique, mars 1985, *Publications de l'Université de Liège*, p. 135-138.

JOLY (D.), LUONG (N.X.), 1986. — Etude de la succession des types de temps fondée sur un nouvel algorithme de représentation arborée. *25e Congrès International de Géographie. Actes du Symposium* « Analyse de Système et Modèles Mathématiques », Besançon, août 1984. *Cahiers de Géographie de Besançon*, n° 28, p. 317-322.

JOLY (D.), 1987. — Le paysage climatique. Pour une formulation systémique du climat. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 2, p. 175-184.

JOLY (D.), 1987. — Etude de la stratification thermique de l'air au voisinage de la surface du sol; représentations matricielle et graphique. *Journées de Climatologie de Dijon*, Dijon, nov. 1986. *Mélanges offerts au Professeur P. Pagney*.

JOLY (D.), 1987. — *Les ambiances climatiques instantanées; approche méthodique par niveaux d'échelle*. Thèse de doctorat d'Etat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 1000 p. (3 volumes).

JOLY (D.), KERGOMARD (Cl.), 1989. — Températures de surface au Spitsberg nord-occidental. Etude comparée des données de télédétection (NOAA-AVHRR) et des observations au sol. *In : Pour Jean Malaurie, 102 témoignages en hommage à quarante ans d'études arctiques*. Paris : Ed. Plon, 1990, p. 217-235.

JOLY (D.), BROSSARD (Th.), 1989. — Plantes et climat : pour une modélisation phénogéographique du paysage (test d'application au Svalbard). *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

Bernard LEFAUCONNIER, *Laboratoire de la Montagne Alpine CNRS, Grenoble.*

LEFAUCONNIER (B.), 1987. — Fluctuations glaciaires dans le Kongsfjord (baie du Roi), 79° N, Spitsbergen, Svalbard — Analyse et conséquences. Thèse de Doctorat (nouveau régime), Grenoble, 252 p.

LEFAUCONNIER (B.), 1989. — Note sur les connaissances actuelles concernant les glaciations pleistocènes au Svalbard — Fluctuations récentes des glaciers dans le

Kongsfjord (baie du Roi) 79° N, Spitsberg, Svalbard. *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

Claude LEPVRIER, *Département de Géotectonique, Université Pierre et Marie Curie, Paris.*

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1982. — Analyse microtectonique des déformations d'âge alpin. Résumé, *Géochronique.*

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1983. — Tectonique cassante et champs de contrainte tertiaires le long de la marge en coulissement du Spitsberg : corrélations avec les mécanismes d'ouverture de la mer de Norvège-Groenland. *Ann. Soc. Géol. Nord.*, C. III. 1., p. 333-344.

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), MALOD (J.), 1984. — Tertiary deformation in Spitsbergen and opening of the Norwegian-Greenland sea. — In : *Arctic Colloqium, 27th Int. Geol. Congress, Moscow*, vol. IX, Part. 1.

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1985. — L'Evolution structurale de la marge occidentale du Spitsberg : coulissement et rifting tertiaires. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. I, n° 1, p. 115-125.

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1985. — Développement en régime de transgression des bassins sédimentaires paléogènes du Spitsberg. — Résumé *Genebass* (Genèse et évolution des bassins sédimentaires).

LEPVRIER (C.), 1987. — Strike-slip and thrust tectonics in the West Spitsbergen Tertian belt. In : IV EUG, Strasbourg. *Terra Cognita*, vol. 7, n° 2-3, p. 312.

LEPVRIER (C.), 1987. — La Tectonique de coulissement en Arctique. *Inter-Nord*, n° 18. Paris : CNRS, p. 13-23.

LEPVRIER (C.), LE PARMENTIER (F.), SELAND (R.), 1988. — Upper Paleozoic Faulting Regime in Bjørnøya (Svalbard, Norway). Colloque SGF, Tectonique en extension et *Bull. Soc. Geol. France* (sous presse).

LEPVRIER (C.), 1988. — Strike-Slip Faulting, Overthrysting and Pull-Apart Opening in the West Spitsbergen Tertiary Belt (en préparation).

LEPVRIER (C.), 1988. — Relais compressifs et distensifs entre décrochements dans la chaîne tertiaire du Spitsberg (soumis aux Comptes-rendus de l'Académie des Sciences).

LEPVRIER (C.), 1989. — Le Spitsberg sous différents climats. *In : Pour Jean Malaurie, 102 témoignages en hommage à quarante ans d'études arctiques.* Paris : Ed. Plon, 1990, p. 237-240.

LEPVRIER (C.), 1989. — L'évolution tectonique de la chaîne tertiaire du Spitsberg. *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

Brigitte VAN-VLIET LANOE, *Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen*

LANOE (B.), 1983. — Etudes cryopédologiques au sud du Kongsfjord (Svalbard). Caen : Centre de Géomorphologie. Publication interne. 39 p.

VAN VLIET-LANOE (B.) et OZOUF (J.C.), 1984. — Expérimentation en laboratoire. In : « Recherches françaises récentes sur les phénomènes périglaciaires fossiles ». Edité par G. Soudaté, *25e Congrès International de Géographie*, Paris, p. 118-128.

VAN VLIET-LANOE (B.), COUTARD (J.-P.) et PISSART (A.). — Structures caused by repeated freezing and thawing in various loamy sediments. A comparizon of active, fossil and experimental data. *Earth Surface Process and Landforms*, 9, p. 553-565.

VAN VLIET-LANOE (B.), HAESAERTS (P.), BALSECU (S.) et DUPUIS (C.), 1984. — Contribution à la stratigraphie des gisements paléolithiques de Cagny (Somme). *Cahier de Géographie Physique*. Lille, 5, p. 77-94.

VAN VLIET-LANOE (B.), LEBRET (P.), DUMONT (J.L.), GAQUEREL (C.), HUAULT (M.F.), LAUTRIDOU (J.-P.), LE COUSTUMER (M.N.), LEFEBVRE (D.), LEVANT (M.), MASSON (B.), PUISSEGUR (J.J.), 1984. — Tancarville, la liaison Pléistocène moyen-Pléistocène supérieur en Basse-Seine. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 29, p. 63-83.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — Frost effects in soils. In : *« Soil and Quaternary Landscape Evolution »*. J. Boardman editor, J. Wiley Publ., p. 115-156.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — From frost to gelifluction : a new approach based on micromorphology. Its application to arctic environment. *Inter-Nord*, 17. Paris : Ed. du CNRS, p. 15-20.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — Gélifraction et altération des os. In *« Méthodes d'études des sépultures »*. C.R. Table-ronde St-Germain-en-Laye. RCP 742 du CNRS, p. 13-14.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — Apport de la microscopie en épifluorescence à l'étude de la porosité et de la fissuration des roches. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 30, p. 67-76.

VAN VLIET-LANOE (B.), DUPAS (A.), COUTARD (J.P.), 1985. — Soulèvement cryogénique de petites pierres par la glace en lentilles. Rôle initiateur de la cryodessiccation. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 30, p. 77-84.

VAN VLIET-LANOE (B.) et COUTARD (J.-P.), 1985. — Structuration et comportement mécanique de matériaux affectés par la glace de ségrégation. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*. 27, p. 45-52.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1986. — Micromorphology. *In : « La Cotte St-Brelade »* 1961-1978 excavations. P. Callow & J.M. Cornford editors, Geobooks, p. 91-96.

VAN VLIET-LANOE (B.), GIRESSE (P.), 1986. — Phosphatic mineralisation. Ibidem, 97.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1986. — Le pédocomplexe du dernier Interglaciaire (de 125 000 à 75 000 BP). Variations de faciès et signification paléoclimatique du sud de la Pologne à l'ouest de la Bretagne. *Bull. A.F.E.Q.*, 1-2, p. 139-150.

VAN VLIET-LANOE (B.) et HALLEGOUET (B.), 1986. — Les oscillations climatiques entre 125 000 ans et le maximum glaciaire, d'après l'étude des formations marines, dunaires et périglaciaires de la côte des Abers. *Bull. A.F.E.Q.*, 1-2, p. 127-138.

VAN VLIET-LANOE (B.), CLET (M.), COUTARD (J.-P.), LAUTRIDOU (J.-P.) LEBRET (P.), OZOUF (J.-C.), 1986. — Les oscillations climatiques en Normandie de 125 000 à 18 000 BP. *Bull. A.F.E.Q.*, 1-2, p. 105-109.

VAN VLIET-LANOE (B.), MONNIER (J.-L.), 1986. — Les oscillations climatiques entre 125 000 ans et le maximum glaciaire d'après l'étude des coupes du littoral de la baie de St Brieuc. Apport de la lithologie, de la pédologie et de la malacologie. *Bull. A.F.E.Q.*, 1-2, p. 119-126.

VAN VLIET-LANOE (B.), SOMME (J.), LAUTRIDOU (J.-P.), HEIM (J.), MAUCORPS (J.), PUISSEGUR (J.-J.), ROUSSEAU (D.D.), THEVENIN (A.), 1986. — Le cycle climatique du Pléistocène supérieur dans les loess d'Alsace à Achenheim. *Bull. A.F.E.Q.*, 1-2, p. 97-104.

VAN VLIET-LANOE (B.), LAUTRIDOU (J.-P.), SOMME (J.), HEIM (J.), MAUCORPS (J.), PUISSEGUR (J.-J.), ROUSSEAU (D.D.), THEVENIN (A.), 1986. — Corrélation entre sédiments quaternaires continentaux et marins (littoraux et profonds) dans le domaine de la France septentrionale-Manche. *Rev. Géol. dyn. et Géogr. Phys.* 27, (7), p. 105-112.

VAN VLIET-LANOË (B.) LAUTRIDOU (J.-P.), OZOUF (J.-C.), COUTARD (J.-P.), 1986. — A propos de deux thèmes de recherche abordés au Centre de Géomorphologie du CNRS. A. Définition de normes d'analyses physiques de roches. B. Observations à propos de la genèse de sols cryoturbés ou en gouttes par gonflement cryogénique différentiel. *Biuletyn Peryglacjalny*, 31, p. 183-198.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1987. — Interaction entre activité biologique et glace de ségrégation en lentilles, exemples observés en milieu arctique et alpin. In *« Micromorphologie des sols — Soil micromorphology »*. N. Fédoroff, L.M. Bresson et M.A. Courty éditeurs. A.F.E.S., p. 337-374.

VAN VLIET-LANOË (B.), DUPAS (A.), 1987. — Connaissances actuelles sur les phénomènes de cryosuccion et de la formation des lentilles de glace dans les sols. Ministère des Transports. Journée de Physique. L'eau dans les sols. Les Arcs. p. 37-44.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1987. — *Le rôle de la glace de ségrégation dans les formations superficielles de l'Europe de l'Ouest. Processus et héritages*. Thèse de Doctorat d'Etat soutenu en septembre 1987. Université de Paris I Sorbonne. 2 vol. 850 p.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1987. — Dynamique périglaciaire actuelle et passée. Apport de l'étude micromorphologique et de l'expérimentation. *Bull. A.F.E.Q.*, 2, p. 113-132.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1987. — Cryoreptation, gélifluxion et coulées boueuses : une dynamique continue en relation avec le drainage et la stabilité de l'agrégation cryogénique. In *« Loess and periglacial phenomena »*, édité par M. Pecsi et H. French, Akad. Kiado Budapest, p. 203-226.

VAN VLIET-LANOË (B.) et HÉQUETTE (A.), 1987. — Activité éolienne et sables limoneux sur les versants exposés au N.E. de la péninsule du Brogger. Spitzberg du NO (Svalbard). In *« Loess and periglacial phenomena »*, édité par M. Pecsi et H. French, Akad. Kiado, Budapest, p. 103-123.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1988. — Teneur en glace et comportement thermique des sols cyoturbés. Leurs conséquences pour le développement des contraintes mécaniques dans les sols. Exemples pris au Spitzberg et dans les Alpes. *Bulletin du Centre de Géomporphologie du CNRS*, Caen, 34, p. 119-136.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1988. — Approche morphologique et micromorphologique de la dynamique de solifluxion dans les massifs de la Font Sancte et du Chambeyron. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, Caen, 34, p. 29-45.

VAN VLIET-LANOË (B.) et FRANCOU (B.), 1988. — Etude micromorphologique et dynamique comparative de sols striés et autres petites formes fluantes superficielles en milieux arctique, alpin et andin. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, Caen, 34, p. 43-63.

VAN VLIET-LANOË (B.), 1989. — Formations des sols structurés périglaciaires au Spitsberg du N.O. *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS.

COLONISATION VÉGÉTALE ET GÉODYNAMIQUE DES VERSANTS EN MILIEU POLAIRE OCÉANIQUE (SVALBARD, 79°N)

par Marie-Françoise ANDRÉ

Laboratoire de Géographie Physique CNRS, Meudon

RÉSUMÉ. — L'analyse du taux de recouvrement, de la composition floristique et de la morphologie souterraine des groupements végétaux ainsi que la réalisation de relevés lichénométriques permettent au géomorphologue étudiant les versants arctiques de progresser dans trois directions :

— identification des principales séquences morphodynamiques d'évolution des versants au cours de l'Holocène (ex : phase initiale de fonctionnement des glaciers rocheux coïncidant avec l' épisode néoglaciaire de 3500-2000 B.P.).

— estimation de la fréquence et donc de la période de retour de certains événements météorologiques exceptionnels aux implications morphodynamiques majeures (de l'ordre de 70 à 600 ans pour les coulées de débris déclenchées par les violentes averses estivales et pour les avalanches de « slush »).

— séparation à la surface des versants des dépôts fonctionnels et fixés et indications relatives aux processus intervenant avant la période d'observation (ruissellement au sommet des éboulis gelés) ou aux « crypto-processus » (écoulement hypodermique).

Pour interpréter correctement les données recueillies, il s'avère indispensable de tenir compte de la nature de la roche-mère, mais aussi de la valeur inégale des divers composants du couvert végétal : à l'inverse des groupements dominés par les phanérogames et les mousses qui présentent une grande variabilité liée aux conditions écologiques, les groupements lichéniques rupicoles incluant *Rhizocarpon geographicum* s.l. semblent doués d'une stabilité suffisante pour autoriser des reconstitutions remontant jusqu'à 4000 ans B.P., voire plus loin.

Mots-clés : Géodynamique des versants — Milieu périglaciaire — Colonisation végétale — Lichénométrie — Holocène — Arctique Svalbard — Spitsberg.

ABSTRACT. — **Plant colonization and slope processes in a polar oceanic environment (Svalbard, 79°N).** *Investigations of plant colonization patterns and lichenometry have provided new insights regarding past and present slope processes on Svalbard :*

— major stages in slope evolution during the Holocene have been identified and the 3500-2000 B.P. neoglacial period is suggested as the starting point of the formation of lobate rock glaciers.

— estimates of the frequency of episodic meteorological events, which have geomorphological implications, indicate a recurrence interval of rainfall-triggered debris flows and slush avalanches of 70 to 600 years.

— active and stable slope deposits have been distinguished and the importance of run-off during spring thaw and hypodermic drainage later in the summer are implied.

In order to interpret the data it is necessary to take into account lithology and to realize that some plant communities provide better indications than others. In contrast with the great variability of phanerogamic and moss communities, which primarily reflect ecological conditions, the stability of lichens — in particular Rhizocarpon geographicum *s.l. — colonizing acid boulders permit chronological reconstructions up to 4000 B.P. and sometimes longer.*

Key-words : *Slope processes — Periglacial environment — Plant colonization — Lichenometry — Holocene — Arctic — Svalbard — Spitsbergen.*

Séquences morphodynamiques et processus actuels d'évolution des versants ne sont pas toujours faciles à mettre en évidence sur la base des seuls critères géomorphologiques. Il apparait indispensable de replacer le versant en tant qu'unité fonctionnelle intégrant des héritages plus ou moins anciens dans son contexte topoclimatique et phytogéographique. L'intérêt d'une collaboration entre botanistes et géomorphologues a été d'ailleurs brillamment illustré par les travaux de A. Baudière [8] et G. Soutadé [35] dans les Pyrénées orientales. C'est à cette démarche interdisciplinaire que se rattache l'étude présentée ici qui s'applique à un domaine polaire océanique : l'archipel du Svalbard (79°N). Cinq missions CNRS ont été effectuées sur la côte nord-occidentale entre 1982 et 1986 (fig. 1). Lors de l'avant-dernière expédition, notre participation à une mission franco-américaine (CNRS/University of Washington) a permis d'étendre le terrain étudié à un secteur plus continental du Spitsberg central, le Wijdefjord.

I. UNE DÉMARCHE PHYTOGÉOGRAPHIQUE ADAPTÉE AUX PRÉOCCUPATIONS DU GÉOMORPHOLOGUE

1. Objectifs

La démarche présentée ici, fort éloignée de l'approche phytosociologique, ne conduit pas à entreprendre une étude détaillée et quasi-exhaustive de la végétation pour elle-même. Il ne s'agit en réalité que d'utiliser le couvert

FIG. 1. — Carte de localisation des relevés de végétation effectués dans l'archipel de Svalbard entre 1982 et 1986 (d'après le fond topographique "Svalbard" au 1/2 000 000, avec l'autorisation du Norsk Polarinstitutt).

végétal en tant qu'indicateur morphodynamique, permettant notamment de séparer à la surface des versants formes fonctionnelles et fixées, mais aussi dynamique primaire de mise en place des dépôts et remaniements secondaires. Par ailleurs, la végétation peut contribuer à dégager les principales séquences d'évolution des versants au cours de l'Holocène, en apportant des éléments de chronologie relative et plus rarement absolue. Enfin, certaines observations phytogéographiques peuvent permettre, non seulement d'identifier les processus morphodynamiques actuels, mais encore d'estimer leur périodicité — saisonnière à pluriséculaire — et donc de mieux hiérarchiser les divers agents responsables du façonnement des versants arctiques.

2. Méthodes

285 relevés de végétation ont été effectués au Spitsberg entre 1982 et 1985 à la surface des dépôts périglaciaires et glaciaires. L'aire choisie varie selon les sites de quelques m² à 50 m² environ. Chaque relevé comporte tout d'abord des indications relatives au biotope : localisation, altitude, exposition, pente, site morphologique, pétrographie, granulométrie, alimentation en eau. Puis, la communauté végétale est étudiée en trois temps :

a) *évaluation du taux de recouvrement végétal* en % sur les blocs et entre les blocs à l'aide du code proposé par W.W. Lock, J.T. Andrews et P.J. Webber [21]. Les 6 classes de recouvrement établies empiriquement recoupent largement les cœfficients d'abondance/dominance utilisés par les biogéographes (tableau 1).

TABLEAU I. — Valeurs-seuils retenues pour l'estimation du taux de recouvrement végétal.

TAUX DE RECOUVREMENT (TRV et TRB)		
	en %	médiane
○	0	0
◔	1-5	2
◕	5-25	15
◑	25-50	35
◕	50-75	55
●	75-100	85

TRV = taux de recouvrement végétal *entre* les blocs (essentiellement mousses, phanérogames et lichens fruticuleux).
TRB = taux de recouvrement végétal *sur* les blocs (principalement lichens, crustacés et foliacés).

b) *analyse de la composition floristique du groupement* en prenant en compte toutes les composantes de la végétation. A cet égard, une aide précieuse nous a été apportée à l'identification de 422 échantillons végétaux par I. Brattbakk et O.I. Rønning (Université de Trondheim) pour les mousses, les prêles, les fougères, les lycopodes et les plantes à fleurs et par S. Déruelle (Université de Paris VI) pour les lichens.

c) *étude du port subaérien et de la morphologie souterraine* de l'appareil végétatif de certaines espèces comme *Saxifraga oppositifolia* et observations relatives à la présence de végétaux déracinés incorporés aux formations de pente.

Pour éviter les erreurs d'interprétation, il apparaît en outre nécessaire de tenir compte du cycle biologique et du mode de reproduction des espèces concernées. On sait en effet qu'un taux de recouvrement relativement élevé peut aller de pair avec une active dynamique saisonnière ou une colonisation récente : la floraison de *Ranunculus parnassifolius* dans les sites cryoturbés des Pyrénées orientales décrite par A. Baudière et L. Serve [8] en témoigne; il en va de même des taux de recouvrement anormalement élevés (jusqu'à près de 50 %) qui s'observent sur les moraines de 1948 déposées par le glacier du Roi sur Ossian Sarsfjellet dès lors qu'elles sont colonisées par les graminées à rhizomes traçants *Poa glauca* et *Poa sp. viviparus*.

Chaque relevé de végétation a été généralement complété par un relevé lichénométrique établi selon des modalités décrites précédemment (cf. M.F. André [2] et [3]). L'objectif principal est l'utilisation du diamètre maximum de *Rhizocarpon geographicum* s.l. comme élément de datation en référence à la courbe de croissance établie pour ce lichen en Alaska par P.E. Calkin et J.M. Ellis [12]. Entre 1984 et 1986, nous avons effectué 321 relevés lichénométriques au Spitsberg.

II. — GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ET GÉNÉRATIONS DE FORMES À LA SURFACE DES VERSANTS

1. Variabilité de la colonisation végétale en fonction de la roche-mère

Pour dégager la signification morphodynamique et historique d'un groupement végétal, il importe préalablement de faire la part du rôle joué par le site et notamment par le substrat. Au Spitsberg, l'impact de la roche-mère peut être mis en évidence en étudiant les variations de la colonisation végétale à l'intérieur d'un dépôt homogène d'âge donné mais de pétrographie variée. Le rôle du substrat est déjà manifeste dans les moraines du « Petit Age Glaciaire » du Vestre Lovenbreen; mais il apparaît encore plus nettement dans des formations de versant plus évoluées comme les glaciers rocheux du Spitsberg occidental attribués à la pulsation froide de 3 500-2 000 B.P. Sur le tableau 2, on peut noter une première opposition entre les glaciers rocheux calcaires à très faible taux de recouvrement (0 à 2 %) et à flore uniquement lichénique et les glaciers rocheux à dominance schisteuse. Ces derniers sont en effet fortement colonisés (70 % à 100 %) par une abondante végétation phanérogamique, muscinale et lichénique. Les travaux de C. Favarger [33] dans les Alpes et de A. Baudière et A.L. Bonnet [7] dans les Pyrénées ont montré l'importance du rôle joué par les propriétés physiques du substrat et notamment par le calibre des blocs libérés par la gélifraction. C'est ainsi que les calcaires cristallins, nombreux au Spitsberg, fournissent de gros éléments, l'absence de terre fine et sans doute le manque de lumière entre les blocs entravent considérablement le développement d'une végétation phanérogami-

TABLEAU 2. — Diversité des groupements végétaux colonisant les glaciers rocheux du Svalbard en fonction de la pétrographie (Kapp Mitra et Prins Karls Forland).

PÉTROGRAPHIE	% < 50 µm	% $CaCO_3$	TRV	TRB	Diamètre maximum de *Rhizocarpon geographicum* s.l.	COMPOSITION FLORISTIQUE
CALCAIRES	0-9,1	69,2	○ 0 %	◔ < 2 %	—	PHANÉROGAMES : néant MOUSSES : néant LICHENS : uniquement espèces nitrophiles sur reposoirs à oiseaux (*Xanthoria elegans — Physcia caesia — Lecanora melanophtalma — Buellia epipolia — Umbilicaria virginis*).
QUARTZITES	0-5,3	4,0	◔ < 2 %	◕ 70 %	113 mm	PHANÉROGAMES : néant MOUSSES : *Rhacomitrium lanuginosum* LICHENS : *Pseudephebe minuscula — Rhizocarpon geographicum s.l. — Umbilicaria arctica — U. cylindrica — U. decussata — U. erosa — U. proboscidea — Parmelia intestiniformis — Lecidea lithophila — Sporastatia cinerea — Cetraria nivalis*. Localement : *Xanthoria elegans — Physcia caesia — Lecanora melanophtalma*.
MICASCHISTES	16,7	2,4	● 100 %	◕ 70 %	122 mm	PHANÉROGAMES : *Saxifraga oppositifolia — S. cernua — Silene acaulis — Dryas octopetala — Salix polaris* MOUSSES : Plus de 12 espèces dont : *Hylocomium splendens — Rhacomitrium lanuginosum — Dicranoweisia crispula — Andraea rupestris — Dicranum angustum — Ptilidium ciliare* LICHENS : *Pseudephebe minuscula — Rhizocarpon geographicum s.l. — Umbilicaria arctica — U. cylindrica — U. erosa — U. hyperborea — U. proboscidea -Parmelia sulcata — Lecidea lithophila — Sporastatia cinerea — Stereocaulon sp. — Alectoria nigricans — Cornicularia divergens — Cetraria delisei — C. nivalis -Thamnolia vermicularis — Ochrolechia frigida — Cladonia rangiferina — Cl. mitis — Cl. rangiformis*.
QUARTZITES + GUANO (Falaise à Guillemots de Brünnich)	matrice abondante d'origine organique	apports de nitrates	● 100 %	◕ 70 %	—	PHANÉROGAMES : *Saxifraga cespitosa — S. rivularis — Cochlearia officinalis — Cerastium sp — Poa alpigena*. MOUSSES : Plus de 10 espèces dont : *Hylocomium splendens — Rhacomitrium lanuginosum — Drepanocladus uncinatus — Dicranum angustum — Polytrichum* cf. *alpinum*. LICHENS : *Parmelia saxatilis — P. sulcata — Peltigera cf. canina — Umbilicaria arctica — Cladonia mitis — Cl. rangiformis — Cl. squamosa — Cl. deformis — Cl. pyxidata — Cetraria cucullata — Sphaerophorus globosus — Thamnolia vermicularis — Cetraria islandica — Cornicularia divergens — Alectoria nigricans*.

que. A l'inverse, les micaschistes libèrent des débris hétérométriques et en particulier une fraction fine (jusqu'à 15 % < 50 µm à l'intérieur de la phase < 2 mm au Spitsberg), ce qui augmente la capacité de rétention de l'éboulis et favorise l'enracinement des plantules. Mais il est également sans doute une explication d'ordre microclimatique, les schistes plus sombres offrant peut-être un milieu de colonisation plus chaud que les calcaires clairs à fort albedo. Nous avons personnellement vérifié l'existence d'une différence marquée entre le comportement thermique des éboulis calcaires et celui des éboulis schisteux. Au cours de l'été 1984 ont été collectés quelques éléments de comparaison entre le bassin schisteux du Slåttofjellet et le bassin calcaire du Zeppelinfjellet (secteur de Ny-Ålesund, côte NW). Une sonde platine reliée à un thermomètre numérique a été utilisée à cette fin. Les situations météorologiques retenues sur la figure 2 montrent que les contrastes thermiques les plus marqués entre l'air et la roche apparaissent par beau temps sec et ensoleillé en exposition sud : jusqu'à 15,2°C de plus dans les éboulis fins schisteux que dans l'air et seulement 9,6°C de plus dans les calcaires. D'une manière générale, même si les contrastes thermiques ont tendance à s'amortir par temps couvert, un sur-échauffement des versants schisteux tend à se maintenir. Font exception cependant les pentes à l'ombre en exposition nord qui apparaissent relativement homothermes quel que soit le type de temps.

Plus que les propriétés physiques de la roche évoquées précédemment, c'est bien la nature chimique du substrat qui conditionne largement la colonisation des blocs eux-mêmes. En effet, les groupements lichéniques rupicoles apparaissent très riches en espèces sur les roches

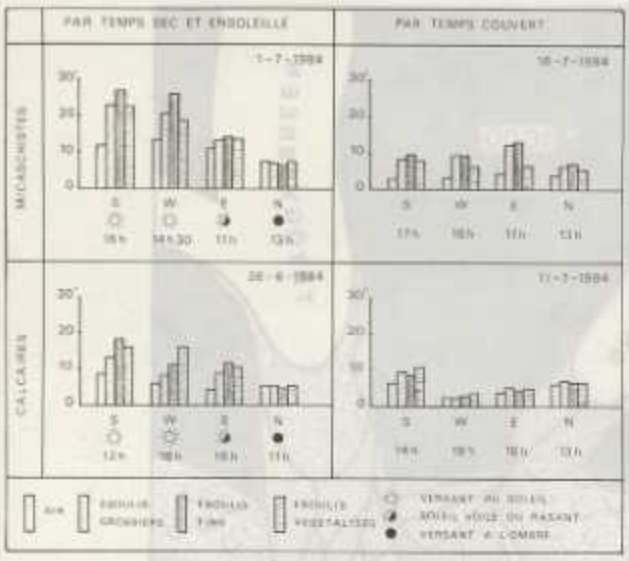


FIG. 2. — Comportement thermique des éboulis calcaires et schisteux du nord-ouest du Spitsberg (données recueillies au cours de l'été 1984).

acides (ex : quartzites) ; cependant que les blocs calcaires sont presque totalement dépourvus de végétation à l'exception de rares lichens nitrophiles associés aux blocs à oiseaux. Ainsi que l'on peut en juger sur le tableau 2, l'abondance de nitrates au pied des falaises peuplées d'oiseaux de mer (Guillemots de Brünnich et Mouettes tridactyles) modifie la composition floristique des groupements colonisant les glaciers rocheux. Sur Prins Karls Forland, le guano se superposant à la roche-mère quartzitique, voit proliférer les espèces nitrophiles comme *Cochlearia officinalis* et se développer des végétaux de taille impressionnante (*Umbilicaria arctica* atteignant 28 cm de longueur à l'état humide). Dans de telles conditions, le taux de recouvrement, qui avoisine 100 %, n'est évidemment pas le témoin de l'ancienneté de la colonisation mais seulement le reflet de conditions écologiques particulières.

2. Séquences morphodynamiques de mise en place des cônes fini-holocènes

Le rôle de la pétrographie étant mis en lumière, il est possible de tirer de l'étude phytogéographique entreprise au Spitsberg d'intéressantes indications d'ordre chronologique. L'exemple choisi est celui des coulées de débris et cônes en pente relativement faible, dus principalement aux averses exceptionnelles et aux avalanches de slush, qui se développent au débouché des couloirs entaillant les parois rocheuses (fig. 3). Plus que les éboulis de gravité à 35° liés à une alimentation en gélifracts irrégulière mais plus ou moins continue, les dépôts choisis évoluent pour l'essentiel par grandes saccades en relation avec des événements climatiques exceptionnels. Aussi est-il possible d'utiliser le degré d'évolution du couvert végétal à leur surface pour identifier les principaux épisodes morphodynamiques (tableau 3). Le taux de recouvrement constitue déjà un indicateur intéressant ainsi qu'en témoignent les photos d'un lobe de slush intégrant 3 générations d'apports en rive est de l'Austfjord (photos 1 à 3). Mais il faut noter que si le taux de recouvrement lichénique sur les blocs augmente régulièrement avec l'ancienneté des dépôts (de 0 à 55 %), il n'en va pas de même du taux de recouvrement

1) **Lobe subactuel** :

Aspect frais, TRB = 0 %, TRV = 5 %, diamètre maximum atteint par *Rhizocarpon geographicum* s.l. = 0 mm, âge supposé du lobe : < 30 ans avant 1985.

2) **Lobe ancien** :

Tendance à l'enfouissement des blocs sous la végétation herbacée, TRB = 15 %, TRV = 90 %, diamètre maximum atteint par *Rhizocarpon geographicum* s.l. = 25 mm, âge supposé du lobe : 400-500 B.P. (Phase ancienne du « petit âge glaciaire »).

3) **Lobe très ancien** :

Aspect superficiel émoussé, tendance localisée à l'ouverture du tapis végétal sous l'effet de la déflation éolienne, TRB = 55 %, TRV = 35 %, diamètre maximum atteint par *Rhizocarpon geographicum* s.l. = 55 mm, âge du lobe : environ 1500 B.

PHOTOS 1 à 3. — Modelé superficiel et recouvrement végétal de trois générations de lobes de slush (Austfjordneset, Spitsberg central). Echelle : double-décimètre (à gauche) et balle de 4 cm (à droite).

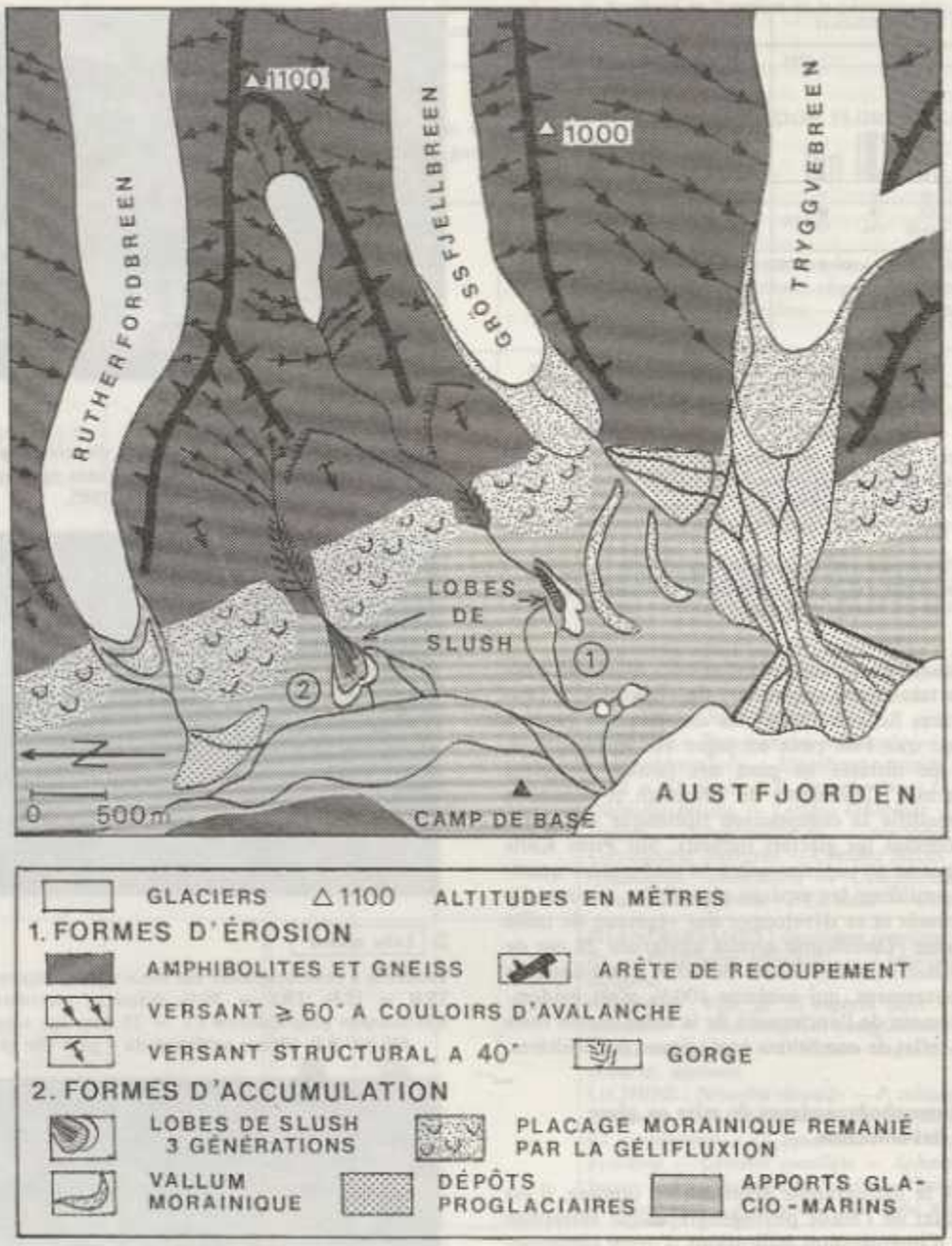


FIG. 3. — Site morphologique des lobes de slush étudiés (Austfjord, Spitsberg central).

des végétaux phanérogamiques poussant entre les blocs. Ce dernier peut en effet être très élevé (> 50 %) le long des chenaux d'écoulement accidentant le lobe subactuel où se développe une abondante végétation hygrophile dominée par les prêles (*Equisetum arvense*) et par les mousses (*Orthothecium chryseon*). A l'inverse, la fraction sableuse de la génération la plus ancienne est affectée par la déflation éolienne qui se traduit par une ouverture du tapis végétal (TRV < 25 %) et le développement de phénomènes de nécrose dans les coussins de *Dryas octopetala*. Ainsi donc, le taux de recouvrement lichénique des blocs apparaît plus significatif et plus fiable d'un point de vue historique. Cela tient sans doute au fait qu'il s'agit de groupements relativement homogènes et stables évoluant lentement mais régulièrement sur un substrat cohérent. C'est le cas en particulier du groupement à *Pseudephebe minuscula*, *Umbilicaria decussata* et *Rhizocarpon geographicum* s.l. colonisant les roches siliceuses. Le diamètre de cette dernière « espèce » croît dans l'Arctique à la vitesse très lente de 3 mm/siècle après 100 à 300 ans d'existence (cf. W.W. Lock et al. [21]). Au contraire, phanérogames et mousses sont plus sensibles aux variations de pente, d'exposition, de granulométrie et d'humidité affectant la partie meuble des dépôts de versant. Cette dépendance à l'égard de conditions écologiques très variables explique la diversité des groupements colonisant des cônes d'âge et de pétrographie similaires. Ces communautés végétales sont dominées par des espèces différentes selon les lieux :

TABLEAU 3. — Séquences morphodynamiques de mise en place des cônes fini-holocènes du Spitsberg central et occidental

Type de formation de pente	localisation	exp.	pétro	pente	SÉQUENCES MORPHODYNAMIQUES DISTINGUÉES À PARTIR DES DONNÉES PHYTOGÉOGRAPHIQUES															
					EPISODE a				EPISODE b				EPISODE c				EPISODE d			
					TRB	TRV	Ø mm[1]	Datation (ans)	TRB	TRV	Ø mm	Datation (ans)	TRB	TRV	Ø mm	Datation (ans)	TRB	TRV	Ø mm	Datation (ans)
CÔNES ET COULÉES DE DÉBRIS LIÉS AUX AVERSES EXCEPTIONNELLES (assistées par les avalanches, le ruissellement nival et la gravité pure)	ISFJORD (Longyeardalen)	ESE	Grès crétacés	3-25°					◑	◕	30	680 B.P.	◔ à ◔	◔	9-11	70 B.P.	○	◔ à ◔	○	O.B.P. (remis 1977)
	AUSTFJORD EST (Reinsbukkdalen et aval Tryggvebreen)	S à SSW	Amphibolite Quartzites Gneiss précambriens	18-25°					○	○ à ◑	27-32	670 B.P.	◔ à ◔	○ à ◕	11-13	100 B.P.	○	○ à ◔	○	O.B.P. (<30 ans avant 1985)
	KONGSFJORD S (Brøggerhalvøya N, Grønlietpynten N)	NNE	Micaschistes Quartzites précambriens	4-18°					?	?	25	500 B.P.	◔ à ◔	◔ à ◔	10	70 B.P.	○	○ à ◔	O	O.B.P. (<30 ans avant 1984)
	FORLANDSUNDET (Brøggerhalvøya S, Kiaer)	W	Calcaires permo-carbo	15-20°	◔ à ◕	○ à ◔	> 50	> 1350 B.P.									○	○	—	—
		W	idem + guano	18°	◕ à ●	◕ à ●			?				?				○	○	—	—
	AUSTFJORD OUEST (Simledalen)	ENE	Grès carbonatés dévoniens	15°									○	◕	—	—	○	◔ à ◑	—	—
	KONGSFJORD N (RD Conwaybreen)	SSE	Marbres précambriens	15°									◔ à ◔	◔	—	—	○	○	—	—
	KONGSFJORD N (N Feiringfjellet)	SSW	Micaschistes et quartzites précambriens	10-18°	◕	◔ à ◔	61	1740 B.P.	◑	◔	27	550 B.P.	◔	◔	13	140 B.P.	○	○	○	O.B.P. (<30 ans avant 1986)
CÔNES ALLUVIAUX s.s.	AUSTFJORD EST (Reinsbukkdalen)	S	Amphibolites Quartzites Gneiss précambriens	5-10°	◕	●	60-66	1810 B.P.	◑	◕	33-34	800 B.P.	◔ à ◔	◔ à ◑	10-12	90 B.P.	○	○ à ◔	○	O.B.P. (<30 ans avant 1985)
LOBES DE SLUSH	AUSTFJORD EST (Grössfjell Ouest)	SW	Amphibolites Gneiss précambriens	0-10°	◕	◔ à ◑	55	1520 B.P.	◑ ◔	◑ ●	38 24-25	940 B.P. 490 B.P.	—	—	—	—	○	○ à ◕	○	O.B.P. (<30 ans avant 1985)

(1) Ø mm : diamètre maximum de *Rhizocarpon geographicum* s.l.

Cassiope tetragona et *Salix polaris* dans la vallée de Longyear, *Saxifraga oppositifolia*, *Pedicularis dashyanta* et *Dryas octopetala* dans l'Austfjord ou encore lichens fruticuleux comme *Cetraria nivalis* et *Thamnolia vermicularis* dans certains secteurs de la côte ouest.

Si l'on veut avoir une idée plus précise de la chronologie des principaux épisodes de mise en place des cônes fini-holocènes, il faut compléter l'estimation du taux de recouvrement et l'analyse de la composition floristique des groupements par une étude lichénométrique dont les méthodes et techniques ont été largement développées par ailleurs (cf. M.F. André [2] et [3]). Sur le tableau 3 apparaissent 3 à 4 grandes séquences — épisodes a à d — situées respectivement vers 1 500 B.P., 490-800 B.P., 70-100 B.P. et 0 B.P. Si les deux épisodes intermédiaires s'inscrivent à l'intérieur du « Petit Age Glaciaire » et sont donc contemporains de la mise en place des moraines terminales, les épisodes a et d appartiennent à des périodes de radoucissement climatique (époque Viking et milieu du XX siècle). Cette situation s'explique par le fait que la formation des coulées et des cônes n'est pas tributaire des conditions thermiques, mais bien davantage des événements pluviométriques. La période de retour des averses exceptionnelles déclenchant ces mouvements apparaît à la lumière de la lichénométrie de l'ordre de 70 à 600 ans. Ce résultat recoupe largement la périodicité de 50 à 400 ans proposée par A. Rapp et R. Nyberg (28) en Laponie suédoise. L'intervalle entre les épisodes majeurs de mise en place des cônes du Spitsberg est donc d'ordre séculaire à pluriséculaire. Cela ne signifie nullement que des événements climatiques de moindre ampleur ne puissent se produire entre temps et laisser des traces momentanées dans le paysage. Mais après des siècles voire des millénaires, on ne retrouve plus que l'empreinte des principales séquences qui ont effacé, remanié ou enfoui les traces laissées par les épisodes intermédiaires. Il faut noter enfin qu'il est rare d'observer une contemporanéité des grandes phases morphodynamiques entre les cônes de la côte NW et ceux du Spitsberg central. Cela se comprend aisément dans la mesure où les violentes averses sont le plus souvent très localisées : ainsi, les pluies exceptionnelles des 10 et 11 juillet 1972 qui ont déclenché mouvements de masse et coulées linéaires dans la vallée de Longyear n'ont affecté qu'un bassin-versant de 30 km² (Larsson (19)).

3. Essai de datation des glaciers rocheux par la lichénométrie

Les glaciers rocheux étudiés au Spitsberg appartiennent tous au type de formes plus larges que longues, étroitement cantonnées au pied des parois et connues par les auteurs anglo-saxons sous le terme de « lobate rock glaciers ». Le replat sommital situé juste au-dessus du front de ces glaciers rocheux constitue à la fois la partie la plus ancienne et la plus stable de ces dépôts alimentés par l'amont. C'est donc dans ce site qu'ont été systématiquement effectués les relevés lichénométriques visant à rechercher le diamètre maximum de *Rhizocarpon geographicum* s.l. Les résultats de cette étude présentés sur le tableau 4 montrent une assez bonne cohérence des données recueillies. Si l'on excepte les sites peu propices à la conservation des lichens (micaschistes fissiles et quartzites enfouis sous la végétation nitrophile), ce diamètre maximum se situe dans tous les cas vers 100-110 mm. Que l'on utilise à titre de référence provisoire la courbe de croissance établie pour *Rh. geographicum* par P.E. Calkin et J.M. Ellis [12] dans le Nord de l'Alaska ou celle de G.H. Miller et J.T. Andrews [24] pour la Terre de Baffin, on est conduit à attribuer la phase initiale de fonctionnement des glaciers rocheux du Spitsberg à une période située aux alentours de 3000 B.P. Cela tendrait à confirmer l'hypothèse émise dans un article précédent [2] selon laquelle la formation de ces dépôts s'inscrirait à l'intérieur de la récurrence froide située par S. Baranowski [6] et J.M. Punning [26] vers 3 500-2 000 B.P. Les glaciers rocheux semblent donc constituer au Svalbard la famille de formes holocènes la plus ancienne représentée sur les versants.

III. — LA VÉGÉTATION, INDICATEUR MORPHODYNAMIQUE

Si la végétation peut constituer un intéressant indicateur chronologique, elle apporte également dans certains cas des informations d'ordre morphodynamique sur les processus actuels agissant sur les versants arctiques. Mais pour dégager la véritable signification des observations effectuées, il faut séparer très clairement la dynamique primaire ou dynamique originelle de mise en place des dépôts de pente et la dynamique secondaire de remaniement et de redistribution postérieure des débris.

1. Expression phytogéographique de géodynamiques primaires violentes

Couloirs d'avalanches, ravins de gélivation et chenaux d'eaux de fonte sont le siège d'une dynamique intense et récurrente qui se traduit par l'absence totale de végétation à leur surface. En aval, celle-ci réapparaît sous la forme de touffes arrachées mêlées aux apports de débris rocheux. C'est ainsi que dans le cirque du Berteltpynten, touffes de graminées et de mousses, feuilles de *Salix polaris* et fragments de *Saxifraga oppositifolia* et de lichens (*Thamnolia vermicularis*, *Cetraria nivalis* et *cucullata* et *Alectoria nigricans*) se retrouvent mêlés aux blocs de quartzites et de micaschistes apportés par les avalanches de printemps. Le phénomène s'observe également dans le cirque amont du Midre Lovenbreen (fig. 4B). De la même façon, des touffes de mousses sont fréquemment incorporées aux lobes de débris liés aux violentes averses estivales (fig. 4 D). Ces apports « chevauchent » eux-mêmes des touffes de mousses enracinées et la fraîcheur du lobe peut être appréciée si l'on considère que la végétation enterrée meurt au bout de deux ans. C'est ce qu'indiquent C.K. Ballantyne et J.D. Eckford [5] dans leur analyse des versants écossais; mais peut-être ce laps de temps est-il plus long dans un milieu à évolution aussi lente que le domaine polaire océanique auquel appartient le Svalbard.

La quasi-absence de végétation enracinée (TRV = 0-5 %) sur les cônes d'éboulis et d'avalanche s'observe dans l'axe des couloirs qui canalisent l'essentiel de la dynamique actuelle des versants arctiques. Mais il faut tenir compte également d'un autre facteur d'évolution : la présence ou l'absence d'un agent d'évacuation des débris à la base du cône. Les cônes directement repris en moraines latérales à la base des versants par les glaciers comme le Pedersenbreen ne sont pratiquement pas colonisés par la végétation car ils évoluent rapidement. A l'inverse, les pentes éloignées des langues glaciaires sont le siège d'un taux de recouvrement relativement élevé

TABLEAU 4. — Essai de datation par la lichenométrie de la phase initiale du fonctionnement d'une vingtaine de glaciers rocheux du Spitsberg (les résultats indiqués entre parenthèses ont été obtenus dans des sites peu favorables à la conservation des lichens).

LOCALISATION	EXPOSITION	PETROGRAPHIE	MOYENNE DES 5 DIAMETRES MAXI. DE *R. GEOGRAPHICUM* (en mm)	AGE POSSIBLE B.P. selon courbe Alaska	AGE POSSIBLE B.P. selon courbe Baffin
SPITSBERG CENTRAL (WIDEFJORD)				(d'après Calkin & Ellis)	(d'après Miller & Andrews)
Aval Tryggvebreen	SSW	amphibolite	88	2640	2780
	SSW	amphibolite	101	3070	3240
	SSW	amphibolite	101	3070	3240
	SSW	amphibolite	99	3020	3180
Reinsbukkdalen	S	micaschiste	(75)	(2200)	(2260)
	S	quartzite	108	3340	3530
	S	quartzite	102	3140	3300
	S	quartzite	111	3440	3630
	S	quartzite	116	3590	3800
	S	quartzite	96	2910	3070
	S	amphib/gneiss	93	2820	2940
	S	gneiss	90	2700	2840
	S	gneiss	104	3180	3360
	S	gneiss	115	3550	3760
	S	gneiss	119	3680	3920
SPITSBERG NW					
Krossfjord	SW	quartz/micasch.	101	3070	3240
	NE	micaschiste	(73)	(2120)	(2200)
Kapp Mitra	WNW	micaschiste	117	3630	3860
	WNW	quartzite	122	3780	4020
	WNW	quartzite	113	3500	3700
	WNW	quartzite	106	3240	3440
Prins Karls Forland	WSW	quartzite	(78)	(2310)	(2400)
	WNW	quartzite	(73)	(2120)	(2200)

(TRV = 25-50 %). C'est le cas en rive gauche du Midre Lovenbreen et en rive droite du Vestre Brøggerbreen où l'amenuisement de la langue glaciaire sous l'effet de la fusion conduit à couper le versant de son agent évacuateur et donc à en bloquer largement l'évolution.

Dans certains cas cependant, le fonctionnement actuel d'un éboulis peut aller de pair avec l'existence d'une végétation enracinée qui présente des caractères particuliers d'adaptation à la mobilité du milieu. Ainsi que l'ont montré A. Baudière et A.L. Bonnet [7] et plus récemment P. Somson [34] dans les Pyrénées, certaines plantes adoptent de véritables stratégies migratrices : allongement des tiges souterraines et ramification du système végétatif souterrain notamment. Au Spitsberg, le port en coussinet et les racines courtes de *Saxifraga oppositifolia* sur les espaces plans des secteurs côtiers se modifient considérablement sur les versants à 30°. Les rhizomes courent en effet à travers les éboulis et s'étirent parfois sur plus d'1,50 m pour résister à l'enfouissement. En chemin, cet appareil végétatif souterrain se ramifie fréquemment « en pieuvre » (fig. 4 A), ce qui permet aux Saxifrages de se régénérer en cas de cassure liée à la chute d'un bloc. En effet, il existe en différents points des portions de rhizomes pourvus de radicelles adventives qui peuvent donner naissance à de nouveaux individus qui se développent à leur tour par multiplication végétative.

2. La végétation, révélatrice de dynamiques secondaires saisonnières

Au sein de dépôts de pente très variés (éboulis, lobes de slush, glaciers rocheux) intervient fréquemment un processus qui remanie la fraction fine de ces dépôts et en particulier la phase limoneuse : il s'agit du ruissellement subaérien et hypodermique. Aux yeux du géomorphologue effectuant ses observations au cœur de l'été, ce processus passerait presque inaperçu si l'on ne prenait pas garde au port de certains végétaux. C'est ainsi que les touffes de *Saxifraga oppositifolia* allongées dans la sens de la pente (fig. 4 C) portent les marques du ruissellement superficiel qui affecte les pentes au printemps, à la fonte des neiges, lorsque le pergélisol encore à fleur de sol cimente les éboulis et bloque l'infiltration. Plus tard dans l'été, lorsque le pergélisol est descendu, le ruissellement devient largement hypodermique et les Saxifrages peuvent alors fleurir, généralement avec un retard de près d'un mois par rapport aux touffes s'épanouissant sur les espaces côtiers précocement déneigés.

Le rôle du ruissellement hypodermique, processus discret mais omniprésent, peut être mis en évidence au pied des formations de pente, c'est-à-dire là où les écoulements apparaissent. Ces sites se reconnaissent à leur abondante végétation hygrophile à mousses (*Aulacomnium*

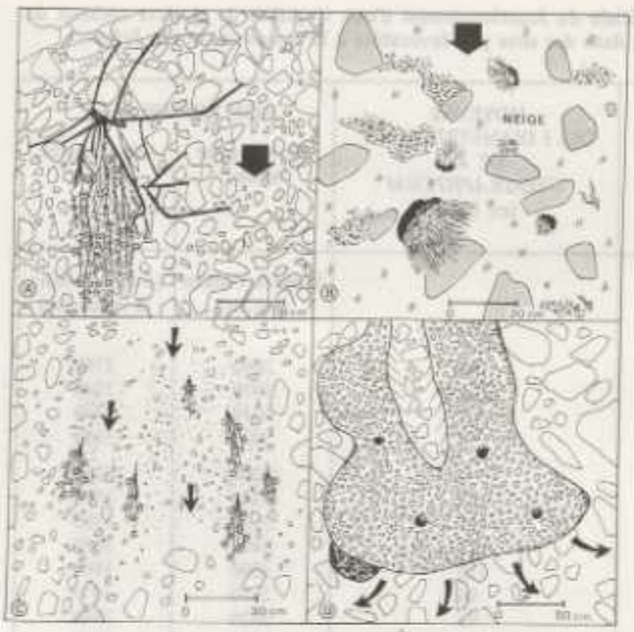


FIG. 4. — La végétation, révélatrice des processus morphodynamiques à l'œuvre sur les versants du Spitsberg (les flèches indiquent le sens de la pente).

A) Enracinement caractéristique de *saxifraga oppositifolia* à la surface d'un éboulis schisteux (rive gauche du Pedersenbreen).

B) Touffes de graminées et débris végétaux mêlés aux blocs gneissiques mobilisés par les avalanches de juin 1983 (cirque amont du Midre Lovenbreen).

C) *Saxifraga oppositifolia* étirées par les eaux de ruissellement nival en début de saison à la surface d'un éboulis calcaire (rive droite de l'Austre Brøggerbreen).

D) Touffes de mousses transportées et « chevauchées » par une coulée de débris déclenchée par une averse exceptionnelle (Slåtofjellet).

palustre, *Philonotis tomentella* et *Orthothecium chryseon*), prêles (*Equisetum arvense* et *E. variegatum*), graminées (*Alopecurus alpinus*) et linaigrettes (*Eriophorum scheuzeri*). Cette végétation hygrophile forme de véritables tapis épais et sombres (TRV > 50 %) qui ourlent le pied des cônes et des glaciers rocheux (photo 4). Ils signalent l'apport de limons par le ruissellement hypodermique qui a lavé de leur phase fine les dépôts de pente. Dans ces sites, la fraction inférieure ou égale à 50 µm atteint généralement 45 à 60 % de la fraction fine du dépôt (inférieure ou égale à 2 mm). Cette mobilisation des « fines » à travers les dépôts de pente se retrouve aussi bien sur la côte occidentale du Spitsberg (Kapp Mitra, Stuphallet, Kiaer, Ny-Ålesund, Blomstrandhalvøya) qu'au cœur du Spitsberg (rive droite du Tryggvebreen, Austfjord). Assez souvent, ces formations riches en limons mais aussi en blocs donnent naissance à des cercles de pierres qui s'étirent au pied des versants et s'avancent sur les anciens niveaux marins.

PHOTO 4. — Sourcins, enrichissement en limons et végétation hygrophile associée au pied des cônes du versant méridional de la presqu'île de Brøgger (secteur de Kiaershytta). A l'arrière-plan, la ligne de rivage.

CONCLUSION

Composition floristique et taux de recouvrement des groupements végétaux, port subaérien et morphologie souterraine des appareils végétatifs et relevés lichénométriques permettent au géomorphologue étudiant les versants arctiques de progresser dans trois domaines :

— identification des principales séquences morphodynamiques d'évolution des versants au cours de l'Holocène (ex : épisode néoglaciaire de 3500-2000 B.P. auquel remontent les glaciers rocheux du Spitsberg central et occidental).

— estimation de la fréquence et donc de la période de retour de certains phénomènes climatologiques et géomorphologiques exceptionnels (avalanches de slush et coulées de débris liées aux violentes averses estivales). Cette période est de l'ordre de 70 à 600 ans dans le secteur étudié.

— séparation à la surface des versants des parties fonctionnelles et des secteurs figés et identification des processus morphogéniques primaires (ex : avalanches) ou secondaires (ex : ruissellement subaérien et hypodermique).

Mais pour interpréter correctement les données recueillies, il apparaît indispensable de prendre en compte la nature de la roche-mère qui, par ses propriétés physico-chimiques, conditionne très largement la colonisation végétale. Par ailleurs, il faut noter que les lichens constituent clairement les indicateurs chronologiques les plus fiables, la végétation phanérogamique et muscinale évoluant trop rapidement et reflétant par sa diversité la variabilité des conditions écologiques à l'intérieur même d'un dépôt. Mais si certains travaux ont montré qu'un lichen crustacé à croissance lente comme *Rhizocarpon geographicum* s.l. peut atteindre 8000 ans, il faut reconnaître que dans la nature certains facteurs limitent souvent sa durée de vie à 4000 ans environ : il s'agit essentiellement de la météorisation de la roche-support et de la concurrence d'espèces à croissance plus rapide comme *Pseudephebe minuscula*. La méthode d'étude phytogéographique présentée ici permet toutefois incontestablement de progresser dans la connaissance encore très incomplète de l'évolution récente et de la dynamique actuelle des versants arctiques.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le GDR Etudes Arctiques n° 49 du CNRS (Dir. Jean Malaurie), le Laboratoire de

Géographie Physique UA 0141-CNRS (Dir. A. Godard) et l'Ambassade de France en Norvège (Gérard Rivière).

Sur le terrain, j'ai bénéficié du soutien logistique et amical apporté par Ronald Sletten et Daniel Mann (University of Washington, Seattle) dans le Spitsberg central et par Kristian Sneltvedt (Kings Bay Kull Company) sur la côte Nord-Ouest. La détermination des échantillons végétaux et la recherche bibliographique ont été largement facilitées par l'aide apportée par les botanistes norvégiens et français Ingvar Brattbakk, Olaf I. Rønning, Serge Déruelle et André Baudière. Les analyses granulométriques et calcimétriques ont été effectuées au LA 141-CNRS par Annie Fleury, Catherine Kuzucuoglu et Caroline Blérard.

A tous j'exprime ici ma très vive gratitude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Åkerman (J.), 1983. — Notes concerning the vegetation on deflation surfaces, Kapp Linné, Spitsbergen. *Polar Research*, vol. 1, p. 161-169.

[2] André (M.F.), 1985. — Lichénométrie et vitesses d'évolution des versants arctiques pendant l'Holocène (région de la baie du Roi, Spitsberg, 79° N). *Rev. Géomorph. Dynam.*, vol. XXXIV (2), p. 49-72.

[3] André (M.F.), 1986. — Dating slope deposits and estimating rates of rock wall retreat in Norhtwest Spitsbergen by lichenometry. *Geografiska Annaler*, 68 A (1-2), p. 65-75.

[4] Arnell (S.) et Mårtensson (O.), 1959. — A contribution to the knowledge of the bryophyte flora of W. Spitsbergen and Kongsfjorden (King's Bay, 79° N) in particular. *Ark. Bot.*, vol. 4 (6), p. 105-164.

[5] Ballantyne (C.K.) et Eckford (J.D.), 1984. — Characteristics and evolution of two relict talus slopes in Scotland. *Scott. Geograph. Magaz.*, t. 100, p. 20-33.

[6] Baranowski (S.), 1977. — The subpolar glaciers of Spitsbergen seen against the climate of this region. *Acta Univ. Wratislav.*, 410, 91 p.

[7] Baudière (A.) et Bonnet (A.L.), 1963. — Introduction à l'étude de la végétation des éboulis de la zone alpine des Pyrénées orientales. *Naturalia Monspeliensia*, sér. bot., 15, p. 13-28.

[8] Baudière (A.) et Serve (L.), 1975. — Les groupements végétaux de Pla de Gorra-Blanc (Massif du Puigmal, Pyrénées orientales) — Essai d'interprétation phytosociologique et phytogéographique. *Naturalia Monspeliensia*, sér. bot., vol. 25, p. 5-21.

[9] Baudière (A.) et Somson (P.), 1983. — Modes de perception de l'éboulis par les botanistes. *Actes du Colloque AGF « Eboulis et environnement géographique passé et actuel »*. Ed. Univ. de Paris X, p. 41-49.

[10] Brattbakk (I.), 1981. — Vegetasjonskart 1 : 10 000, Brøggerhalvøya, Svalbard. *Norsk Polarinstitutt — Univ. de Trondheim* (en 8 feuilles).

[11] Brossard (T.), Déruelle (S.), Nimis (P.L.) et Petit (P.), 1984. — An interdisciplinary approach to vegetation mapping on lichen-dominated systems in high-arctic environment, Ny Ålesund (Svalbard). *Phytocoenologia*, vol. 12 (4), p. 433-453.

[12] Calkin (P.E.) et Ellis (J.M.), 1980. — A lichenometric dating curve and its application to holocene glaciers studies in the central Brooks Range, Alaska, *Arct. Alp. Res.*, 12 (3), p. 245-264.

[13] Dahl (E.) et Krog (H.), 1973. — *Macrolichens of Denmark, Finland, Norway and Sweden*. Oslo - Bergen - Tromsø.

[14] Eurola (S.), 1977. — The Bird Cliff Vegetation of Svalbard. *Aquilo*, ser. bot., vol. 15, p. 1-18.

[15] Gjoerevoll (O.) et Rønning (O.I.), 1980. — *Flowers of Svalbard*. Universitetsforlaget, Oslo - Bergen - Tromsø.

[16] Heilbronn (T.D.) et Walton (D.W.H.), 1984. — Plant colonization of actively sorted stone stripes in the Subantarctic. *Arct. Alp. Res.*, vol. 16 (2), p. 161-172.

[17] Humlum (O.), 1983. — Rock glacier types on Disko, central West Greenland. *Geogr. Tidskr.* 82, p. 59-66.

[18] Krog (H.), Østhagen (H.) et Tønsberg (T.), 1980. — *Lavflora : Norske Busk-og bladlav*. Universitetsforlaget, Oslo - Bergen - Tromsø.

[19] Larsson (S.), 1982. — Geomorphological effects on the slopes of Longyear valley, Spitsbergen, after a heavy rainstorm in july 1972. *Geografiska Annaler*, 64 A, p. 195-125.

[20] Lindner (L.) et Marks (L.), 1985. — Types of debris slope accumulations and rock glaciers in South Spitsbergen. *Boreas*, vol. 14, p. 139-153.

[21] Lock (W.W.), Andrews (J.T.) et Webber (P.J.), 1979. A manual for lichenometry. *BGRG Technical Bull.*, n° 26, 48 p.

[22] Lynge (B.), 1939. — A small contribution to the Lichen flora of the eastern Svalbard islands. *Norges Svalbard- og Ishavs- Undersøkelser, Meddelelse* nr. 44.

[23] Mc Coy (W.D.), 1983. — Holocene glacier fluctuations in the Torngat Mountains, Northern Labrador. *Géogr. Phys. Quatern.*, vol. XXXVII (2), p. 211-216.

[24] Miller (G.H.) et Andrews (J.T.), 1972. — Quaternary history of northern Cumberland peninsula, East Baffin Island, N.W.T., Canada. Part VI : Preliminary lichen growth curve for *Rhizocarpon geographicum*. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, p. 1133-1138.

[25] Ozenda (P.) et Clauzade (G.), 1970. — *Les Lichens — Etude biologique et flore illustrée*. Paris, 802 p.

[26] Punning(J.M.), Sorova (R.G.), Troicki (L.S.) et Salvigen (O.), 1982. — The Holocene glaciation history in Svalbard (Spitsbergen). *XI INQUA Congress, Abstracts*, 1, p. 259, Moscou.

[27] Rapp (A.), 1960. — Talus slopes and mountain walls at Tempelfjorden, Spitsbergen. *Norsk Polarinstitutt Skrifter*, 119, 96 p.

[28] Rapp (A.) et Nyberg (R.), 1981. — Alpine debris flows in northern Scandinavia. *Geografiska Annaler*, 63 A (3-A), p. 183-196.

[29] Rønning (O.I.), 1965. — Features of the ecology of some Arctic Svalbard (Spitsbergen) plant communities. *Arct. Alp. Res.*, vol. 1 (1), p. 29-44.

[30] Rønning (O.I.), 1965. — Studies in Dryadion of Svalbard. *Norsk Polar-institutt skrifter* nr 134, Oslo.

[31] Rønning (O.I.), 1970. — Synopsis of the flora of Svalbard. *Norsk Polarinstitutt Årbok* 1969, p. 80-93.

[32] Rønning (O.I.), 1979. — Svalbards flora. *Polarhåndbok* nr 1. *Norsk Polarinstitutt*, Oslo.

[33] Schaer (J.P.), Veyret (P.), Favarger (C.), Rougeot (P.C.), Hainard (R.) et Paccaud (O.), 1972. — *Guide du naturaliste dans les Alpes*. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

[34] Somson (P.), 1983. — *Contribution à l'étude de la végétation des pierriers et éboulis pyrénéens dans ses relations avec la dynamique du modelé support*. Thèse IIIe cycle, Université de Toulouse, 235 p.

[35] Soutadé (G.), 1980. — *Modelé et dynamique actuelle des versants supra-forestiers des Pyrénées orientales*. Imprim. Coopér. du Sud-Ouest, Albi, 452 p.

[36] Swett (K.), Hambrey (M.J.) et Johnson (D.B.), 1980. — Rock glaciers in Northern Spitsbergen. *J. Geol.*, 88 (4), p. 475-482.

PLANTES ET CLIMAT : POUR UNE MODÉLISATION PHÉNOGÉOGRAPHIQUE DU PAYSAGE (TEST D'APPLICATION AU SVALBARD)

par Thierry BROSSARD et Daniel JOLY

Laboratoire de Géographie Physique,
Université de Franche-Comté, Besançon et Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS), Paris

RÉSUMÉ. — Les auteurs proposent une méthode d'analyse phénogéographique des paysages arctiques. Cela implique la mise en rapport de données relatives à la végétation et au climat ainsi que la nécessité d'une approche statistique de l'espace et du temps. A cette fin, analyses multivariées, interpolation, surfaces de tendance, calcul de probabilités, et cartographie automatique sont associés au sein d'une procédure dont le résultat est d'homogénéiser l'ensemble des variables avant d'en permettre le traitement global. Le comportement des espèces végétales est ainsi mis au jour en fonction de différents types de stimulations liées aux conditions atmosphériques générales et/ou à des facteurs micro-environnementaux. Une modélisation spatiale est ainsi obtenue.

Mots-clés : Svalbard — Baie du Roi — Climatologie — Phénologie — Paysages — Analyse spatiale.

ABSTRACT. — **Plants and climate : method for analysing the phenology of the landscape (applied to Svalbard).** *The authors suggest a method for analysing the phenology of the arctic landscapes. That involves to correlate data concerning the plants and the climate. Thus, it is necessary to lead a statistical approach of space and time. With such an aim in view, multivariate analysis, trend surfaces, interpolation, probabilities and computer assisted cartography are connected in order to get homogeneous data for a holistic approach. The different behaviours of the species are emphasized according to environment conditions. So, a space model is able to be built up.*

Key-words : *Svalbard — Kongsfjord — Climatology — Phenology — Landscapes — Space Analysis.*

L'étude phénologique des plantes relève de la biologie végétale et requiert une grande spécialisation. Les chercheurs qui s'y consacrent, travaillent sur un nombre réduit d'espèces voire une seule d'entre elles. En effet, la mise au jour des cycles saisonniers propres à chaque espèce nécessite une observation suivie, prolongée par des analyses en laboratoire [1]. Un article de E. Balatova et de B. Tulackova effectue la synthèse de ces types d'approche [2]. En ce qui concerne notre terrain d'étude du Svalbard, des travaux de ce type, effectués par A.M. Odasz, sont en cours et portent sur *Pedicularis dasyantha*. Les chercheurs de l'Université de Trondheim ont également abordé ces questions [3]. Notre point de vue est différent puisqu'il s'inscrit dans une approche globalisante du paysage dont les fondements théoriques et les implications méthodologiques et techniques ont été largement exposés au congrès « Perspectives in Landscape Ecology » [4]. La variabilité des unités élémentaires de paysage auxquelles correspondent les concepts de géofaciès de G. Bertrand ou de « landscape cells » de A.W.L. Veen, s'inscrit dans des échelles spatio-temporelles variées [5-6]. L'une d'elles est relative au cycle saisonnier et se traduit par l'enchaînement de « phénophases ». Celles-ci peuvent s'appréhender en terme de sensibilité visuelle selon les modifications de lignes, couleurs, et de texture d'image. Toutes choses que l'expérience commune perçoit bien mais dont l'approche scientifique par les géographes reste encore largement prospective [7].

Les changements de phases du paysage visible sont essentiellement induits par le climat et corrélativement par le comportement phénologique du couvert végétal. C'est sur cette question que porte la présente étude. Il s'agit d'un travail encore largement prospectif; il nous amène à proposer une méthodologie originale, basée sur une approche quantitative du réel géographique, elle-même relayée dans sa mise en œuvre pratique par l'utilisation de l'informatique et l'infographique. Pris isolément, la plupart des éléments de notre procédure ont déjà été éprouvés par ailleurs; notre apport se traduira plutôt dans la façon dont nous avons posé les principes d'une phénologie phyto-climatique et dont nous avons ordonné à cet effet, dans une procédure cohérente, diverses techniques d'analyse spatiale. En outre, cela impliquait la mise en forme d'un module informatique opérationnel susceptible d'un ré-emploi commode dans le cadre de nouvelles études du même type. Le choix du milieu arctique pour ce test a été guidé par le fait que la saison végétative y est très courte : la séquence des phénophases dans laquelle le couple plante-climat est impliqué peut être en grande partie couverte par une campagne d'observation de deux mois seulement.

LE TERRAIN

L'aire d'observation correspond à un piémont (strandflat) qui unit l'échine montagneuse de la presqu'île de Brøgger au fjord de la Baie du Roi (Fig. 1). Nous y retrouvons la plupart des sous-ensembles paysagers qui caractérisent, à l'échelle zonale, ce type de contexte morphologique [8]. Au sud, un glacier de vallée, le Loven Central, a débordé lors du petit âge de glace au XIXe siècle, sur le piémont, laissant là un amphithéâtre morainique avec sa succession de vallums en auréole. Corrélativement, vers l'aval, s'est développé un système de cônes proglaciai-

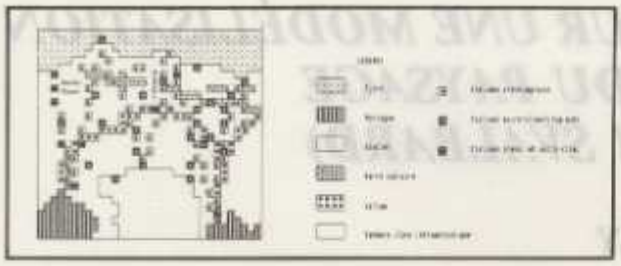


FIG. 1. — Présentation du terrain et localisation des stations d'observation.

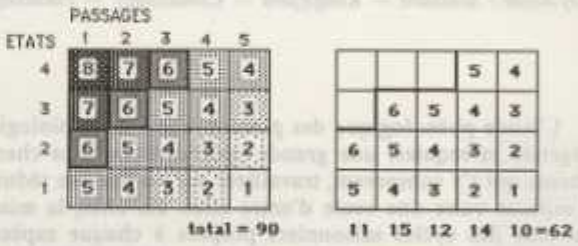
res (sandur) qui ont joué à des époques différentes avec des intensités variées : à mesure que le glacier se contractait, le flux se concentrait sur les émissaires principaux, abandonnant ici de nouvelles étendues à la colonisation végétale, gagnant là sur des éléments stabilisés depuis des millénaires. Obliquement à ce dispositif, un affleurement calcaire a servi de ligne de résistance et d'appui à une série de gradins glacio-marins qui, de l'altitude de 20 à celle de 5 mètres, ont jalonné les étapes de la surrection isostatique du piémont. L'intérêt d'un paysage ainsi structuré, est qu'il présente une gamme extrêmement variée de faciès, depuis les écotopes relictes de l'optimum atlantique, jusqu'aux milieux juvéniles tout juste ouverts à la colonisation végétale. En vue d'une étude phénologique, cette diversité de situations est bienvenue puisqu'elle constitue une donnée favorable à la mise au jour de différenciations significatives du comportement des espèces en liaison avec les micro-climats.

LES FONDEMENTS D'UNE MÉTHODE SPÉCIFIQUE

Une des considérations qui est à la base de notre travail, est que le paysage s'inscrit dans les multiples dimensions de l'espace et du temps : soit X et Y les coordonnées de longitude et de latitude (l'altitude n'est pas ici prise en compte comme repère topologique) et la coordonnée T, temporelle. Ainsi chacune des observations d'ordre phénologique ou climatique que nous avons effectuées, a1, a2, a3...an, se cale dans un système de repérage X, Y, T. Une des problématiques liées à l'appréhension d'un phénomène continu et de surcroît selon 3 dimensions, est celle des modalités de l'observation qui ne peut évidemment s'effectuer d'une manière exhaustive selon toutes les dimensions du continuum pris en compte. D'où le besoin de recourir à la discrétisation à la fois de l'espace et du temps si l'on veut s'appuyer sur un protocole raisonné d'observation. De là même découle la définition d'unités scalaires de découpage : la maille en ce qui concerne l'espace; le pas en ce qui concerne le temps. Par cette réduction du continu au discret, nous sommes autorisés à procéder au prélèvement d'échantillons sur les unités spatio-temporelles ainsi définies dans les trois dimensions d'une matrice cubique. Voici comment sur le terrain, ces principes ont été mis en œuvre.

Les protocoles d'observation

— **La phénologie**. Le principe de l'échantillonnage spatial tel que nous l'avons défini ci-dessus nous a conduit à disposer sur le terrain une grille de points régulièrement répartis le long de cheminements en ligne brisée recoupant les différents ensembles physiques du strandflat (Fig. 1). Ce système d'échantillonnage était pour nous le plus commode puisqu'il permettait une collecte rapide de l'information en minimisant les distances à parcourir et un repérage aisé des stations grâce à l'azimut de chacun des transects. En chaque point, l'observation portait sur 1 m², surface suffisante pour inclure l'aire floristique minimale des milieux d'équilibre. 63 stations ont ainsi été implantées. En ce qui concerne le temps, notre observation s'est concentrée sur les saisons estivales de 4 années (1977-78-80-81) entre le 25 juin et le 15 août. Ce laps de temps relativement court, imposé par des considérations d'ordre logistique, reste suffisant pour que nous puissions y observer l'essentiel du cycle actif des espèces végétales considérées. Au cours de chacun des étés, nous sommes revenus aux mêmes dates à l'occasion de 5 passages (25-27 juin, 4-6 juillet, 31 juillet-1er août, 15-17 août) sur chacune des 63 stations. Quant au contenu de l'observation, il importait de le déterminer selon les impératifs de normalisation que requiert la mise en œuvre de tels principes méthodologiques. Une expédition préparatoire en 1975 nous avait permis d'étalonner le comportement de chaque espèce selon 4 états caractéristiques de leur cycle propre : 1, cycle non commencé; 2, démarrage de la floraison; 3, floraison épanouie; 4 fleurs fanées-fructifications.



Grille d'indices phénologiques : exemple de calcul pour une plante à l'état 2 au 1er passage, à l'état 3 au x 2eme et 3eme, à l'état 4 aux 4eme et 5eme passage.

FIG. 2. — Mise en forme quantitative des données phénologiques.

Au terme des quatre campagnes d'observation, nous disposions donc, par année et par passage, des relevés où figuraient l'identité des espèces avec leur état phénologique noté de 1 à 4. De manière à pouvoir distinguer quantitativement le même état phénologique observé lors de passages différents, nous avons construit une grille d'indices qui permette de pondérer les scores selon l'avancement de la saison (Fig. 2). Ainsi le score phénologique global d'une espèce s'obtient en faisant la somme des valeurs de la grille pour lesquelles la plante est dans un état phénologique correspondant ou plus avancé. Dans l'exemple proposé à la figure 2, la plante a donc réalisé un score phénologique global pour un été de 62/90, qui, normalisé, deviendra 69/100. La procédure de calcul peut être limitée à chacun des passages. Notons que la quantification ainsi obtenue n'a qu'une valeur relative mais elle constitue un moyen de comparaison, pour une espèce donnée, entre les différents passages et les différentes années. Sans parler des commodités de gestion informatique ainsi offertes.

— **Le climat.** Dans le cadre de la problématique phénogéographique que nous nous proposons de traiter, la température et plus globalement les conditions atmosphériques définies en terme d'« ambiance climatique instantanée » (ACI) interviennent comme facteurs explicatifs [9].

Notre aire d'étude a été échantillonnée grâce a un réseau de 33 stations équipées d'un thermomètre à maxima et minima. La température était observée quotidiennement (Fig. 1). Nous disposons ainsi en chaque point échantillon d'une température moyenne pour tous les jours du 25 juin au 15 août 1980, 81, 82.

Les outils mathématiques

— **Le recalage temporel.** Une difficulté à résoudre ici tient au fait que les années d'observation phénologique et climatique ne sont pas strictement les mêmes.

Fig. 3. — Les temps d'observation.

L'application d'un modèle statistique mis au point préalablement [10] a montré que les corrélations étaient excellentes (coefficient en tous les cas supérieur à 0,87) entre les températures recueillies d'une part en chacune des 33 stations du strandflat et d'autre part à Ny-Ålesund (station météorologique norvégienne ouverte en 1970). Grâce à cette modélisation, il a été possible, en nous appuyant sur les observations de Ny-Ålesund, d'estimer par régressions multiples les températures moyennes journalières des deux années 1977 et 1978 sans que l'erreur soit trop importante (93 % des résidus sont inférieurs à 1°C; aucun d'entre eux ne dépasse 1.4°C).

Au terme de ce traitement, nous avons réuni un corpus d'environ 50 températures moyennes journalières, pour chacune des quatres années 1977, 78, 80 et 81. L'objectif de notre travail étant d'étudier la phénologie en liaison avec la climatologie, nous avons dû transformer ce fichier initial afin d'obtenir des températures moyennes par période, une période correspondant au laps de temps séparant deux observations phénologiques.

La probabilité d'appartenir à l'ACI A1, constitue l'autre variable explicative relative au climat. Les 600 observations dont nous disposons (3 observations × 50 jours × 4 étés), sont classées en diverses catégories selon des critères exclusifs choisis parmi les variables structurantes du climat local (nébulosité, précipitation avant et pendant l'observation, force du vent). Les classes obtenues sont appelées ambiances climatiques instantanées (ACI); elles fournissent des indications précises sur les conditions climatiques réelles qui affectent à tout moment, les éléments abiotiques et biotiques disposés à la surface du sol [11]. Or, il n'est pas aisé d'intégrer cette variable telle quelle dans les traitements ultérieurs car il s'agit d'une variable discrète d'appartenance à une classe, c'est pourquoi nous lui avons recherché une expression quantitative en définissant des probabilités sur les ACI [12]. En effet, chaque observation, selon son profil (valeur de température, nébulosité, pression, précipitation...) présente une probabilité p(A1) d'appartenir à l'ACI A1, et ainsi pour les 27 ACI répertoriées.

Le calcul de probabilité ici utilisé, s'appuie sur la loi binômiale puisque nos données soumises au traitement ont été exprimées sous forme booléennes (0 ou 1). Soit la loi de distribution de probabilité discrète de la forme générale suivante :

$$P(X) = \frac{N!}{X!\,(N-X)!} P^X Q^{N-X}$$

P(X) est la probabilité pour que sur un tirage de N individus la variable booléenne considérée prenne X fois la valeur 1,
X = nombre total d'individus dans l'échantillon,
P = probabilité que la variable prenne la valeur 1,
Q = probabilité que la variable prenne la valeur 0.

A cette loi est rapporté le calcul d'un intervalle de confiance

$$C = SV \frac{P.Q.}{N}$$

S = seuil de confiance donné par la table de la loi normale.

Sur ces bases statistiques, il est possible de construire, après classification hiérarchique ascendante (nous utilisons ici la distance de l'AFC et l'aggrégation par la distance moyenne) une table de probabilité qui nous donne pour toute valeur I d'une variable booléenne donnée, sa probabilité d'occurence au sein de chacune des classes. Grâce à cette table, nous obtenons le moyen de calculer, pour un individu dont on connaît le profil (les caractères booléens qu'il possède), la probabilité qu'il a d'appartenir aux différentes classes. Cette procédure mathématique peut se prolonger géographiquement par la réalisation de cartes qui visualisent l'espace de distribution probable d'une classe donnée.

Reste un problème : quelle ACI de référence allons-nous choisir pour exprimer la probabilité qu'auront toutes les observations d'y appartenir ? Dans la mesure où le beau temps accompagné de vent faible constitue a priori les conditions atmosphériques les plus favorables à la croissance des plantes, nous avons choisi l'ACI A1. La probabilité journalière moyenne d'appartenir à l'ACI A1 indique par conséquent la tendance générale du temps qu'il a fait au cours de la journée : si cette valeur est élevée, le temps a été globalement beau; inversement si la valeur est faible, le temps a été pluvieux, venteux. Sur cette base, comme pour les températures, il est facile de calculer la probabilité moyenne d'appartenir à l'ACI A1 au cours de chaque période.

— **Le recalage spatial.** Les données thermiques et phénologiques n'ont pas été collectées aux mêmes stations. Historiquement, le réseau phénologique (63 stations) a été implanté le premier en 1975. Dans ces conditions, il eût été possible d'appuyer les relevés de température sur les mêmes bases spatiales mais, les rythmes d'observation étant très resserrés, il a été nécessaire de créer un réseau distinct du précédent, basé sur un échantillonnage moins dense de 33 stations. Considérant notre objectif, deux problèmes se sont alors posés :

— il était nécessaire d'obtenir des cartes comparables. Cela fut résolu par l'utilisation d'un fond et d'une grille cartographique identique,

— en première approche, l'information ne peut se rapporter qu'aux lieux stricts où elle a été collectée soit

en 63 ou 33 stations (ou pixels de la grille spatiale) selon le phénomène considéré; de sorte que la plus grande partie de l'espace cartographique, censée représenter « l'espace-terrain » dans son continuum, apparaît en blanc, ce qui est peu satisfaisant.

C'est pourquoi nous avons eu recours à deux techniques d'analyse spatiale afin de dépasser ce problème : l'interpolation supervisée et les surfaces de tendance [13-14].

L'interpolation supervisée s'inspire des modèles gravitaires ajustés par un contrôle empirique des distorsions induites par les facteurs géographiques (topographie, formations végétales...). L'interpolation supervisée donne de bons résultats si l'information est disponible pour un nombre suffisant de stations; tel est le cas de la température, de la neige, de *Saxifraga oppositifolia* qui se distribuent sur tout l'espace. Les autres plantes sont présentes dans un nombre moindre de stations (20 à 25 sur 63). Dans ces conditions, l'interpolation supervisée ne fonctionne plus et le recours à une autre technique d'analyse s'avère nécessaire : les surfaces de tendance.

Les surfaces de tendance utilisent l'algorithme des régressions multiples appliqué à l'espace : les deux régresseurs sont la latitude (X) et la longitude (Y) de chaque pixel. L'intérêt de la méthode est qu'il est possible de développer l'équation selon N degré polynômiaux. Au degré 1, l'équation est de la forme :

$$Z = a1\,X + a2\,Y + b$$

et ajuste les valeurs selon un plan. Au degré 2, l'équation polynômiale qui comprend cinq membres (5 variables explicatives) prend la forme :

$$Z = a1\,X + a2\,Y + a3\,X\,Y + a4 \times 2 + a5\,Y2 + b$$

et ajuste les valeurs selon une surface de section parabolique à trois dimensions. Il est théoriquement possible de développer le polynôme jusqu'au degré N-1, N étant le nombre de points échantillons. Les surfaces de tendance d'ordre 1 ou 2 mettent en évidence des structures très générales; il faut éviter, pour des raisons mathématiques, de dépasser les degrés 6 ou 7. Dans notre cas, nous avons poussé le calcul jusqu'au degré 4 pour lequel nous obtenons des coefficients de corrélation satisfaisants.

La surface de tendance, tout comme l'interpolation supervisée, permet de combler des vides entre les stations d'observation et de reconstituer le continuum cartographique : c'est la condition sine qua non pour envisager l'étude phénologique d'un point de vue spatial et éviter que la structure de l'information ne se traduise qu'en terme de présence-absence. En outre, ces techniques permettent de dépasser la seule production de documents cartographiques. Construits sur la base d'équations mathématiques, ces derniers constituent de véritables modèles de la variation spatiale des phénomènes étudiés.

UN INDICATEUR PHÉNOLOGIQUE REMARQUABLE : SAXIFRAGA OPPOSITIFOLIA

Dans le contexte d'une approche paysagère globale, il peut paraître paradoxal d'aborder la phénologie du paysage par la prise en compte d'une seule espèce. Mais cela s'explique mieux lorsqu'on sait que *Saxifraga oppositifolia* est une espèce abondante, tellement prégnante dans la physionomie du paysage qu'à la fin de juin, ses corolles confèrent une teinte rosée à certains secteurs de moraine ou de sandur. La distribution généralisée de cette espèce en fait un critère privilégié de comparaison et de différenciation entre les différents points de l'espace ici analysé et leurs aptitudes phénologiques respectives. *Saxifraga oppositifolia* est donc considérée moins pour elle-même que comme indicateur phénologique global.

Rappelons que l'information dont nous disposons se présente sous la forme d'une matrice cubique où nous trouvons, en ligne, les 61 stations; en colonne, les 5 passages par année; en profondeur, les 4 années. Chaque élément de cette matrice correspond à un état phénologique. L'information n'est pas utilisable telle quelle si l'on désire la cartographier; il sera nécessaire dans un premier temps de la redistribuer sur les 20 colonnes d'un tableau, chacune d'elles présentant l'état phénologique de la plante dans les 63 stations à chaque passage, chaque année. La conversion du ponctuel au continu est assurée par l'interpolation supervisée.

Les cartes résultantes sont déjà des documents très riches qu'il est possible de commenter comme tels. Mais elles sont plus que cela. Il est également possible de les appréhender comme sources d'information au second degré : les individus-pixels de la grille spatiale sont en effet caractérisés par l'état phénologique (calculé grâce au modèle) de la plante à chaque passage des quatre années. Nous obtenons par ce biais, une matrice de 452 individus-pixels sur 20 caractères qui sera soumise à traitements (AFC, diagrammes). Ainsi soutenue par des analyses multivariées, la compréhension des cartes sera tout à la fois plus aisée et plus pertinente.

Analyse diachronique par les cartes

La première phase de construction cartographique aboutit à la réalisation de 20 documents élémentaires ordonnés de haut en bas, en fonction des passages et de gauche à droite, en fonction des années (Fig. 4). Précisons tout d'abord que la légende est identique pour les 20 cartes afin de rendre les comparaisons possibles entre les stades d'évolution saisonnière et les différentes années. Cela induit une structuration graphique nette : les cartes du premier passage (le 25 juin) sont de teinte claire car la plupart des individus de l'espèce sont encore à l'état végétatif. Inversement, la dernière ligne de cartes (le 15 août) apparaît dans les dominantes sombres : au 15 août, le cycle floral est à peu près partout accompli; en conséquence, les scores sont voisins du maximum. Cette remarque d'ordre général faite, le montage cartographique ainsi présenté nous apporte un certain nombre d'enseignements plus précis.

Une structuration de l'espace géographique en liaison avec les micro-milieux apparaît à la comparaison des cartes, de haut en bas, selon l'axe saisonnier. L'exemple de l'été 1978 est le plus explicite : dans plusieurs secteurs, les saxifrages sont très précoces, linéairement au sud de la barre calcaire, ponctuellement sur les flancs est et ouest de la moraine. Là, les saxifrages peuvent avoir achevé leur floraison dès le 25 juin. En d'autres lieux plus vastes, ils sont très retardés; il s'agit d'une grande partie du sandur ouest et de l'aire intramorainique dans son ensemble; ces milieux restent défavorables tout au long de l'été puisqu'ils concentrent les rares îlots où les saxifrages n'ont pas fleuri au 15 août.

Entre ces deux extrêmes, les micro-milieux présentent tous les cas de figure intermédiaires. En position plutôt

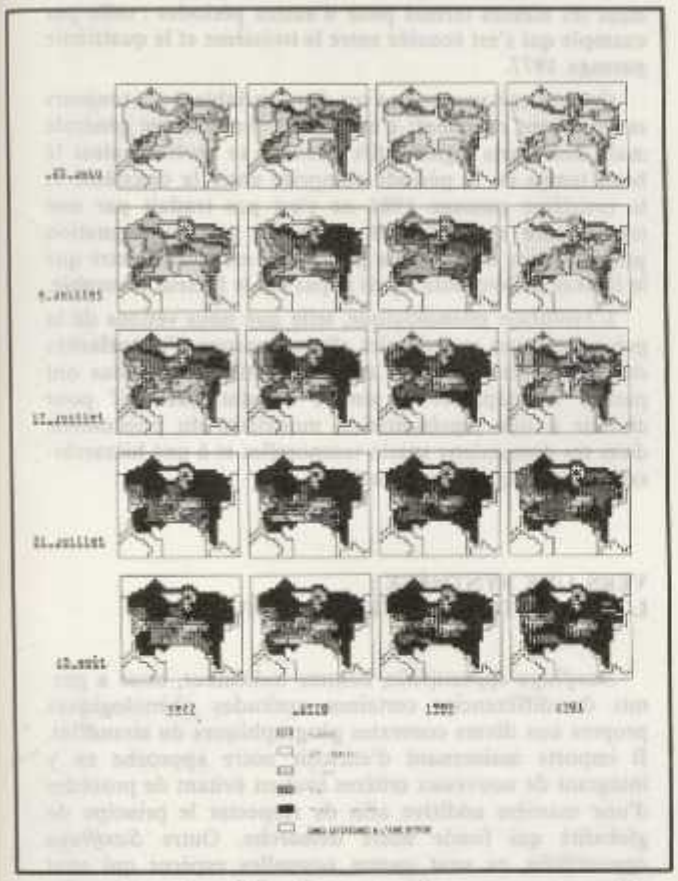


FIG. 4. — Le comportement phénologique de *Saxifraga oppositifolia* : approche cartographique.

défavorable, nous trouvons la bande côtière située à l'est du Torrent de l'Echelle et la partie aval du sandur ouest. Les plantes y sont encore à l'état végétatif le 6 juillet et n'ont pas terminé leur cycle avant la fin de ce mois.

Sur les sandurs calés au sud de la barre calcaire et à l'est du Torrent de l'Echelle, déjà plus favorisés, les saxifrages ont terminé leur cycle floral le 17 juillet; il en va de même pour le rebord interne du vallum morainique. Avec une tendance à la précocité accrue, apparaît le secteur oriental compris entre le Torrent de l'Echelle et le vallum morainique; toute cette zone apparaît en noir sur la carte du 6 juillet.

Ce principe de différenciation spatiale est reconduit, à quelques nuances près, d'une année à l'autre mais avec des expressions variées dans les scores. Le premier passage montre clairement la précocité de 1978 : les saxifrages y ont déjà terminé leur cycle floral en 25 pixels alors que cela est rarissime pour les autres années.

Le 6 juillet confirme cette tendance avec des oppositions plus nettes. L'année 1978 reste la plus avancée, suivie de peu par 1980; puis vient 1977 alors qu'en 1981, la période du 25 juin au 6 juillet est celle où les saxifrages sont le plus retardés.

Avec le troisième passage, le paysage phénologique se marque d'une forte évolution. 1980 rattrape et dépasse même en certains endroits 1978; 1977 reste en retrait suivi de loin par 1981 où seules les zones les plus favorables apparaissent en noir.

Au 31 juillet, 1977 a rattrapé 1978 et 1980; mais 1981, malgré une progression certaine, accuse toujours un retard.

Enfin, les cartes du 15 août traduisent une certaine homogénéité : malgré des nuances locales, le stade de maturité phénologique est atteint; il l'était d'ailleurs dès le 31 juillet pour les 3 premières années qui ont peu évolué au cours des 15 jours suivants. L'été 1981 doit attendre la mi-août pour remonter son handicap.

Les thèmes structurants.

L'analyse factorielle nous offre un moyen de compléter cette première approche. Les 452 pixels cartographiques constituent les individus du tableau à traiter et les scores aux 20 passages-années en sont les caractères.

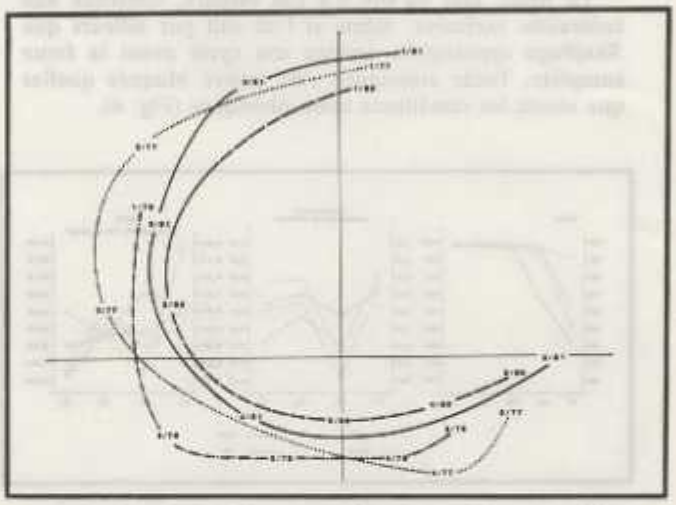


FIG. 5. — Le comportement phénologique de *Saxifraga oppositifolia*. De nettes différences inter-annuelles mises en évidence par l'analyse factorielle.

Le graphe des axes 1-2 nous permet de visualiser l'évolution du paysage en ses phénophases (Fig. 5). Les éléments analyses se disposent selon une parabole révélatrice d'une structure d'ordre bien nette, déterminée par le temps :

— l'axe 1 classe les caractères et par conséquent les cartes correspondantes, selon un critère d'hétérogénéité, autrement dit selon leur degré de différenciation spatiale interne : les passages 1 et 5 tendent vers une extrémité de l'axe car tous deux se marquent d'une certaine homogénéité, dans la faiblesse des scores pour le passage du 25 juin, dans l'importance des scores pour celui du 15 août, tandis que les passages 2, 3, 4 présentent à travers les cartes correspondantes, des états phénologiques contrastés.

— l'axe 2 classe les passages selon un degré de retard croissant vers le haut du graphe.

Ainsi les rapports mutuels des différents passages-années sont-ils clairement mis en évidence; d'où la possibilité de dresser une sorte de palmarès : le premier passage de 1981 est manifestement le moins avancé; puis dans l'ordre, nous trouvons les premiers passages de 1977 et 1980; les seconds passages de 1981 et 1977. Quant au premier passage de 1978, très remarquable, il est plus

avancé que les cinq ci-dessus et presqu'autant que le troisième passage de 1981 ! Une forte évolution dans une période se traduit sur le graphe par une distance importante : prenons l'exemple du deuxième passage de 1980 qui, au 6 juillet, a comblé une part importante du retard accusé en début de saison. Il en va de même pour le quatrième passage de 1977. Inversement, la proximité de deux passages successifs traduit une stagnation : les passages 1 et 2 de 1981, 4 et 5 de 1977 sont dans ce cas.

Certaines zones sont à l'évidence aptes à enregistrer des scores phénologiques élevés; mais d'autres a priori moins favorables, peuvent certains étés, les devancer et cela pose évidemment question.

Recherche de facteurs explicatifs : la neige...

La neige, tant qu'elle n'a pas disparu, constitue une contrainte exclusive, même si l'on sait par ailleurs que *Saxifraga oppositifolia* amorce son cycle avant la fonte complète. Toute croissance s'en trouve bloquée quelles que soient les conditions atmosphériques (Fig. 6).

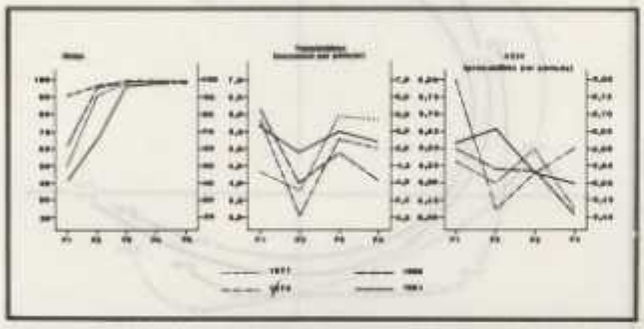


FIG. 6. — Des facteurs explicatifs variables d'une année à l'autre : la neige, la température, l'ambiance climatique de beau temps.

1978, année nettement précoce, est celle dont le tapis neigeux est le plus réduit au départ. Inversement, 1981 année tardive, est celle où la neige est la plus importante en début de saison. Suivent 1977 et 1980. Les enseignements apportés par l'AFC se trouvent ainsi corroborés. Au second passage de 1977 et 1981, la neige reste plus forte qu'au 25 juin 1978 : en conséquence, le score global des saxifrages y est plus faible, malgré des conditions thermiques tout aussi favorables. Cependant, l'influence de la température et des conditions atmosphériques devient sensible dès que le tapis neigeux a disparu du strandflat.

...La température et les conditions atmosphériques.

Une température moyenne basse, tout comme une faible fréquence de beau temps entre deux passages, entraîne un ralentissement de l'évolution phénologique. Inversement, une température élevée et/ou un temps ensoleillé induit une accélération du processus. Mais il est toujours difficile de déterminer la part d'influence respective de l'un et l'autre de ces deux facteurs : ainsi, entre le premier et le second passage de 1978, les saxifrages se sont bien développés; est-ce dû au temps remarquablement beau ou à la température moyenne très élevée de cette période ou aux deux à la fois ? La question se pose dans les mêmes termes pour d'autres périodes : celle par exemple qui s'est écoulée entre le troisième et le quatrième passage 1977.

On pourrait penser que ces deux variables sont toujours et fortement corrélées; c'est vrai d'une manière générale mais des écarts significatifs peuvent se révéler : ainsi le beau temps de la période comprise entre le deuxième et le troisième passage 1981 ne s'est pas traduit par une température moyenne très élevée, il y a eu stagnation phénologique durant cette période; il est ainsi montré que le facteur défavorable a pris le pas sur le facteur favorable.

L'évolution phénologique, telle que nous venons de la présenter, n'est pas simple; elle se marque d'irrégularités de rythme sensibles. Les méthodes utilisées ici nous ont permis de dépasser le simple constat qualitatif pour aboutir à une représentation modélisée du phénomène dans ses dimensions spatio-temporelles et à une hiérarchisation des facteurs explicatifs.

VERS UNE SYNTHÈSE : L'INTÉGRATION DE CRITÈRES MULTIPLES

Saxifraga oppositifolia, comme indicateur, nous a permis de différencier certaines aptitudes phénologiques propres aux divers contextes géographiques du strandflat. Il importe maintenant d'enrichir notre approche en y intégrant de nouveaux critères tout en évitant de procéder d'une manière additive afin de respecter le principe de globalité qui fonde notre démarche. Outre *Saxifraga oppositifolia*, ce sont quatre nouvelles espèces qui sont prises en compte : *Silene acaulis*, *Polygonum viviparum*, *Cerastium arcticum* et *Salix polaris*. Nous nous sommes limités à ces indicateurs qui seuls présentaient l'abondance suffisante pour nous apporter une information généralisable à l'ensemble du terrain étudié. La neige et la température, variables mésologiques, ont également été retenues dans la mesure où elles constituent, en même temps que des facteurs explicatifs, des critères pertinents de différenciation de l'espace.

L'information initiale est la même que précédemment, elle se présente sous la forme de tableaux (un pour chaque indicateur) dont les 63 lignes correspondent aux stations d'observation phénologiques et les 20 colonnes aux scores respectifs des cinq passages annuels. Dans le cas de la température, le tableau se structure en 33 lignes et 16 colonnes-périodes. On dispose ainsi de cinq tableaux pour les plantes et de deux supplémentaires pour la neige et la température. On effectue ensuite, ligne à ligne, la moyenne des 20 valeurs (16 pour la température) de manière à compacter l'information propre à chaque tableau sur une seule colonne; sept grilles spatiales correspondantes sont construites, grâce auxquelles les scores moyens calculés sont rapportés au lieu de chaque station. Un calcul de surface de tendance est alors possible et permet de restituer le continuum spatial; ainsi chaque pixel est caractérisé selon les sept descripteurs de l'analyse. Afin d'assurer une cohérence d'ensemble, nous avons développé les équations jusqu'au quatrième degré polynômial même si, dans certains cas, le cinquième degré donne de meilleurs résultats. Les coefficients de corrélation obtenus varient entre 0,73 et 0,85. Cette opération aboutit à l'élaboration de sept cartes qui représentent les informations spatiales élémentaires que l'on va soumettre à l'analyse multivariée. Partis d'observations conduites selon

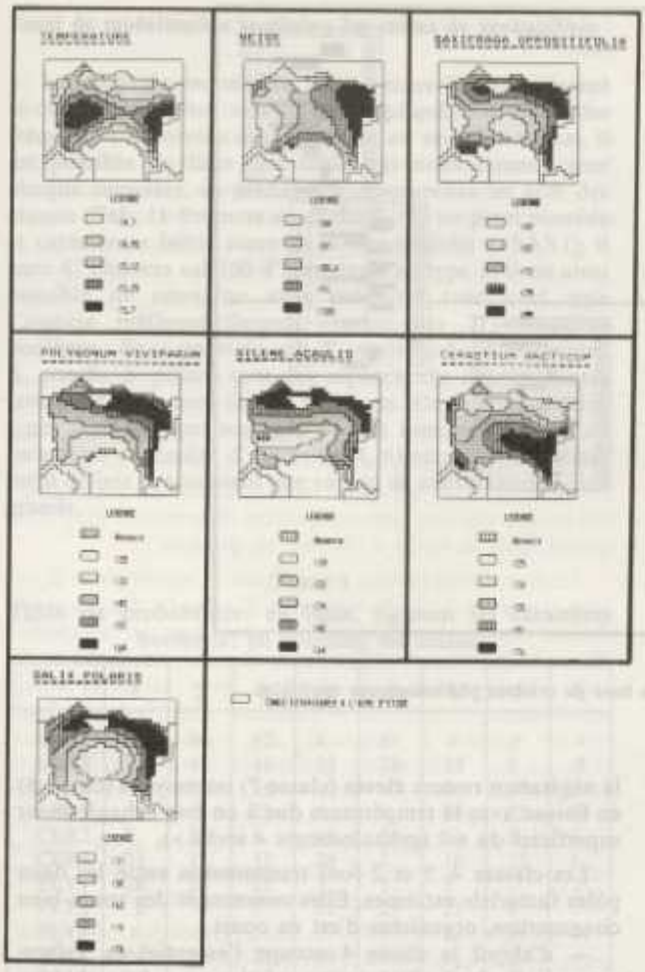


FIG. 7. — Les espaces phénologiques des différents composants : un mode unique de représentation cartographique, une homogénéisation des variables en vue du traitement global.

des protocoles variés, nous disposons maintenant, grâce à une mise en œuvre d'outils mathématiques appropriés, de données homogènes aptes à être reprises dans un traitement global.

La recherche de principes d'ordre globaux

Les caractères du tableau sont décomposés en trois classes booléennes avant l'analyse factorielle. Celle-ci est destinée à mettre en évidence les interrelations spatiales qui existent entre les plantes elles-mêmes mais aussi entre ces dernières et les deux variables mésologiques, la neige et la température.

Le graphe des caractères est dominé par la disposition très semblable des caractères relatifs à quatre espèces végétales (Fig. 8) : *Silene acaulis, Saxifraga oppositifolia, Salix polaris* et *Polygonum viviparum*. Si, à un endroit donné, l'une de ces plantes présente un score global faible, il y a de très grandes chances pour qu'il en aille de même des trois autres; aussi les pixels, dont le score de ces quatre plantes est faible, constituent un groupe bien typé qui se distingue du reste. Ce sont d'abord ces quatre plantes qui organisent la structure factorielle mais l'examen des autres caractères n'est pas sans intérêt. Notons en effet que les

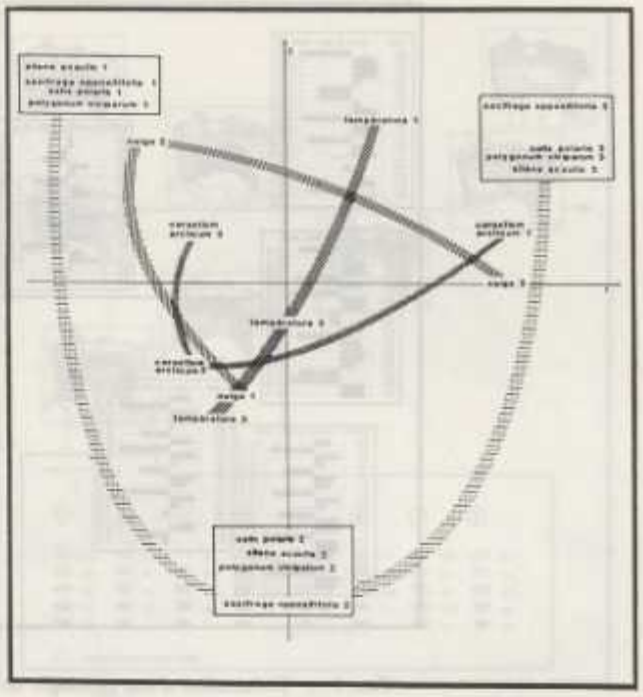


FIG. 8. — Mise en évidence des comportements phénologiques spécifiques.

trois classes de *Cerastium arcticum*, moins largement dispersées sur le graphe, se disposent selon un ordre logique inverse : un pixel où le bilan de cette espèce est faible a de grandes chances de connaître un score élevé pour *S. oppositifolia, S. acaulis, P. viviparum, S. polaris*. Une sorte de corrélation négative est ainsi mise en évidence.

Quant à la neige, son absence est liée à un score élevé de ces quatres espèces et faible de *C. arcticum*; l'inverse n'est pas vrai; là où la neige reste présente plus longtemps, on observe un bilan moyen des cinq plantes. Il faut voir là l'influence de la température dont les valeurs élevées sont attirées vers le bas du graphe et induisent une certaine égalisation. Un bilan moyen de neige accompagné de températures froides entraîne une stagnation des cycles floraux à l'exception de *C. arcticum*.

L'influence de la température est déterminante dans la suite du déroulement de la saison végétative quand la neige a persisté mais son rôle apparaît très atténué quand la neige disparaît tôt : qu'il fasse chaud ou froid, les plantes ont alors le temps de croître. Le cas de *C. arcticum* est cependant particulier; son comportement, opposé à celui des autres plantes, traduit son adaptation : pionnière, cette espèce est beaucoup moins sensible à la présence tardive de la neige, sauf bien sûr en cas de conditions extrêmes.

Le retour au terrain : définition et projection des types

A l'aval du traitement, une classification hiérarchique ascendante est appliquée afin d'en obtenir une typologie spatiale. Les pixels sont classés automatiquement selon les distances factorielles. Huit classes ont été retenues. La figure 9 nous montre comment les différents types se distribuent sur le plan factoriel 1-2 en même temps qu'elle

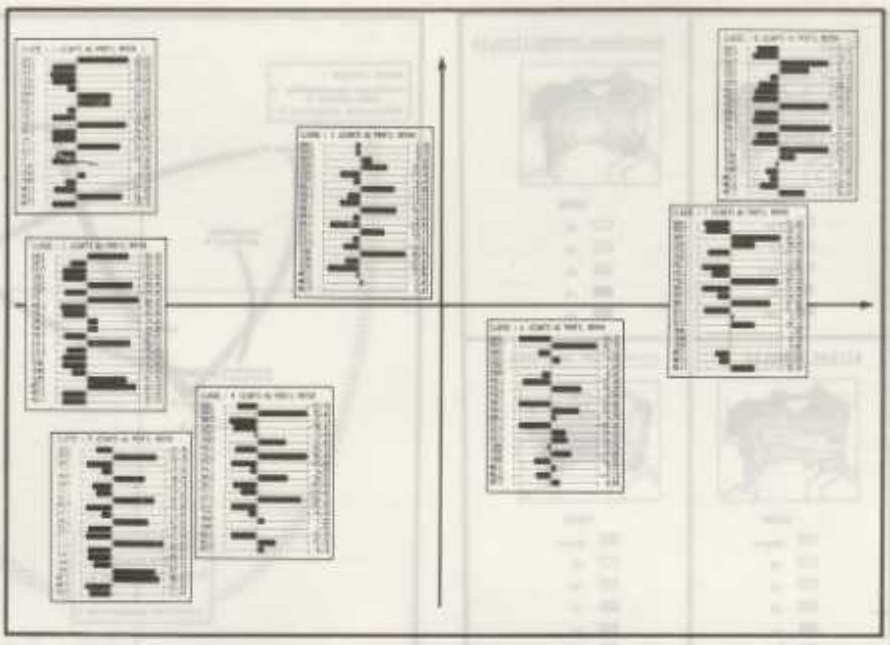


FIG. 9. — Elaboration d'une typologie sur la base de critères phénologiques multiples.

nous restitue, pour chacun d'eux, l'histogramme des écarts au profil moyen. Il suffit de se reporter à ces graphiques pour en dégager la spécificité des types ainsi définis.

La zonation de notre terrain issue de la classification s'organise en fonction de deux classes-pivots antinomiques (Fig. 10). La classe 1 concerne la zone intramorainique, vallum exclu. Elle se caractérise par des scores très faibles de *S. oppositifolia, S. acaulis, P. viviparum et S. polaris;* la neige est présente avec un score moyen et *C. arcticum* avec un score élevé. Tous les autres caractères s'écartent soit peu, soit négativement du profil moyen. A l'opposé sur le graphe et bien circonscrite sur la carte, la classe 8 se caractérise par un bilan très favorable des quatre plantes, un bilan faible de *C. arcticum* et une prégnance réduite de la neige. La température, peu discriminante, ne s'écarte guère du profil moyen. Sur le terrain, cette classe se dispose linéairement le long de la barre calcaire, affectant l'échine elle-même, les sanduns et terrasses marines qui s'y adossent.

Les classes 6 et 7, voisines de la précédente sur le graphe factoriel, se retrouvent autour d'elle sur le terrain avec une disposition concentrique. De plus elles caractérisent les marges est et ouest de notre aire d'étude. Les conditions nivales sont moins bonnes, mais les scores de la végétation restent élevés (classe 7) ou moyens (classe 6) en liaison avec la température due à un bon échauffement superficiel du sol (granulométrie « sèche »).

Les classes 4, 5 et 2 font transmission entre les deux pôles factoriels extrêmes. Elles concernent des zones bien circonscrites, organisées d'est en ouest :

— d'abord la classe 4 occupe l'essentiel du vallum externe; il s'agit d'une zone relativement favorable en dépit de son caractère glaciaire; en effet le déneigement y est précoce et le rayonnement efficace dans un contexte de pentes accusées.

— ensuite vient la classe 5 corrélative au sandur situé au-delà du Torrent de l'Echelle vers l'ouest; il s'agit en fait d'une forme stabilisée non fonctionnelle et en position relative haute d'où une légère affinité sèche de ce milieu.

— enfin, avec la classe 2 qui marque la partie amont du sandur occidental, nous nous rapprochons, dans l'espace factoriel, du pôle phénologique défavorable avec des scores faibles de *S. oppositifolia, P. viviparum* et *S. acaulis.* Il convient de voir dans cette localisation particulière, un effet du régime hydrologique. L'écoulement, sans être très violent, reste permanent l'été en raison d'une alimentation glaciaire, d'où un refroidissement superficiel induit par une saturation du matériel. De plus, au début du printemps et peut-être même en plein hiver, un léger transit se manifeste et imbibe la masse nivale qui regèle ensuite à cœur en se transformant à l'occasion de récurrences froides [15]. Cette diagénèse explique le retard de la fonte toujours observé sur ce secteur.

La classe 3 affecte essentiellement le front du glacier : la neige y disparaît relativement vite mais les températures très froides limitent fortement la croissance des plantes, même celle de *C. arcticum*; c'est en cela qu'elle se différencie de la classe 1.

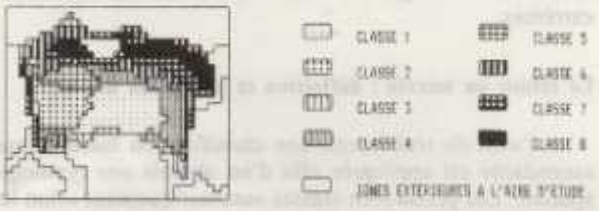


FIG. 10. — Les types projetés sur la carte se distribuent en unités spatiales cohérentes : une relation avec les différents contextes environnementaux est établie.

Essai de modélisation spatiale : les cartes de probabilités

Le calcul de probabilité, tel que nous l'avons présenté ci-dessus, peut être maintenant appliqué. En effet, des fréquences observées des caractères au sein des classes, il est possible de tirer une table qui nous donne, pour chaque caractère, sa probabilité d'occurence au sein des classes (Tab. 1). Prenons un exemple : si un pixel possède le caractère « faible score de *S. oppositifolia* » (SAX1), il aura 41 chances sur 100 d'appartenir au type 1 ; il est ainsi possible de connaître avec précision avec quel type s'associe préférentiellement chacun des 21 caractères booléens : de ce point de vue, *S. oppositifolia*, *P. viviparum*, *S. acaulis*, *S. polaris* sont des espèces très discriminantes tant pour les scores faibles que forts. De même, certains types (1, 2, 8) sont marqués par un nombre restreint de caractères exclusifs ; d'autres (3, 4, 6) sont moins strictement définis et acceptent une variété de combinaisons plus grande.

TABLE 1

Table de probabilités ; en ligne, figurent les caractères booléens ; en colonne, les classes

	1	2	3	4	5	6	7	8
SAX1	41	36	12	4	5	/	/	/
SAX2	2	4	10	29	28	25	2	5
SAX3	/	/	16	/	/	8	37	39
CER1	1	1	22	1	8	16	23	28
CER2	8	31	5	10	24	11	3	6
CER3	33	1	12	28	2	10	13	1
PLY1	28	37	25	3	5	2	/	/
PLY2	8	/	7	31	29	21	4	/
PLY3	/	/	5	/	/	13	38	44
POL1	36	18	27	10	8	1	/	/
POL2	2	16	9	22	24	20	7	/
POL3	/	/	/	1	/	16	36	47
SIL1	36	36	23	5	/	/	/	/
SIL2	4	4	9	26	30	15	12	/
SIL3	/	/	6	/	/	21	27	46
TEM1	13	/	31	9	1	11	13	22
TEM2	18	7	8	16	5	21	13	12
TEM3	7	30	/	12	30	5	11	5
NEI1	3	30	10	2	29	13	6	7
NEI2	41	/	15	25	/	8	8	3
NEI3	1	/	14	16	3	16	24	27

Sur cette base, en fonction des caractères qu'il possède, chaque pixel peut être redéfini par les probabilités qu'il a d'appartenir aux différents types. Les valeurs ainsi obtenues sont ensuite rapportées à l'espace et donnent lieu à la production de cartes qui restituent l'aire de distribution probable de chacun des types et peuvent se remettre en place dans l'espace factoriel (Fig. 11). Le document fourni a valeur de modèle spatial ; il nous donne le moyen d'évaluer la réponse potentielle des types phénologiques aux différents milieux.

Les types 1 et 3 sont fortement liés à la moraine mais les valeurs fortes du type 1 se localisent dans la cuvette interne de l'arc là où le névé fond plus tardivement ; la classe 3 colle au front où les températures sont refroidies par la masse même du glacier. Dans le même temps, on constate aussi que ces classes présentent une probabilité minimale en milieux stables, barre calcaire et niveaux glacio-marins.

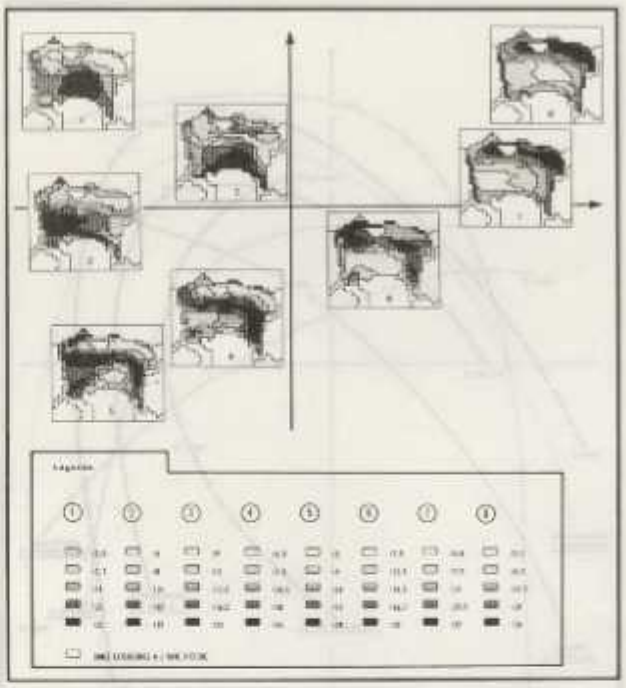


FIG. 11. — Modélisation probabiliste : l'espace potentiel de chacun des types phénologiques. Zones attractives et répulsives sont ainsi circonscrites.

La classe 2 se déporte vers l'ouest et déborde sur le sandur confirmant sa distribution préférentielle en liaison avec les facteurs hydrologiques évoqués plus haut ; symétriquement, la localisation la moins probable de ce type se rencontre dans un environnement géomorphologique peu différent de sandur en voie de stabilisation mais où la fonte nivale n'est pas retardée par le regel d'eau incluse.

Les types 4 et 5 font preuve d'affinités équivalentes pour les sandurs en voie de stabilisation et le vallum externe ; il est montré par là même que ces deux milieux, morphogénétiquement différents, offrent à la végétation telle que nous la prenons en compte ici, des conditions voisines. Ce constat est bien sûr à relativiser dans la mesure où il s'agit encore de milieux juvéniles dont les aptitudes différentes n'ont pas encore été mises à profit par un processus de colonisation parvenu à maturité.

Quant aux types 7 et 8, les milieux qui présentent pour eux les meilleures conditions, sont assez rigoureusement les mêmes ; mais on notera que les milieux répulsifs dans leurs nuances extrêmes ne s'équilibrent pas de la même façon ; le type 7 nous restitue une carte qui est le négatif de 2 et le type 8, une carte qui est elle-même le négatif du 1. Nous sommes amenés à conclure que les milieux correspondants ainsi circonscrits sur la carte présentent des aptitudes phénologiques antinomiques.

Rythmes et irrégularités phénologiques

Il nous reste à intégrer dans notre approche le temps d'une manière plus explicite en caractérisant les rythmes d'évolution de la saison végétative. Le tableau traité maintenant comporte en lignes les périodes, laps de temps écoulés entre deux séries d'observation phénologique. En colonnes, les caractères correspondent aux différences de

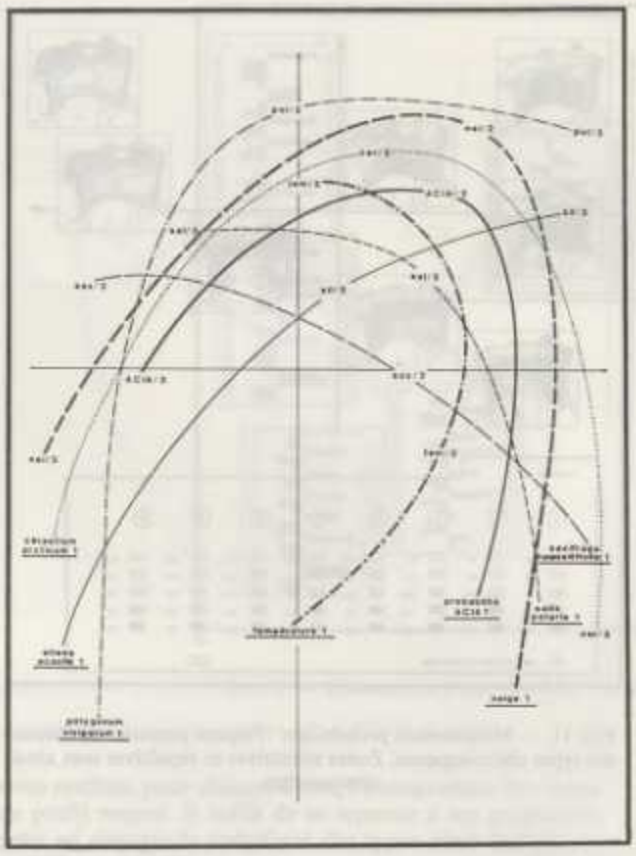


FIG. 12. — Rapidité et lenteur des différents cycles : mise au jour de contraintes significatives pour chacune des espèces.

scores enregistrées en ce qui concerne les plantes et la neige, aux probabilités moyennes d'occurence de l'ACI A1 (beau temps) en ce qui concerne le climat.

L'AFC vise ici à établir les relations qui existent entre le taux de croissance des 5 plantes et les facteurs mésologiques explicatifs.

Le graphe des plans 1-2 nous montre quatre types d'organisation (Fig. 12) :

— la neige, la probabilité d'appartenir au beau temps et *C. arcticum* voient leurs modalités respectives se disposer selon une parabole.

— *S. oppositifolia* et *S. polaris* prennent le graphe en écharpe depuis le bas droit jusqu'au haut gauche avec un classement des modalités selon un ordre croissant.

— les descripteurs de *S. acaulis* et *P. viviparum* s'organisent symétriquement depuis le bas gauche jusqu'au haut droit.

— les températures, du froid vers le chaud, se calent le long de l'axe 2, du négatif au positif.

Cette structure nous permet d'interpréter les axes. A gauche du graphe, se disposent les caractères liés à une fonte précoce de la neige tandis que vers la droite se situent les caractères qui se manifestent longtemps après sa disparition. En effet, la modalité « NEIG3 » traduit une différence de score importante et donc une fonte rapide de la neige entre deux passages; à l'autre extrémité, le caractère « NEIG1 » est la marque d'une différence nulle qui intervient lorsqu'au début d'une période la neige est déjà absente. Aussi l'axe 1 peut s'interpréter comme celui des temps de réponse aux stimuli de la fonte et du beau temps.

La signification de l'axe 2 est plus simple puisque la seule variable qui s'organise vraiment selon cet axe est la température; ainsi la position des caractères le long de l'axe 2 rend-elle compte de leur sensibilité à cette variable : vers le haut du graphe tendent ceux qui sont associés aux valeurs élevées de température et inversement.

La bonne corrélation entre neige et probabilité d'avoir du beau temps se traduit par la variation parallèle de ces deux variables : le beau temps accélère la fonte, le mauvais temps la bloque, surtout si la température est froide. Mais la réciproque n'est pas totale; une température élevée n'accompagne pas nécessairement la fonte nivale puisque le caractère NEIG3 est situé vers le bas du graphe. Ce paradoxe s'explique si l'on considère que, au début de l'été, une grosse proportion de l'énergie solaire est d'abord utilisée à la fonte nivale, le réchauffement du sol et donc des basses couches atmosphériques intervenant plus tard quand toute la neige a disparu ou presque.

La disposition inverse des couples *S. oppositifolia-S. polaris* d'une part et *P. viviparum-S. acaulis* d'autre part, devient beaucoup plus claire à la lumière de ces interprétations : les croissances ralenties de *P. viviparum* et *S. acaulis* sont associées tout à la fois à la fonte nivale et à des températures froides. Il se confirme ainsi que ces deux plantes tendent à accomplir leur cycle floral sur les périodes qui offrent les meilleures conditions. Or, ces dernières ne sont pas réunies quand la neige fond, même si le temps est beau. Le plein développement interviendra beaucoup plus tard quand le sol, libéré de la neige, se sera suffisamment réchauffé, développement d'autant plus rapide alors, que la température sera plus élevée.

S. polaris et *S. oppositifolia*, beaucoup moins exigeantes, commencent à croître aussitôt que la neige a libéré le sol; une fonte rapide aide la croissance de ces deux plantes et le processus s'accélère quand la température est élevée et que le beau temps règne. Leur cycle floral s'achève plus ou moins vite selon les conditions atmosphériques mais ne dure jamais longtemps. Ainsi *S. oppositifolia* et *S. polaris*, dès lors que la neige a disparu du strandflat, entrent déjà dans la phase de maturité de leur cycle.

C. arcticum constitue un cas particulier puisque ses descripteurs sur le graphe factoriel se corrèlent rigoureusement — mais négativement— avec les deux variables mésologiques, neige et probabilité d'appartenir au beau temps : une fonte rapide du tapis neigeux s'accompagne d'une croissance faible de *C. arcticum* qui développe son cycle floral longtemps après que le sol soit déneigé. Il suit en cela le comportement des plantes tardives telles que *S. acaulis* et *P. viviparum*. Mais ce caractère ne traduit pas une « fragilité » comparable de l'espèce; bien au contraire, il est plutôt le signe d'une bonne adaptation potentielle aux conditions défavorables de certains sites où l'accumulation nivale est forte. C'est dans des biotopes aussi peu propices que l'on rencontre encore cette plante qui présente donc à l'échelle locale une aire de distribution géographique bien particulière. En effet, à la différence de *S. acaulis* et de *P. viviparum* mais aussi de *S. polaris* et *S. oppositifolia*, *C. arcticum* continue son cycle sans perturbation même par des périodes froides et de mauvais temps.

CONCLUSION

L'approche géographique fondée sur la prise en compte statistique de l'espace et du temps nous a permis d'éclairer d'une manière nouvelle les rapports entre plantes et climat au sein du paysage.

Le protocole d'observation ainsi déterminé requiert une observation normalisée. Grâce à cette mise en forme quantitative de l'information, il a été possible de concevoir une procédure informatisée qui associe, en un ensemble cohérent, un certain nombre d'outils mathématiques et de techniques graphiques : analyses multivariées (régressions, AFC, classifications), interpolation, surfaces de tendance, probabilités, cartographie automatique.

La relative sophistication des moyens utilisés est en effet indispensable pour contrôler l'ensemble des éléments en interaction qui déterminent l'évolution phénologique du paysage. Sur ces bases, il a été possible de mettre en évidence un certain nombre de principes structurants :

— l'espace paysager de l'aire d'étude est fortement anisotrope; en effet le comportement des espèces y présente de grandes distorsions selon les milieux. Le poids respectif des facteurs explicatifs tels que neige, température, conditions atmosphériques, a pu être évalué.

— la variabilité interannuelle est également très marquée. Le cycle phénologique se déroule selon des rythmes accélérés ou ralentis déterminés par les conditions climatiques. Les situations micro-environnementales peuvent contribuer à atténuer ou au contraire, à accentuer ces tendances. Il en va de même des espèces végétales dont nous avons pu caractériser le comportement en fonction des différentes contraintes et du jeu relatif de celles-ci dans l'espace et le temps.

Au-delà du cas présenté ici, il est important de souligner que le corps de méthode qui a été mis au point, reste acquis pour d'autres applications géographiques : en effet, si les surfaces de tendance sont connues comme moyen de recomposer une information spatiale continue à partir de données ponctuelles, nous en avons étendu les possibilités en utilisant cet algorithme pour homogénéiser des informations recueillies selon des protocoles d'observation différents. Cela nous autorise ensuite à reprendre dans un traitement global les diverses catégories de variables à mettre en rapport. La modélisation spatiale qui est un des objets spécifiques du discours géographique, s'en trouve par là même grandement facilitée.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Billings (W.D.), Godefray (P.J.), Chabot (B.F.). — *Metabolic acclimatation to temperature in arctic and alpine ecotypes of Oxiria digina.* Arctic and Alpine Research, Boulder University of Colorado, Vol. 3, No. 4, 1971.

[2] Balatova (E.), Tulackova (B.). — *Breitrag zur methodic der phenologischen beobachtungen. Gesellschaftsmorphologie.* Bericht über das Internationale Symposion in Rinteln. La Haye 1970.

[3] Hermansen (J.E.). — *Vegetasjonøkologi i et arktisk område, Brøggerhalvøya, Svalbard.* Hovedfagsoppgave i spesie 11 botanikk. Trondheim 1979.

[4] *Proceedings of the 4th International Congress « Perspective in landscape ecology ». Veldhoven, Pays Bas, 6-11 avril 1981.* Pudoc ed. Wageningen 1981.

[5] Bertrand (G.), Dollfus (O.). — *Essai d'analyse écologique de l'espace montagnard.* L'Espace Géographique T11, No. 3, Paris, 1973.

[6] Veen (A.W.L.). — *Specifing then concept of landscape cell (ecotype) in terms of interacting physico-chemical process and external vegetation characteristics,* ibid. Wageningen 1981.

[7] Our national landscape. *Proceedings of the conference on « Applied technics for analysis and management of the visual ressources ». Incline Village Nevada 23-25 avril 1979.* Berkeley 1981.

[8] Moign (A.). — *Strandflats immergés et émergés du Spitsberg Nord-Occidental.* Thèse, Lille 1973.

[9] Joly (D). — *Les ambiances climatiques instantanées. Définition et application.* Cahiers de géographie de Besançon N° 24, Besançon 1982.

[10] Andre (M.F.), Joly (D.). — *Etude comparée du climat d'un sandur et d'une toundra selon trois ambiances climatiques.* Inter-Nord N° 17. Paris 1985.

[11] Joly (D.). — *Estimation du gel estival d'altitude en domaine arctique océanique.* Cahiers de géographie de Besançon, 1986 (à paraître).

[12] Brossard (Th.). — *Probabilités et partition de l'espace* Cahiers de Géographie de Besançon 1986 (à paraître).

[13] Joly (D.). — *L'interpolation supervisée, une méthode de traitement destinée à la cartographie automatique présentée à l'aide d'un exemple de topoclimatologie.* Colloque international sur la « Topoclimatologie et ses applications ». Liège 14-16 mars 1985. Actes à paraître.

[14] Ciceri (M.F.), Marchand (B.), Rimbert (S.). — *Introduction à l'analyse de l'espace.* Ed. Masson, Paris 1977.

[15] Griselin (M.). — *Les modalités de l'écoulement liquide et solide sur les marges polaires.* Thèse, Nancy 1982.

DYNAMIQUE MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUE ET ÉVOLUTION DU LITTORAL DANS LA RÉGION DU KONGSFJORD, SPITSBERG

par Arnaud HEQUETTE

Département de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest

RÉSUMÉ. — Cet article donne le résultat des récentes enquêtes géomorphologiques menées sur les plates-formes littorales de la région du Kongsfjord au nord-ouest du Spitsberg, par le Laboratoire de Géographie de la Mer de l'Université de Brest (France). Cette étude porte sur les processus contemporains de morpho-sédimentologie des littoraux et sur le soulèvement des plages durant le Holocène. En bordure des plaines d'épandage fluvioglaciaires, le taux d'accroissement alluvial est extrêmement élevé. Les nombreuses crêtes de plage du Kongsfjord intérieur sont jeunes et les plus anciennes se sont formées à la fin du Petit Age de Glace. A l'extrêmité de la Péninsule de Brögger, les cordons littoraux subissent un processus de lessivage. Il en résulte une migration vers la terre des cordons de barrage, responsable de la mise à jour de figurations périglaciaires dans la zone subtidale. Ces figurations périglaciaires ont été submergées pendant une transgression marine. Les datations du C14 démontrent que l'émergence de la terre a continué après 9000 BP et que le niveau marin est descendu plus bas que l'actuel après cette période. Plus tard, la transgression marine est apparue et a débuté avant 2100 BP.

Mots-clés : Spitsberg — Géomorphologie — Plates-formes littorales — Holocène.

ABSTRACT. — **Morpho-sedimentological processes and evolution of the coast line in the Kongsfjord area, Spitsbergen**

This paper gives the results of recent geomorphological investigations carried out on built-up shores in the Kongsfjorden area, in North-West Spitsbergen, by the marine and coastal geography laboratory of the University of Brest (France). This work deals with the contemporaneous morpho-sedimentological processes in beach environment and with the vertical shoreline displacements during Holocene. In border of glaciofluvial outwash plains, the rate of coastal accretion is extremely high. The multiple beach ridges in the inner Kongsfjorden area are young and the older ones were built-up at the end of the Little Ice Age. At the outermost point of the Brögger peninsula, barrier beaches are affected by overwash processes. This induces an inland migration of the barriers, responsible of the exhumation of patterned ground in the sub-tidal zone. These periglacial features were submerged during a marine transgression. ^{14}C datations show that the emergence of the land continued after 9000 BP and the sea level fell below its present-day position after that time. Later on, a marine transgression occurred, begining before 2100 BP.

Key-words : *Spitsbergen — Geomorphology — Holocene.*

I. — INTRODUCTION : LES RECHERCHES DU LABORATOIRE DE GÉOGRAPHIE DE LA MER DE BREST AU SPITSBERG.

Cet article présente les principaux résultats des recherches menées ces dernières années au Spitsberg par le Laboratoire de Géographie de la Mer de l'Université de Bretagne Occidentale (Brest). Ces travaux débutèrent en 1964 sous l'impulsion de Mme le Professeur Annik Moign. Elle effectua des recherches pionnières sur la géomorphologie des *strandflats* du Spitsberg occidental, de l'Isfjord à Amsterdamöya dans le Nord-Ouest (Moign, 1965, 1966, 1973, 1974a, 1974b; Moign et Guilcher, 1967). Sa thèse, soutenue en 1973, constitue un apport important pour la compréhension de la morphogénèse des plates-formes littorales étagées des hautes latitudes.

En 1983, une équipe de chercheurs composée de A. Moign, M.H. Ruz et A. Héquette entreprit un programme de recherche axé sur les problèmes de morphologie littorale en milieu arctique. L'objectif initial du programme engagé était l'étude des littoraux meubles, et principalement de leur dynamique morpho-sédimentologique dans un milieu arctique influencé par des glaciers continentaux et des glaciers à fronts marins. Cette étude fut poursuivie pendant l'été 1985 par A. Héquette.

La péninsule de Brögger fut un site de recherche privilégié, car sa face nord fournit un excellent exemple des relations qui peuvent s'établir entre des accumulations glaciaires et fluvioglaciaires et des formes d'accumulation marine (fig.1). Les vallums morainiques qui témoignent de l'ultime avance des glaciers à la fin du Petit Age Glaciaire, vers 1880, n'atteignent pas le fjord (Kongsfjord). Les glaciers actuels étant en retrait par rapport à ces vallums, ceux-ci ne sont plus fonctionnels. Les moraines ont

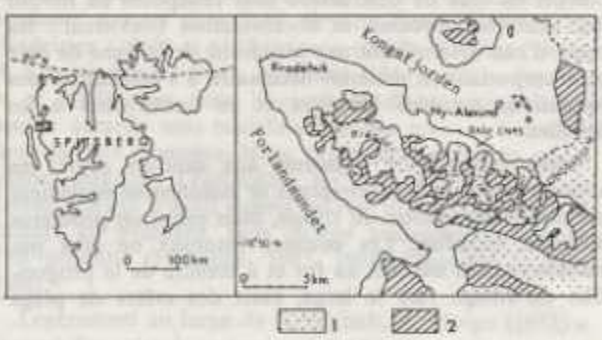


FIG. 1. — Carte de localisation.
1) Glaciers; 2) Montagnes.

cependant fourni en abondance du matériel clastique aux plaines d'épandage fluvioglaciaire qui s'étendent à leur pied. Les sandurs ainsi constitués ne fonctionnent plus aujourd'hui que partiellement, mais continuent toutefois d'alimenter les accumulations littorales.

II. — LES PROCESSUS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES ACTUELS

Ne seront présentés ici que les principaux processus conditionnant la dynamique estivale des formations meubles littorales. Le rôle des processus glaciels ne sera que brièvement évoqué; on peut toutefois se référer à ce sujet à A. Moign (1976), A. Moign et A. Héquette (1985) et A. Héquette (1986).

1. Les accumulations meubles en bordure des sandurs : une progradation rapide vers le large.

En bordure des plaines d'épandage fonctionnelles, la dynamique côtière est extrêmement active et est marquée par des épisodes brutaux de progradation liés aux maxima du régime hydrologique des torrents proglaciaires. Pendant l'hiver, le couvert de glace marine et le pied de glace immobilisent la côte et y interdisent ainsi toute modification morpho-sédimentologique. Au printemps cependant, le retour des températures positives provoque la reprise des écoulements fluvioglaciaires, ce qui, dans la zone côtière, se traduit par une accélération de la destruction du pied de glace, un apport considérable de matériel meuble et une érosion accrue des cordons littoraux (Moign et Héquette, 1985). Au débouché des exutoires des torrents, de micro-deltas peuvent se construire en quelques semaines à peine. Des barres sableuses, au sein de ces deltas, s'exhaussent rapidement par accrétion verticale pour former de véritables ébauches de cordons littoraux.

L'action des vagues et des courants conduit à une coalescence de ces accumulations qui se transforment en une crête continue, parallèle à la ligne de côte. Le processus provoque à long terme une migration du matériel vers le large et, corrélativement, un mouvement de la ligne de côte dans le même sens. Les cordons sont rapidement détruits par les torrents, spécialement lors des crues, ce qui, à une échelle plus réduite, est comparable à ce qui se produit en bordure des sandurs d'Islande lors des *jokulhlaups* (1) (Nummedal *et al.*, 1974; Bodéré, 1985); les sédiments terrigènes et le matériel qui constituait le cordon en voie de destruction sont redéposés au niveau des exutoires. Erosion et accumulation coexistent : les cours d'eau déterminent une instabilité de la ligne de côte en transportant le matériel nécessaire à l'édification des formations meubles littorales et en contribuant à les détruire.

Dans les secteurs adjacents aux sandurs actifs, les apports sédimentaires terrigènes se manifestent également par une progradation du rivage, mais selon un processus différent toutefois. Les cordons littoraux ne sont pas successivement détruits au fur et à mesure de la progression du rivage vers le large, mais des crêtes de plage accolées se construisent, n'étant pas démantelées par les torrents. C'est ainsi que s'est développée la Pointe des Cachalots (fig. 2), située légèrement à l'ouest de la base française dans le Kongsfjord, constituée de plusieurs cordons littoraux successifs. La datation ^{14}C d'un ossement de béluga *(Delphinapterus leuca)*, découvert enfoui dans le cordon le plus interne, a révélé un âge de 400 ± 60 BP (GIF-7035; Héquette, 1986), ce qui, corrigé selon l'« effet de réservoir » (Mangerud et Gulliksen, 1975; Olsson, 1980) équivaut à un âge réel de 100 ± 60 BP. Ces accumulations littorales sont donc extrêmement récentes et témoignent de la progradation de la côte depuis la fin du siècle dernier, ceci étant à mettre en relation avec l'amélioration climatique postérieure au Petit Age Glaciaire.

2. La côte à cordons de barrage et lagunes : une migration vers la terre sous l'effet de débordements de tempête.

La péninsule de Brögger se termine à son extrémité nord-ouest (Kvadehuk) par une côte à cordons littoraux barrant des lagunes. Ces cordons sont très exposés aux houles du large et sont, de ce fait, soumis à des vagues de forte énergie. Leur crête de tempête est entaillée par une série périodique de brèches qui se poursuivent sur leur revers et se terminent dans les lagunes en épandages en éventail. Ces formes, bien que de moindres dimensions, sont semblables aux *washover fans* des îles-barrières de la côte est des Etats-Unis (Leatherman, 1976; Fisher et Simpson, 1979) et des cordons littoraux du Sud-Est de l'Irlande (Carter et Orford, 1981; Orford et Carter, 1982; Ruz, 1986) et témoignent d'un mouvement net des sédiments de plage vers la terre sous l'effet des vagues de tempête. Ce processus débute par une saturation en place du cordon, provoquée par les lames de débordements, et est ici favorisé par la remontée, au début de l'hiver, de la couche imperméable que constitue le sommet du pergélisol. Lorsque le cordon est entièrement saturé et que la lame d'eau du jet de rive ne peut plus s'infiltrer, il en résulte une érosion de la crête sommitale et un lessivage des sédiments sur le revers, ce qui provoque une migration du cordon vers la terre (Héquette et Ruz, 1986). Ce mouvement transgressif peut, dans certains cas, se produire sans qu'intervienne une hausse du niveau de la mer (Carter, 1983; Carter et Orford, 1984), mais il a aussi été démontré que des cordons et des îles-barrières ont migré de cette façon en réponse à une transgression marine (Dillon, 1970; Leatherman, 1983). Des preuves, découvertes en péninsule de Brögger, montrent que c'est une élévation relative du niveau marin qui est à l'origine du mouvement de ces cordons.

III. — LES VARIATIONS VERTICALES DE LA LIGNE DE RIVAGE PENDANT L'HOLOCÈNE.

1. Découverte de figurations périglaciaires immergées : preuve d'une transgression marine

A l'avant des cordons de Kvadehuk, des ostioles et des cercles de pierres ont été découverts dans la zone infratidale, jusqu'à plus de 1 m de profondeur (Héquette, 1985). Ces formations étant des structures périglaciaires qui ne

(1) jokulhlaup : débâcle glacio-volcanique.

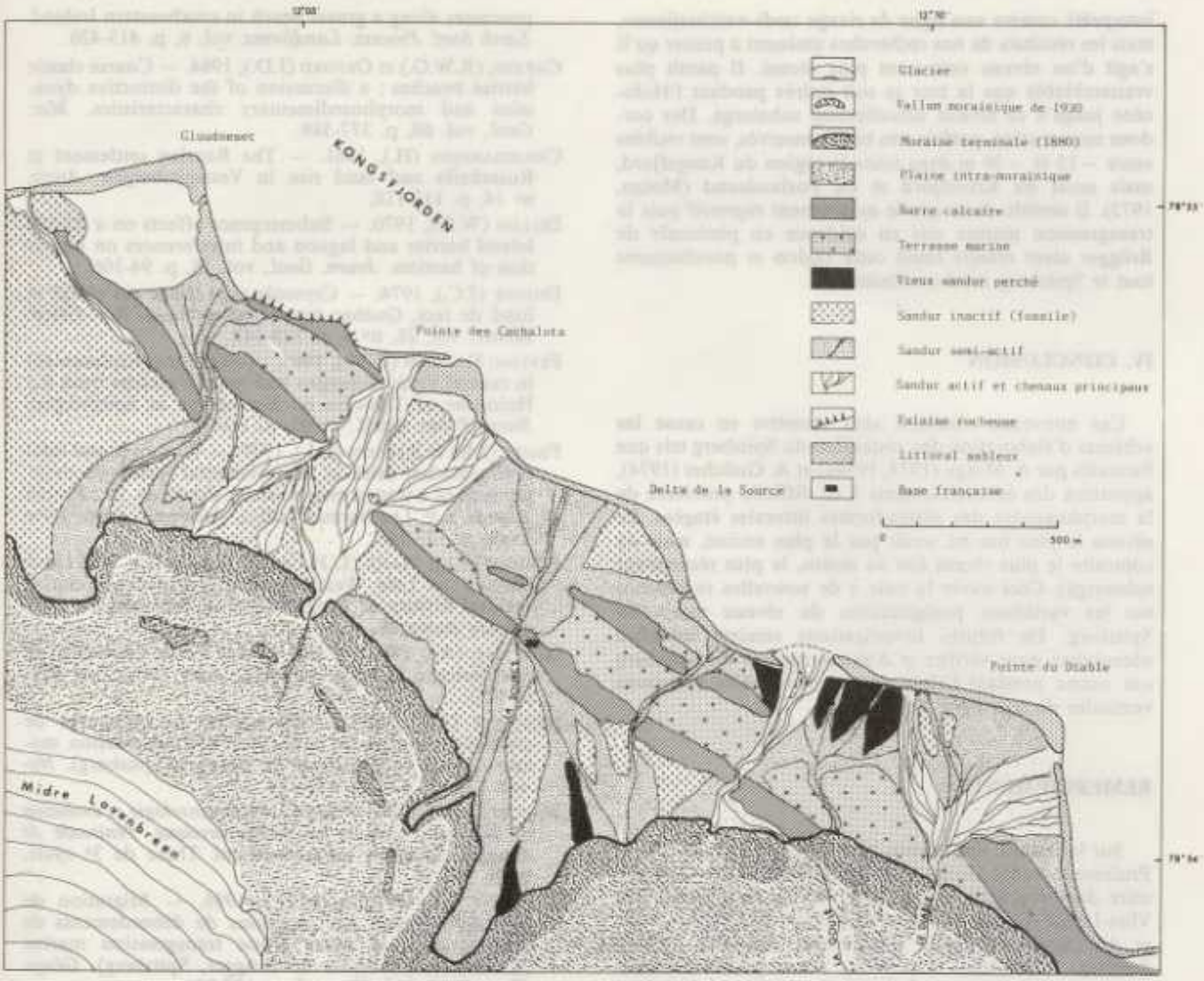


FIG. 2.- La zone côtière du secteur de la base française du CNRS (Kongsfjord).

peuvent se former que sur une surface subaérienne ou très faiblement ennoyée (Dionne, 1974), leur position actuelle sous le niveau de la mer prouve qu'elles ont été submergées après leur formation.

Les ostioles se sont développées dans une boue glacio-marine et à leur surface des coquilles des espèces *Mya truncata* et *Hiatella arctica* ont été expulsées sous l'effet des alternances gel-dégel. Certaines de ces coquilles ont été datées et ont révélé un âge réel de 9895 ± 120 BP (Beta-13800; Héquette, 1986) ce qui indique qu'à cette époque, la mer stationnait à un niveau plus élevé que l'actuel, puis qu'elle s'est abaissée, pendant l'Holocène, jusqu'à un niveau inférieur. Durant cette période, pendant laquelle l'actuelle avant-plage émergea, les cercles de pierres et les ostioles purent se développer. La tendance régressive s'inversa ensuite et une transgression marine entraîna la submersion de ces figurations périglaciaires et la migration des cordons littoraux jusqu'à leur position actuelle. Une datation ^{14}C de mousses enfouies sous un cordon littoral a indiqué que cette transgression débuta avant 2100 BP ± 135 BP (Beta-13799; Héquette, 1986).

2. Nouvelles interprétations sur l'âge des dépôts marins immergés

L'existence d'une transgression marine au Svalbard pendant l'émersion postglaciaire a été rapportée par plusieurs auteurs dont R.W. Feyling-Hanssen (1965), H. Hyvärinen (1969) et O. Salvigsen (1978). T. Vogt (1932), H. Christiansson (1961), W. Blake (1961) et S.L. Forman *et al.* (1986) ont émis l'hypothèse d'une transgression marine actuelle sans toutefois que des preuves formelles aient pu être avancées. Nous avons prouvé que la mer a atteint, pendant l'Holocène, un niveau plus bas que l'actuel, ce qui n'avait jamais pu être démontré nulle part ailleurs au Svalbard, puis qu'une transgression marine s'est produite (Héquette, 1985, 1986; Héquette et Ruz, 1986).

Légèrement au large de Kvadehuk, A. Moign (1973) a observé des galets bien émoussés à 15 m de profondeur qui seraient les restes d'un cordon littoral aujourd'hui submergé. Cet ancien niveau marin avait été initialement

interprété comme une ligne de rivage tardi-weichselienne, mais les résultats de nos recherches amènent à penser qu'il s'agit d'un niveau nettement plus récent. Il paraît plus vraisemblable que la mer se soit retirée pendant l'Holocène jusqu'à ce niveau actuellement submergé. Des cordons sous-marins, parfois très bien conservés, sont visibles entre −15 et −20 m dans toute la région du Kongsfjord, mais aussi du Krossfjord et du Forlandsund (Moign, 1973). Il semble donc que le mouvement régressif puis la transgression marine mis en évidence en péninsule de Brögger aient affecté toute cette région et possiblement tout le Spitsberg nord-occidental.

IV. CONCLUSION

Ces nouveaux résultats, sans remettre en cause les schémas d'élaboration des *strandflats* du Spitsberg tels que formulés par A. Moign (1973, 1974a) et A. Guilcher (1974), apportent des éclaircissements à ce difficile problème de la morphogénèse des plates-formes littorales étagées. Le niveau le plus bas ne serait pas le plus ancien, mais au contraire le plus récent (ou au moins, le plus récemment submergé). Ceci ouvre la voie à de nouvelles recherches sur les variations postglaciaires du niveau marin au Spitsberg. De futures investigations seraient toutefois nécessaires pour vérifier si d'autres régions du Spitsberg ont connu pendant l'Holocène de semblables variations verticales de leur ligne de rivage.

REMERCIEMENTS

Sur le terrain, nous avons bénéficié de l'aide de Mme le Professeur Annik Moign et de Marie-Hélène Ruz (Laboratoire de Géographie de la Mer, Brest), de Brigitte Van Vliet-Lanoë (Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen), et de Daniel H. Mann (Quaternary Research Center, Seattle), à qui nous exprimons notre gratitude. Nous tenons à remercier Mme G. Delibrias (Centre des Faibles Radio-activités, Gif-sur-Yvette) pour les datations ^{14}C d'ossements de baleine, ainsi que Daniel H. Mann pour les datations de coquilles et de mousses. Nous remercions Mme Annik Moign pour avoir eu l'obligeance de relire le manuscrit; ses observations et commentaires nous ont été très utiles. Cette étude a reçu le support financier du GDR Etudes Arctiques n° 49 (Centre d'Etudes Arctiques CNRS/EHESS) et du Laboratoire de Géographie de la Mer (ERA 345 du CNRS).

BIBLIOGRAPHIE

BLAKE (W.), 1961. — Russian settlement and land rise in Nordauslandet, Spitsbergen. *Arctic*, n° 14, p. 101-111.

BODÉRÉ (J.C.), 1985. — *La région côtière sud-est de l'Islande, recherches géomorphologiques*. Thèse d'Etat, Brest. 3 vol., 1826 p.

CARTER (R.W.G.), 1983. — Raised coastal landforms as products of modern process variations and their relevance in eustatic sea-level studies : examples from eastern Ireland. *Boreas*, vol. 12, p. 167-182.

CARTER (R.W.G.) et ORFORD (J.D.), 1981. — Overwash processes along a gravel beach in southeastern Ireland. *Earth Surf. Process. Landforms*, vol. 6, p. 413-426.

CARTER, (R.W.G.) et ORFORD (J.D.), 1984. — Coarse clastic barrier beaches : a discussion of the distinctive dynamics and morphosedimentary characteristics. *Mar. Geol.*, vol. 60, p. 377-389.

CHRISTIANSSON (H.), 1961. — The Russian settlement at Russekeila and land rise in Vestspitsbergen. *Arctic*, n° 14, p. 112-118.

DILLON (W.R.), 1970. — Submergence effects on a Rhode Island barrier and lagoon and interferences on migration of barriers. *Journ. Geol.*, vol. 78, p. 94-106.

DIONNE (J.C.), 1974. — Cryosols avec triage sur rivage et fond de lacs, Québec central subarctique. *Rev. Geogr. Montr.*, vol. 28, n° 4, p. 323-342.

FEYLING-HANSSEN (R.W.), 1965. — Shoreline displacement in central Vestspitsbergen and marine section from the Holocene of Talavera on Barentsöya in Spitsbergen. *Norsk Polar. Medd.*, n° 93, p. 1-34.

FISHER (J.S.) et SIMPSON (E.J.), 1979. — Washover and tidal sedimentation rates as environmental factors in development of a transgressive barrier shoreline. In : *Barrier Islands*, S.P. Leatherman (edit.), Academic press, New York, p. 127-148.

FORMAN (S.L.) MANN (D.H.) et MILLER (G.H.), 1986 (sous presse). — Late Weichselian and Holocene relative sealevel history of Broggerhalvöya, Spitsbergen. *Quaternary Research*.

GUILCHER (A.), 1974. — Les « rasas » : un problème de morphologie littorale générale. *Ann. Géogr.*, n° 455, p. 1-33.

HEQUETTE (A.), 1985. — Découverte de structures de cryosols immergés et hypothèse de transgression marine récente en péninsule de Brögger (Spitsberg). *Norois*, t.32, n° 127, p. 429-433.

HEQUETTE (A.), 1986. — *Morpho-sédimentologie et évolution de littoraux meubles en milieu arctique. Péninsule de Brogger, Spitsberg nord-occidental*. Thèse de 3e cycle, Brest, 397 p.

HEQUETTE (A.) et RUZ (M.H.), 1986. — Migration de cordons littoraux par processus de débordements de tempête dans le cadre d'une transgression marine (Kvadehuk, péninsule de Brögger, Spitsberg). *Géogr. Phys. Quat.*, vol. 40, n° 2, p. 197-206.

HYVÄRINEN, (H.), 1969. — Trulvattnet : a Flandrian stratigraphical site near Murchinsonfjorden, Nordauslandet, Spitsbergen. *Geogr. Ann.*, vol. 51A, n° 1-2, p. 42-45.

LEATHERMAN (S.P.), 1976. — Barrier island dynamics : overwash processes and eolian transport. *Proc. 15th Int. Conf. Coast. Eng.*, Am. Soc. Civ. Eng., vol. 3, p. 1958-1974.

LEATHERMAN (S.P.), 1983. — Barrier dynamics and landward migration with Holocene sea-level rise. *Nature*, n° 301, p. 415-417.

MANGERUD (J.) et GULLIKSEN (S.), 1975. — Apparent radiocarbon age of recent marine shells from Norway, Spitsbergen and Arctic Canada. *Quaternary Research*, vol. 5, p. 263-273.

MOIGN (A.), 1965. — Contribution à l'étude littorale et sous-marine de la Baie du Roi (Spitsberg, 79° N). *Cah. Océanogr.*, vol. 17, n° 8, p. 543-563.

MOIGN (A.), 1966. — Formes sous-marines et littorales de la Baie du Roi (Spitsberg). Méthodes d'étude, aspects et problèmes. *Bull. Ass. Géogr. Franç.*, n° 342-343, p. 11-24.

MOIGN (A.), 1973. — *Strandflats immergés et émergés du Spitsberg central et nord-occidental*. Thèse d'Etat, Brest, 727 p.

MOIGN (A.), 1974a. — Un essai synthétique d'explication de la transformation des strandflats au Spitsberg. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 278, p. 1685-1688.

MOIGN (A.), 1974b. — Géomorphologie du Strandflat au Svalbard : problèmes (âge, origine, processus), méthodes de travail. *Inter-Nord*, n° 13-14, p. 57-72.

MOIGN (A.), 1976. — L'action des glaces flottantes sur le littoral et les fonds marins du Spitsberg central et nord-occidental. *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 30, n° 1-2, p. 51-64.

MOIGN (A.) et GUILCHER (A.), 1967. — Une flèche littorale en milieu périglaciaire arctique : la flèche de Sars (Spitsberg). *Norois*, t. 14, n° 56, p. 549-568.

MOIGN (A.) et HEQUETTE (A.), 1985. — Evolution estivale d'un littoral arctique en péninsule de Brögger (Spitsberg). *Norois*, t. 32, n° 125, p. 5-17.

NUMMEDAL (D.), HINE (A.C.), WARD (L.C.), HAYES (M.O.), BOOTHROYD (J.C.), STEPHEN (M.F.) et HUBBARD (D.K.), 1974. — Recent migrations of the Skeidararsandur coastline, Southeast Iceland. *Nav. Ord. Laboratory*, Washington, 183 p.

OLSSON (I.U.), 1980. — Content of ^{14}C in marine mammals from northern Europe. *Radiocarbon*, vol. 22, n° 3, p. 662-675.

ORFORD (J.D.) et CARTER (R.W.G.), 1982. — Crestal overtop and washover sedimentation on a fringing sandy gravel barrier coast, Carnsore Point, Southeast Ireland. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 52, n° 1, p. 265-278.

RUZ (M.H.), 1986. — *Morpho-sédimentologie et évolution des littoraux meubles du Sud-est de l'Irlande*. Thèse de Doctorat, Brest, 403 p.

SALVIGSEN (O.), 1978. — Holocene emergence and finds of pumice, whalebones, and driftwood at Svartknausflya, Nordauslandet. *Norsk Polarinst. Arbok 1977*, p. 217-228.

VOGT (T.), 1932. — Landets senkning i nutiden på Spitsbergen og Öst-Grönland. *Norsk Geol. Tidsskr.*, vol. 12, p. 563-574.

NOTE SUR LES CONNAISSANCES ACTUELLES CONCERNANT LES GLACIATIONS PLÉISTOCÈNES AU SVALBARD

par Bernard LEFAUCONNIER

Laboratoire de la Montagne Alpine CNRS, Grenoble

RÉSUMÉ. — S'il n'est pas possible de préciser l'extension de la glace au Weichsélien Tardif sur la mer de Barents et le Svalbard, les recherches actuelles confirment l'existence d'une glaciation relativement importante mais non généralisée. Par ailleurs, la dernière calotte majeure sur cette région a probablement été Saalienne ou anté-Saalienne.

Mots-clés : Svalbard — Glaciations — Pleistocène

ABSTRACT. — **Note on the present knowledge on the pleistocene glaciations in Svalbard.** If it's not possible to precise the exact extension of the last Weichselian ice-sheet on the Barents sea and Svalbard, the recent researches comfirm the existence of a relatively important ice cap but not generalised. Moreover the last major glaciation was more than probably Saalian or ante-Saalian.

Key-words : *Svalbard — Glaciation — Pleistocene*

Le point principal débattu depuis longtemps déjà, concerne l'extension glaciaire du Weichsélien tardif. Vu l'importance reconnue de cette glaciation dans l'hémisphère Nord, il était logique de penser que le Svalbard, situé entre la Norvège et le pôle Nord, avait été entièrement recouvert par une calotte de glace s'étendant en mer de Barents et atteignant le talus continental. Déjà de Geer en 1900 émettait cette hypothèse. L'existence d'une telle glaciation majeure a trouvé un support dans les années soixante avec les premières datations dans le Kongsfjord de Corbel (1966) puis les travaux de Schytt et al. (1968). Ce point de vue est encore partagé par Hughes et al. (1977 et 1980), Denton et al. (1986), Grosswald (1977 et 1980) et est admis pratiquement comme tel par les rédacteurs de « The Last Great Ice Sheets » (Andersen 1981) et représenté ainsi dans les travaux du projet CLIMAP (1976...) et dans la totalité des revues de vulgarisation. L'intensification des recherches depuis une dizaine d'années a tout d'abord mis en évidence le fait qu'un certain nombre de sites sur les côtes nord et ouest du Svalbard étaient restés libres de glace à cette époque, d'où l'idée d'une faible glaciation dont l'extension aurait été en moyenne à peine plus importante que celle du dernier Petit Age Glaciaire (voir l'article de synthèse de Salvigsen et Nydal 1981), ou d'une absence totale d'épisode glaciaire (Boulton 1979).

Le second point intéressant qui est aussi débattu est celui concernant le Weichsélien primitif : s'agit-il d'un épisode unique ou bien a-t-il connu un interstade ? S'agit-il également du dernier épisode majeur ou bien d'un épisode de faible importance et, dans ce cas, le dernier épisode majeur est-il Saalien ou anté-Saalien ? Si aujourd'hui encore il n'est pas possible de préciser les périodes et extensions de ces différentes glaciations, le développement actuel des recherches permet cependant d'en dresser les lignes générales.

LE WEICHSELIEN TARDIF

L'échelle de cette glaciation est maintenant connue grâce à la concordance des connaissances sur la sédimentation en mer de Barents, le relèvement isostatique holocène et les observations et stratigraphies réalisées à terre.

La sédimentation en mer de Barents

Elverhøi et Solheim (1983 a et b), Solheim et Kristoffersen (1984) ont montré que le dernier épisode glaciaire avait couvert la partie nord-ouest et les bancs de faibles profondeurs (moins de 300 m) de la partie sud de la mer de Barents. Les datations obtenues dans la couche recouvrant les sédiments glaciaires indiquent que ces derniers sont pré-holocènes. La relation avec une datation de Grosswald (1980) permet de les estimer antérieurs à 12385 ± 250 BP.

Le relèvement isostatique

Les isobases de l'émersion pour 6 500 ans BP (Schytt et al. 1968, Hope 1969) et pour 9 500 ans BP (Boulton 1979) indiquent un centre de glaciation situé dans la région de Kongs Karls Land.

L'émersion totale qui a pu être observée depuis le début de l'Holocène sur les côtes nord et ouest du Spitsberg varie de 0 à 64 m et est en accord global avec la position du centre indiquée ci-dessus; l'importance de cette émersion à Mosselbukta (65 m — Salvigsen et Osterhom 1982), en péninsule de Brögger (44 m — Forman et Miller 1984), entre l'Isfjord et le Bellsund (64 m, Landvik et al. 1987), plus de 100 m à Kongs Karls Land et surtout, pour cet archipel un taux d'émersion de 4 m pour 100 ans entre

10 000 et 9 000 BP (Salvigsen 1981), ne peut s'expliquer que par un relèvement isostatique suite à la disparition d'une importante calotte glaciaire. De plus, Salvigsen a noté pour deux plages de Kongsøga d'âges proches (6 990 et 6 700 BP) une émersion de 36 m à l'ouest et de 44 m à l'est. Toutes ces données plaident en faveur de l'existence d'une importante calotte centrée à l'est de Kongs Karls Land, comme l'estimaient déjà Salvigsen et Nydal (1981).

Les sites restés libres de glace

La détermination d'un site comme n'ayant pas été atteint par la glace au cours de cet épisode est le résultat soit d'analyses géomorphologiques, soit de stratigraphies dénotant l'absence de sédiments glaciaires ou glacio-marins pour la période considérée. Il s'agit de Prins Karls Forland (Salvigsen 1977, Troitsky et al. 1979, Boulton 1979), de Phippsoya dans l'archipel de Sjuøane au nord de Nordaustlandet (Salvigsen et Nydal 1981), de Reinsdryflya et de l'extrémité nord de la terre Andrée (Salvigsen et Osterhom 1982), peut être du Billefjord (Troitsky et al., 1979), de l'extrémité de la péninsule de Brögger, tant en rive sud qu'en rive nord (id. et Miller 1982).

Les sites ayant été recouverts ou atteints par la glace

Il s'agit en premier lieu de l'extrémité nord-ouest du Spitsberg en Terre Albert Premier (Liestøl 1972, Salvigsen 1977, Salvigsen et Osterholm 1982). Ce site est intéressant car la limite d'extension de la glace en est connue par la position de moraines sous-marines (Liestøl), la reconnaissance de morphologies latérales au glacier (Salvigsen), ce qui permet de déterminer le passage avec la zone restée libre de glace de Reinsdryflya. La répartition des blocs erratiques indique de plus, une glaciation locale centrée sur l'Hornemantop. Une datation sur Amsterdamøya (Salvigsen) permet de situer son développement postérieurement à 2 800 BP.

Dans le Hornsund, une avancée du Sofiebre a été notée par Lindner (1984) comme ayant eu lieu après 29 500 BP. Dans cette même région, Troitsky et al. (1979) ont étudié une section dans laquelle un till (unité d) a livré une date de 26 500 BP.; là aussi la pétrographie suggère une glaciation simplement locale.

Mangerud et al. (1984) estiment que le Van Mijenfjord a du être rempli par la glace jusqu'à Akeløya et que le retrait final s'en est effectué entre 11 et 10 000 BP.

Landvik et Salvigsen (1985) ont relevé dans le Gangdalen, entre l'Isfjord et le Van Mijenfjord la présence d'une moraine apportée par un flux glaciaire d'origine locale, surmontée d'un second dépôt morainique apporté par un probable exutoire d'une calotte située plus à l'est.

Entre l'Isfjord et le Bellsund (Landvik et al. 1987), les glaciers des principales vallées adjacentes ont développé des lobes de piémont sur Nordenskioldkysten, puis se sont retirés avant 11 000 BP.

Au sud du Bellsund, entre la baie de la Recherche et le cap Borthern, ces mêmes auteurs (travaux en cours, communication personnelle de Salvigsen) ont déterminé l'existence d'une avancée glaciaire pré-Holocène étendue mais d'une importance modérée.

Dans le Kongsfjord

Le principal argument en faveur de la réalité d'une avancée du Kongsbre (glacier du Roi) réside dans la chute des niveaux supérieurs des plages soulevées lorsque l'on passe de l'extérieur à l'intérieur du fjord; Boulton (1979) a noté que la limite se situait sur Blomstrand en rive nord et près de Stuphallet en rive sud. Le glacier se serait avancé jusqu'à cette limite, effaçant ainsi les plages de niveau supérieur, comprises entre 42 et 80 m. Cet argument n'est guère définitif dans la mesure où ces plages holocènes de l'intérieur du fjord, à une altitude de 42 m, ne se rencontrent qu'en deux endroits pour lesquels la topographie locale ne se prête pas au développement de plages d'un niveau supérieur à celui observé.

De plus, A. Moign, citée par Barbaroux (1966), avait déjà noté l'existence au pied du Slattofjell d'un cordon de galets d'origine marine, bien préservé à 83 m d'altitude. En outre, B. Van Vliet-Lanoë (1985 communication personnelle) a également noté la présence d'un lambeau de plage au pied du Zeppelinfjell à 80 m d'altitude. Il semblerait donc que le Kongsfjord ait pu rester libre de glace lors du Weichsélien tardif. Cependant, Salvigsen suggère, par comparaison avec les observations au sud du Bellsund, qu'une avancée glaciaire limitée ait pu prendre place sans effacer toutes traces de plages antérieures.

LES GLACIATIONS QUI ONT PRÉCÉDÉ LE WEICHSELIEN TARDIF

L'interstade du Weichsélien Moyen

Un interstade s'est tenu au Weichsélien moyen (voir essentiellement Salvigsen et Nydal 1981), attesté par l'absence de tills relatifs à cette période et par la présence de nombreux sédiments et de plages soulevées non perturbés. Ce Weichsélien moyen s'est tenu entre 45 000 et 26 000 BP. La limite supérieure est déterminée par les datations les plus anciennes obtenues dans les tills du Weichsélien tardif, la limite inférieure est déterminée par les datations de tills du Weichsélien primitif les plus récentes.

Le Weichsélien primitif, le Saalien et les épisodes antérieurs

Elverhøi et Solheim analysent les profils sismiques en mer de Barents comme révélant au moins sept épisodes glaciaires : les quatre premiers ont atteint le talus continental, le cinquième a été plus limité, le sixième a atteint à nouveau la bordure du plateau continental et le dernier, à nouveau limité, est celui du Weichsélien tardif décrit plus haut.

L'avant dernier épisode, épisode majeur, est considéré comme n'étant pas antérieur à 2 ou 300 000 ans (estimation à partir de l'épaisseur de la sédimentation qui a suivi). Il est encore difficile aujourd'hui de relier le résultat des stratigraphies réalisées à terre avec cet épisode. En effet, en divers lieux, une dizaine de tills ont été relevés comme pouvant être attribués au Weichsélien primitif et pour certains au Saalien. Le plus souvent, les datations obtenues ne marquent que la limite supérieure avant laquelle l'événement s'est produit. Les méthodes de datation employées ne permettent pas une meilleure approxima-

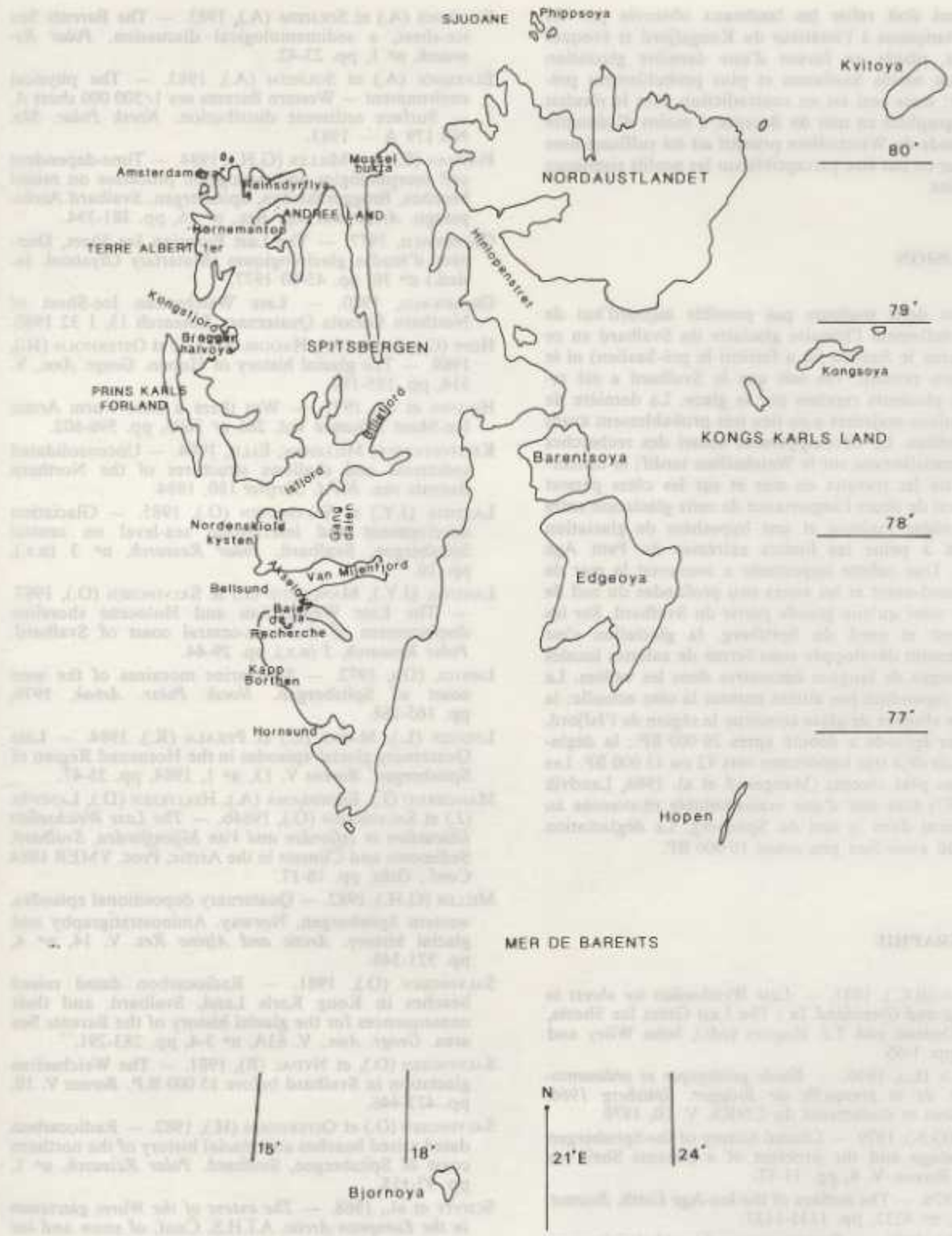


FIG. 1. — Le Svalbard : principaux noms de lieux cités.

tion; d'autre part, ces méthodes, essentiellement la thermoluminescence et la racémisation, ne donnent pas nécessairement des résultats reliables entre eux.

La dispersion de ces dates à travers tout le Saalien et le Weichsélien primitif incite à penser qu'elles révèlent deux épisodes, l'un au Saalien et l'autre au Weichsélien primitif, au cours desquels un bref interstade a pu prendre place. Il n'est pas non plus possible de préciser l'échelle de ces glaciations. Cependant, la présence en péninsule de Brögger (Forman et Miller 1984) de plages soulevées entre 55 et 80 m, estimées s'être formées à l'intérieur d'un épisode compris entre 130 et 290 000 BP., plages aux-

quelles ont doit relier les lambeaux observés par les équipes françaises à l'intérieur du Kongsfjord et évoqués plus haut, plaide en faveur d'une dernière glaciation majeure au moins Saalienne et plus probablement pré-Saalienne; mais ceci est en contradiction avec le résultat des stratigraphies en mer de Barents, à moins d'admettre que l'épisode du Weichsélien primitif ait été suffisamment faible pour ne pas être perceptible sur les profils sismiques sous-marins.

CONCLUSION

Il n'est donc toujours pas possible aujourd'hui de préciser réellement l'histoire glaciaire du Svalbard en ce qui concerne le Saalien (et a fortiori le pré-Saalien) ni le Weichsélien primitif. On sait que le Svalbard a été recouvert à plusieurs reprises par la glace. La dernière de ces glaciations majeures a eu lieu très probablement avant le Weichsélien. Le développement actuel des recherches porte essentiellement sur le Weichsélien tardif; la concordance entre les travaux en mer et sur les côtes permet aujourd'hui de situer l'importance de cette glaciation entre une hypothèse majeure et une hypothèse de glaciation débordant à peine les limites extrêmes du Petit Age Glaciaire. Une calotte importante a recouvert la mer de Barents nord-ouest et les zones peu profondes du sud de cette mer ainsi qu'une grande partie du Svalbard. Sur les côtes ouest et nord du Spitsberg, la glaciation s'est principalement développée sous forme de calottes locales ou d'avancées de langues émissaires dans les vallées. La glace n'a cependant pas atteint partout la côte actuelle; la principale absence de glace concerne la région de l'Isfjord. Ce dernier épisode a débuté après 26 000 BP.; la déglaciation était déja très importante vers 12 ou 13 000 BP. Les travaux les plus récents (Mangerud et al. 1984, Landvik et al., 1987) font état d'une vraisemblable ré-avancée au Dryas récent dans le sud du Spitsberg. La déglaciation finale a dû avoir lieu peu avant 10 000 BP.

BIBLIOGRAPHIE

ANDEERSEN (B.C.), 1981. — *Late Weichselian ice sheets in Eurasia and Greenland.* **In** : The Last Great Ice Sheets, G.H. Denton and T.J. Hugues (eds), John Wiley and Sons, pp. 1-65.

BARBAROUX (L.), 1956. — *Etude géologique et sédimentologique de la presqu'île de Brögger. Spitsberg 1966.* Mémoires et documents du CNRS. V. 10, 1970.

BOULTON (G.S.), 1979. — Glacial history of the Spitsbergen archipelago and the problem of a Barents Shelf ice sheet. *Boreas*, V. 8, pp. 31-57.

CLIMAT, 1976. — The surface of the Ice-Age Earth. *Science*, V, 191, n° 4232, pp. 1131-1137.

CORBEL (J.), 1966. — *Datation au carbon 14 des terrasses marines de la Baie du Roi.* **In** : Spitsberg 1964, Lyon, pp. 309-314.

DE GEER (G.), 1900. — Om ötra Septsbergens glaciation under istiden. *Geol Fören Stockh Förh.* n° 22, pp. 427-436.

DENTON (G.H.) et HUGHES (T.J.), 1986. — Global Ice-Sheet System Interlocked by Sea Level. *Quatern. Res.* 26, 1986, pp. 3-26.

ELVERHOI (A.) et SOLHEIM (A.), 1983. — The Barents Sea ice-sheet, a sedimentological discussion. *Polar Research*, n° 1, pp. 23-42.

ELVERHOI (A.) et SOLHEIM (A.), 1983. — The physical environment — Western Barents sea 1/500 000 sheet A. — Surface sediment distribution. *Norsk Polar. Skr.* NR 179 A — 1983.

FORMAN (S.L.) et MILLER (G.H.), 1984. — Time-dependent soil morphologies and pedogenic processes on raised beaches, Bröggerhalvöya, Spitsbergen. Svalbard Archipelago. *Arctic and Alp. Res.*, n° 16, pp. 381-394.

GROSSWALD, 1977. — The Last Eurasian Ice-Sheet, Données d'études glaciologiques (Materialy Glyatsiol. Issled.) n° 30, pp. 45-60 1977.

GROSSWALD, 1980. — Late Weichselian Ice-Sheet of Northern Eurasia Quaternary Research 13, 1 32 1980.

HOPE (G.), SHYTT (A.), HAGGBLOMP (A.) et OSTERHOLM (H.), 1969. — The glacial history of Hopen. *Geogr. Ann.*, V. 514, pp. 185-192.

HUGHES et al., 1977. — Was there a Late-Wurm Arctic Ice-Sheet ? *Nature* Vol. 266 n° 5603, pp. 596-602.

KRISTOFFERSEN, MILLIMAN, ELLIS, 1984. — Unconsolidated sediments and shallows structures of the Northern Barents sea. *N.P.I. Skrifter* 180, 1984.

LANDVIK (J.Y.) et SALVINGSEN (O.), 1985. — Glaciation development and interstadial sea-level on central Spitsbergen, Svalbard. *Polar Research*, n° 3 (n.s.), pp. 10.

LANDVIK (J.Y.), MANGERUD (J.) & SALVINGSEN (O.), 1987. — The Late Weichselian and Holocene shoreline displacement of the west-central coast of Svalbard. *Polar Research, 5 (n.s.)*, pp. 29-44.

LIESTOL (O.), 1972. — Submarine moraines of the west coast of Spitsbergen. *Norsk Polar. Arbok*, 1970, pp. 165-168.

LNDNER (L.), MARKS (L.) et PEKALA (K.). 1984. — Late Quaternary glacial episodes in the Hornsund Region of Spitsbergen. *Boreas* V. 13, n° 1, 1984, pp. 35-47.

MANGERUD (J.), ELGERSAMA (A.), HELLIKSEN (D.), LANDVIK (J.) et SALVINGSEN (O.), 1984b. — *The Late Weichselian Glaciation in Isfjorden and Van Mijenfjorden, Svalbard.* Sediments and Climate in the Arctic, Proc. YMER 1984 Conf., Oslo, pp. 16-17.

MILLER (G.H.), 1982. — Quaternary depositional episodes, western Spitzbergen, Norway. Aminostratigraphy and glacial history. *Arctic and Alpine Res.* V. 14, n° 4, pp. 321-340.

SALVINGSEN (O.), 1981. — Radiocarbon dated raised beaches in Kong Karls Land, Svalbard, and their consequences for the glacial history of the Barents Sea area. *Geogr. Ann.*, V. 63A, n° 3-4, pp. 283-291.

SALVINGSEN (O.), et NYDAL (R), 1981. — The Weichselian glaciation in Svalbard before 15 000 B.P. *Boreas* V. 10, pp. 433-446.

SALVINGSEN (O.) et OSTERHOLM (H.), 1982. — Radiocarbon dated raised beaches and glacial history of the northern coast of Spitsbergen, Svalbard. *Polar Research*, n° 1, pp. 97-115.

SCHYTT et al., 1968. — *The extent of the Wurm glaciation in the European Arctic.* A.I.H.S. Conf. of snow and ice gen. ass. of Bern 1967. Publication N° 79.

SOLHEIM (A. Kristoffersen), 1984. — The physical environment — Western Barents sea 1/150 000 — Sheet B — Sediment above the upper regional uncomformity : thickness, seismic stratigraphy and outline of the glacial history. *N.P.I.* Skrifter 179 B Oslo 1984.

TROITSKY (L.S.), PIUNNING (J.M.), HUTT G. et RAJAMAE (R.), 1979. — Pleistocene glaciation chronology of Spitsbergen. *Boreas* V. 8, pp. 40-407.

FLUCTUATIONS RÉCENTES DES GLACIERS DANS LE KONGSFJORD (BAIE DU ROI), 79°N SPITSBERG, SVALBARD

par Bernard LEFAUCONNIER

Laboratoire de la Montagne Alpine CNRS, Grenoble

RÉSUMÉ. — Des techniques simples de travail sur le terrain ont permis de préciser l'évolution des glaciers de la Baie du Roi (Kongsfjord) pour la fin de l'Holocène. Il a été mis en évidence un pulsation néoglaciaire du glacier du Roi (Kongsbre) avant le Petit Age Glaciaire. Par ailleurs et malgré le recul actuel, la vitesse d'écoulement de la glace au niveau du front du glacier du Roi est constante depuis une vingtaine d'années (référence étant faite aux travaux de Pillewizer et Voigt). Enfin une bonne corrélation a été obtenue entre l'évolution de petits glaciers de cirques et deux paramètres climatiques : les températures estivales et les précipitations printanières (avec un $r = 0,84$).

Mots-clés : Svalbard — Kongsfjord — Glaciologie.

ABSTRACT. — *Light technics used on the field allowed precision on the evolution of glaciers in the Kongsfjord area at the end of the Holocene. The King glacier had a neoglacial advance before the Little Ice Age. Futhermore, during the last twenty years the speed of the ice flow at the front of the same glacier is estimed to have been constant (by reference with the previous work from Pillewizer and Voigt). At last, we have find a good correlation between mass balances of small circus glaciers and two climatic parameters : summer temperatures and spring precipitations (with a $r=0,84$).*

Key-words *: Svalbard — Kongsfjord — Glaciology.*

Par fluctuations récentes nous entendons celles qui concernent la fin de l'Holocène. L'événement glaciaire principal en est le Petit Age Glaciaire qui a laissé une marge aisément identifiable dans le paysage. Cependant, lors de cet épisode, les mouvements glaciaires ont eu des importances différentes selon qu'ils ont été le fait de glaciers à fronts marins, émissaires de « fonna » (plateaux d'alimentation) ou bien de petit glaciers de cirques.

LES FLUCTUATIONS DES GLACIERS A FRONTS MARINS

Dans le Kongsfjord ils sont au nombre de trois (voir fig. 1) : le Blomstrandbre qui butte sur l'île de Blomstrand et possède donc deux fronts distincts, l'un à l'ouest et l'autre à l'est; le Conwaybre dont le front est la réunion de deux flux glaciaires, le Conwaybre proprement dit et le Kronebre I; le Kongsbre enfin, dont le front est la réunion des trois flux du Kronebre II, du Kronebre III et du Kongsvegen. Notons que depuis quelques années le Kronebre II est séparé du front principal par un ilot rocheux, le Colletthogda.

Techniques employées :

En premier lieu nous avons pu disposer des données historiques, accessibles essentiellement à la bibliothèque du Norsk Polarinstitutt à Oslo où nous avons également pu compulser les cartes de positions des fronts mis à notre disposition par O. Liestøl et dont toutes ne sont pas publiées. Sur le terrain où nous étions soit seul, soit accompagné d'une autre personne, nous avons utilisé des méthodes d'analyse les plus simples possible.

Relevé de stries glaciaires

Un repérage systématique des stries et de leurs directions a été mené, principalement dans le fjord intérieur, seul concerné par l'avancée du Petit Age Glaciaire.

Analyse de micro-structures liées au gel, dans les dépôts fins

Les dépôts fins qui nous ont intéressé ici sont ceux qui constituent la plus grande partie des moraines aériennes déposées par les glaciers à front marin. Avec l'aide du Laboratoire de Géomorphologie de Caen et de B. Van Vliet-Lanoë, nous avons tenté d'établir une chronologie relative des dépôts observés, sur la base de l'évolution de micro-structures et du développement d'une coiffe d'argile sur les agrégats en fonction du nombre de cycles gel-dégel subis. Ces processus sont décrits et explicités dans un article de Van Vliet-Lanoë inclu dans « Soils and quaternary landscape evolution » (V.V.-L. 1985). Dans la mesure où la première estimation était donnée par ce chercheur sans qu'il ait connaissance du lieu de prélèvement des échantillons et dans la mesure où ces résultats ont toujours été en accord avec la connaissance historique que nous en avions ainsi qu'avec les profils de sondages réalisés (voir ci-dessous), nous pensons que cette méthode est relativement fiable et apporte un complément d'information intéressant.

Sondages marins

A l'aide d'appareils simples, dans une gamme comprise entre 50 et 400 KHz, tels ceux utilisés par les marins

FIG. 1. — Les glaciers du Kongsfjord :
Glaciers à fronts marins : Flux glaciaires : K1 = Kronebre 1, K2 = Kronebre 2, K3 = Kronebre 3;
Fronts glaciaires : Bo = Blomstrandbre Ouest, Be = Blomstrandbre Est, C = Conwaybre, Kr = Kronebre, Ko = Kongsbre.
Glaciers de cirque : M = Morebre, L = Lovenbre, P = Pedersenbre.

pêcheurs, nous avons premièrement, mesuré la profondeur des fonds et déterminé le profil en travers du fjord devant le Kongsbre. Nous avons recherché deuxièmement, toutes les moraines frontales importantes des trois glaciers marins, c'est-à-dire celles correspondant au maximum d'avancée du P.A.G. ou à une avancée antérieure ou postérieure à ce maximum. Nous avons troisièmement et enfin, tenté de rattacher chronologiquement toutes les crêtes sous-marines entre elles, c'est-à-dire soit les moraines annuelles, soit les dépôts plus importants constituant la marque d'une ré-avancée passagère (Blomstrandbre) ou d'un surge (Kongsbre).

Topographie-photogramétrie

Nous nous sommes attachés à déterminer les mouvements du front du principal glacier, le Kongsbre, entre 1983 et 1986. Pour ce faire, un travail de topographie et de photogramétrie simple a été mené rive sud du Kongsbre dont le front possède quatre kilomètres de large, ceci à partir de deux bases situées à 2337 m l'une de l'autre. L'une de ces bases était située au niveau même du front et la seconde le plus possible en face de celui-ci. A partir de chaque station, l'arrière-plan a été soigneusement repéré au théodolite et des clichés photographiques ont été régulièrement réalisés (tous les trois à cinq jours en moyenne). Nous escomptions par ce moyen déterminer seulement la position du front au cours de la saison de vêlage et surtout, d'une année sur l'autre. C'est par chance qu'en 1983, une tour de glace est restée identifiable pendant 21 jours et a permis une mesure de la vitesse d'avancée du front.

Divers

A ce dernier travail fut ajoutée l'analyse des photos aériennes des 28/07/1986, 25/08/1970, 7/07/1977 et d'une image Landsat du 11/07/1979, ainsi que des travaux des Allemands de l'Est réalisés entre 1963 et 1965 (Pillewiser 1964, Pillewizer et Voigt 1969, Voigt 1979). Ceci a permis de calculer la vitesse moyenne annuelle sur un profil en long au contact entre le Kronebre III et le Krongsvegen ainsi que de mesurer l'évoltion du front en vingt ans (retrait, perte d'altitude et d'épaisseur, modification de la vitesse d'écoulement).

Principaux résultats

Avancée néoglaciaire du Kongsbre

Les écho-sondages ont permis de repérer le long de la rive sud du fjord une moraine frontale au profil caractéristique, au-delà de la limite admise du P.A.G. Nous avons relié logiquement cette moraine marine à la subsistance de deux petits tas morainiques aériens. Le pied de ces résidus morainiques est surmonté d'un dépôt éolien dans lequel Van Vliet-Lanoë a analysé des micro-structures liées à l'alternance du gel et du dégel (voir ci-dessus : analyse de micro-structures). Il n'est pas bien sûr, possible de dater ce dépôt, mais pour cet auteur il ne fait aucun doute qu'il a subi un nombre de cycles gel-dégel beaucoup plus important qu'un dépôt dû au P.A.G. et qui est peut-être compris entre un et plusieurs milliers d'années. Cette moraine sous-marine et ce dépôt aérien matérialisent donc une avancée du Kongsbre largement antérieure au P.A.G. Il peut s'agir d'un surge ou d'une ré-avancée climatique qui pourrait être reliée à l'épisode néoglaciaire révélé par Baranovski et Karlen au front du Verenskioldbre et situé au début du Subatlantique entre 2 800 et 1 500 BP. Dans le Kongsfjord lui-même, il faut noter que André (1985 et 86) estime qu'une avancée du Kongsbre, matérialisée sur Ossian Sarsfjellet en rive nord, a pu avoir lieu peu avant 1 800 BP.

Mouvement des glaciers et position des fronts marins (Fig. 2)

Il y a concordance entre les données historiques, les écho-sondages et l'analyse des micro-structures liées au gel-dégel pour déterminer les points suivants :

La date du maximum d'extension du Blomstrandbre n'est pas connue exactement; elle est probablement com-

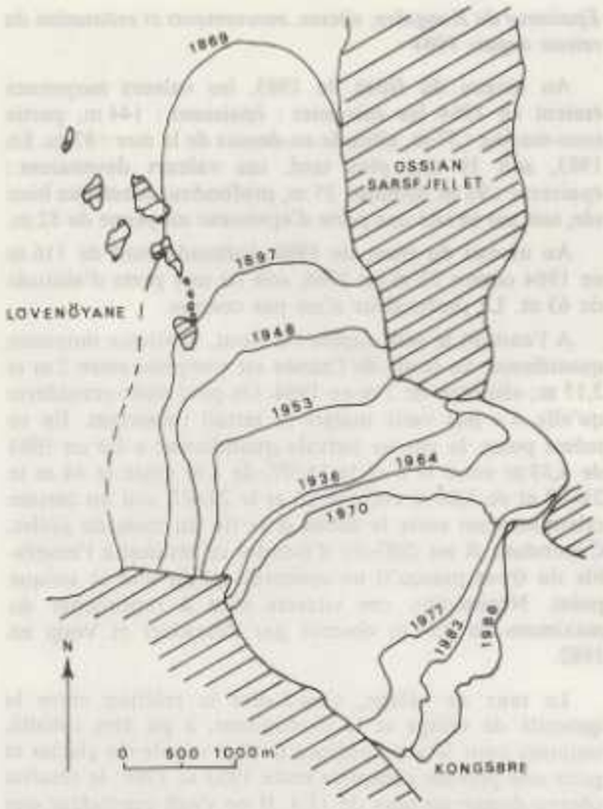


FIG. 2. — Position des fronts du Kongsbre (d'après O. Listøl et B. Lefauconnier)

prise entre 1880 et 1900; une deuxième avancée a pris place 15 à 20 ans plus tard, vraisemblablement après 1907, année pour laquelle la position des fronts est connue grâce aux travaux d'Isachsen durant les expéditions du Prince Albert Premier de Monaco (Isachsen 1912-13 et 14). Un recul important a ensuite duré jusque vers 1956 puis une brève ré-avancée a culminé en 1967-68. Depuis, le retrait est à nouveau continu; il est de 35 m par an en moyenne pour le Blomstrand Est.

Le maximum d'extension du Conwaybre est, à un ou deux ans près, de 1898, noté précisément par Conway lui-même car la position indiquée alors pour le front correspond au vallum frontal sous-marin. Le retrait qui a suivi a duré au moins jusqu'à 1936. Une nouvelle avancée a laissé un vallum sous-marin important, probablement déposé en 1948 ou un peu avant. Depuis le retrait est continu.

Le maximum d'extension du Kongsbre est connu grâce à la visite de Lamont au cours du surge de 1869 (Lamont 1876). Le retrait qui a suivi a été interrompu par un second surge de moindre importance en 1948 (le surge de 1869 était le fait du flux principal du Kronebre, celui de 1948 était dû au Kongsvegen). De nos jours, selon la position le long du front, le recul annuel est compris entre 10 à 20 m rive nord (point de pivotement le long de Colletthogda, dû au relief sous-glaciaire) et 250 m en rive sud.

Epaisseur du Kongsbre, vitesse, mouvements et estimation du retrait depuis 1964

Au niveau du front de 1983, les valeurs moyennes étaient en 1964 les suivantes : épaisseur : 144 m, partie sous-marine : 57 m, altitude au-dessus de la mer : 87 m. En 1983, soit 19 ans plus tard, ces valeurs devenaient : épaisseur : 92 m, altitude. 35 m, profondeur identique bien sûr, soit sur ce site une perte d'épaisseur moyenne de 52 m.

Au niveau du front de 1986, l'altitude était de 116 m en 1964 contre 53 m en 1986, soit ici une perte d'altitude de 63 m. La profondeur n'est pas connue.

A l'endroit le plus rapide du front, la vitesse moyenne quotidienne au cours de l'année est comprise entre 2 m et 2,15 m; elle était de 2 m en 1964. On peut donc considérer qu'elle n'a pas varié malgré le retrait important. En ce même point, la vitesse estivale quotidienne a été en 1983 de 4,33 m entre le 8 et le 14/07, de 4 m entre le 14 et le 23/07 et de 3,80 m entre le 23 et le 29/07, soit un certain ralentissement entre le début et la fin du mois de juillet. Cependant, il est difficile d'étendre ce résultat à l'ensemble du front puisqu'il ne concerne qu'un seul et unique point. Néanmoins, ces vitesses sont à rapprocher du maximum de 4,50 m observé par Pillewizer et Voigt en 1962.

Le taux de vêlage, c'est-à-dire la relation entre la quantité de vêlage et la profondeur, a pu être calculé, toujours pour la zone estimée la plus rapide du glacier et pour une période comprise entre 1953 et 1986; le résultat obtenu donne un taux de 11,3. Il ne s'agit cependant que d'une approximation dans la mesure où le nombre de points autorisant ce calcul est faible (4) et dans la mesure où nous avons fait abstraction d'un quasi stationnement, voire d'une brève ré-avancée entre 1962 et 1964, d'après les cartes de Pillewizer et Voigt.

Une dernière position du front a été réalisée le 8/08/1986; c'est par chance encore que nous avons pu par la suite visionner un image SPOT réalisée le même jour. La comparaison est donc aisée et seules des différences de détail apparaissent, concernant deux points du front masqués à l'observation sur le terrain.

ÉVOLUTION DES PETITS GLACIERS DE CIRQUES

Relations entre bilans de masse des glaciers et paramètres climatiques

Deux de ces glaciers sont étudiés par O. Liestøl depuis 1966; ce sont le Bröggerbre est et le Loven central. Une station météorologique fonctionne en outre depuis 1968 à Ny Alesund au pied de ces glaciers. Nous avons donc pensé ces conditions favorables à la conduite d'une analyse similaire à celle réalisée par S. Martin dans le massif des Aiguilles Rousses, dans les Alpes françaises (Martin 1974 et 1977), analyse statistique de corrélation entre bilans de masse des glaciers et paramètres climatiques. Nous avons obtenu le meilleur coefficient de corrélation multiple ($r = 0,84$) entre d'une part, les bilans de masse annuels et d'autre part les températures estivales, limitées aux mois de juillet et d'août et les précipitations printanières limitées aux mois d'avril et de mai. La logique de ce résultat est dans le fait que l'ablation est en moyenne plus forte que l'accumulation et commande donc l'évolution des bilans. Les deux paramètres retenus traduisent

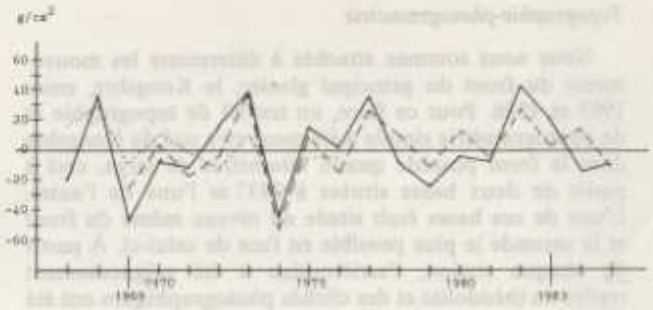


FIG. 3. — Bilans estimés et observés du Bröggerbre est :
——— Bilans centrés observés
– – – – Bilans centrés estimés à l'aide des paramètres, T : température moyenne de juillet et août à Ny Alesund et P : précipitations d'avril et mai à Ny Alesund
····· Bilans centrés estimés à l'aide des seules températures estivales de Longyearbyen.

une partie de l'importance de cette ablation. Les températures estivales lui sont liées directement parce que, plus il fait chaud et plus la fonte est importante; les précipitations printanières de façon inverse parce qu'elles fournissent une réserve d'albedo élevé et luttent ainsi contre la fusion engendrée par les radiations solaires à une période où la température est encore négative. Néanmoins, il nous faut indiquer que l'allongement de la série entraine une diminution statistique de la relation avec ce deuxième paramètre. D'autre part, nous sommes conscients de la faiblesse de ces précipitations printanières. Pour ces raisons, il est tout à fait possible que nous soyons amenés à remettre en cause le rôle de ce paramètre dans un travail ultérieur. La droite d'ajustement obtenue entre les bilans centrés du Bröggerbre est et les paramètres climatiques, est la suivante :

$$bt = 16,35\ Tt + 0,88\ Pt$$

où, bt est le bilan centré de l'année T

Tt la somme des températures de juillet et août de l'année t en valeurs centrées, exprimée en °C.

Pt les précipitations d'avril et mai de l'année t en valeurs centrées exprimées en mm d'eau.

Le graphique de la fig. 3 montre que les courbes des bilans estimés et observés suivent bien une évolution concordante.

Evolution sur une période plus longue.

Nous avons noté l'importance de la température estivale (le coefficient simple avec les bilans est de $r = 0,72$). On peut d'autre part estimer qu'il y a une bonne relation entre les températures estivales aussi bien qu'annuelles entre la station de Ny Alesund et celles de Longyearbyen ou d'Isfjord radio situées à une centaine de kilomètres. La plus longue série, celle de l'Isfjord radio fait état d'une température oscillant autour des mêmes valeurs après une brutale remontée entre 1912 et 1920. Remontée de 1°75 des températures estivales et de 3°5 des températures annuelles.

D'autre part, Isachsen en 1907 a noté que les glaciers Brögger et Loven étaient, soit en stationnement, soit en avancée et les photos prises par son équipe montrent bien

ce fait. On peut donc en déduire que, selon toute vraisemblance, les petits glaciers de cirque du Kongsfjord ont connu leur maximum d'avancée du Petit Age Glaciaire entre 1907 et 1915.

CONCLUSION

Au cours de quatre brèves campagnes d'été, ont été utilisées des techniques simples d'observation et d'analyse des fluctuations glaciaires récentes, accessibles à une équipe réduite et permettant l'obtention de résultats significatifs dans le cas des glaciers du Kongsfjord. Le retrait du glacier du Roi a pu être évalué de même que l'épaisseur du front ainsi que sa vitesse. La corrélation obtenue entre bilans de masse des petits glaciers de cirque et paramètres climatiques met en évidence, pour une période donnée, une partie de la liaison entre l'évolution des masses glaciaires et le climat. Cette corrélation peut certainement être améliorée par l'introduction de nouveaux paramètres tels que les radiations solaires, la fréquence des vents ainsi que l'élaboration d'un gradient des températures réellement observé sur les bassins versants. Les techniques de sondage et d'estimation du nombre de cycles de gel-dégel dans les moraines aériennes peuvent certainement être étendues avec profit à d'autres fjords de la même région. Par ailleurs, l'excellente définition des images SPOT doit permettre la détermination de la vitesse moyenne d'avancée des glaciers marins tels que le Kongsbre; comme à partir de 1988, le Norsk Polarinstitutt déterminera la balance hivernale et l'ablation par fonte du Kongsvegen, la connaissance de la profondeur devant le front et de l'épaisseur de celui-ci permettra la détermination du bilan total du Kongsvegen.

BIBLIOGRAPHIE

ANDRE (M.F.), 1985. — Lichenométrie et vitesses d'évolution des versants arctiques pendant l'Holocène (Région de la Baie du Roi, Spitsberg, 79°N). *Rev. Geomorph. Dyn.*, n° 2, pp. 49-72.

ANDRE (M.F.), 1986. — Dating Slope deposits and estimating rates of rock wall retreat in Northwest Spitsbergen by lichenometry. *Geogr. Ann.* Vol. 6817, n° 1-2, 1986.

BARANOWSKI (S.) et KARLEN (W.), 1976. — Remnants of viking age tundra in Spitsbergen and northern Scandinavia. *Geogr. Ann.*, V. 58A, n° 1-2, pp. 35-40.

CONWAY (M.), 1898. — An exploration in 1897 of the glaciers of Spitsbergen. *The geographical journal.* V. 12, 1898, pp. 137-158.

ISACHEN (G.), HOEL (A.), SCHETELIG (J.) et REVOLT-HOLMSEN (H.). — Exploration du Nord-Ouest du Spitsberg entreprise sous les auspices de S.A.S. le prince de Monaco. Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert 1er prince souverain de Monaco, n° 40 à 44. Monaco 1912-1913 et 1914.

LAMONT (J.), 1876. — *Yachting in the Arctic seas or notes of five voyages of sport and discovery in the neighbourhood of Spitsbergen and Novoya Zemlya.* London 1876.

LEFAUCONNIER (Bernard), 1987. — *Fluctuations glaciaires dans le Kongsfjord, baie du Roi, 79°N, Spitsberg, Svalbard : Analyses et conséquences.* Thèse de l'Université de Grenoble, Juin 1987.

LEFAUCONNIER (Bernard), 1987. — Corrélation entre facteurs météorologiques et bilans de masse glaciaires en Baie du Roi 79°N Spitsberg, Svalbard. Journée de la Société Hydrotechnique de France, section glaciologie. Grenoble les 12 et 13 mars 1987.

LLIBOUTRY (L.), 1974. — Multivariate statistical analyses of glacier annual balance. *J.O.G.* V. 13, n° 69, pp. 371-392, 1974.

LIESTØL (O.). — Travaux glaciologiques, comprenant en particulier les bilans de masse des glaciers Brögger est et Loven central, parus dans l'Arbok et depuis 1986 dans *Polar Research*, revue du N.P.I.

MARTIN (S.), 1974. — Corrélation bilans de masse annuels-facteurs météorologiques dans les Grandes Rousses. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazial-geologie*, Bd X 1974.

MARTIN (S.), 1977. — Analyse et reconstitution de la série des bilans annuels du glacier de Sarennes, sa relation avec les fluctuations du niveau de trois glaciers du Massif du Mont-Blanc. *Zeitschrift für G. und G.* Bd 13, H.1/2 1977.

PILLEWIZER (W.), 1964. — Bewegungstudien an ienen arktischen gletscher, *Polarforschung* Bd 5, jahrg 34, 1964, pp. 247-253.

PILLEWIZER (W.), VOIGT (U.), 1969. — Block movement of glaciers. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der deutschen Spitzbergenexpedition 1964-1965 (Ergänz. zu Teil 1, 1967). *Geod. Geoph. Veröff.* R. III, H. 9, Berlin.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1983. — *Etudes cryopédologiques au sud du Kongsfjord. Rapport de la mission Spitzberg 1982.* Rapport interne du Centre de Géomorphologie du C.N.R.S. 39 p. Offset.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — *Frost effect in soils.* Dans « Soils and Quaternary Landscape Evolution », J. Boardman editor, J. Whiley Publ. Co. London, 117-156.

VOIGT (U.), 1979. — *Zur Blockbewegung der Gletscher.* Heransgegeben vorn Nationalkomitee für geodaesie und geophysik bei der Academic der wissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Reihe III, Heft 44. Berlin 1979.

L'ÉVOLUTION TECTONIQUE DE LA CHAINE TERTIAIRE DU SPITSBERG

par Claude LEPVRIER

Département de Géotectonique,
Université Pierre et Marie Curie
U.A. 718 et GDR 49, Paris

RÉSUMÉ. — Au Paléogène à partir du Paléocène supérieur et jusqu'à l'Oligocène inférieur, le mouvement transformant continent-continent qui se produit entre l'Ouest du Spitsberg et le Nord-Est du Groenland, s'effectue en régime de transpression de direction NNE-SSO. Entre les différents segments décrochants dextres disposés en échelon gauche ou droit, le mouvement est absorbé par des chevauchements (Brøggerhalvøya) ou par l'ouverture de bassins sédimentaires (Forlandsundet). La géométrie des structures produites dans ces zones de relais est de type « strike-slip duplex » ou « pull-apart ». Une rotation de la direction de contrainte compressive de NNE-SSO à ENE-OSO se produit à la fin de la période de coulissage, avant l'installation du régime de rifting de direction NNO-SSE. La chaîne se développe alors vers l'est en régime de compression pure, la déformation étant transmise grâce à l'existence de niveaux de décollement.

Mots-clés : Arctique — Fracturation — Contrainte — Transpression — Décrochement.

ABSTRACT. — **Tectonic Evolution of the Tertiary West Spitsbergen Belt.** *From anomaly 25-24 (Late Paleocene) to anomaly 13 time (Early Oligocene), dextral continental transform tectonics between West Spitsbergen and Northeastern Greenland takes place along in echelon segments, either left-stepping or right-stepping of NNW-SSE strike-slip faults. During this wrench-faulting interval, the oblique convergence (NNE-SSW transpression) is accommodated in the relay zones by thrusting tectonics or by opening of elongated sedimentary basins. Brøggerhalvøya and Forlandsundet are natural examples of such contractional and extensional connecting zones, corresponding to strike-slip duplexes and pull-apart geometries. Towards the end of the transcurrent episode, before the rifting period, the direction of compressional stress turns to ENE-WSW, giving rise to a purely compressional foreland thust and fold belt. Deformation is transmitted eastwards by means of decollement zones.*

Key-words : *Arctic - Faulting - Stress - Transpression - Strike-slip.*

I. — INTRODUCTION : LE CADRE GÉODYNAMIQUE

L'orogène d'âge tertiaire qui occupe la bordure occidentale du Spitsberg dans l'archipel du Svalbard s'est édifié à l'emplacement d'une zone de coulissage intracontinentale, à caractère transformant, nommée « De Geer line » (Harland, 1963 et 1971). La chaîne de Wandel (Fig. 1) au NE du Groenland (E. Hakansson et S.A. Pedersen, 1982) en constitue l'homologue et lui est symétrique. La « Hornsund fault zone » (fig. 2), au long de la marge occidentale du Spitsberg, est supposée être à la frontière continent-océan, l'actuelle expression morphologique et structurale de cet accident NNO-SSE, au long duquel les plaques Groenland et Eurasie (dont le Svalbard) se sont séparées par un mouvement décrochant dextre (A.M. Myhre, O. Eldholm et E. Sundvor, 1982).

C'est de façon concomitante que se sont ouverts les espaces océaniques des bassins de Lofoten-Groenland, aux confins de l'Atlantique nord et d'Amundsen-Nansen

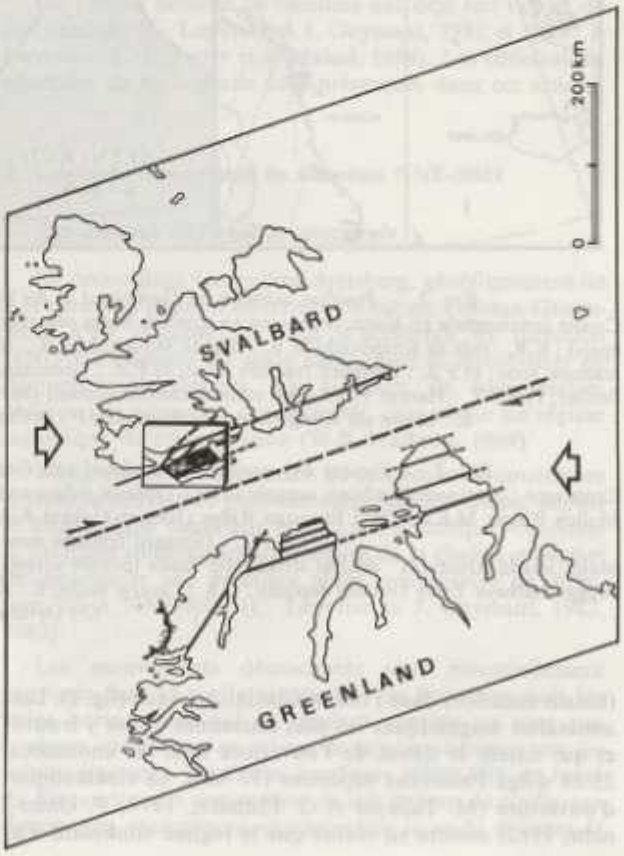


FIG. 1. — Position relative initiale du Groenland et du Spitsberg au début du coulissage avec indication des principales zones de fractures et localisation de la région étudiée.

FIG. 1. — Predrift position of Svalbard relative to Greenland at the beginning of the transcurrent movement with indication of the main facture zones and location of the studied area.

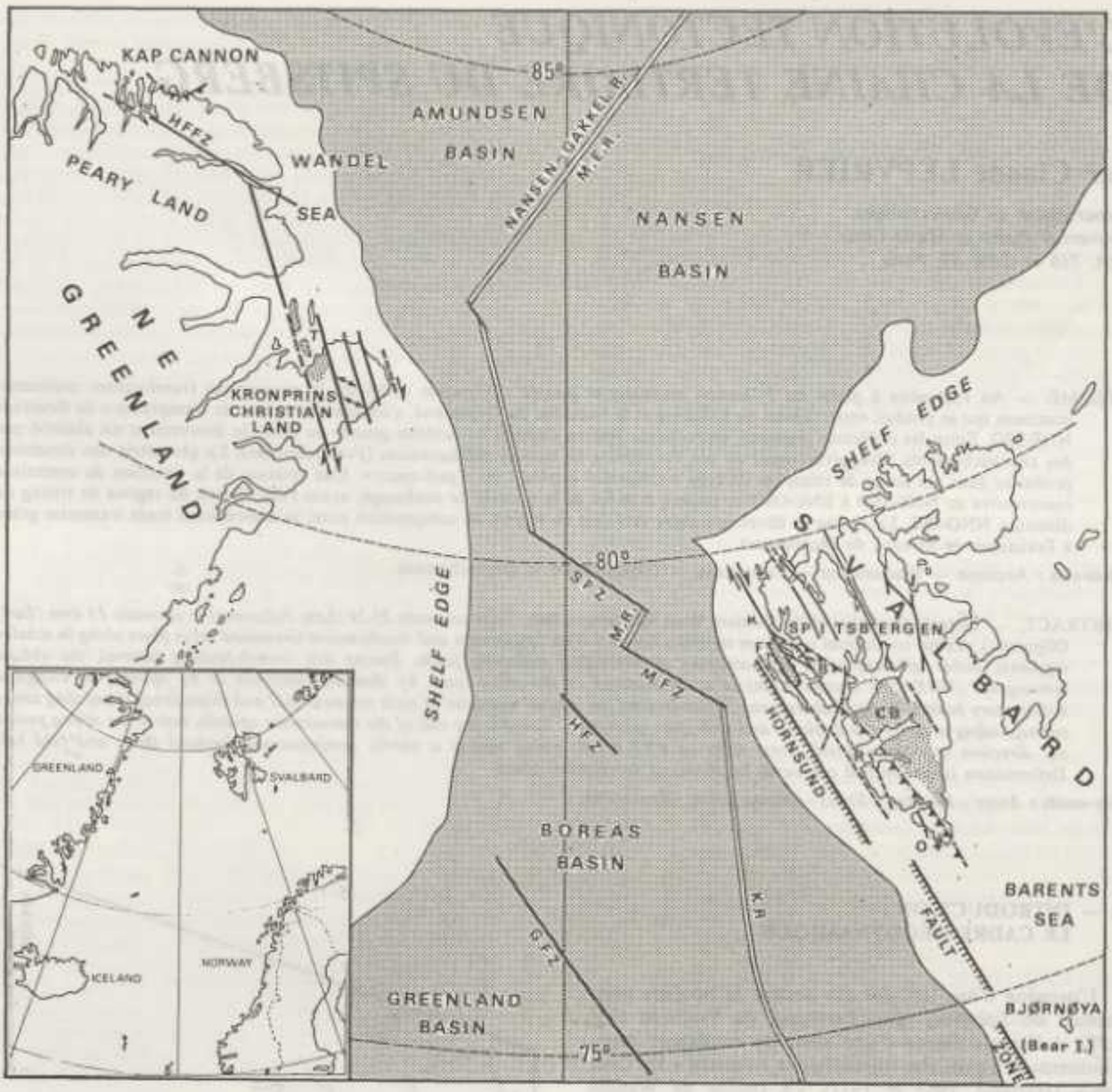


FIG. 2. — Position actuelle du Groenland et du Svalbard avec indication des traits structuraux majeurs.
Croûte continentale en blanc, océanique en sombre. Rides océaniques (double trait) et segments transformants ou zones de fractures (trait épais) : K.R. : ride de Knipovich; M.R. : ride de Molloy; M.E.R. : ride médioeurasienne; S.F.Z : Spitsbergen fracture zone; M.F.Z. : Molloy fracture zone; H.F.Z. : Hovgard fracture zone; G.F.Z. : Greenland fracture zone. Principales structures à terre : décrochement (double flèche); H.F.F.Z. : Harder Fjord fault zone et chevauchement (barbelures); B : Brøggerhalvøya. Bassins paléogènes : CB : bassin Central, K : bassin du Kongsfjord (Ny Alesund); F : Forlandsundet; R : Renardodden; O : Øyrlandet; T : Thyra.

FIG. 2. — Present day position of Svalbard and Greenland with indication of the major structural features.
Crust type : continental (white); oceanic (dark). Oceanic ridges and transform segments of fracture zones : K.R., Knipovich Ridge; M.R. : Molloy Ridge; M.E.R. : Mid Eurasian Ridge (Nansen-Gakkel Ridge); S.F.Z. : Spitsbergen fracture zone; M.F.Z. : Molloy fracture zone; H.F.Z. : Hovgard fracture zone; G.F.Z. : Greenland fracture zone.
Major island structures : dextral striker-slip faults (double arrows); H.F.F.Z. : Harder Fjord fault and thrust fronts (indented line); B : Brøggerhalvøya. Early Tertiary deposits : C.B. : Central Basin; K : Krongsfjorden (Ny Alesund basin); F : Forlandsundet; R : Renardodden; O : Oyrlandet; T : Thyra.

(bassin eurasien) dans l'océan Glacial Arctique (fig. 2). Les anomalies magnétiques les plus anciennes qu'on y trouve et qui datent le début de l'ouverture sont les anomalies 25-24 d'âge Paléocène supérieur (57 Ma). La cinématique d'ouverture (M. Talwani et O. Eldholm, 1977; P. Unternehr, 1982) montre en réalité que le régime coulissant n'a correspondu qu'à un premier épisode, s'achevant à l'anomalie 13, d'âge 36 Ma, et située à la limite Eocène-Oligocène. Une réorganisation du mouvement d'ouverture, probablement consécutive à l'arrêt de la séparation entre Groenland et Amérique du Nord (S.P. Srivastava, 1978) conduit alors à un nouveau régime tectonique d'extension

(épisode de rifting), les deux plaques s'écartant l'une de l'autre selon une direction ONO-ESE. C'est seulement à partir de ce moment que la croûte océanique se forme, face à la côte ouest du Spitsberg. La progression de l'ouverture en direction du nord dans le bassin nord-Groenland, lors de la période de coulissage précédente, avait seulement permis à l'océanisation d'atteindre l'extrémité méridionale du Spitsberg (A.M. Myrhe et al., 1982).

L'âge et la répartition des bassins tertiaires en deçà et au-delà de la marge occidentale du Spitsberg est significative de cette ouverture en deux temps. Les bassins tertiaires à terre (Bassin Central, bassin de Ny Alesund, Forlandsundet, Renardodden et Øyrlandet) ne sont en effet pas d'âge plus récent que l'Oligocène inférieur (S.B. Manum et T. Throndsen, 1986). Les études sédimentologiques (R.J. Steel et al, 1981; M. Rye-Larsen, 1982; R.S. Steel et D. Worsley, 1984; R.J. Steel et al., 1986) montrent que leur installation s'est, pour partie au moins, effectuée en même temps que l'édification de la chaîne en régime décrochant. En revanche, leur érosion, qui est estimée à 1500 m dans le Bassin Central (S.B. Manum et T. Throndsen, 1978) et l'installation de nouveaux bassins en mer, au-delà de la limite continent-océan (R.J. Steel et al., 1985), correspondent à la période de rifting.

II. — LES GRANDS TRAITS STRUCTURAUX DE LA CHAINE

La chaîne tertiaire du Spitsberg, de direction générale NNO-SSE, se suit dans la partie occidentale de l'île depuis son extrémité méridionale (Sørkapp) jusqu'au Kongsfjorden (baie du Roi) au nord, sur une longueur d'environ 300 km (fig. 3). Au niveau de la péninsule de Brögger (Brøggerhalvøya) son orientation devient ONO-ESE et au-delà, elle disparaît en mer. Vers le sud, elle se prolonge en mer de Barentz sans pour autant atteindre Bjørnøya (île aux Ours) où ne s'observent pas de structures tertiaires bien identifiables (C. Lepvrier et al., 1988).

La largeur de la chaîne ne peut être fixée avec précision, mais la zone d'intense déformation n'excède guère plus de 10 km (fig. 3). Elle se localise à la bordure orientale d'un compartiment de socle calédonien (Hecla Hoek) surélevé ou bien devenu chevauchant et au sein duquel les structures manifestement tertiaires ne sont pas aisées à reconnaître. Celles-ci sont particulièrement bien exprimées dans la couverture post-calédonienne sous la forme de plis serrés et de chevauchements généralement à vergence est, sauf dans la péninsule de Brögger où le déversement se fait au nord. Une schistosité peut apparaître localement notamment dans les niveaux incompétents du Trias (à Festningen au sud de l'Isfjorden par exemple). La déformation atteint le rebord occidental du Bassin Central tertiaire qui se présente globalement comme un large synclinal dissymétrique. Elle s'atténue ensuite et ne se manifeste plus que par des décrochements des plis assez ouverts ou des chevauchements relativement peu inclinés qui ne perturbent pas outre mesure l'aspect monoclinal de la série, mais l'émergence de ces rares surfaces de chevauchements est significative de processus de glissements et de décollements sous-jacents. Ils se produisent à la limite entre les couches compétentes et les niveaux incompétents et ils permettent à la déformation de se propager jusqu'à atteindre la bordure orientale du Spitsberg. Les profils sismiques E-0 réalisés dans les principaux fjords illustrent le rôle joué par les niveaux de décollement (S.T. Gudlaugsson et al., 1987). Les analyses structurales faites dans le secteur de Midterhuken, à l'entrée de Bellsund (H.D. Maher et al., 1986), ont également permis de mettre en évidence l'importance des failles de détachement dans les couches incompétentes du Trias.

III. — LES CHAMPS DE CONTRAINTE TERTIAIRES

1. Méthodes d'études

De nombreuses études géologiques se sont attachées ces dernières années à mieux connaître la chaîne tertiaire du Spitsberg. Les contributions ont concerné aussi bien la stratigraphie que la sédimentologie ou la tectonique. L'intérêt pétrolier de la mer de Barentz a d'autant plus encouragé ces nouvelles investigations.

Les données ici présentées sont fondées sur l'utilisation d'une méthode d'analyse et de traitement informatique des populations de failles (J. Angelier, 1979; J. Angelier et P. Mechler, 1977). Cette technique d'analyse microtectonique de la fracturation, jusqu'ici inemployée au Svalbard, a permis de déterminer la succession du champ de contraintes tertiaires et d'en calculer les directions correspondantes. Les observations et mesures ont été effectuées lors de missions sur le terrain entre 1982 et 1985. Environ 3 000 données ont été récoltées essentiellement sur la partie occidentale du Spitsberg. Il s'agit de mesures de plans de failles, de leurs stries, de fentes de tension. A cela s'ajoutent les mesures relatives aux structures plissées.

Un certain nombre de résultats ont déjà fait l'objet de publications (C. Lepvrier et J. Geyssant, 1982 et 1983; J. Geyssant, C. Lepvrier et J. Malod, 1984). Les conclusions générales de cette étude sont présentées dans cet article.

2. L'épisode transpressif de direction NNE-SSO

— Les données de l'analyse structurale

Le découplage Groenland-Spitsberg, génétiquement lié à la première phase d'ouverture du bassin Lofoten-Groenland, s'est effectué au long d'accidents de direction NNO-SSE, hérités du socle calédonien et remobilisés en décrochements dextres. La direction de compression, oblique par rapport à ces fractures, caractérise un régime tectonique de transpression (W.B. Harland, 1969).

L'analyse de la fracturation au contact socle-couverture et dans la couverture post-calédonienne elle-même, depuis le Paléozoïque supérieur jusqu'au Cénozoïque, confirme le caractère initialement décrochant de la chaîne et permet de déterminer une première place compressive de direction NS à NNE-SSO (C. Lepvrier et J. Geyssant, 1982, 1983).

Les mouvements décrochants sont essentiellement exprimés dans la partie occidentale du Spitsberg mais les stries horizontales qui en rendent compte ne sont pas toujours conservées en raison de rejeux ultérieurs sur les mêmes fractures. Les failles bordières NNO-SSE du fossé du Forlandsundet comportent de tels indices de coulissage dextre, par exemple au contact entre le socle d'Oscar II

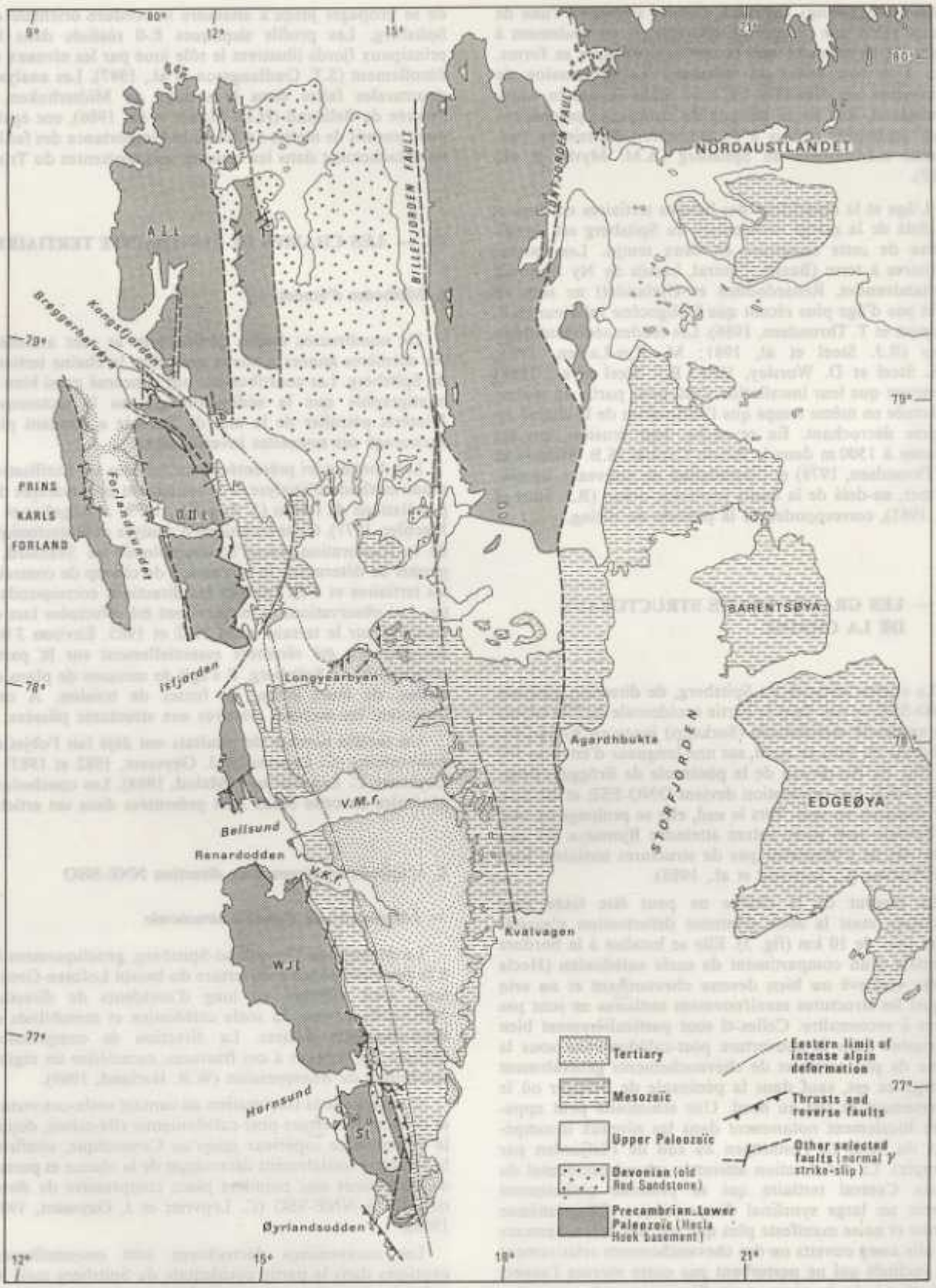


FIG. 3. — Carte géologique simplifiée du Spitsberg.

FIG. 3. — Simplified geological map of Spitsbergen.

Land et la série tertiaire de Sarsbukta. La série de remplissage du fossé est elle-même affectée par des fractures NNO-SSE et NE-SO qui jouent d'abord en décrochements respectivement dextres et senestres. Un même système de décrochements NS dextres est identifiable à Brøggerhalvøya. Il participe du même régime transpressif de direction NNE-SSO. Les lanières étroites de Paléozoïque supérieur, qui sont pincées au sein du socle Hecla Hoek d'Oscar II Land, au sud du St Johnsfjorden ou dans le prolongement sud-est d'Engelsbukta, résultent également de tels mécanismes décrochants dextres.

Dans la partie centrale du Spitsberg, des indices de remobilisation d'accidents NS en décrochements dextres existent aussi. C'est le cas pour la faille de Louisdalen qui affecte le Crétacé à la partie orientale de l'Isfjorden et qui a d'abord été activée en décrochement, la contrainte correspondante étant d'orientation NNE-SSO. La faille de Billefjorden, linéament majeur qui a contrôlé la sédimentation du Dévonien et du Paléozoïque supérieur, a aussi été remobilisée au Tertiaire; des plis à axes verticaux présents dans les formations triasiques de Flowerdalen en sont la preuve.

L'épisode transpressif ne s'exprime pas uniquement par ce type de structures. Dans la péninsule de Brögger les mouvements sont essentiellement de nature chevauchante et il en résulte un empilement d'unités sous la forme d'écailles imbriquées à vergence nord, les plis associés étant de direction ONO-ESE. Cette particularité structurale de Brøggerhalvøya s'explique par la position originale de cette zone dans la chaîne.

— *Les données sédimentologiques*

L'analyse sédimentologique des séries paléogènes conservées dans les différents bassins du Spitsberg donne de son côté et indirectement des renseignements sur le régime tectonique associé au dépôt. Les différentes études effectuées montrent que la sédimentation s'est en partie ou totalement effectuée en régime décrochant. C'est le cas pour la seconde partie du remplissage du Bassin Central qui a été contrôlée par l'activité d'une faille bordière située à l'ouest (Steel et al., 1981). C'est également celui du Forlandsundet. Les quelque 4000 m de sédiments détritiques de type fan de ce fossé se sont accumulés entre deux failles distantes d'environ 15 km et fonctionnant en décrochements dextres (Rye-Larsen, 1982; Steel et Worsley, 1984).

3. La succession des contraintes et leur datation

L'évolution tectonique est polyphasée. Quatre épisodes de fracturation ont été reconnus et séparés, leur succession relative établie (C. Lepvrier et J. Geyssant, 1982, 1983). Au premier épisode transpressif de direction NNE-SSO fait suite un autre épisode compressif caractérisé par une direction ENE-OSO de la contrainte principale σ1. Chacun d'eux est associé à un épisode extensif de direction pratiquement orthogonale EO et NNO-SSE, ceci s'expliquant par une permutation entre les valeurs des contraintes σ1 et σ2, l'orientation σ3 restant inchangée (J. Angelier et F. Bergerat, 1983).

Cette succession d'événements peut se traduire par une superposition de deux générations de stries sur le même miroir de failles. Le fossé du Forlandsundet illustre à lui seul ce développement polyphasé : les failles bordières fonctionnent d'abord en décrochements dextres, rejouent en failles normales et sont finalement reprises et décalées par des décrochements transverses qui à leur tour évoluent en failles normales. La péninsule de Brögger de son côté a enregistré cette même série d'épisodes de fracturation, notamment les deux épisodes compressifs (Lepvrier et Geyssant, 1984). Dans le secteur central du Spitsberg, la superposition des deux phases compressives se voit encore sur la faille de Louisdalen. Mais c'est essentiellement la compression ENE-OSO qui s'y manifeste et qui est encore perceptible dans les formations situées dans la bordure orientale de l'île.

4. L'âge des événements. Corrélations avec la cinématique des plaques

Les quatre tenseurs de contrainte mis en évidence sont tertiaires. L'hypothèse selon laquelle une partie des déformations serait prétertiaire et d'âge Crétacé supérieur (J. Hanisch, 1984) n'est pas fondée et aucun argument ne justifie une évolution tectonique différente pour la partie de la chaîne située au nord et au sud de l'Isfjorden.

La datation précise des différents épisodes tectoniques reconnus n'est pas facile à établir compte tenu des incertitudes sur l'âge des niveaux les plus récents de la série tertiaire. Les dernières révisions (S.B. Manum et T. Throndsen, 1986) tendent toutefois à montrer que les dépôts dans les différents bassins sont tous plus anciens que l'Oligocène inférieur, c'est-à-dire d'un point de vue cinématique, antérieurs à l'épisode de rifting.

L'épisode transpressif peut indirectement être daté dans le Bassin Central où se produit un changement des conditions de sédimentation lors du dépôt de la formation Gylsonryggen. Les apports détritiques, jusque là originaires du nord-est, ont alors leur source à l'ouest. Cette inversion du sens du drainage est considérée comme la conséquence d'un soulèvement de la zone occidentale, lui-même provoqué par l'instauration du régime de transpression (Steel et al., 1982; Steel et Worsley, 1984). L'âge de la formation ainsi repérée et du même coup le début de la période de transpression est Paléocène terminal (S.B. Manum et T. Throndsen, 1986), ce qui correspond justement au début des ouvertures océaniques. Ce régime dure jusqu'à l'Eocène supérieur, époque de remplissage du bassin de Forlandsundet.

Le second épisode compressif de direction ENE-OSO se situerait à la fin de la période de coulissage ainsi marquée par une réorientation de la contrainte principale σ1. L'extension E-O, primitivement considérée à tort comme correspondant à la période de rifting (Lepvrier et Geyssant, 1984), n'est qu'une phase temporaire de relâchement entre les deux phases compressives.

L'extension NNO-SSE, dernier événement enregistré, doit par contre annoncer ou se situer déjà dans la période de rifting Oligocène. Les accidents de direction NNO-SSE à N-S tendent à être le siège d'une extension oblique (transtension).

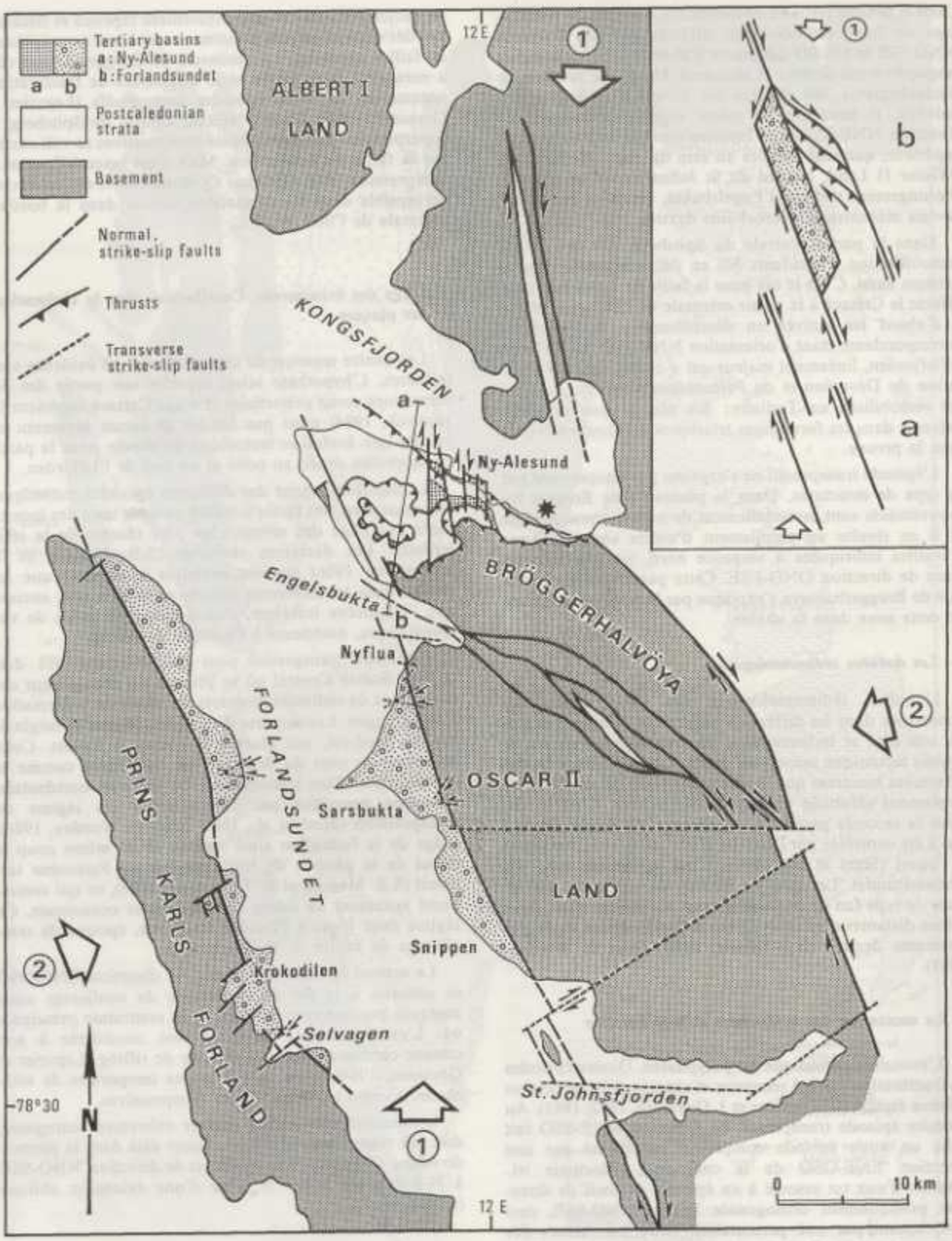


FIG. 4a. — Schéma structural simplifié et interprété de la partie nord-occidentale du Spitsberg et modèle de développement.
1 : transpression NNE-SSO; a (stade initial) avec segments décrochants dextres en échelon; b (stade final) avec structures de relais compressives (type « strike-slip duplex ») et extensives (type bassin losangique ou « pull- apart »); 2 : compression ENE-OSO avec décrochements transverses.

FIG. 4a. — Simplified and interpreted structural sketch of the northwestern Spitsbergen and model of development.
1 : NNE-SSW transpression; a (initial stage) in echelon strike-slip faults; b (final stage) contractional strike-slip duplex and pull-apart geometries; 2 : ENE-WSW compression with transverse striker-slip faults.

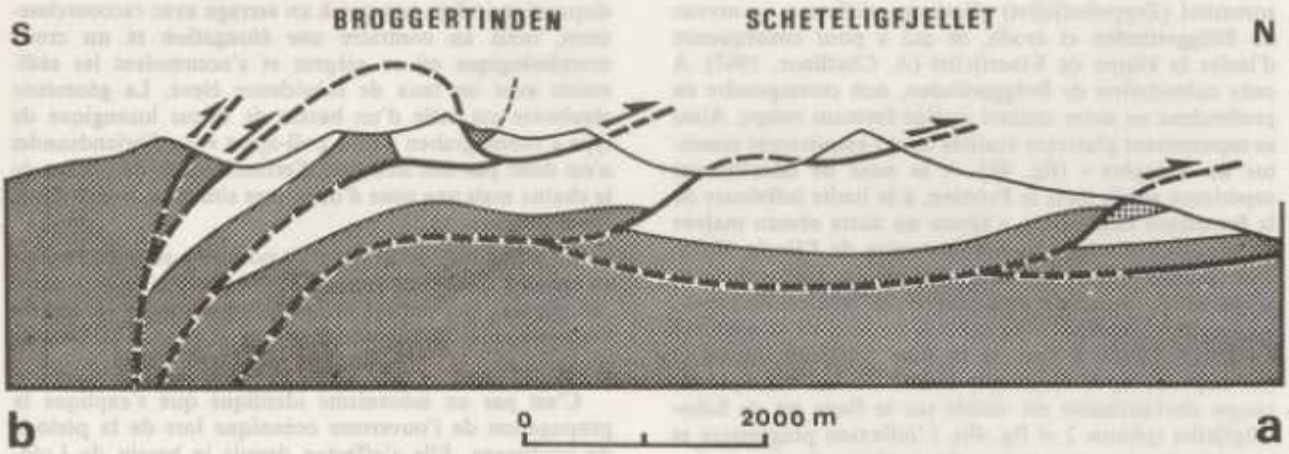


FIG. 4b. — Coupe schématique selon ab (d'après Challinor, 1967 et Lowell, 1971) montrant une imbrication d'écailles formant duplex avec une configuration générale en feuilles de palmier.

FIG. 4b. — Schematic cross-section ab — slighty modified from Challinor (1967) and Lowell (1971) showing a combination of duplex system and flower structure in a palm-tree configuration.

IV. — LES ZONES DE RELAIS ENTRE DÉCROCHEMENTS

1. Un relais compressif : la péninsule de Brögger

Plusieurs interprétations ont été proposées pour expliquer l'orientation et la vergence particulière des plis et des chevauchements affectant la couverture d'âge paléozoïque supérieur de Brøggerhalvøya. Soit que la virgation soit forcée, c'est-à-dire qu'elle épouse une courbure déjà inscrite dans les structures du socle calédonien (L. Barbaroux, 1968), soit qu'elle soit la conséquence de la translation longitudinale de tout le compartiment occidental du Spitsberg et de sa collision, en bout, avec le bloc septentrional (K. Birkenmajer, 1981).

Le modèle ici proposé (fig. 4a) met également en avant le rôle des décrochements. Il consiste à voir dans Brøggerhalvøya une zone de relais compressif entre deux segments décrochants dextres disposés en échelon, l'un d'eux se situant à la frontière orientale du socle d'Oscar II Land, l'autre, déporté au nord-ouest, devant longer la côte occidentale d'Albert I Land. La géométrie résultante, en plan, est de type « strike-slip duplex » (N.H. Woodcock et M. Fisher, 1986), structure dans laquelle les mouvements décrochants latéraux sont absorbés dans la zone de connection par des chevauchements. La configuration sigmoïde de Brøggerhalvøya correspond bien à un tel dispositif où se relient décrochements et chevauchements. En fait, la structure conservée est incomplète : seule la partie orientale permet d'observer le raccord entre ces deux types d'accidents dans le secteur situé au sud-est d'Engelsbukta. Un faisceau de failles divergentes, plus ou moins anastomosées et à jeu initial dextre, assure le passage entre les décrochements latéraux et les chevauchements frontaux. Les lanières de terrains paléozoïques, qui sont ainsi isolées au milieu du socle, résultent donc de ces mouvements décrochants et de l'existence de zones de courbure sur le cours rectiligne des failles. La même situation se retrouve au sud du St Johnsfjorden.

Photo 1. — Exemple de duplex chevauchant vers le nord, d'échelle décamétrique, développé dans la formation Nordenskjoldbreen à la bordure nord de la péninsule de Brögger (la localisation de la prise de vue est marquée par un astérisque sur la fig. 4a).

PHOTO 1. — Illustration of a forward (northward) duplex thrust system (decametric scale) with imbricate sigmoid (« S » folds) horses, developed in the Upper Carboniferous Nordenskioldbreen formation (northeastern side of Brøggerhalvøya) during the NS transpressional stage.

A cette interaction entre décrochements et chevauchements, s'ajoutent les effets des glissements entre les couches et des décollements au niveau d'horizons incompétents. La lithologie très contrastée du Paléozoïque supérieur y est de ce point de vue très propice avec notamment des formations évaporitiques ou dolomitiques dans le Permien inférieur (A. Challinor, 1967). Elle explique la géométrie en marches d'escalier ou en rampes et paliers des surfaces de chevauchement et finalement leur aspect plissé. C'est le cas pour le chevauchement

sommital (Zeppelinfjellet) plissé en antiforme au niveau de Bröggertinden et érodé, ce qui a pour conséquence d'isoler la klippe de Kiaerfjellet (A. Challinor, 1967). A cette culmination de Bröggertinden, doit correspondre en profondeur un autre contact incliné formant rampe. Ainsi se superposent plusieurs écailles dont l'empilement constitue un « duplex » (fig. 4b). A la zone de décollement supérieure située dans le Permien, à la limite inférieure de la formation Gipshuken, s'ajoute un autre niveau majeur de décollement dans les schistes noirs de l'Hecla Hoek. Des duplex d'échelle décamétrique à hectométrique, affectant la formation carbonifère de Nordenskiolbreen, sont particulièrement bien exposés au long de la côte sud du Kongsfjorden à l'est de la Base française (photo 1) (C. Lepvrier et J. Geyssant, 1982). Un bel exemple de rampe chevauchante est visible sur le flanc est de Scheteligfjellet (photos 2 et fig. 4b). L'inflexion progressive et la verticalisation vers le bas des surfaces de chevauchement sous l'aspect général d'une structure en feuille de palmier (« palm-tree structures », N.H. Woodcock et M. Fischer, 1986) est supposée (fig. 4b). Cette interprétation déjà proposée (J.D. Lowell, 1972) consiste à enraciner les accidents de la couverture sur un décrochement du socle.

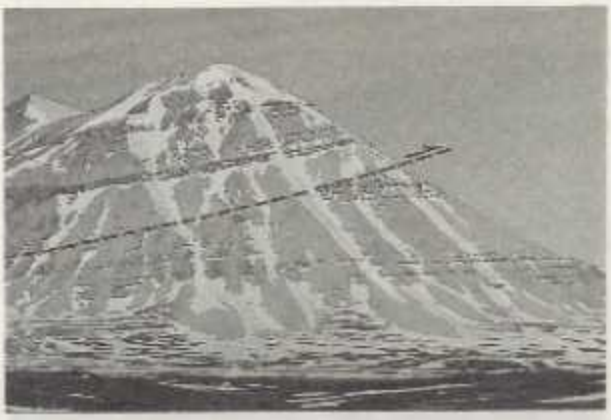


Photo 2. — Exemple de rampe chevauchante visible sur le flanc est de Scheteligfjellet (voir coupe fig. 4b).

Photo 2. — Illustration of a thrust ramp on the eastern flank Scheteligfjellet (see section fig. 4b)

2. Un relais distensif : le bassin de Forlandsundet

Adjacent à l'ouest au système de Brögger, le fossé tertiaire du Forlandsundet se développe, entre ses failles bordières espacées d'environ 15 km, sur une longueur d'au moins 50 km. L'âge de la série d'après les données paléontologiques, serait Eocène supérieur (S.B. Manum et T. Throndsen, 1986) plutôt qu'Oligocène moyen à supérieur (R.W. Feylig-Hanssen et K. Ulleberg, 1984). Les données sédimentologiques (M. Rye-Larsen, 1982), comme l'analyse de la fracturation (C. Lepvrier et J. Geyssant, 1986) montrent que son développement est synchrone de la genèse des structures compressives en régime de transpression.

L'interprétation proposée est d'y voir une zone de relais distensif (fig. 4a), entre des décrochements NNO-SSE disposés en échelon, avec cette fois un pas à gauche. Cette disposition induit non pas à un serrage avec raccourcissement, mais au contraire une élongation et un creux morphologique où se piègent et s'accumulent les sédiments avec un taux de subsidence élevé. La géométrie résultante est celle d'un bassin de forme losangique de type « rhombgraben » ou « pull-apart ». Le Forlandsundet n'est donc pas une structure d'effondrement dans l'axe de la chaîne mais une zone d'ouverture située en arrière d'une zone compressive.

La même interprétation vaut pour une série de bassins en échelon de caractéristiques identiques (taille, puissance des dépôts), qui ont été reconnus en sismique au sud du Forlandsundet au long de la marge et jusqu'à la latitude de Hornsund (O. Eiken et A. Austegard, 1987).

C'est par un mécanisme identique que s'explique la propagation de l'ouverture océanique lors de la période de coulissage. Elle s'effectue depuis le bassin de Lofoten-Groenland à la faveur de segments de failles disposés en marche d'escalier, ce dont rend bien compte la configuration de la frontière continent-océan au sud-ouest de Bjørnøya (O. Eldholm et al., 1987).

3. La réorientation de la contrainte compressive

Une rotation de NNE-SSO à ENE-OSO de la direction de la contrainte compressive apparaît à la fin de période de coulissage. Ce changement est dû à la situation de blocage que créent les zones de relais compressifs. En s'opposant au mouvement de coulissage, elles provoquent une déviation de la contrainte. D'oblique, le régime tectonique devient purement convergent.

La déformation a alors tendance à se propager vers l'est sous forme de chevauchements (photo 3) et de nouveaux décrochements transverses. Les différents niveaux incompétents de la série, non seulement du Paléozoïque supérieur mais aussi du Mésozoïque (argiles du Trias) et du

Photo 3. — Faille inverse faiblement inclinée vers l'ouest affectant la formation inférieure du Tertiaire du Bassin Central (Firkanten) : compression ENE-OSO.
Rivage au sud de l'Isfjorden au nord-est de Grumantbyen. Noter la veine de charbon affectée par un rejet vertical d'environ 15 à 20 m.

Photo 3. — Reverse fault (with a moderate dipping to the W) affecting the lowermost formation (Firkanten) of the Tertiary Central basin, in response to the ENE-WSW compressional stage, Southern shore of Isforden, northeast of Grumantbyen.
Note the coal seam with an approximatively 15 to 20 m upthrow.

Cœnozoïque (couches de charbon) donnent à nouveau lieu à d'importants décollements comme l'illustre pour le Trias le secteur de Midterhuken au niveau de Bellsund (H.D. Maher et al., 1986).

CONCLUSIONS

Bien qu'elle soit en position liminaire en bordure d'un bassin océanique, la chaîne Tertiaire du Spitsberg est une chaîne d'origine intracontinentale et de type décrochant. Elle est la conséquence de la séparation par coulissage du Groenland et du Svalbard au cours de la période comprise entre le Paléocène supérieur et l'Oligocène inférieur. La formation de croûte océanique à l'ouest du Spitsberg et la création de la marge actuelle est post-Oligocène inférieur.

La géométrie générale de la chaîne s'explique par une interaction décrochements-chevauchements. Lors d'une première phase compressive de direction NNE-SSO (transpression), des structures de relais se développent de façon synchrone entre différents segments décrochants dextres disposés en échelon. Il en résulte des géométries particulières de type compressif (« strike-slip duplex ») ou extensif (« pull-apart »). La situation de blocage engendrée par ces zones de relais explique le passage à une seconde phase compressive de direction ENE-OSO à l'origine des plis et des chevauchements à vergence est et des décrochements transverses. Dans l'un comme dans l'autre de ces épisodes compressifs, les processus de décollements, au sein de la couverture postcalédonienne, jouent un rôle majeur et expliquent par exemple l'extension de la déformation à la partie centrale et orientale du Spitsberg. Les dernières structures qui se forment sont des failles normales qui traduisent l'extension NNO-SSE de la période de rifting.

BIBLIOGRAPHIE

ANGELIER (J.), 1979. — Néotectonique de l'arc égéen. *Soc. Géol. Nord*, 3, 418 p.

ANGELIER (J.), BERGERAT (F.), 1983. — Systèmes de contrainte et extension intercontinentale. *Bull. Centre Rech. Expl. Prod. Elf Aquitaine*, 7, 1, p. 138-147.

ANGELIER (J.), MECHLER (P.), 1977. — Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie. *Bull. Soc. Géol. France*, XIX, 6, p. 1309-1318.

BARBAROUX (L.), 1966. — Contribution à l'étude tectonique de la presqu'île de Brögger (Spitsbergen). *Bull. Soc. Géol. France*, VIII, p. 560-566.

BARBAROUX (L.), 1968. — Superposition des styles tectoniques et virgation forcée au Vestspitsbergen (79° Lat. Nord). *C.R. Ac. Sc. Paris*, 266, p. 871-874.

BIRKENMAJER (K.), 1981. — The Geology of Svalbard, the Western part of the Barents Sea, and the continental margin of Scandinavia. In : *The Ocean Basin and Margins The Arctic Ocean*. Nairn A.E.M., Chrukin M. Jr et Stehli F.G., edit, p. 265-329.

CHALLINOR (A.), 1967. — The Structure of Bröggerhalvöya, Westspitsbergen. *Geol. Mag.*, 104, 4, p. 322-336.

EIKEN (O.), AUSTEGARD (A.), 1967. — The Tertiary Orogenic Belt of West-Spitsbergen : Seismic Expressions of Sedimentary Basins Offshore. *Norsk Geol. Tidsk.* In press.

ELDHOLM (O.), FALEIDE (J.M.), MYRHE (A.M.), 1987. — Continent-ocean Transition at the Western Barents Sea/Svalbard Continental Margin. *Geology*, 15, p. 1118-1122.

FEYLING-HANSSEN (R.W.), ULLEBERG (K.), 1984. — A Tertiary-Quaternary Section at Sarsbukta, Spitsbergen, Svalbard, and its Foraminifera. *Polar Research* 2 n.s. p. 77-106.

GEYSSANT (J.), LEPVRIER (C.), MALOD (J.), 1984. — Tertiary Deformation in Spitsbergen and Opening of the Norwegian Greenland Sea. *Arctic Colloquium, 27th Intern. Geol. Congress, Moscou*, Abstr. IX, 1.

GUDLAUGSSON (S.T.), FALEIDE (J.I.), EIKEN (O.), HANKEN (N.M.), 1987. — Svalbard Geologi i Seismiske Snitt. *Geo. Arktisk Symposium i Tromsø*, Abstr.

HAKANSSON (E.), PEDERSEN (S.A.S.), 1982. — Late paleozoic to Tertiary Tectonic Evolution of the Continental Margin in North Greenland. In : *Arctic Geology and Geophysics*, A.F. Embry and H.R. Balkwill (eds), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 8, p. 331-348.

HANISCH (J.), 1984. — West Spitsbergen Fold Belt and Cretaceous Opening of the Northeast Atlantic. In : *Petroleum Geology of the North European Margin*, ed. by Graham and Trotman, p. 187-198.

HARLAND (W.B.), 1965. — The Tectonic Evolution of the Arctic-North Atlantic Region. *Philos. Trans. R. Soc. London*, Ser. A, 258, p. 59-75.

HARLAND (W.B.), 1971. — Tectonic Transpression in Caledonian Spitsbergen. *Geol., Mag.*, 108, p. 27-42.

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1984. — Tectonique cassante et champs de contrainte tertiaires le long de la marge en coulissement du Spitsberg : corrélations avec les mécanismes d'ouverture de la mer de Norvège-Groenland. *Ann. Soc. Géol. Nord*, III, p. 333-344.

LEPVRIER (C.), GEYSSANT (J.), 1985. — L'Evolution structurale de la marge occidentale du Spitsberg : coulissement et rifting tertiaires. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 8 (1), p. 115-125.

LEPVRIER (C.), 1987. — Strike-slip and Thrust Tectonics in the West Spitsbergen Tertiary Belt. IV E.U.G., Strasbourg. *Terra Cognita*, 7, 2-3, 312.

LEPVRIER (C.), LE PARMENTIER (F.), SELAND (R.), 1988. — Upper Paleozoïc Faulting Regime in Bjørnøya (Svalbard, Norway). *Bull. Soc. Geol. Fr.* In press.

LOWELL (J.D.), 1972. — Spitsbergen Tertiary Orogenic Belt and the Spitsbergen Fracture Zone. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, p. 3091-3102.

MAHER (H.D.), CRADDOCK (C.), MAHER (K.), 1986. — Kinematics of Tertiary Structures in Upper Paleozoïc and Mesozoïc Strata on Midterhuken, West Spitsbergen. *Geol. Soc. of America Bull.*, 97, p. 1411-1421.

MANUM (S.B.), THRONDSEN (T.), 1978. — Rank of Coal and Dispersed Organic Matter and its Geological Bearing on the Spitsbergen Tertiary. *Norsk Polarinst. Arbok.*, p. 159-177.

MANUM (S.B.), THRONDSEN (T.), 1986. — Age of Tertiary Formations on Spitsbergen. *Polar Research*, 4, n.s. p. 103-131.

MYRHE (A.M.), ELDHOLM (O.), SUNDVOR (E.), 1982. — The Margin between Senja and Spitsbergen Fracture Zones : Implications from Plate Tectonics. *Tectonophysics*, 89, p. 33-50.

SRIVASTAVA (S.P.), 1978. — Evolution of the Labrador Sea and its Bearing on the Early Evolution of the North Atlantic. *Geophys. J. Astron. Soc.*, 52, p. 313-357.

STEEL (R.J.), DALLAND (A.), KALGRAFF (K.), LARSEN (V.), 1981. — The Central Tertiary Basin of Spitsbergen, Sedimentary Development on a Sheared-Margin Basin. In : *Geology of the North Atlantic Borderlands : Can. Soc. Petrol. Geol.*, 7, ed. by Kerr J.W. and Fergusson A, p. 647-664.

STEEL (R.J.), WORSLEY (D.), 1984. — Svalbard's Post-Caledonian Strata and Atlas of Sedimentational Patterns and Paleogeographical Evolution. In : *Petroleum Geology of the North European Margin*, ed. by A.M. Spencer. London : Graham and Trotman.

STEEL (R.), GJELBERG (J.), HELLAND-HANSEN (W.), KLEINSPEHN (K.), NOTTVEDT (A.), RYE-LARSEN (M.), 1985. — The Tertiary Strike-Slip Basins and Orogenic Belt of Spitsbergen. *Soc. of Econom. Paleont. and Mineral.*, sp. Publ., 37, p. 339-360.

TALWANI (M.), ELDHOLM (O.), 1977. — Evolution of the Norwegian-Greenland Sea. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 88, p. 969-999.

UNTERNEHR (P.), 1982. — Etude structurale et cinématique de la mer de Norvège et du Groenland; évolution du microcontinent de Jan Mayen. *Thèse Univ. Bretagne Occidentale, France.* 227 p.

WOODCOCK (N.H.), FISCHER (M.), 1986. — Strike-Slip Duplexes. *Journ. of Struct. Geol.*, 8, 7, p. 725-735.

PEDOGENIC PROCESSES IN WELL-DRAINED SOILS OF SPITSBERGEN AND NORDAUSTLANDET

by Ronald S. SLETTEN and Fiorenzo C. UGOLINI

University of Washington, College of Forest Resources, Seattle

RÉSUMÉ. — Soil development at four locations on the arctic islands of Spitsbergen and Nordaustlandet (Svalbard) was investigated. Results are presented from the analyses of the soil solid phase and from soil solutions collected via tension lysimeters. In the well-drained areas investigated, Arctic Brown and Polar Desert soils are the dominant soils.

Mots-clés : *Svalbard — Arctic — Soil — Pedology.*

ABSTRACT. — **Evolution pédologique des sols bien drainés du Spitsberg et de Nordaustlandet.** *L'évolution des sols a été étudiée dans quatre secteurs des îles arctiques du Spitsberg et de Nordaustlandet (Svalbard). Les résultats présentés ont été obtenus à partir des analyses de la phase solide des sols et des solutions collectées à l'aide de lysimètres. Dans les régions étudiées, les principaux types de sols représentés sont les sols bruns arctiques et les sols polaires désertiques.*

Key-words : Svalbard — Arctique — Sol — Pédologie.

INTRODUCTION

Soil forming processes in well-drained soils of Svalbard have not been studied extensively. Previous researchers have focused on accessible areas such as Isfjord, Kongsfjord, and Hornsund, and have been mostly descriptive (Fedoroff, 1966; Forman and Miller, 1984; Mann et al., 1986; Szerszeń, 1965). Other studies have emphasized cryogenic aspects of soil development (Smith, 1956; Van Vliet-Lanoë, 1983). Presented here is an overview of soil processes investigated through the analyses of soil solutions collected below discernible horizons, together with standard solid phase analyses.

Potential areas for soil development occupy a minority of the landscape of Svalbard; only 5 % of the total land area is covered by vegetation (Norderhaug, 1984) and only a fraction of this area is well-drained. In general, thawed, snow-free areas are present only during the summer from mid-June until September, primarily along coastal areas. We have focused on well-drained soils developed in several parent materials and under varying degrees of vegetative cover. Climatic conditions affect the soils directly, and indirectly by influencing the type and amount of vegetation.

Detailed soil descriptions and soil analyses have been published for two of the sites and are in preparation for the remainder (see footnote in table 1). The focus of this paper is to review the major processes in well-drained soils observed at four locations on Svalbard.

The soils presented in this study are well-drained and are named after the genetic classification system of Tedrow (1977). According to Tedrow's scheme two major soils are recognized at the sites investigated : the Arctic Brown and the Polar Desert soils. Arctic Brown soils display A, B, C horizonation, dominated by a well-developed B horizon from which the name is derived. These soils may display considerable diversity depending on environmental and biotic factors, age, and parent material. In the U.S. Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975) the Arctic Brown soils would be classified as *Pergelic Cryochrepts* or *Pergelic Cryopsamments* (Reiger, 1983). The Polar Desert soils are in general less developed and have a desert pavement (DP) surface horizon, sporadic A horizon, and weak B horizons. Typical Polar Desert soils display DP, B, C horizonation. According to Soil Taxonomy, Polar Desert soils are classified as *Pergelic Cryorthents* or *Pergelic Cryopsamments* (Reiger, 1983).

STUDY AREAS

1) *Kongsfjord, West Spitsbergen* : In the Kongsfjord area two sites are considered. The Cannes site is located on the Brøgger peninsula (Figure 1) at 36 m elevation on a reworked beach deposit consisting primarily of dolomite with minor quartz (Hjelle and Lauritzen, 1982). Vegetation is classified as Barren Zone (Brattbakk, 1981) with less than 10 % cover dominated by *Saxifraga oppositifolia* and several types of crustose lichens, with lesser amounts of *Salix polaris, Saxifraga cespitosa, Polygonum viviparum, Draba* species, and mosses (Mann et al., 1986). Cryoturbation is common, but the site was chosen in an area of minimal disturbance.

The Arrigetch site is situated at Tønsneset on the north side of the fjord (Figure 1) on a reworked beach deposit at 14 m and consists primarily of limestone, marble, mica schist, and quartzite (Hjelle and Lauritzen, 1982). It is covered by a lichen-heath, Tetragona-Dryadion plant community (Rønning, 1965). Plants cover 60-90 % of the surface with *Cassiope tetragona* and the lichen *Cetraria delisei* the major species. Other common plants include *Salix polaris, Polygonum viviparum, Dryas octopetala,* and *Cetraria islandica* (Mann et al., 1986). Periglacial distur-

TABLE 1. — Major horizons of the soils studied on Svalbard.
(a) For detailed descriptions, see Mann et al., 1986.
(b) Detailed description in manuscript in progress.
(c) « DP » refer to the desert pavement surface.
(d) « *I* » indicates silt accumulation, following the notation suggested by Forman & Miller, 1984.

Study Site	Horizon	Depth (cm)
KONGSFJORD, NW COAST SPITSBERGEN Cannes (a)	DP(c)	0-6.5
	A	6.5-13
	Bl(d)	13-30
	BC	30-58
	C	58-88 +
Arrigetch (a)	Oi/Oe	4-0
	A	0-6
	Bw	6-13
	2 BC	13-21
	2C	21 +
WIJDEFJORD, CENTRAL SPITSBERGEN Ryper (b)	Oi/Oe	5-0
	A	0-12
	Bw1	12-30
	Bw2	30-57
	BC	57-69 +
BRÅNEVATNET, NORDAUSTLANDET Arctic Brown soil (b)	Oi/Oe	2-0
	A	0-7
	B	7-20
	Bk	20-38
	C	38-70 +
Polar Desert soil (b)	Lichen crust	1-0
	DP(c)	0-3
	B	3-13
	Ck	13-64
	C	64-80 +

bances are manifested as large scale polygons. The site was selected inside the perimeter of a polygon which appears stable.

Climatic information for the Kongsfjord area is available from the Ny-Ålesund station where the mean annual precipitation is 385 mm and the mean annual air temperature is −5.8 degrees C, with a July mean air temperature of 5.2 degrees C (Steffensen, 1982).

2) *Wijdefjord, Spitsbergen* : The primary bedrock lithology of the Ryper site (Figure 1) is gneiss and amphibolite (Hjelle and Lauritzen, 1982; M.F. André, 1985, personal communication). Plant cover is continuous with 50 % moss/lichen, 20 % *Carex* species, 20 % *Dryas octopetala*, and 10 % *Salix polaris* and *Saxifraga oppositifolia*. The site is located on a stable bench at 75 m elevation. Climatic data does not exist for this area, but late spring snow cover preceding the 1979 thaw, suggests precipitation to be about 1/3 of that in Ny-Ålesund, (about 120 mm water equivalent) (Khodakov, 1985). Field observations and temperature comparisons during the summer of 1984, 1985 and 1986 suggest temperatures similar to Ny-Ålesund.

3) *Nordaustlandet* : The Brånevatnet site (Figure 1) is located on a stable delta deposit above the Brånevatnet lake at 50 m elevation. Granite and shale are the major bedrock lithologies (Lauritzen and Ohta, 1984) and are the predominant parent materials for the soils. This site is unusual in that Arctic Brown and Polar Desert soils occur side by side. Topographic differences on the order of decimeters affect the microclimate and drainage patterns during spring thaw favoring more abundant plant growth in the depressions which is where the Arctic Brown soils are found.

The Brånevatnet Polar Desert soils have less than 5 % vascular plant cover consisting of *Saxifraga oppositifolia*, *Cerastium* species, and *Papaver dahlianum*. Lichen cover is nearly complete consisting of white and black crustose types. In contrast the neighboring Arctic Brown soil has a canopy cover of 50 % *Carex* species, 40 % black and white crustose and foliage lichens, 10 % *Polygonum viviparum*, with less abundant *Salix polaris*, *Saxifraga oppositifolia*, and *Papaver dahlianum*. Climatic information is scant also for this area. Summer field observations during 1985 suggest a temperature several degrees cooler than Ny-Ålesund but similar precipitation.

METHODS OF ANALYSIS

Soil solutions were collected by lysimeter plates during the springs and summers of 1984 and 1985. The lysimeters were emplaced in the soil the year before the collections were made. They consist of 12-15 µm porous mullite discs mounted in a nylon base and connected to linear polyethylene collection bottles via teflon tubing. The portable vacuum system (Ugolini et al., 1982) was maintained at 10 kPa (0.1 atmospheres) vacuum. The soil solutions were filtered in the field with 0.22 µm disposable filters. pH was measured in the field and again in the laboratory. Filtered subsamples were acidified to pH 2 and later analyzed for Fe, Al and the major cations with a Jarrel-Ash model 96-955 inductively coupled argon plasma spectrophotometer (ICP). Another subsample was treated with CH_3CN for subsequent analysis of the inorganic anions with a Dionex model 2 010 ion chromatograph. Total inorganic carbon (TIC) was measured on another subsample with an OI 700 carbon analyzer.

All soil samples were air dried and sieved at 2 mm. Organic carbon was estimated by the modified Walkley-Black procedure (Allison, 1966). Iron and Al were extracted with citrate buffered dithionite (Jackson, 1969) and assayed on the ICP. The $CaCO_3$ equivalent was determined by dissolving the sample in 2 N HCl and trapping the CO_2 released with 1 N KOH, which was subsequently backtitrated with standard acid (Bundy and Bremmer, 1972). Soil pH was determined on a 1 :2 soil :H_2O extract. The silt fraction was determined by dry sieving to 50 µm and dispersing the less than 50 µm sample in 0.5 % sodium hexametaphosphate for determination with a SediGraph 5000D particle size analyzer.

SOIL PROCESSES

Major soil morphology for the four sites are shown in table 1. Pedogenic processes and the nomenclature used here is reviewed and discussed by Ugolini (1986).

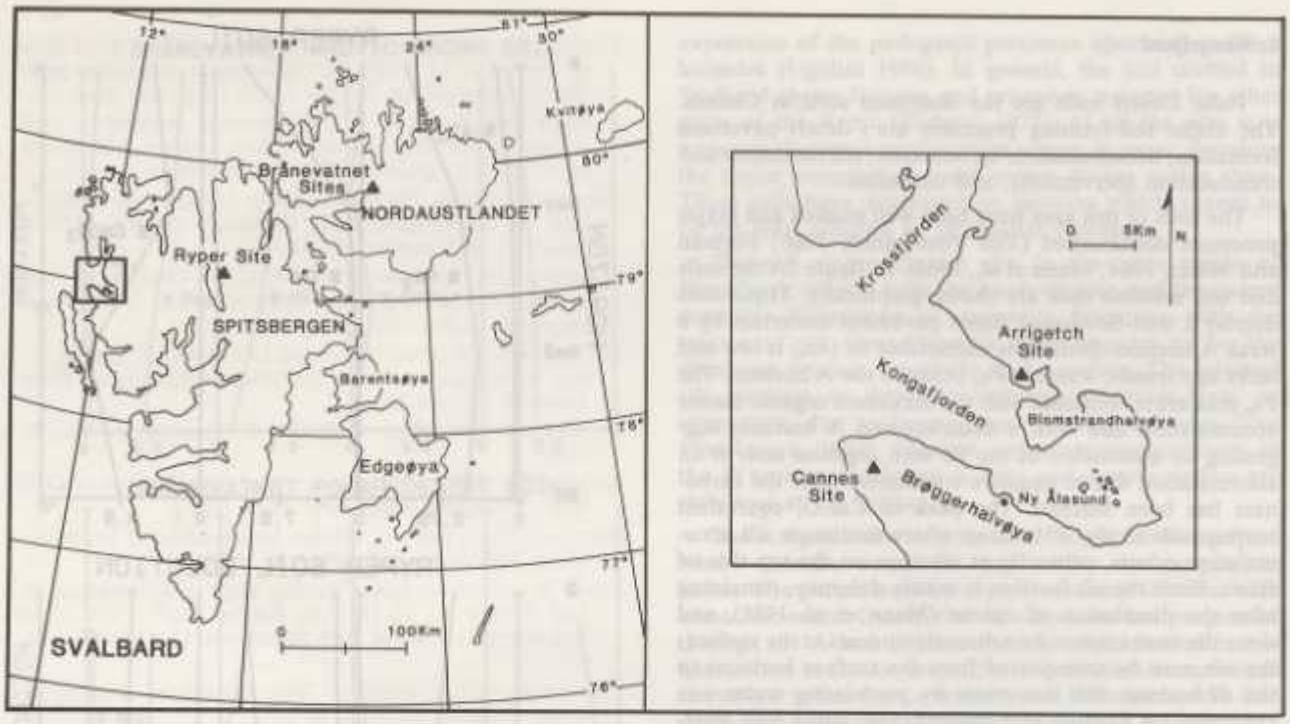


FIG. 1. — Map showing site locations

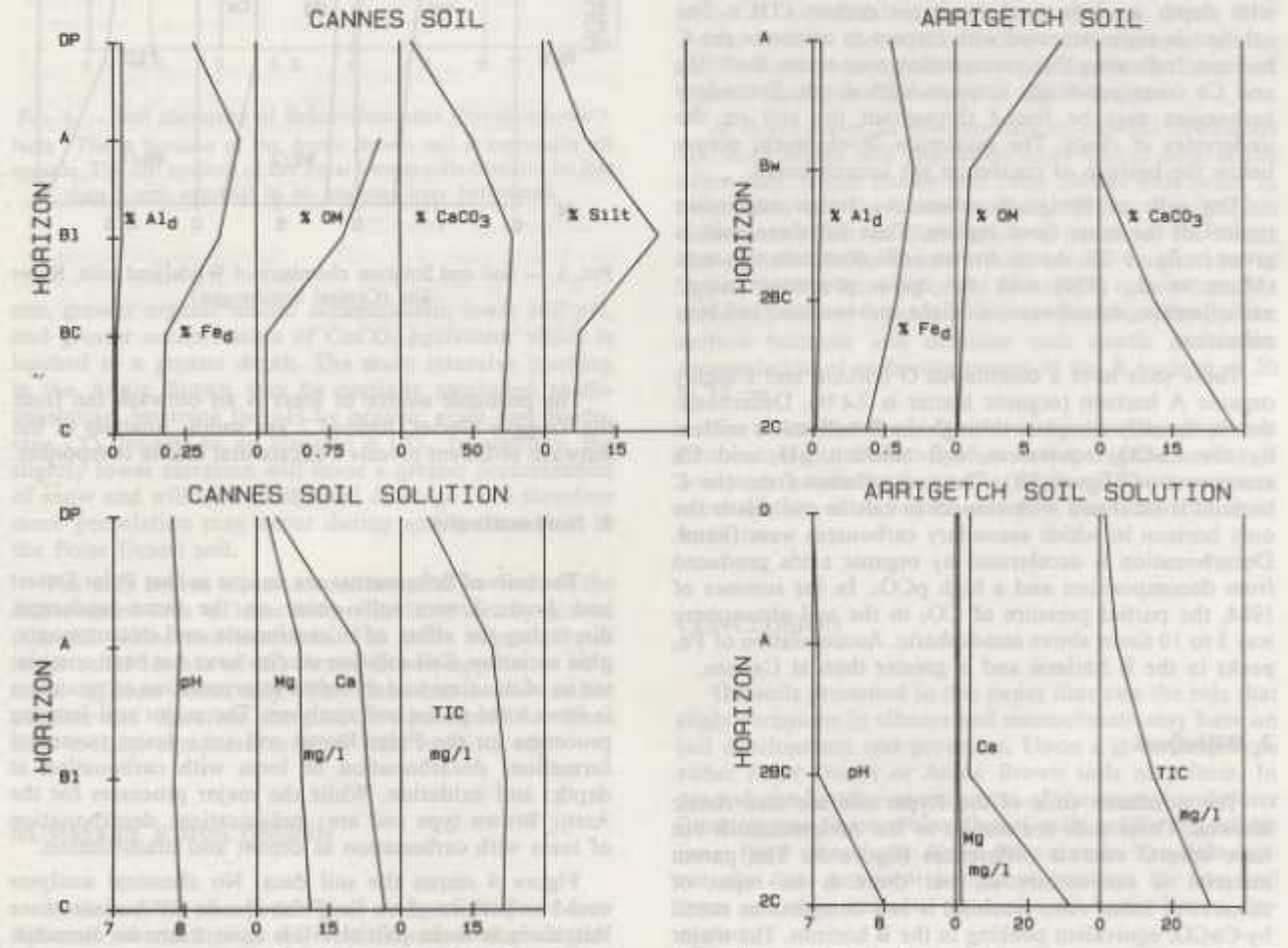


FIG. 2. — Soil and Solution chemistry and granulometry of Kongsfjord soils.
A) Cannes Site; B) Arrigetch Site (Northwest Spitsbergen)

1. Kongsfjord

Polar Desert soils are the dominant soils at Cannes. The major soil-forming processes are : desert pavement formation; decarbonation/carbonation; silt formation and translocation (pervection); and oxidation.

The soils of this area have been well studied and major processes documented (Van Vliet-Lanoë, 1986; Forman and Miller, 1984; Mann et al., 1986). In figure 2A the soils and soil solution data are shown graphically. These soils display a well-developed desert pavement underlain by a weak A horizon. Dithionite extractable Al (Al_d) is low and lacks any trends, whereas Fe_d peaks in the A horizon. The Fe_d maximum coincides with the maximum organic matter accumulation and with a decarbonated A horizon, suggesting an association of the Fe with organics and/or an accumulation due to negative enrichment after the carbonate has been leached. The peak in $CaCO_3$ equivalent corresponds to the *Bl* horizon where maximum silt accumulation occurs, primarily as silt caps on the top-side of clasts. Since the silt fraction is mostly dolomite, remaining after the dissolution of calcite (Mann et al. 1986), and since the most intense decarbonation occurs at the surface; the silt must be transported from the surface horizons to the *Bl* horizon. Silt movement by percolating water was suggested by Forman and Miller (1984) while Van Vliet-Lanoë (1983) supports the contention that freeze/thaw episodes are responsible for downward migration of silt.

In the soil solution of Cannes, pH increases slightly with depth as does total inorganic carbon (TIC). The solution is supersaturated with respect to calcite in the C horizon, indicating that precipitation may occur. Both Mg and Ca correspondingly increase with depth. Secondary carbonates may be found throughout the soil on the undersides of clasts. The maximum development occurs below the horizon of maximum silt accumulation.

The soils of Arrigetch reflect the lusher vegetation typical of the inner fjord regions. Data for these soils is given in figure 2B. Arctic Brown soils dominate this area (Mann et al., 1986) with the major processes being : melanization; decarbonation/slight carbonation; and brunification.

These soils have a continuous O horizon and a highly organic A horizon (organic matter is 7.4 %). Decarbonation is virtually complete through the B horizon as evident by the $CaCO_3$ equivalent, soil solution pH, and Ca concentration (figure 2B). The soil solution from the C horizon is saturated with respect to calcite and this is the only horizon in which secondary carbonates were found. Decarbonation is accelerated by organic acids produced from decomposition and a high pCO_2. In the summer of 1984, the partial pressure of CO_2 in the soil atmosphere was 5 to 10 times above atmospheric. Accumulation of Fe_d peaks in the B horizon and is greater than at Cannes.

2. Wijdefjord

The dominant soils of the Ryper site are also Arctic Browns. These soils are similar to the Arrigetch soils but have several notable differences (figure 3). The parent material is non-calcareous, but there is an input of calcareous loess. Also leaching is less complete as noted by $CaCO_3$ equivalent peaking in the B horizon. The major soil-forming processes are : melanization; decarbonation of loess with carbonation at depth; and brunification.

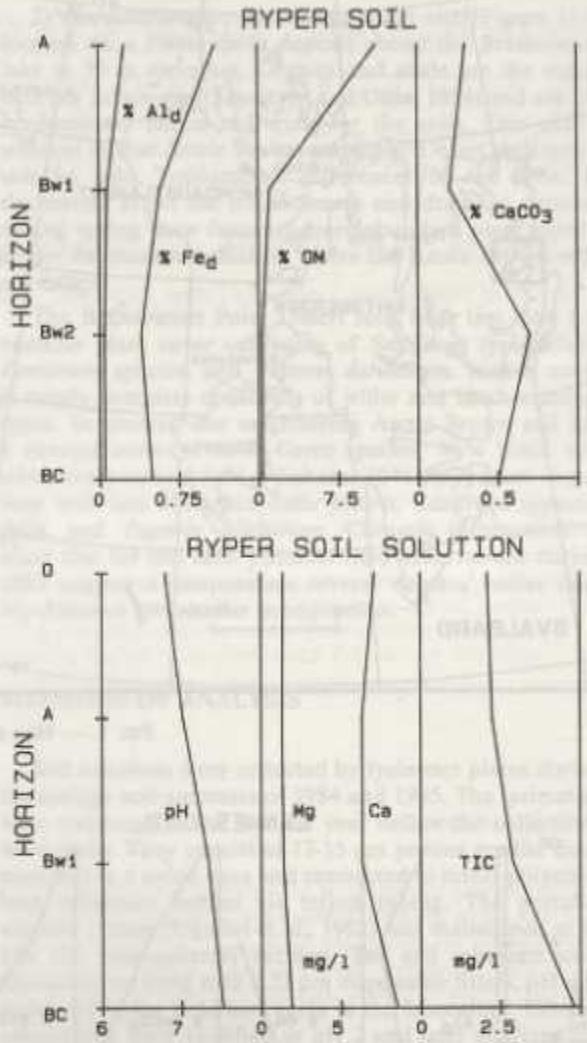


FIG. 3. — Soil and Solution chemistry of Wijdefjord soils, Ryper Site (Central Spitsbergen)

The probable source of loess is an outwash fan from the Tryggve glacier, located 2 km south. Analysis of the outwash sediment reveals a substantial calcite component.

3. Nordaustlandet

The soils of Brånevatnet are unique in that Polar Desert and Arctic Brown soils occur on the same landscape, displaying the effect of microclimatic and microtopographic variation. Soil solution studies have not been completed as of this time and therefore interpretation of processes is from solid phase soil analyses. The major soil-forming processes for the Polar Desert soil are : desert pavement formation; decarbonation of loess with carbonation at depth; and oxidation. While the major processes for the Arctic Brown type soil are: melanization; decarbonation of loess with carbonation at depth; and brunification.

Figure 4 shows the soil data. No chemical analyses could be performed on the Polar Desert DP horizon since this horizon lacks particles less than 2 mm in diameter. Compared to the Polar Desert soil, the Arctic Brown soil displays slightly greater Fe_d accumulation in the B hori-

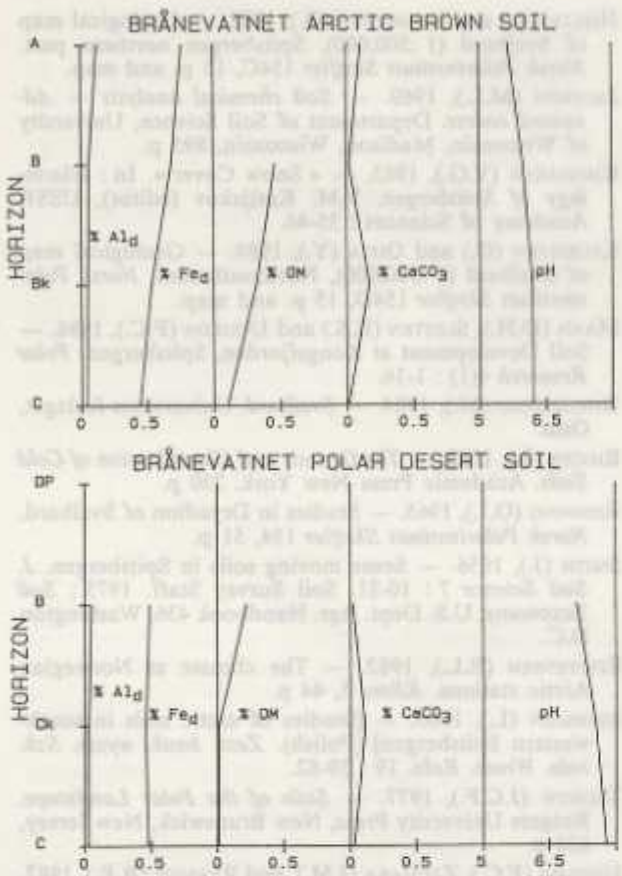


FIG. 4. — Soil chemistry of Brånevatnet sites (Nordaustlandet)
Note : The A horizon of the Arctic Brown soil is essentially all organic. The DP horizon of the Polar Desert soils contains no less than 2 mm material so no analyses were performed.

zon, greater organic matter accumulation, lower soil pH, and greater accumulation of $CaCO_3$ equivalent which is leached to a greater depth. The more intensive leaching in the Arctic Brown may be partially attributed to the vegetation, lowering the pH by organic acids and producing CO_2 leading to an elevated p CO_2. In addition, the slightly lower elevation will favor a greater accumulation of snow and will tend to channel drainage; and therefore more percolation may occur during spring thaw than in the Polar Desert soil.

The only source of calcareous material for both of the Brånevatnet soils is loess blown in from nearby glacial outwash plains and moraines. The more vegetated and lower relief surface of the Arctic Brown appears to be a more efficient loess trap. The loess has a low calcite content and therefore the $CaCO_3$ equivalents for these soils are less compared to other soils in this study.

SUMMARY & DISCUSSION

In the course of a pedological study of Svalbard four different sites located in different climatic and geological provinces were examined. The soils studied represent major genetic profiles of well-drained soils and the typical expression of the pedogenic processes operating at these latitudes (Ugolini 1986). In general, the soil studied in Svalbard shows features and processes reported for other areas of the Arctic (Tedrow, 1977). At all the sites it is apparent that most precipitation occurs as snow; therefore the major percolation event occurs during spring thaw. These soils have developed on surfaces which appear to be the least affected by periglacial processes.

The soil of the Cannes site, in the outer region of Kongfjord, reflects both the harsh climate and the parent material. Dissolution of dolomitic limestone with the release of silt size dolomitic fines appears to be the dominant process, especially at the surface. The released silt migrates to depth in response to water flow, or alternately, due to freezing and thawing episodes (Van Vliet-Lanoë, 1983). Calcium carbonate reprecipitates in the *Bl* horizon and below it. Iron and organic carbon are stabilized at the surface.

The Arrigetch site is in the inner region of Kongsfjord where climatic conditions are milder and vegetation lusher. The parent material is predominantly siliceous with some carbonate. Dissolution of carbonate has progressed through the A and B horizons; reprecipitation of carbonate occurs in the lower profile. Soil solution composition shows low values for Ca in the A and B horizons. Iron and organic carbon are stabilized in the A and B horizons.

The Ryper site, located in Wijdefjord, is drier than the Kongfjord region. Bedrock is exclusively siliceous, but eolian carbonate input occurs. Input of loess has also been noted at Adventdalen, Spitsbergen (Bryant, 1982). The Arctic Brown shows dissolution of carbonate at the surface and reprecipitation in the lower B. Iron and organic carbon are stabilized in the A horizon.

At Brånevatnet, in Nordaustlandet, climatic conditions are more severe and vegetation more sparse than at the other sites. Arctic Brown and Polar Desert soils occur in association on the same surfaces. Minor topographic differences affect the distribution of moisture. The Arctic Brown soil profile shows trends similar to the one at Ryper, but less leaching of the carbonates occurs from the surface. Iron and organic carbon are both stabilized at the surface horizons and decrease with depth. Maximum accumulation of carbonate occurs in the B horizon at 20 to 38 cm.

The Polar Desert profile shows minimal development. Iron is low and uniformly distributed. Organic carbon is low and accumulates at the surface. The maximum accumulation of carbonate occurs in the C horizon at 13 to 64 cm.

CONCLUSION

The soils presented in this paper illustrate the role that slight variations in climate and microclimate may have on soil development and processes. Upon a given landscape either Polar Desert or Arctic Brown soils may form. In general, the harsher environment of the coastal and outer fjord regions favors Polar Desert soils, while the milder inner fjord areas favor Arctic Brown soils. The Brånevatnet site does represent a balance between the two soil types and may indicate the limits of Arctic Brown formation.

Acknowledgements

We are grateful to Marie-Françoise André for assistance in the field and for suggesting the preparation of this manuscript. We thank Charles Pitz for his assistance in the laboratory and in the field, and David Marrett for his critical review and comments. Dan Mann worked with us in the field and was helpful in site selection and geomorphological interpretations. Kristian Sneltvedt of Kings Bay Coal Company was very helpful with logistics. We thank Margaret Lahde for typing the manuscript. We are also grateful to the helicopter pilots of Luft-transport, particularly Fred Hauglund and Erling Larsen for transporting us to our remote field sites, and for remembering to pick us up. This research was funded by National Science Foundation Grant DPP 8303624.

REFERENCES

ALLISON (L.E.), 1965. — Organic Carbon. In : *Methods of Soil Analysis*. C.A. Black (editor), Publication number 9 in the series : Agronomy, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, 1572 p.

BRATTBAKK (I.), 1981. — Brøggerhalvøya, Svalbard, Vegotasjonskart 1 :100,000, K. *Norske Vidensk. Selsk. Mus. Bot. avd. Trondheim. Norsk Polarinstitutt*, Oslo, 1980.

BRYANT (I.D.), 1982. — Loess deposit in lower Adventdalen, Spitsbergen. *Polar Research* 2 : 93-103.

BUNDY (L.G.) and BREMMER (J.M.), 1972. — A simple titrimetric method for determination of inorganic carbon in soils. *Soil Science Society of America Proceeding* 36 : 273-275.

FEDOROFF (N.), 1966. — Les sols du Spitsberg occidental. In : *Spitsberg 1964 et premières observations 1965*, Centre National de Recherche Scientifique, R.C.P. 42, Audin-Editeur, Lyon : 111-228.

FORMAN (S.L.) and MILLER (G.H.), 1984. — Time-dependent soil morphologies and pedogenic processes on raised beaches, Brøggerhalvøya, Spitsbergen, Svalbard Archipelago. *Arctic and Alpine Research* 16 : 381-394.

HJELLE (A.) and LAURITZEN (Ø.), 1982. — Geological map of Svalbard (1 :500,000), Spitsbergen northern part. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 154C, 15 p. and map.

JACKSON (M.L.), 1969. — *Soil chemical analysis — Advanced course*. Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, 895 p.

KHODAKOV (V.G.), 1985. — « Snow Cover ». In : *Glaciology of Spitsbergen*, V.M. Kotljakov (editor), USSR Academy of Sciences : 35-46.

LAURITZEN (Ø.) and OHTA (Y.), 1984. — Geological map of Svalbard (1 :500,000), Nordaustlandet. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 154D, 15 p. and map.

MANN (D.H.), SLETTEN (R.S.) and UGOLINI (F.C.), 1986. — Soil Development at Kongsfjorden, Spitsbergen. *Polar Research* 4(1) : 1-16.

NORDERHAU (M.), 1984. — *Svalbard*. Universitets forlaget, Oslo.

RIEGER (S.), 1983. — *The Genesis and Classification of Cold Soils*. Academic Press New York. 230 p.

RØNNING (O.I.), 1965. — Studies in Dryadion of Svalbard. *Norsk Polarinstitutt Skrifter* 134, 51 p.

SMITH (J.), 1956. — Some moving soils in Spitsbergen. *J. Soil Science* 7 : 10-21. Soil Survey Staff. 1975 : *Soil Taxonomy*. U.S. Dept. Agr. Handbook 436, Washington D.C.

STEFFENSEN (E.L.), 1982. — The climate at Norwegian Arctic stations. *Klima* 5, 44 p.

SZERSZEN (L.), 1965. — [Studies of arctic soils in southwestern Spitsbergen] (Polish). *Zesz. hauk. wyzsz. Szk. roln. Wroct. Roln.* 19 : 39-82.

TEDROW (J.C.F.), 1977. — *Soils of the Polar Landscape*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 638 p.

UGOLINI (F.C.), ZACHARA (J.M.), and REANIER (R.E.), 1982. — Dynamics of soil-forming processes in the Arctic. *Proceedings of Fourth Canadian Permafrost Conference*, Calgary, Alberta, p. 103-115.

UGOLINI (F.C.), 1986. — Pedogenic Zonation in the Well-Drained Soils of Arctic Regions. *Quaternary Research* 26 : 100-120.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1983. — Etudes cryopédologiques au sud du Kongsfjord, Svalbard. *Publication Interne du Centre de Géomorphologie du Centre National de la Recherche Scientifique*. Caen, 39 p.

RECHERCHES CRYOPÉDOLOGIQUES SUR LA RIVE SUD DU KONGSFJORD : DE L'ORIGINE DES SOLS STRUCTURÉS PÉRIGLACIAIRES. GONFLEMENT CRYOGÉNIQUE DIFFÉRENTIEL ET GRADIENT DE GÉLIVITÉ

par Brigitte VAN VLIET-LANOË

Centre de Géomorphologie du C.N.R.S., Caen, France.

RÉSUMÉ. — La dynamique et la morphologie des sols structurés du Spitzberg du Nord-Ouest est essentiellement contrôlée par le gonflement cryogénique différentiel, en relation avec la qualité du drainage en automne et le gradient de gélivité. Ce gradient de gélivité peut être sédimentaire ou résulter du lavage de particules fines pendant la fonte, provenant notamment de la gélifraction et de la dissolution différentielle des roches. La matière organique peut également jouer un rôle important pour la cryoturbation.

Mots-clés : N.O. Spitsberg — Périglaciaire — Gélifraction.

ABSTRACT. — **Cryopedological researches on the southern coast of the Kongsfjorden : the origin of periglacial pattern-ground. Differential frost heave and frost susceptibility gradient.** *The dynamic and morphology of patterned ground in N.W. Svalbard is essentially controlled by differential frost heave related to the autumn drainage quality and the frost susceptibility gradient. This gradient can be of sedimentary origin or be promoted by fine particles translocation during melting, produced by rock frost shattering and differential dissolution. Organic matter increases also the frost susceptibility.*

Key-words : *NW Spitsbergen — Periglacial — Frost-action.*

INTRODUCTION

Les études de phénomènes périglaciaires actifs et fossiles sont presque toujours restreintes aux formes les plus évidentes comme les polygones de toundra, les sols striés, les lobes de gélifluxion et les cryoturbations. Mais, le phénomène de loin le plus commun dans ce type de milieu est, malgré sa discrétion, la formation de glace de ségrégation en lentilles, responsable de l'essentiel du gonflement cryogénique et, de ce fait, à la base de toutes les déformations périglaciaires aussi bien sur pente qu'en milieu subhorizontal.

Pendant les missions brèves de 1982 et de 1985, nous avons décrit avec un regard microstratigraphique et pédologique différents types de microformes périglaciaires, ce plus particulièrement en relation avec la qualité du drainage, le type de végétation et la microtopographie. Nous nous sommes attachés principalement aux dépôts éoliens de texture sablo-limoneuse et aux silts et autres débris de gélifraction du calcaire dolomitique carbonifère. Ces études de terrain ont été complétées — par un enregistrement des températures du sol dans le site cryoturbé de Gåsebu (fig. 1) quasiment en continu pendant l'année 1982-83 et, — par des profils thermiques instantanés relevés au cours de diverses circonstances météorologiques en différents sites complémentaires choisis en 1985. Ce travail a également été complété par des analyses granulométriques et physico-chimiques effectuées par les laboratoires du Centre de Géomorphologie du C.N.R.S.,

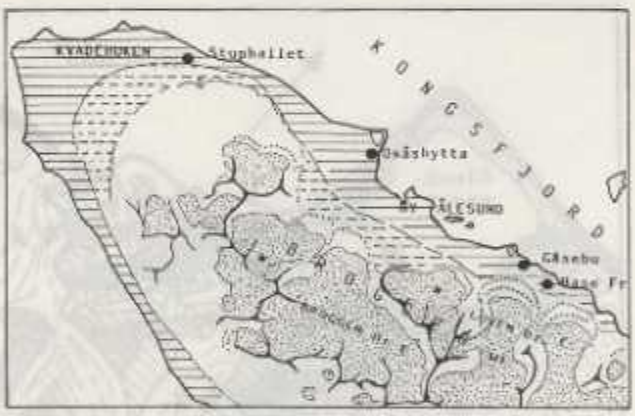


FIG. 1. — Carte de localisation des différents sites étudiés en relation avec les niveaux glacio-marins holocènes (hachures continues) et pré-holocènes (hachures tiretées).

par une étude micropédologique (pétrographique) des formations meubles étudiées, à la fois en lumière transmise (organisations microstructurales cryogéniques), en épifluorescence bleue et U.V. (matières organiques et porosité) et microscope électronique à balayage (origine des silts).

Les exemples utilisés dans cet article sont situés dans un contexte stratigraphique connu, c'est-à-dire les surfaces

glacio-marines holocènes et pré-holocènes (fig. 1) (Forman et Miller 1984, Le Fauconnier 1986). L'âge relatif des formations glacio-marines récentes a été estimé par l'intensité de développement des structures cryogéniques (Van Vliet, 1983).

ORIGINES ET CARACTÉRISTIQUES PÉDOSÉDIMENTAIRES

Dans ce secteur du Spitzberg, la *gélifraction* est active, plus particulièrement à proximité du Kongsfjord, dans les zones exposées aux embruns marins. Les plages ou les arcs morainiques, même lorsqu'ils sont de texture relativement riche en fine montrent nettement moins de sensibilité au fractionnement que les zones de sandur, immédiatement en arrière des cordons littoraux. La gélifraction efficace correspond aux zones où l'eau disponible pour ce processus est faiblement saline, c'est-à-dire, en gros, aux sols halophiles de la figure 2 (unités 13 et 14, Van Vliet, 1983). Cette observation est en accord avec celles effectuées sur le terrain et en laboratoire par J. Mac Greevy (1982). La tectonique est également un élément important favorisant la gélifraction : une telle préparation de la roche induit une sensibilité extrême au fractionnement, plus particulièrement en milieu légèrement salin. Ce phénomène est flagrant sur les paléofalaises littorales en exposition nord ou N-E, correspondant souvent à des miroirs de faille (unité 12, fig. 2); ce processus y réduit considérablement la colonisation de la roche par les lichens et autres végétaux. Les calcaires massifs comme les biostromes ne fournissent généralement que des gros blocs, même s'ils sont tectonisés; par contre, les faciès lithographiques sont extrêmement sensibles au voisinage immédiat d'une faille (3 à 5 m) et donnent une grande proportion de petits gélifracts semblables à ceux des grèzes litées étudiées en Charente par J.C. Ozouf et J.P. Coutard (1983); l'analogie est d'ailleurs étonnante. Ce phénomène aura un impact direct sur la répartition et le type de formes périglaciaires (Van Vliet 1983).

Cependant en profondeur, cette gélifraction est, dans la majorité des sites, accompagnée par une dissolution sélective des carbonates permettant l'apparition de *silts résiduels* de nature essentiellement dolomitique; ils sont déchaussés par la gélifraction, principalement à la face supérieure des gélifracts. Cette dissolution résulte soit de l'action des chlorures en situation littorale, soit d'une altération biogéochimique résultant de l'action des nitrates (algues bleues) et de celle des acides organiques (mycéliums et lichens) en milieu végétalisé. Ce phénomène est actif à partir d'une dizaine de centimètres de profondeur et est facilement décelable sur le terrain par la présence d'un cortex spongieux à la face supérieure des blocs. Notons que ces observations confortent les analyses chimiques effectuées par R. Sletten et F. Ugolini (1986) dans ce même secteur. Les carbonates dissous reprécipitent en profondeur sous influence biologique (actynomycètes et bactéries) recouvrant d'encroûtement d'aragonite et de calcite en pendeloques la base des blocs gélifractés ou le plafond d'anfractuosités du calcaire. Nous n'avons jamais observé de précipitations en relation directe avec la ségrégation de glace.

Cette production de silts résiduels est souvent polluée par un apport limoneux ou sableux d'origine éolienne et par du silt organique; elle constitue la matrice fine la plus fréquente des sols périglaciaires sur calcaire.

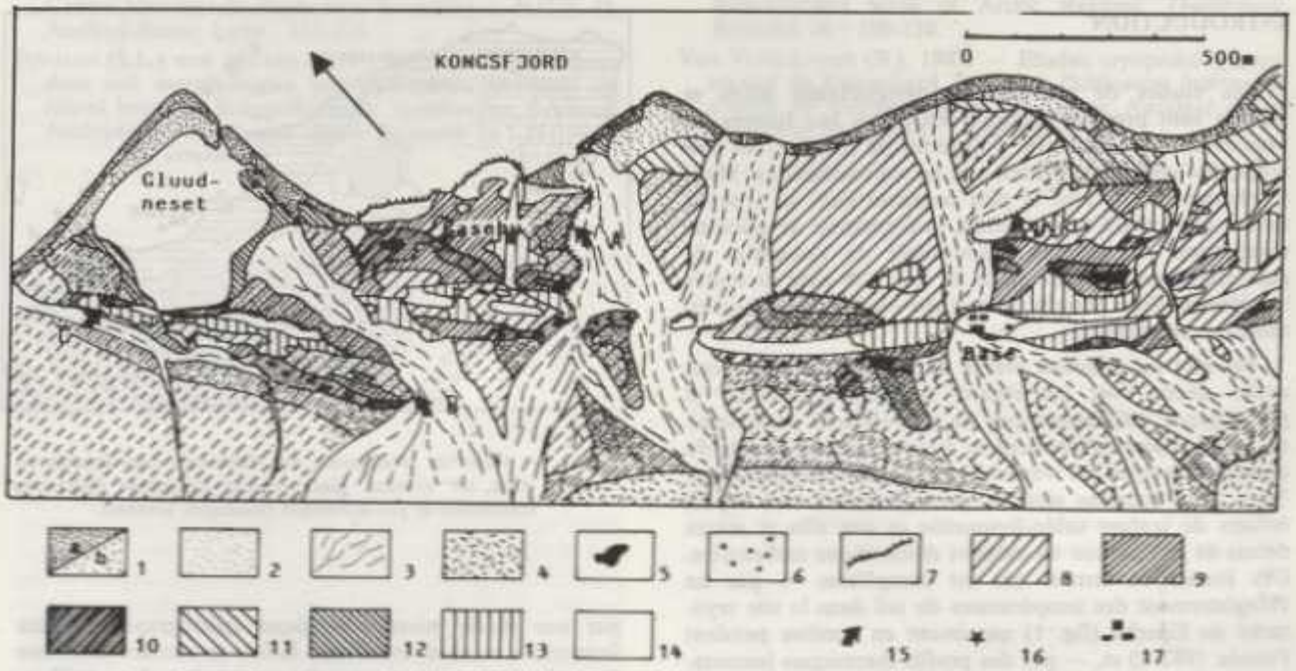


Fig. 2. — Carte de la qualité du drainage superficiel des sols.

1a cordon littoral actif; 1b cordon littoral inactif; 2 sable éolien; 3 sandur; 4 moraine; 5 mare permanente; 6 blocs cryoexpulsés; 7 falaise; 8 drainage modéré; 9 drainage imparfait; 10 drainage médiocre; 13 milieu bien drainé; 14 roche en place; 11 et 12 drainage modéré et imparfait en milieu saumâtre; 15 sites étudiés; 16 station thermique; 17 habitat.

Les dépôts éoliens sont fréquents mais relativement peu épais. Ils sont en relation directe avec la déflation des sandurs comme l'a observé A. Pissart dans l'île du Prince Patrick (1966; Canada) et des périodes de réchauffement climatique. Deux générations importantes ont pu être mises en évidence en 1985. Une première génération correspond à la grande activité des sandurs du Postglaciaire et surtout à l'Atlantique; la seconde, encore sporadiquement active, correspond à l'amélioration climatique postérieure au Petit Age Glaciaire; elle inclut à sa base des poussières de charbon provenant de la mise en activité de la mine de Ny Ålesund (1917; Van Vliet 1983) et, a pu être corrélée en collaboration avec A. Hequette, avec une génération d'estrans du même âge (Brandalpynten et Gluudnesset) (Van Vliet et Hequette 1987). Le sable se dépose principalement sous le vent des grands sandurs du Mindre et du Vestre Loven Breen, en relation avec les vents catabatiques de l'E-NE (Van Vliet 1983), remaniant également les épandages deltaïques littoraux. La déflation est essentiellement active en fin d'été, lorsque la neige a fondu, que les sols se sont drainés et qu'en altitude, l'ablation glaciaire se tarit. La sédimentation se produit préférentiellement au niveau de mouillères, tels que les névés semi-permanents existant en exposition NE, les résurgences de nappes supra-pergélisol, ou, comme à Gåsebu, les dépressions mal drainées. Leur fixation par la végétation est par contre très faible; leur contenu en matières organiques est variable selon l'état de végétalisation du sandur et selon la vitesse de sédimentation.

L'humification des horizons organiques est très lente. La plupart des humus récoltés dans ce secteur sont relativement peu évolués (mor et moder) par comparaison avec ceux prélevés en milieu plus continental, comme c'est le cas du secteur de Longyearbyen (mull arctique). Cette humification est caractérisée :

1°) par une intense activité du mycélium (mélanisation) en relation avec la présence de nombreuses mycorhizes, une hydrolyse bactérienne et la présence de bactéries ferro-oxydantes;

2°) par une dilacération des racines et autres débris végétaux par la glace de ségrégation qui hache le matériel en petits fragments de la taille des sablons ou des silts, permettant leur lessivage en profondeur avec fractions minérales et les produits organiques hydrosolubles;

3°) par une bioturbation réduite; cette faible activité de la faune, liée surtout à la présence de collembolles et d'oribates (microathropodes) et plus sporadiquement à celles de larves d'insectes (diptères et coléoptères) est limitée par la déssiccation estivale des litières en milieu bien drainé et par les températures froides subsistant tout l'été à faible profondeur ($< 4°$ C). Le milieu le plus favorable pour l'activité de la faune du sol correspond aux buttes des petits palses tourbeux existant notamment dans la mare de Gåsebu. Par contre, les milieux engorgés bien que thermiquement un peu plus favorables sur 20 ou 30 cm de profondeur ne sont guère fréquentés au-delà de 3 à 5 cm en raison du caractère rapidement confiné du milieu (Van Vliet 1986 à paraître).

Le rapport C/N des horizons superficiels est relativement bas, comme l'avait déjà observé N. Fedoroff en 1966; il est généralement voisin de 10, surtout dans les horizons organiques enfouis ou les accumulations épaisses. Les litières de Dryas bien drainées présentent un taux un peu plus élevé (15). Toutes ces valeurs sont cependant plus basses que celles relevées en toundra arctique alaskienne par Marion et Miller (1986), résultant sans doute ici de la très large contribution des algues et des mousses à la construction des humus et de la très faible minéralisation de la matière organique consécutivement aux basses températures estivales. Les structures tissulaires sont encore parfaitement conservées dans des humus enfouis depuis 9 000 ans (couche active).

Ces accumulations organiques ont également une très grande importance pour la compréhension de la dynamique des sols cryoturbés. Leur présence accroît énormément la rétention en eau des sédiments et de ce fait accroît notablement leur gélivité, même si elles sont présentes en faible quantité, comme l'a observé empiriquement N. Tsytovich (1975). En fait, les teneurs en matières organiques des sédiments frais sont importantes (0.5 à 0.6 %) et résultent en plus du lessivage des produits organiques évoqués plus haut du développement d'algues bleues en surface du sol en été et du vannage des litières.

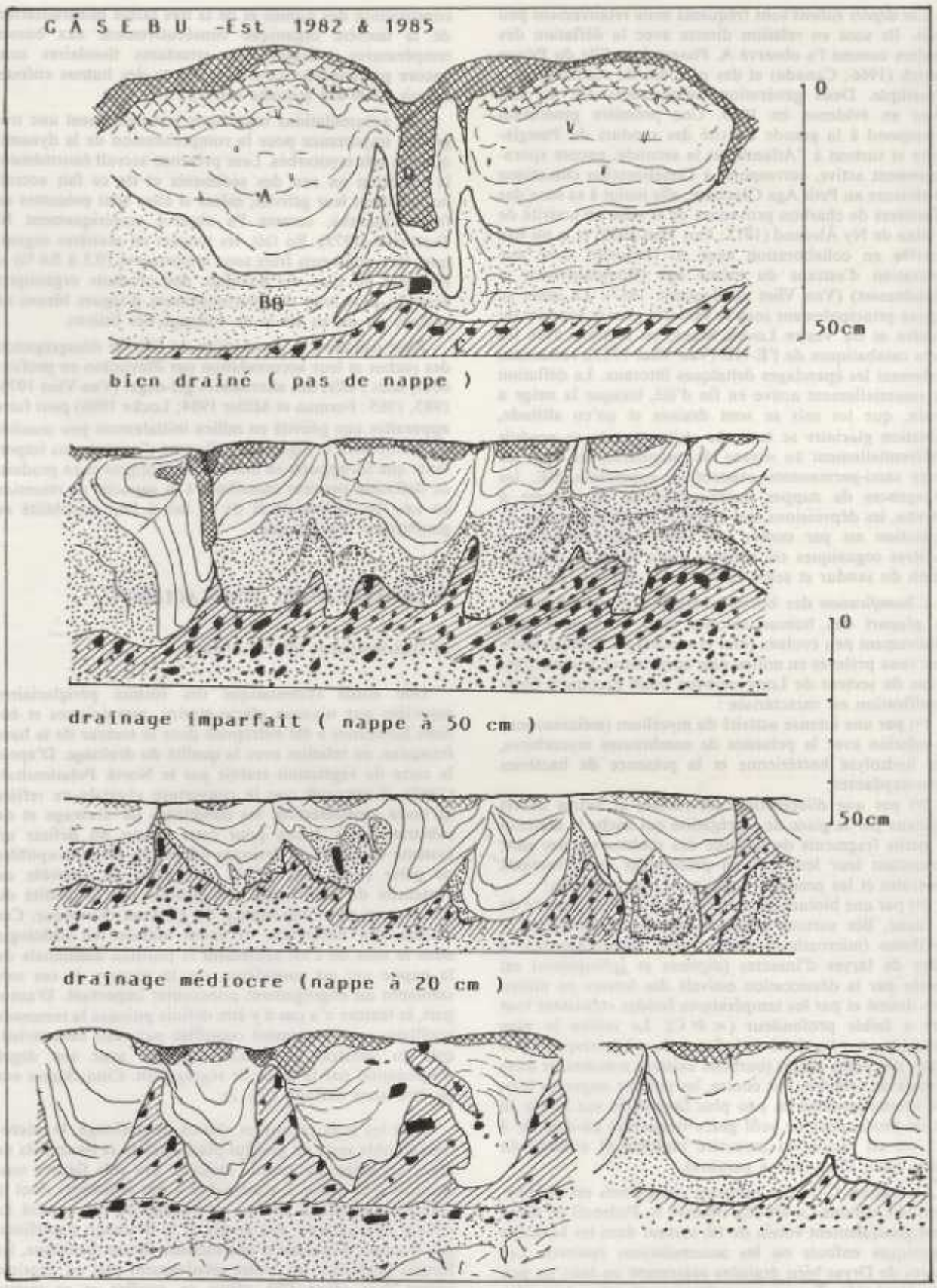
Pour conclure, la production de silts de désagrégation des roches et leur accumulation par illuviation en profondeur, sous l'effet des alternances gel-dégel (Van Vliet 1976, 1983, 1985; Forman et Miller 1984; Locke 1986) peut faire apparaître une gélivité en milieu initialement peu sensible au gonflement cryogénique; elle sera d'autant plus importante que les apports en matières organiques et en produits de déflation peuvent contribuer à la capacité de rétention en eau des sédiments et de ce fait à leur sensibilité au gonflement cryogénique.

SOLS STRUCTURÉS PÉRIGLACIAIRES

A) Distribution et rôle du drainage.

Une étude systématique des formes périglaciaires associées aux niveaux glacio-marins, morainiques et éoliens holocènes a été entreprise dans le secteur de la base française, en relation avec la qualité du drainage. D'après la carte de végétation établie par le Norsk Polarinstitutt (1982), il apparaît que la couverture végétale ne reflète qu'assez grossièrement les conditions de drainage et de substrat. Nous avons pour cette raison dû définir un système de classe de drainage adapté au sols susceptibles de geler (Van Vliet 1983), en raison du contrôle de l'intensité du gonflement cryogénique par la qualité du drainage et par l'importance du gradient thermique. Ces classes sont différentes de celles utilisées en pédologie dans le sens où c'est seulement la position automnale de la nappe qui est considérée, car la plupart de ces sols subissent un engorgement printannier important. D'autre part, la texture n'a pas à y être définie puisque la remontée capillaire est directement contrôlée par cette caractéristique du substrat, en relation directe avec son degré d'agrégation par la glace de ségrégation. Cinq classes ont pu être ainsi définies (fig. 2):

Pour les trois premières classes de drainage, la microtopographie reste en général plane, palses et bourrelets de blocs exceptés. La grande majorité des sols figurés sont associés à la classe 3, c'est-à-dire à des sédiments dont la teneur superficielle en eau est voisine de la capacité au champ en automne. Par contre si le drainage s'améliore, par exemple à la suite d'une incision thermokarstique, les formes possédant un centre relativement plat ou déprimé voient leur plage fine gélive se gonfler et se mettre progressivement en relief. Cette différence de comportement selon la qualité du drainage est liée en milieu engorgé à une rigidification rapide au gel de l'horizon de


GÂSEBU -Est 1982 & 1985
0
A
BB
50cm
bien drainé (pas de nappe)
0
drainage imparfait (nappe à 50 cm)
50cm
drainage médiocre (nappe à 20 cm)

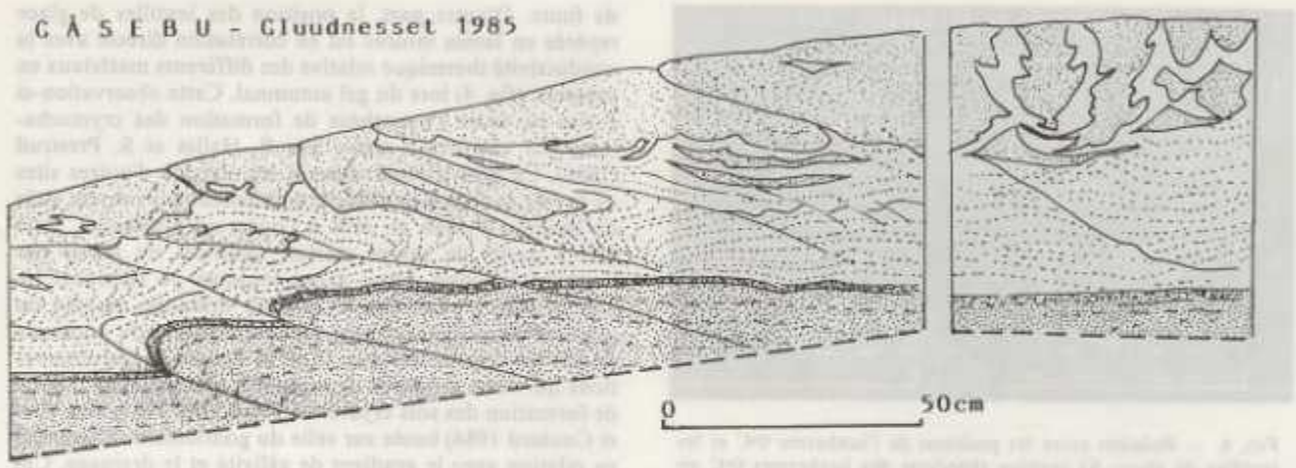


FIG. 3 A : Gåsebu Est, site A et B de la figure 2; type de cryoturbation en relation avec le drainage estival; A sable éolien fin, B sable éolien littoral, C limon humifère, D humus.

3B : Gåsebu-Gluudneset, site C de la figure 2; cryoturbation sur pente en milieu éolien.

CLASSE	CARACTÉRISTIQUES	FORMES PÉRIGLACIAIRES
1	plan d'eau permanent et peu profond	palses
2	drainage médiocre : nappe subaffleurante à moins de 5cm de profondeur. pF < 1	ostioles plates, cercles mal formés polygones à centre déprimé blocs expulsés
3	drainage imparfait : remontée capillaire saturante sensible en surface; pF < 2.5	majorité des sols structurés
4	drainage modéré : remontée capillaire saturante sensible jusqu'à 50 cm environ surélevé pF superficiel > 2.5	hummocks et polygones à centre surélevé
5	bien drainé à très bien drainé, pas d'influence décelable de la nappe; profil à l'état frais sur toute son épaisseur (pF≥3)	hummocks et sols polygonaux à centre surélevé.

surface, qui bloque ou limite l'expression superficielle du gonflement cryogénique différentiel des sols quelle que soit leur texture : nous avons pu observer des ostioles sableuses. D'autre part, les enregistrements thermiques effectués sur le terrain et les données climatiques concernant Ny Ålesund montrent qu'il n'existe qu'un seul cycle de gel efficace par an à l'altitude envisagée (0 à 80 m) et que la nappe phréatique remonte fin août pour atteindre sa position automnale vers la mi-septembre. Une dernière observation importante concerne les sols à buttes bien drainés : ici, à la différence des formes similaires décrites par S. Zoltai et C. Tarnocai (1981) ou Mac Kay (1980) en Arctique canadien, le sommet du pergélisol reste relativement plat au lieu de présenter une microtopographie en cuvette comme dans les formes plus méridionales.

B) Mécanismes de cryoturbation

Cryoturbations en milieu sableux

Le site étudié le plus en détail est situé à 200 m à l'est de la cabane de Gåsebu (site A, fig. 1), site découvert à la faveur d'un effondrement thermokarstique. Il est situé sur un niveau glacio-marin voisin de 1 m 50 et nous a permis d'observer la présence d'une microtopographie plane de superbes cryoturbations affectant deux dépôts éoliens successifs. Dans certains cas, les cryoturbations affectent également un silt humifère correspondant à un paléosol humique conservé entre les deux dépôts, localement enrichi en fines par une accumulation silto-organique suprapergélisol ou par un silt calcaire de gélifraction du substrat. Le niveau de la nappe peut fluctuer; les enregistrements thermiques nous ont montré qu'elle se situe en moyenne à 30 cm en fin d'été (pergélisol à 70 cm) alors que pendant l'été sec et chaud de 1985, elle se localisait à 1 m de profondeur (pergélisol à 1 m 20). Enfin, comme nous l'avons observé par cartographie des formes, l'aspect des cryoturbations et de la microtopographie varient selon la qualité du drainage.

Ce secteur est affecté par deux réseaux emboîtés de fentes : un réseau de cryodessiccation de 25 à 40 cm de maille et un réseau de contraction thermique de maille métrique. En début d'automne toutes les fentes sont largement ouvertes comme le montre la présence systématique de feuilles entières de saule polaire, de saxifrages et de dryas ou de dépôt éolien frais.

En milieu à drainage imparfait, lorsque le substrat sous-jacent est un sable grossier, le massif éolien fin est modérément perturbé par l'injection remontante quoique comprimée latéralement; il peut se former localement des

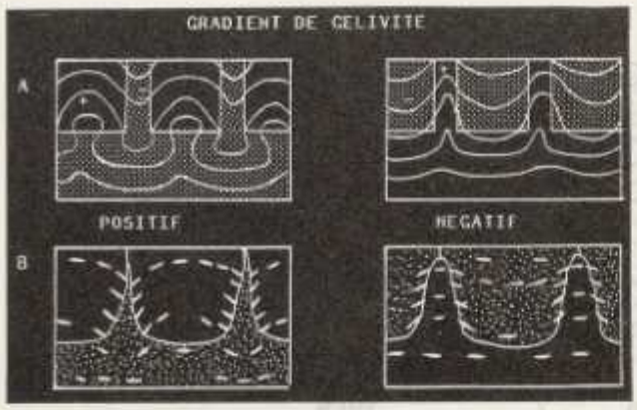


FIG. 4. — Relation entre les positions de l'isotherme 0°C et les lentilles de glace; A) position théorique des isothermes 0°C en fonction de la différence de gélivité; B) position des lentilles de glace relevées en lames minces dans le site A de Gåsebu (fig. 2).

diapirs. Lorsque le substrat est limono-humique, l'injection et la compression latérale subsistent et s'accentuent pouvant aboutir à l'apparition d'ostioles identiques à celles décrites par A. Pissart dans l'Ile de Banks (1976). Cette observation effectuée à 50 m de la précédente exclut de facto une activité du load casting comme mécanisme de cryoturbation comme le pensent Cegla et Dzulinski (1970) et Vandenberghe & Vandenbrœck (1982) : les figures d'injection apparaissent aussi bien en présence d'un gradient négatif que d'un gradient positif de densité (le sable grossier est à saturation hydrique un peu plus dense que le limon) ou d'un gradient négatif ou positif de gélivité, le limon humifère étant beaucoup plus gélif que le sable fin et surtout que le sable grossier. Dès que le drainage s'améliore (milieu modérément à bien drainé) de petits hummocks se développent dans les horizons superficiels de la couche active. Aucune nappe n'a jamais été observée dans les sites de ce type (fig. 1; fig. 3A). L'étude micromorphologique des différentes formes d'injections nous a permis de mettre en évidence la persistance des traces de glace de ségrégation en lentilles aussi bien dans les prismes de sable fin que dans les injections. Ceci suppose que le processus d'injection se produit alors que le substrat est humide et non encore gelé et, qu'il ne se produit pas ou peu de liquéfaction à ce niveau en période de fonte. D'autre part, la position des lentilles de glace repérée en lames minces est en corrélation directe avec la conductivité thermique relative des différents matériaux en présence (fig. 4) lors du gel automnal. Cette observation-ci exclut de facto l'hypothèse de formation des cryoturbations par convexion émise par B. Hallet et S. Prestrud (1986). Ce type d'observation a été élargi à d'autres sites de la rive sud du Kongsfjord, notamment à Oxahytta, près de Brandal Pynten et, plus à l'ouest au Stuphallet, cette fois à partir de sables marins, colluviés ou repris par l'activité éolienne. Nous avons toujours pu retrouver les mêmes lois, c'est-à-dire le rôle du drainage, le rôle du gradient de gélivité et plus particulièrement du contraste de gélivité entre matériaux. C'est la somme de ces observations qui nous a permis de présenter une nouvelle théorie de formation des sols cryoturbés (Van Vliet 1985, Van Vliet et Coutard 1984) basée sur celle du gonflement différentiel en relation avec le gradient de gélivité et le drainage. Ces observations confortent également celles effectuées expérimentalement par A. Pissart (1982).

Sols structurés périglaciaires

Nous avons appliqué ces observations aux autres formes de sols périglaciaires, notamment dans le cadre des coupes du site du Stuphallet (fig. 5). Ici une vase glacio-marine rougeâtre est surmontée par un gravier roulé puis par un sable lagunaire calcaire; elle nous a permis de comprendre la genèse des ostioles et cercles de pierres dans un contexte lithologique contrasté au point de vue gélivité et dans des conditions de drainage imparfaites (classe 3). Des massifs de vase glacio-marine gonflent et finissent par crever la surface des sables lagunaires sous forme d'ostioles à condition qu'elles soient situées à l'aplomb du nœud du réseau fissural, réseau d'origine thermique dans ce cas-ci. Il s'agit toujours d'un processus d'injection très lent du substrat. En laboratoire, avec J.P. Coutard, nous avons d'ailleurs constaté au cours de différentes modélisations qu'en l'absence de réseau ce processus ne pouvait se produire qu'en présence d'une couche superficielle de graviers secs, observation déjà formulée par A. Pissart (1982).

La séquence d'apparition des formes relevée au Stuphallet nous a permis d'élargir notre théorie de la cryoturbation à toutes les formes de sols structurés périglaciaires. L'apparition d'ostioles ou de cercles au sein de plages gélives grossières gélives ou non peut s'expliquer facilement :

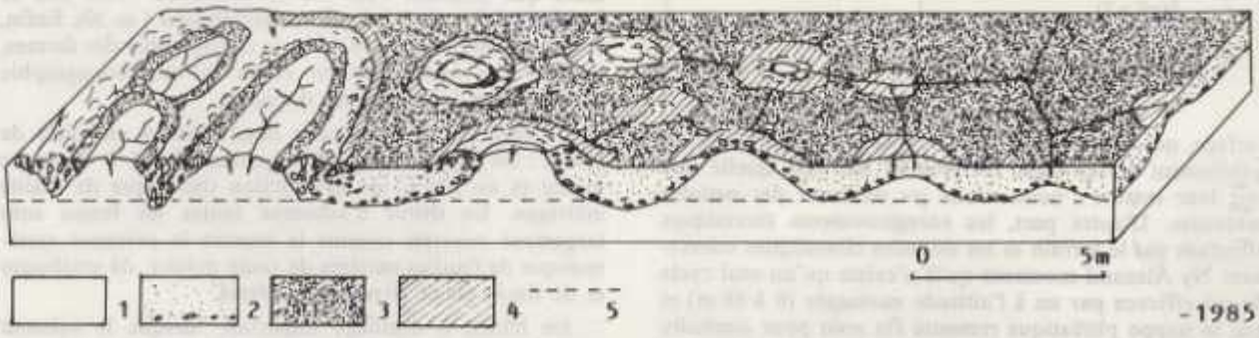


FIG. 5. — Séquence d'apparition de cercles de pierre au Stupphallet; 1 vase glacio-marine rouge; 2 sable et gravier lagunaire calcaire; 3 croûte cryptogamique noire (lichens et mousses); 4 croûte de lichens gris; 5 niveau estival de la nappe.

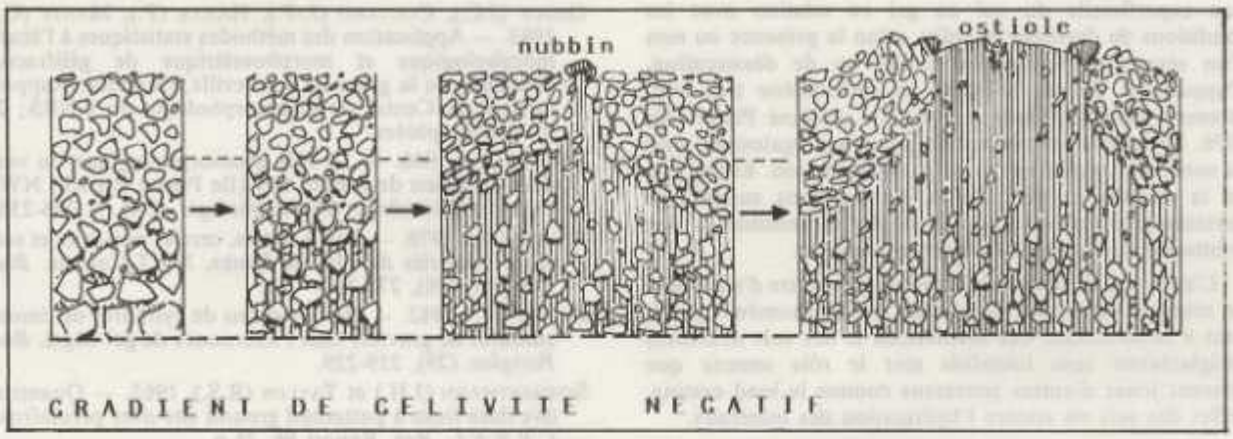


FIG. 6. — Séquence de constitution d'un gradient de gélivité négatif par désagrégation des roches calcaires carbonatées par le gel et la dissolution sélective et illuviation des produits fins en profondeur (Kvadehuken).

1°) par la *présence originale d'un gradient de gélivité négatif* lié à la mise en place du dépôt comme c'est le cas au Stuphallet.

2°) par l'acquisition secondaire d'un gradient de gélivité négatif

a) soit par illuviation des fines produites par la gélifraction en profondeur au fur et à mesure du vieillissement du dépôt, ce qui entraîne la constitution d'une semelle limoneuse d'accumulation (Van Vliet 1983) ou celle d'un B silteux (Forman et Miller 1984, Locke 1986), comme c'est le cas des dépressions inter-cordons littoraux de Kvadehuken, au NW de la Péninsule du Brögger.

b) soit par cryoexpulsion relative des blocs et constitution d'un pavage superficiel, comme c'est le cas de certaines dépressions intra-morainiques.

La remontée ou l'injection du matériel gélif repoussera le matériel grossier superficiel qui pourra s'organiser en *cercles de pierres coalescents*.

Par contre si le gradient originel est positif, le matériel sous-jacent se fera injecter comme dans le cas des sables grossiers de Gåsebu et formera un réseau de matériel grossier délimitant des plages fines contiguës mais non-coalescentes. Il se formera des *polygones triés ou des cercles de pierres contigus*, souvent décelables par la présence de gros blocs verticaux à l'aplomb des contacts de formes.

Enfin, si le drainage s'améliore, les formes initialement à centre plat ou déprimé voient leur massif gélif se gonfler et se mettre en relief par disparition de la rigidification superficielle au gel. On retrouve une séquence identique à celle des sables. Il se forme des hummocks quelle que soit l'origine de la forme. Cette différence de comportement est encore accentuée par la formation de glace de regel en profondeur au début du printemps (Igout 1971, MacKay 1980). Cette observation explique la grande variété des formes appelées hummocks ou sols à buttes, qui dérivent soit de sols structurés périglaciaires, mais aussi de buttes de croissance végétale simple (forme azonale), de buttes mixtes liées à la croissance végétale accentuée par une capture de sédiments (éoliens, fluvioglaciaires) comme c'est le cas des formes du sandur de la Bayelva (Van Vliet 1986).

D'autre part au fur et à mesure du vieillissement des formes, les fractions fines (silts fins et argiles) sont illuviés même au sein des plages fines (Schmertmann et Taylor 1965; Van Vliet 1985, 1986; Locke 1986). Ce phénomène modifiera donc la stabilité de l'agrégation cryogénique des horizons superficiels qui deviendront de plus en plus instables et pourront se liquéfier au dégel ou en période de grosses pluies; des flaques de boue ou de skin flows sont en effet beaucoup plus fréquents en milieux périglaciaires déglacés depuis plus de 7 000 ans, comme c'est le cas des formes décrites par Shilts (1978).

Sur pente, ce sont ces mêmes phénomènes qui président à l'apparition des sols périglaciaires : rôle du drainage et du gradient de gélivité. Les sols structurés peuvent par exemple apparaître au sein de coulées de solifluxion en présence d'un gradient négatif. Les coupes décrites, en présence de pente en milieu éolien (fig 3B) dans le secteur de Gåsebu, montrent que dans la direction perpendiculaire à la pente, on retrouve des formes classiques de sols cryoturbés alors que, selon la pente, il se forme des sols striés avec étirement et fauchage des réseaux de dessiccation qui prennent un aspect de plan de cisaillement. Le même phénomène se produit en présence de sols à buttes.

CONCLUSIONS

Les conditions pédoclimatiques prévalant dans les sols du Spitzberg du NW favorisent l'apparition d'une gélivité même au sein de matériaux peu favorables, d'une part par gélifraction et désagrégation des roches, d'autre part, par accumulation de matières organiques et enfin par saupoudrage éolien couplé au lessivage des particules en profondeur. Ces processus permettent la constitution de gradient de gélivité en milieu non-stratifié au fur et à mesure de la transformation des dépôts superficiels sous l'action répétée de la ségrégation de glace et du lavage à la fonte, en d'autres termes, de leur diagénèse périglaciaire. Ces gradients de gélivité vont présider à l'apparition par gonflement cryogénique différentiel des sols structurés périglaciaires, selon le caractère positif ou négatif du gradient, selon la présence ou l'absence d'une rigidifica-

tion superficielle du sol au gel en relation avec les conditions de drainage et enfin, selon la présence ou non d'un réseau de fentes thermiques ou de dessiccation. L'apparition de ces sols est un phénomène très lent, rarement catastrophique, comme l'a souligné Pissart dès 1976. Sur pente ces phénomènes existent également mais ils sont en compétition avec la cryoreptation. Enfin, lors de la diagénèse périglaciaire, les horizons superficiels deviennent de plus en plus instables et sensibles à une éventuelle surcharge hydrique printannière.

L'avantage de cette théorie est de permettre d'expliquer de manière cohérente l'ensemble des phénomènes présidant à la formation des involutions et des sols structurés périglaciaires sans toutefois nier le rôle annexe que peuvent jouer d'autres processus comme le load casting, l'effet des sels ou encore l'hydratation des minéraux.

BIBLIOGRAPHIE

CEGLA (J.) et DZULINSKY (S.), 1970. — Wklady niestatecznie wartwowane i ich wystepowanie w srodowisku peryglacjalnym. *Acta Univer. Wartislaw.* n° 124, Studia Geograficzne *13*, 17-42.

FEDOROFF (N.), 1966. — Les cryosols. *Science du sol* (2), 77-110.

FORMAN (S.) et MILLER (G.), 1984. — Time dependant soil morphologic and pedogenic processes on raised beaches, Bröggerhalvöya, Spitzbergen, Svalbard Archipelago. *Arctic and Alpine Research, 16*, (4), 381-394.

IGOUT (M.), 1971. — Le Massif du Chambeyron méridional (Alpes de Haute Provence), étude morphologique. Mémoire de maitrise, Univers. Aix en Provence, 146 p.

HALLET (B.) et PRESTRUD (S.), 1986. — Dynamics of periglacial sorted circles in Western Spitzbergen. *Quaternary Research*, (4), 81-99.

LEFAUCONNIER (B.), 1990. — Fluctuations récentes des glaciers dans le Kongsfjord (baie du Roi), 79°N Spitsberg, Svalbard. *Inter-Nord* n° 19. Paris : Ed. du CNRS, p. 449-453.

LOCKE (W.W.), 1986. — Fine particles translocation in soils developped on glacial deposits Southern Baffin Island, NWT, Canada. *Arctic and Alpine Research, 18*, (1), 33-43.

MARION (G.M.) and MILLER (P.C.), 1982. — Nitrigen mineralization in a tussock tundra soil. *Arctic and Alpine Research, 14*, (4), 287-293.

MAC GREEVY (J.P.), 1982. — Frost and salt weathering : further experimental results. *Earth Surface process and Landforms*, 7, (5), 475-487.

MACKAY (J.R.), 1980. — The origin of the hummocks, Western Arctic Coast Canada. *Canadian Jour. Earth Sc. 17*, 996-1006.

OZOUF (J.C.), COUTARD (J.-P.), HIOLLE (P.), MANTE (C.), 1983. — Application des méthodes statistiques à l'étude morphologique et morphométrique de gélifracts : l'exemple de la grèze de Sonneville, Charente. Rapport interne du Centre de Géomorphologie du CNRS; 24 p. multigraphiées.

PISSART (A.), 1966. — Le rôle géomorphologique du vent dans la région de Mould Bay (Ile Prince Patrick) NWT Canada. *Zeitschrift. Geomorphologie N.R. 10*, 226-236.

PISSART (A.), 1976. — Sols à buttes, cercles non-triés et sols striés non-triés de l'Ile de Banks, NWT Canada. *Biul. Peryglac.* (26), 275-285.

PISSART (A.), 1982. — Déformations de cylindres de limons entourés de graviers sous l'alternance de gel-dégel. *Biul. Peryglac.* (29), 219-229.

SCHMERTMANN (J.H.) et TAYLOR (R.S.), 1965. — Quantitative data from a patterned ground site over permafrost. *C.R.R.E.L.*, Res. Report 96, 76 p.

SCHILTS (W.W.), 1978. — Nature and genesis of muboils, Central Keewatin. *Canadian. Jour. Earth Sc., 10*, 1053-1063.

TSYTOVICH (N.A.), 1975. — The mechanics of frozen ground. Mac Graw Hill Publ. Co. New York, 426 p.

UGOLINI (F.), 1986. — Pedogenic zonation in the well drained soils of the Arctic Regions. *Quaternary Research*, (4), 100-120.

VANDENBERGHE (J.) et VANDENBROECK, 1982. — Weichselian convolution phenomena and processes in fine sediments. *Boreas, 7*, 239-315.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1976. — Traces de ségrégation de glace en lentilles associées aux sols et phénomènes périglaciaires fossiles. *Biul Peryglac.* (26), 41-55.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1982. — Structures et microstructures associées à la formation de glace de ségrégation. Leurs conséquences. R. Brown. Memorial, *Proc. 4th Canad. Permafrost Conf. Calgary 1981*, H. FRENCH editor, 116-122, N.R.C. Ottawa.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1983. — Etudes cryopédologiques au Sud du Kongsfjord. Rapport de la mission Spitzberg 1982. Rapport interne du Centre de Géomorphologie du C.N.R.S. 39 p. offset.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1985. — Frost effect in soils. *Soils and Quaternary Landscape Evolution*, J. BOARDMAN editor, J. Whiley Publ. Co. London, 117-156.

VAN VLIET-LANOE (B.), 1986. — Interaction entre activité biologique et glace de ségrégation en lentilles : exemples observés en milieu arctique et alpin. *« Micromorphologie dex sols - Soil micromorphology »*. N. Fedoroff, L.M. Bresson et M.A. Courty éditeurs, A.F.E.S., 337-374.

VAN VLIET-LANOE (B.) et HEQUETTE (A.), 1987. — Activité éolienne et dépôts limono-sableux sur les versants N.E. de la Péninsule du Brögger, Spitzberg du N-W. *« Loess and periglacial phenomena »* édité par M. Pecsi & H. French, Arad-Kiado, Budapest, 105-123.

ZOLTAI (S.C.) et TARNOCAI (C.), 1981. — Some non-sorted patterned ground types in Northern Canada. *Arctic and Alpine Research, 13*, (2), 139-151.

INDEX INTER-NORD

Les chiffres entre parenthèses renvoient aux numéros d'*Inter-Nord*
et sont suivis de la pagination

INDEX AUTEURS

H

I

J

K

L

M

N

O

INDEX GÉOGRAPHIQUE

INDEX THÉMATIQUE / *THEMATIC INDEX*

LISTE DES CONGRÈS INTERNATIONAUX SOUS L'ÉGIDE DU CENTRE D'ÉTUDES ARCTIQUES
(et publications correspondantes)

1. **Le marché des bois du Nord et la région économique de Haute-Normandie;** Rouen, 17-18 novembre 1964.
   — Débats publiés dans *Actes et Documents nº 1.* Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris, 256 p. (20 F)*

2. **Premier Congrès international de l'industrie morutière dans l'Atlantique Nord : tradition et avenir;** Rouen-Fécamp. 27-29 janvier 1966.
   — Débats publiés dans *Actes et Documents nº 2.* Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris. 259 p. (20 F)*
   — Géoéconomie de la morue : rapports scientifiques du premier congrès international de l'industrie morutière. Editions Mouton, Paris. 496 p. (165 F) *(Bibliothèque Arctique et Antarctique nº 3)* Dif. EHESS, 131, bd Saint-Michel, 75006 Paris.

3. **Les grands ports et trafic de l'Atlantique Nord;** Rouen-Le Havre, 25-27 mars 1968.
   — Débats publiés dans *Actes et Documents nº 3.* Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris, 250 p. (25 F)*

4. **Développement économique de l'Arctique et avenir des sociétés esquimaudes;** Le Havre-Rouen, 24-27 novembre 1969.
   — Débats publiés dans *Actes et Documents nº 4.* Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris. 300 p. (30 F)*
   — Le peuple esquimau aujourd'hui et demain : rapports scientifiques du quatrième congrès international de la FFEN. Editions Mouton, Paris. 696 p. (210 F) *(Bibliothèque Arctique et Antarctique nº 4)* (Dif. EHESS, 131, bd Saint-Michel, 75006 Paris.

5. **Le pétrole et le gaz arctiques : problèmes et perspectives;** Le Havre, 2-5 mai 1973.
   — Débats publiés dans *Actes et Documents nº 5.* Fondation Française d'Etudes Nordiques, Rouen, Paris. 333 p. (45 F)*
   — Le pétrole et le gaz arctiques, problèmes et perspectives : rapports scientifiques. Editions Mouton, Paris. Vol. 1, 493 p.; Vol. 2, 912 p. (265 F les 2 vol.) *(Contributions du Centre d'Etudes Arctiques nº 12)* Dif. EHESS, 131, bd Saint-Michel, 75006 Paris.

6. **Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées. Roches et matériaux artificiels de construction;** Le Havre, 23-25 avril 1975.
   — Débats et rapports scientifiques publiés dans *Actes et Documents nº 6.* Fondation française d'Etudes Nordiques. Paris. Vol. 1, 305 p.; Vol. 2, 600 p. (105 F les 2 vol.).

7. **VIIe Colloque des Bibliothèques Nordiques;** Paris, 19-23 septembre 1978.
   — Arctica 1978 : actes du VIIe Colloque des Bibliothèques Nordiques. Editions du CNRS, Paris, 1982, 570 p.

8. **Premier Colloque bilatéral franco-soviétique** — Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS) / Institut d'Ethnographie Moscou, Leningrad (Académie des Sciences de l'URSS) : — Problèmes ethnographiques et anthropogéographiques que pose l'étude des peuples arctiques / Ethnographic and Anthropogeographic Problems Concerning the Study of the Arctic Peoples / Leningrad, 26-29 avril 1982.
   — *Ethnographie et anthropogéographie arctiques :* Premier dialogue franco-soviétique. Arctic Ethnography and Anthropogeography: First French-Soviet Dialogue. Editions du CNRS, Paris, 1986. 215 p.

---

* Fondation Française d'Etudes Nordiques. Centre d'Etudes Arctiques, 19, rue Amélie, 75007 PARIS. Pour règlement : compte bancaire CIN, 18, rue de la Boétie, 75008 Paris, nº 047 75 00001 A.

9. **Deuxième Colloque bilatéral franco-soviétique — Centre d'Etudes Arctiques (CNRS-EHESS) Institut d'Ethnographie Moscou, Leningrad (Académie des Sciences de l'URSS) — : Economie traditionnelle des peuples arctiques : tradition et progrès/Traditional Economy of the Arctic Peoples: Tradition and Progress** (Paris, 25-29 avril 1983).

   — *Arctique horizon 2000. Les peuples chasseurs et éleveurs.* Deuxième dialogue franco-soviétique. Éditions du CNRS, Paris, 1991. 255 p.

10. **Le pôle Nord : histoire de sa conquête et problèmes contemporains de navigation maritime et aérienne /** The North Pole: History of its Conquest and Contemporary Problems of Maritime and Air Transportation /Paris, 7-10 novembre 1983.

   — *Pôle Nord 1983 :* actes du dixième colloque international du Centre d'Etudes Arctiques / North Pole 1983 : Proceedings of the tenth International Congress of the Centre d'Etudes Arctiques. Editions du CNRS, Paris, 1987. 385 p.

11. **Troisième Colloque bilatéral franco-soviétique :** Centre d'Études Arctiques (CNRS-EHESS) / Institut d'Ethnographie Moscou, Leningrad (Académie des Sciences de l'URSS) — : Les premières expressions de la religion chez les peuples de l'Arctique (Leningrad, 11-15 novembre 1987).

   — Actes à paraître.

12. **Ingéniérie et économie arctiques,** Paris. 15-17 février 1989.

   — Ingéniérie et économie arctiques/Arctic technology and economy. Bureau Veritas, Paris. 1989.

13. **Quatrième colloque bilatéral-soviétique — Centre d'Études Arctiques (CNRS/EHESS)/Institut d'Ethnographie Moscou, Leningrad (Académie des Sciences de l'URSS) : — Les peuples du Nord dans le monde contemporain : problèmes d'adaptation culturelle, économique et politique.** Paris. 12-14 mars 1991.

L O U I S - J E A N
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex
Tél. : 92.53.17.00
Dépôt légal : 816 — Octobre 1991
Imprimé en France

PUBLICATIONS DU CENTRE D'ÉTUDES ARCTIQUES (CNRS-EHESS)

BIBLIOGRAPHIE ARCTIQUE — *ARCTIC BIBLIOGRAPHY*

1. Liste des ouvrages et périodiques catalogués à la bibliothèque de 1969 à 1972; présentation par thèmes (1 780 titres). 74 p. *(épuisé)*.
2. Liste des ouvrages et périodiques catalogués à la bibliothèque de janvier 1973 à décembre 1976 : présentation par thèmes (2 655 titres). 189 p.
3. Liste des ouvrages et périodiques catalogués à la bibliothèque de janvier 1977 à juin 1980 : présentation par thèmes (2 300 titres) ▪ Liste des mémoires. D.E.A., thèses de 3e cycle et doctorats d'Etat, présentés en France depuis vingt ans concernant les régions arctiques et subarctiques (1960-1980). 207 p.
4. Liste des ouvrages et périodiques catalogués à la bibliothèque de juillet 1980 à décembre 1981 : présentation par thèmes (2 300 titres) ▪ Liste des thèses, en langue française, présentées en Belgique, au Canada et en Suisse, depuis vingt ans concernant les régions arctiques et subarctiques (1960-1980) ▪ Bibliographie thématique spécialisée relative à l'exploration, le développement et la production du pétrole et du gaz naturel de l'Arctique (1975-1981). 285 p.
5. Bibliographie des Indiens Ojibway (Canada, Etats-Unis) par Eric NAVET ▪ Bibliographie sur les techniques de chasse et de piégeage chez les Amérindiens du Canada par Dominique CHAMBARON ▪ Bibliographie des travaux (livres, articles, films) (1948-1984) de Jean MALAURIE ▪ Filmographie arctique, liste n° 2 (500-1200) par Sylvie DEVERS *(à paraître)*.

Diffusion — *Bookseller :* Centre de Documentation Sciences Humaines CNRS, 54, boulevard Raspail, 75006 Paris. Tél. (1) 544.38.49.

BIBLIOTHÈQUE ARCTIQUE ET ANTARCTIQUE — *ARCTIC AND ANTARCTIC COLLECTION*

(N° 1, 2, 3 épuisés — *out of print*)

4. Le peuple esquimau aujourd'hui et demain/The Eskimo people today and tomorrow. Actes du 4e Congrès International de la Fondation Française d'Etudes Nordiques (sous la direction de Jean MALAURIE). Paris, 1973. 696 p.
5. Les Vikings et leur civilisation. Problèmes actuels (sous la direction de Régis BOYER). Paris, 1976, 242 p.

Diffusion — *Bookseller :* Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 131, boulevard Saint-Michel, 75005 Paris. Tél. (1) 354.47.15.

CONTRIBUTIONS DU CENTRE D'ÉTUDES ARCTIQUES — *CENTER FOR ARCTIC STUDIES CONTRIBUTIONS*

(N° 1 à 9 et 12 épuisés — *out of print*)

10. Régis BOYER, Le livre de la colonisation de l'Islande (Landnamábók) (Introduction, traduction, notes et commentaires de R.B.). Paris, 1973. 167 p.
11. Serge BONIN, Le traitement graphique d'une information hydrométéorologique relative à l'espace maritime du Nord soviétique, 2 vol. Paris, 1974, 260 p.

Diffusion — *Bookseller :* Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 131, boulevard Saint-Michel, 75005 Paris. Tél. (1) 354.47.15.

ÉTUDES SPÉCIALES — *SPECIAL STUDIES (out of collection)*

1. Siberiana 1983 : Etudes publiées en Union Soviétique sur la Sibérie du Nord : sciences sociales, sciences physiques, sciences de la vie, sciences de la terre, sciences de l'ingénieur. (Texte en français). Editions du CNRS, Paris, 1983. 250 p.
2. Contes et récits d'Esquimaux d'Asie : deux ouvrages d'anthropogéographie : 1) Matériaux sur la langue et le folklore des Esquimaux asiatiques (dialecte de Tchaplino) de E.S. RUBCOVA. 2) Kivagme le conteur de K. SERGEEVA. Editions du CNRS, Paris, 1988. 272 p.

PRESSES DU CNRS
DIFFUSION

Inter-Nord est la grande revue arctique française. Elle fait le point, depuis 20 ans, sur les recherches les plus avancées concernant les régions circumpolaires et l'Océan Glacial. Cette revue, dont 19 numéros ont paru, a bénéficié de la collaboration des plus éminents spécialistes mondiaux. Le triple index de ce numéro 19 permet de consulter aisément cette encyclopédie polaire de près de 5500 pages.

Le Comité de rédaction d'**Inter-Nord**, qui comprend des spécialistes soviétiques, nord-américains, scandinaves, ouest-européens et japonais, est présidé par le Professeur Jean Malaurie, directeur du Centre d'Études arctiques du CNRS et de l'École des Hautes Études en sciences sociales.

Cette revue interdisciplinaire comporte, avec une approche globale, plusieurs sections : sciences de la terre, de l'atmosphère et des océans, ingénierie, histoire de l'exploration, sciences sociales, archéologie, biobibliographies de personnalités arctiques, biologie, pollution et environnement, économie et développement, et filmologie dans les espaces arctiques. La section spéciale «Bilan de la recherche française au Svalbard, 1979-1990» dresse, dans ce numéro 19, un complet panorama de la recherche française à la base CNRS du Svalbard. Dans le prochain numéro, **Inter-Nord** publiera les principaux travaux du MAB arctique (Man and biosphere programme) / UNESCO, Helsinki, où le Centre d'Études arctiques représente la France.

Inter-Nord, avec un tiers de ses articles en langue anglaise, est une des grandes revues polaires dont l'audience déborde les milieux scientifiques. Elle est d'une lecture indispensable pour tous ceux qui veulent suivre l'actualité des grands problèmes polaires.

■

Inter-Nord is the great French Arctic journal. For twenty years, it has reviewed the most advanced research concerning the circumpolar regions and the Arctic Ocean. This journal, which has published 19 issues has benefited from the collaboration of the most distinguished world specialists. The triple index of this 19th issue makes it possible to look up easily in this Arctic encyclopaedia of nearly 5500 pages.

The editorial board of **Inter-Nord**, which includes Soviet, North-American, Scandinavian, West European and Japanese experts is presided over by Professor Jean Malaurie, the director of the Centre for Arctic Studies of the CNRS and the School of Higher Studies in Social Sciences.

This interdisciplinary journal consists of several sections, with a global approach : sciences of the earth, the atmosphere and the oceans, engineering, history of exploration, social sciences, archaeology, biobibliographies of Arctic experts, biology, pollution and environment, economy and development, and study of the cinema in the Arctic spaces. The special section named «survey of the French research in Svalbard, 1979-1990» gives in this 19th issue a comprehensive review of French research at the CNRS base of Svalbard. In the next issue, **Inter-Nord** is to publish the main works of the Arctic MAB (Man and Biosphere Programme) / UNESCO, Helsinki, where the Centre for Arctic Studies represents France.

Inter-Nord, in which one third of the articles are published in English, is one of the great Arctic journals that reaches an audience for beyond scientific circles. Its reading is indispensable to all the people who are willing to get informed about the great polar issues.

■

Diffusion – Bookseller

***N° 1 à 15** : Ed. École des Hautes Études en Sciences Sociales*
131, bd Saint-Michel - 75005 Paris – Tél. 46 33 51 46

(N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 épuisés – out of print)

***N° 16, 17, 18, 19 et suivants** – and following ones*
(Vente au numéro, abonnements – For individual issue, subscriptions) :
Presses du CNRS, 22, rue Saint-Amand – 75015 Paris – Tél. 45 33 16 00

9 782222 043461

PRIX : 580 F

ISSN 0074-1035
ISBN 2-222-04346-8

INTER-
NORD
—
1990

N° 19