

Orava

LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLEAIRE
UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES

081
P 581
n° 6

Quelques résultats scientifiques
de l'Expédition Antarctique Belge
1957 - 1958

par

E. PICCIOTTO

Chargé de cours à l'Université Libre de Bruxelles,
Membre de l'Expédition Antarctique Belge 1957-1958.

Extrait de « Ciel et Terre » — No 4-5-6.
Avril-mai-juin 1961

Imprimerie Robert LOUIS
37-41, rue Borrens, Bruxelles 5
1961

081
P 581
n° 6

BRUXELLES-UNIVERSITE

LABORATOIRE DE PHYSIQUE NUCLEAIRE
UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES

Quelques résultats scientifiques
de l'Expédition Antarctique Belge
1957 - 1958

par

E. PICCIOTTO

Chargé de cours à l'Université Libre de Bruxelles,
Membre de l'Expédition Antarctique Belge 1957-1958.

Extrait de « Ciel et Terre » — No 4-5-6.
Avril-mai-juin 1961

Imprimerie Robert LOUIS
37-41, rue Borrens, Bruxelles 5
1961



QUELQUES RESULTATS SCIENTIFIQUES DE L'EXPEDITION ANTARCTIQUE BELGE 1957-1958

par Edgard PICCIOTTO

*Chargé de cours à l'Université Libre de Bruxelles
Membre de l'Expédition Antarctique Belge 1957-1958*

RESUME

On donne une description sommaire de la situation de la Base Roi Baudouin (70° 26' S et 24° 19' E) établie sur l'ice shelf de la Breidvika.

Les résultats obtenus lors de l'Expédition Antarctique Belge 1958, dans les domaines étudiés par l'auteur, sont passés en revue.

1. Radioactivité de l'air et des précipitations.

Les activités moyennes pour 1958 dans l'air au niveau du sol à la Base Roi Baudouin sont les suivantes (en 10^{-12} curie par m^3):

Produits de fission: 0,05

Radon ≤ 1 , Thoron $\leq 0,05$, Polonium: $\sim 10^{-4}$

La concentration en produits de fission a varié très peu au cours de l'année. Il y a une indication d'un minimum en hiver, avec remontée au printemps austral.

L'âge apparent des produits de fission passe de 1,7 an (en février 1958) à 0,8 an (en février 1959).

La concentration moyenne des produits de fission dans la neige précipitée en 1958 est de $36 \cdot 10^{-12}$ curie/kg.

La retombée totale du Sr-90 en 1958 est estimée à

$$1,3 \pm 0,7 \text{ mc/km}^2 \cdot \text{an.}$$

On présente aussi les résultats des mesures radioactives effectuées pendant les voyages du MS Polarhav entre 60° N et 70° S.

2. Composition isotopique des précipitations.

Des échantillons de précipitations ont été recueillis pendant toute l'année 1958, dans des conditions météorologiques bien contrôlées. Les rapports isotopiques oxygène-18/oxygène-16 et deutérium/hydrogène ont été mesurés respectivement par R. Gonfiantini (Université de Pise) et I. Friedman (U.S. Geological Survey).

La valeur moyenne de $\delta O^{18}/O^{16}$ par rapport à l'eau de mer est de -25 ‰ .

On retrouve un effet saisonnier très marqué permettant de distinguer les neiges d'hiver des neiges d'été. La variation relative est de 10 % pour le rapport D/H. On montre aussi qu'il existe une bonne corrélation entre la composition isotopique et la température des nuages au moment de la précipitation. On donne quelques exemples d'application de ces phénomènes.

3. Mesure de l'accumulation.

L'accumulation totale à la Base Roi Baudouin en 1958 a été de 19 cm d'eau. Cette accumulation diminue rapidement vers le Sud.

4. Etude microscopique des cristaux de glace.

On montre sur quelques exemples l'intérêt de ce genre d'étude. Les précipitations formées en dessous de -17°C sont composées surtout de cristaux prismatiques, celles formées au-dessus sont composées de formes stellaires dendritiques. L'étude microscopique apporte également des informations sur l'origine et la composition des grains transportés par les blizzards. Elle confirme les indications données par les analyses isotopiques, à savoir que ces grains proviennent généralement de précipitations récentes et peu éloignées.

5. Reconnaissance des Sör-Rondane.

Une première reconnaissance de la chaîne des Sör-Rondane (à 200 km au Sud de la Base) a été effectuée en octobre-décembre 1958. Cette chaîne est formée d'un vaste complexe cristallin comprenant des gneiss variés et des massifs intrusifs granitiques et dioritiques plus récents. La morphologie est due à l'érosion glaciaire, remaniée en de nombreux endroits par l'érosion aérienne en climat glacial. Des preuves d'une récession générale des glaciers sont visibles partout. Les plus hauts sommets explorés (3.000 m) montrent des traces de glaciation intense.

ABSTRACT

The geographical environment of the King Baudouin Base ($70^{\circ} 26' \text{S} - 24^{\circ} 19' \text{E}$) is briefly described. The Base is situated on the ice-shelf, at 10 km from the nearest ice-front.

This paper is a short review of the author's investigations during 1958.

1. — Air radioactivity.

At King Baudouin Base, the average radioactivity values of the air for 1958, at ground level, are the following in $\mu\mu\text{C}/\text{m}^3$:

Fission products: 0,05

Rn \leq 1, Tn \leq 0,05, Po (activity) $\sim 10^{-4}$

The fission products concentration shows little variation during the year. There is an indication of a winter minimum (June-August) and a rise during the austral Spring.

The apparent age of the fission products decreases continuously from 1,7 year in February 1958 to 0,8 year in February 1959.

The fission products concentration in the snow precipitated during 1958 is on the average: 36 $\mu\mu\text{C}/\text{Kg}$.

The Sr-90 deposition during 1958 is estimated at $1,3 \pm 0,7 \text{ mc}/\text{km}^2$ year.

The meridian profiles of the air radioactivity measured during the journeys of the MS Polarhav between 60° N and 70° S and the apparent ages of the fission products are presented.

2. — Isotopic composition of the precipitations.

Samples of precipitations were collected during 1958, in well known meteorological conditions. Oxygen-18/oxygen-16 and Deuterium/Hydrogen ratios have been measured respectively by Gonfiantini (University of Pisa) and Friedman (U.S. Geological Survey).

The average $\delta \text{O}_{18}/\text{O}_{16}$ (relative to ocean water) is -25 ‰ .

A large seasonal variation is to be seen; the snow fallen in Summer being the heaviest. A good correlation is shown between the isotopic composition of a snowfall and its temperature of formation.

Some applications of these phenomena to glaciology are discussed.

3. — Accumulation.

During 1958, the total snow accumulation at King Baudouin Base has been 19 cm of water equivalent. This accumulation decreases southward.

4. — Microscopic study of ice crystals.

Some microphotos are shown and are discussed. The occurrence of prismatic crystals is associated with a temperature of formation lower than -17° C , while stellar dendritic forms are associated with higher temperatures.

Informations about the origin and the composition of the grains transported during the blizzards are also given by microscopic observa-

tions. They confirm the indications of the isotopic analysis, which show that snow-drifts are formed from recent and nearby precipitations.

5. — Reconnaissance of the Sör-Rondane Mountains.

A first reconnaissance of the Sör-Rondane range (200 km from the Base), was carried during October and December 1958. The region explored is formed entirely of cristalline rocks, namely of various gneiss associated with intruded massifs of granitic and dioritic composition.

The landscape features result from glacial erosion, often modified by aerial erosion in glacial dry conditions.

Evidences of a general recession of the glaciers are obvious everywhere.

Even the highest peaks investigated (3.000 m) show evidence of heavy glaciation.

1. — Introduction.

Cet article est basé sur le rapport présenté au Comité National Belge de Géodésie et de Géophysique à la séance du 17 mars 1960. Il expose les résultats préliminaires d'études entreprises lors de l'Expédition Antarctique Belge 1957-1958, dirigée par Gaston de Gerlache de Gomery, et poursuivies après le retour de l'Expédition en collaboration avec diverses institutions scientifiques. Les résultats présentés ici portent uniquement sur les domaines dont j'ai eu la responsabilité :

1. Radioactivité de l'atmosphère et des précipitations.
2. Variations de la composition isotopique des précipitations.
3. Glaciologie, limitée à la mesure de l'accumulation annuelle et à l'étude microscopique des cristaux de glace.
4. Reconnaissance géologique et morphologique de la chaîne des Sör-Rondane.

Les autres disciplines ont fait l'objet de rapports séparés à ce même Comité.

Les résultats esquissés à présent seront publiés sous leur forme définitive dans les rapports de l'Expédition, avec la participation d'un certain nombre de chercheurs belges et étrangers. Je tiens à remercier particulièrement pour leur collaboration et pour leur permission de mentionner certains résultats encore inédits, les personnes suivantes : le Professeur P. Kipfer (U.L.B.) et le Dr. R. Boulenger (C.E.N., Mol), le Professeur E. Tongiorgi et le Dr. R. Gonfiantini (Université de Pise), le Capitaine

X. de Maere, second de l'Expédition et chef météorologiste, le Professeur P. Michot et le Dr. J. Michot (Laboratoire de Géologie et de Pétrographie de l'Université de Liège).

Je suis heureux de pouvoir remercier également mes seize compagnons d'hivernage à la Base Roi Baudouin, et tout spécialement Messieurs M. Van de Velde qui s'est occupé de l'entretien des appareils de mesures radioactives, et J. Giot qui a organisé et dirigé de main de maître notre raid en traîneaux dans les Sør-Rondane.

Situation de la Base Roi Baudouin.

L'Expédition Antarctique Belge 1957-1958 a édifié la Base Roi Baudouin par $70^{\circ}26'$ lat. S et $24^{\circ}19'$ long. E (Loodts, 1960), sur la côte de la Princesse Ragnhild (Terre de la Reine Maud) (fig. 1).

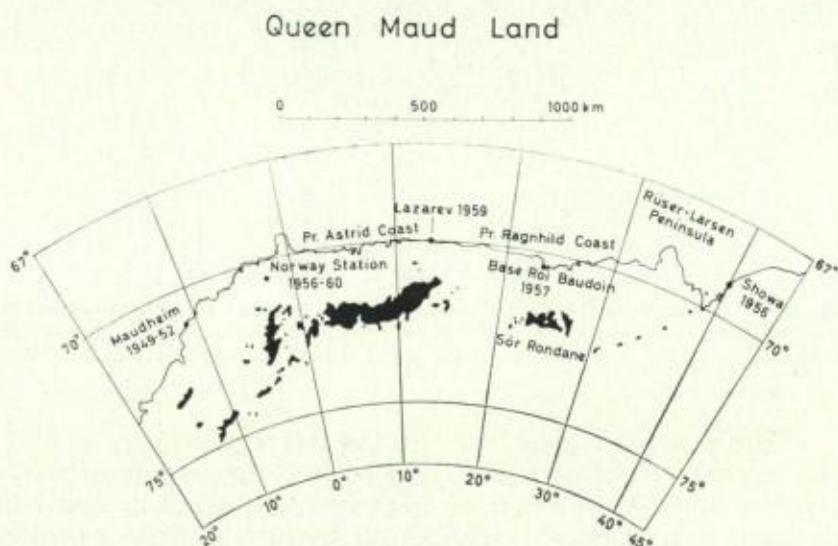


Fig. 1. — Terre de la Reine Maud et Bases qui y ont été établies. (D'après le Norsk Polarinstitut, 1959).

Les bases voisines en activité en 1958 étaient : à 1.000 km à l'W : la base norvégienne de Norway Station ($70^{\circ}30'$ S et $02^{\circ}32'$ W), et à 1.500 km à l'E : la base australienne de Mawson ($67^{\circ}36'$ lat. S et $62^{\circ}53'$ long. E).

La base japonaise de Syowa ($69^{\circ}02'$ S et $39^{\circ}36'$ E) n'a pu être occupée en 1958. Cette situation a renforcé l'importance de la Base Roi Baudouin qui s'est trouvée être la seule station côtière antarctique en

activité entre les méridiens 0° et 65° E pendant l'Année Géophysique Internationale.

Le débarquement de l'Expédition Antarctique Belge a eu lieu le 25 décembre 1957 dans la Baie Roi Léopold III, indentation secondaire de la vaste baie complexe baptisée Breidvika (Breidbay), par l'expédition norvégienne de Lars Christensen en 1937.



Fig. 2. — Contour de la Breidbay, d'après la carte de l'I.G.M. (1959), dressée sur la base de photographies aériennes verticales et obliques prises par A. de Ligne et de points astronomiques et géodésiques levés par J. Loodts en février et octobre 1958.

Cette région était restée inexplorée par voie terrestre jusqu'en 1957. Elle avait été survolée et photographiée en 1937 par l'expédition norvégienne de Lars Christensen et en 1947 lors de la grandiose opération américaine « Highjump » commandée par les amiraux Richard Byrd et Richard Cruzen.

Les photos aériennes prises à ces occasions ont permis de dresser deux cartes de la région :

- une carte de la côte au 1/500.000^e, publiée en 1946 en Norvège, localisant aussi une chaîne de montagnes située à 200 km à l'intérieur : les Sør-Rondane;
- une carte des Sør-Rondane au 1/250.000^e, publiée en 1957 par le Norsk Polarinstitut d'Oslo.

Des précisions sur l'aspect de la côte ont été apportées à la suite de la navigation du brise-glace soviétique « Ob », qui avait atteint en février 1957 la Breidvika et en avait relevé un contour détaillé.

Ce sont là les trois documents cartographiques dont nous disposons en 1957. Depuis, la côte de la Princesse Ragnhild a été photographiée par les expéditions soviétiques, norvégiennes (Luncke, 1960) et belges en vue de l'établissement de cartes plus détaillées.

Le travail géodésique et topographique effectué par l'Expédition Antarctique Belge 1957-1958 a paru dans le rapport préliminaire de J. Loodts (1960). Une carte au 1/250.000^e de la côte de la Princesse Ragnhild a déjà été publiée en 1960 par l'Institut Géographique Militaire sur la base des photos verticales prises lors de l'opération « Iris » en janvier 1960.

Cadre régional.

Un profil altimétrique approximatif N - S passant par la Base Roi Baudouin est donné par la figure 3. On y retrouve la subdivision géné-

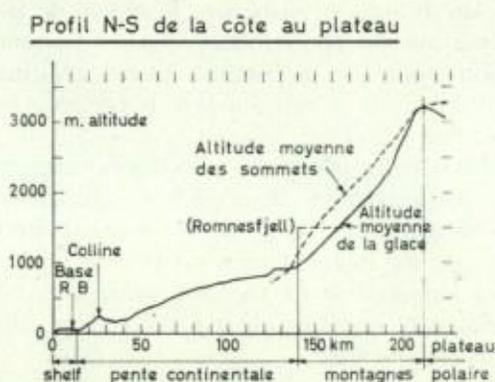


Fig. 3. — Profil topographique N.S. de la côte aux Sør-Rondane.

rale en cinq zones distinctes, d'extension très inégale, mais qui posent chacune des problèmes glaciologiques et géophysiques différents.

Ces cinq zones sont, du N au S :

- *La banquise ou glace de mer (ice-pack)*, formée par la congélation de l'eau de mer. Son épaisseur est de l'ordre de quelques centimètres à quelques mètres. Son extension est variable suivant les saisons et les années. En moyenne, le long de la côte de la Princesse Ragnhild, son extension minimum en février est d'une centaine de km, tandis

qu'en septembre elle dépasse 1.000 km (Oceanographic Atlas of the Polar Seas, 1957). La possibilité d'accéder par bateau au continent dépend essentiellement de l'extension et surtout de l'état de cette zone (photo 1).

- L'« *ice shelf* », est une plate-forme de glace continentale flottante qui borde le continent. En général épais de 200 à 300 m, l'ice shelf présente du côté de la mer une falaise verticale s'élevant de 30 à 40 m au-dessus du niveau de l'eau : La Barrière (photo 2).

Les Russes (Maximov, 1959) avaient remarqué l'aspect inaccoutumé de l'ice shelf dans la Breidvika : au lieu d'une muraille pratiquement rectiligne et continue, La Barrière est découpée par de nombreuses indentations dont le fond descend vers la mer en une pente accessible, favorable à un débarquement.

Cette configuration est liée à un réseau de fractures dans l'ice shelf, orientées E.W. et N.S., ces dernières prolongeant les baies profondes sont bien visibles sur la photo 3.

Le long de la Terre de la Reine Maud, l'ice shelf peut atteindre une centaine de km de largeur, mais dans la région de la Breidbay, il est réduit à 15 km environ. Son étroitesse et son aspect morcelé suggèrent une régression rapide par rapport aux parties avoisinantes de la côte, situation probablement en relation avec la présence des Sör-Rondane, à 200 km au Sud.

L'ice shelf ne dépasse pas ici la plate-forme continentale. En effet d'après les échos-sondages de l'« Ob », confirmés par ceux des Expéditions Belges, les fonds marins dans la Breidbay sont aux environs de 200 m. Plus à l'ouest de la côte (20°30' long. E.), la profondeur à l'aplomb de La Barrière, mesurée par l'« Ob », atteint 2.300 m, indiquant que l'ice shelf à cet endroit déborde largement la plate-forme continentale.

- La *pente continentale* relie l'ice shelf à la zone des montagnes. D'après le profil, le continent commencerait à la « Colline ». La Base Roi Baudouin, à 12 km de La Barrière, serait située près de la jonction ice shelf - continent, soulignée par une dépression crevassée. Cette hypothèse semble confirmée par les sondages sismiques effectués par l'Expédition de 1959, dirigée par Frank Bastin.
- La *chaîne des Sör-Rondane* se déploie d'E en W sur 250 km de long et sur une profondeur de 100 à 200 km. Les plus hauts sommets dépassent 3.000 m d'altitude et s'élèvent souvent à plus de 1.500 m au-dessus du niveau de la glace. Ces magnifiques montagnes, largement dénudées, sont un lieu idéal d'études morphologiques et géologiques (photos 4 et 5).

— *Le plateau glaciaire.* Au delà des Sör-Rondane s'étend l'immense et monotone plateau glaciaire qui monte en pente douce jusqu'au centre du continent et recouvre la presque totalité de l'Antarctique.

La position de la Base Roi Baudouin, sur l'ice shelf de la Breydbay, offre des avantages et des inconvénients.

L'inconvénient majeur inhérent à toutes les bases établies sur un ice shelf, est que la couverture neigeuse et l'ice shelf ne constituent pas un soubassement stable.

La neige se tasse au cours du temps et s'accumule continuellement en surface. Cette accumulation atteint une moyenne de 80 cm de neige par an et la présence d'une Base en activité ne peut qu'accélérer ce processus. Ces phénomènes entraînent une durée de vie limitée pour les bâtiments, qui après 10 ans, doivent être enfouis sous 8 mètres de neige au moins.

L'ice shelf flottant suit les marées et est soumis à des mouvements verticaux dont l'amplitude atteint plusieurs mètres.

Ces inconvénients rendent impossibles les mesures nécessitant un soubassement absolument stable et immobile; c'est le cas pour diverses disciplines telles que sismologie, gravimétrie, étude des marées terrestres. Un autre inconvénient semble être le court intervalle de temps pendant lequel la côte est accessible chaque année, du moins pour les brise-glaces de faible et de moyen tonnage.

Parmi les *avantages*, il faut citer les conditions topographiques uniformes et homogènes, favorables aux mesures de rayonnement et aux observations météorologiques.

Les divers domaines régionaux : glace de mer, ice shelf, pente continentale, montagnes, plateau polaire, sont tous représentés et accessibles pour des études scientifiques dans les disciplines les plus variées. Les Sör-Rondane offrent un grand intérêt pour les géologues, les morphologistes et les glaciologues.

L'emplacement de la Base se prête particulièrement bien aux études géochimiques qui seront décrites plus loin.

La Base Roi Baudouin, station côtière dans une région non explorée jusqu'en 1957, représente donc un important maillon de la chaîne des stations scientifiques disposées sur la bordure du continent antarctique.

On pourrait penser que l'établissement en 1959 de la station soviétique de Lazarev par 69° 58' S et 12° 55' E à 500 km à l'W de la Base belge rend cette dernière moins nécessaire qu'en 1958. Cependant l'abandon de Syowa par les Japonais, prévu pour 1962, renforce l'utilité de maintenir la Base Roi Baudouin dans le réseau des stations antarctiques.

II. — Radioactivité de l'atmosphère et des précipitations.

Durant ces dernières années, un intérêt croissant a été porté à la mesure de la radioactivité de l'atmosphère.

Deux points de vue dominant dans ces études :

1. L'inventaire des doses de radiation sur le globe et leurs effets biologiques.
L'intérêt éveillé par cette question est motivé par l'inquiétude que cause l'introduction dans l'atmosphère de quantités croissantes de produits radioactifs dues aux explosions nucléaires et au fonctionnement des piles atomiques.
2. Les applications géophysiques et géochimiques qui seules nous intéressent ici.

On peut, à l'heure actuelle, distinguer deux sources à la radioactivité de l'atmosphère : les sources naturelles et les sources artificielles.

1. *La radioactivité naturelle* est due principalement au radon et au thoron (et à leurs descendants) produits par l'uranium et le thorium contenus dans les roches.

Une fraction de la radioactivité naturelle est due aux isotopes radioactifs produits par l'interaction du rayonnement cosmique sur les composants de l'atmosphère : azote, oxygène, argon. Cette fraction contribue d'une façon négligeable à la radioactivité naturelle, mais présente un grand intérêt pour les applications géophysiques et géochimiques.

Les principaux isotopes de cette dernière catégorie sont le carbone-14, le tritium et le béryllium-7.

2. *La radioactivité artificielle* est due aux produits de fission de l'uranium-235 et du plutonium-239 (les plus importants étant le strontium-90 et le caesium-137) et aux sous-produits radioactifs des réactions thermonucléaires dont le principal est le tritium.

Les produits de fission ont fait leur apparition dans l'atmosphère terrestre lors de l'explosion de la première bombe atomique en 1945, mais leur dispersion sur tout le globe terrestre en quantités détectables date de 1952 à 1954, lors des premières explosions thermonucléaires dans l'aire Bikini-Eniwetok.

A ces explosions est également due la première production artificielle massive de tritium.

La contribution la plus importante à la radioactivité de l'atmosphère est due au radon et à ses descendants.

L'intérêt géophysique des radioisotopes dans l'atmosphère réside surtout dans leur utilisation comme « traceurs » des masses d'air. Grâce au fait que la radioactivité d'un isotope donné décroît au cours du temps suivant une loi bien connue, on peut en déduire d'utiles informations sur la vitesse des phénomènes atmosphériques.

Par exemple, lors d'une explosion nucléaire, une énorme quantité de produits radioactifs est lâchée dans l'atmosphère en un endroit et à un moment bien déterminé. L'étude de la répartition ultérieure de ces produits de fission a apporté de très utiles informations sur la circulation troposphérique et stratosphérique ainsi que sur les échanges entre stratosphère et troposphère. L'interprétation des résultats est compliquée par la distribution initiale en altitude mal connue et par l'apport des explosions précédentes.

L'utilisation du carbone-14 pour dater les événements récents du Quaternaire est bien connue, mais l'étude de sa répartition actuelle a fourni des renseignements d'une grande importance sur le cycle du CO_2 .

De même, notre connaissance du cycle de l'eau sous toutes ses formes et de celui de l'hydrogène atmosphérique s'est largement accrue grâce aux mesures du tritium.

Ces questions ont fait l'objet de nombreux travaux et nous ne pouvons que renvoyer à quelques revues récentes sur ce sujet (Stewart et al., 1957; Libby, 1958 et 1959; Lockhart et al., 1959; Martell, 1959; Martell et Drevinsky, 1960). Une grande quantité de données nouvelles a été acquise dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale.

Il était particulièrement indiqué d'inclure ces mesures radioactives dans le programme des expéditions antarctiques pour plusieurs raisons :

1. L'Antarctique joue un rôle prépondérant dans la circulation atmosphérique générale.
2. L'Antarctique est la région la plus éloignée des sites d'explosions nucléaires, la presque totalité de celles-ci ayant eu lieu dans l'hémisphère Nord. Cette position privilégiée permet de vérifier certaines théories sur le transport et la retombée des produits de fission.
3. Etant le lieu le moins affecté par les produits radioactifs artificiels, l'Antarctique se prête à certaines études radioactives qui partout ailleurs sont obscurcies par la production des radioisotopes artificiels (par exemple carbone-14 et tritium).
4. Sur la calotte antarctique et sur celle du Groenland, on peut retrouver des précipitations anciennes sur lesquelles il est possible de mesurer les produits de fission, le carbone-14 et le tritium.

Réciproquement, la glaciologie régionale peut tirer un grand bénéfice de ces mesures radioactives. Citons à titre d'exemple la chronologie de la glace par le tritium et le radium D (à l'échelle des cent dernières années), le repérage de la couche 1954 par l'apparition des produits de fission.

Malgré l'intérêt d'entreprendre ces mesures dans l'Antarctique, il n'y avait avant 1958, aucun résultat publié. Pendant l'A.G.I., la Base Roi Baudouin a été la seule station à effectuer ces mesures avec la Base américaine de Little America.

Mesures radioactives à la Base Roi Baudouin.

Le programme réalisé dans le cadre de l'Expédition 1957-1958 a porté sur les points suivants :

1. Mesure continue de la concentration des produits de fission dans l'air au niveau du sol à la Base Roi Baudouin pendant l'année 1958.
2. Mesures intermittentes des radioéléments naturels dans l'air : radon, thoron et polonium.
3. Radioactivité des précipitations.

Il faut encore ajouter à ces mesures celle de :

4. la concentration des éléments radioactifs naturels et artificiels dans l'air, qui a été mesurée d'une façon continue durant le voyage du Polarhav sur le trajet Norvège-Antarctique et retour, entre les latitudes 51° N et 71° S (figure 4). Cette partie du programme a été réalisée avec la collaboration du Professeur P. Kipfer (U.L.B.) et du Dr R. Boulenger (C.E.N.).

La radioactivité de l'air a été mesurée d'après une méthode désormais classique (Lockhart et al. 1959). Cette méthode est basée sur le fait que les éléments radioactifs sont liés aux poussières en suspension dans l'atmosphère. Le radon et le thoron qui sont de vrais gaz, sont en fait mesurés par l'intermédiaire de leurs descendants, le radium B et le thorium B captés par les aérosols.

L'air a été aspiré avec un débit de 30 m³ par heure à travers un filtre qui est changé toutes les 24 heures environ. La radioactivité du filtre est mesurée pendant et après la filtration. En principe, il suffit de connaître les valeurs de la radioactivité du filtre à trois moments différents pour obtenir les trois inconnues qui sont les activités dues respectivement au radium B (période 27 minutes), au thorium B (période

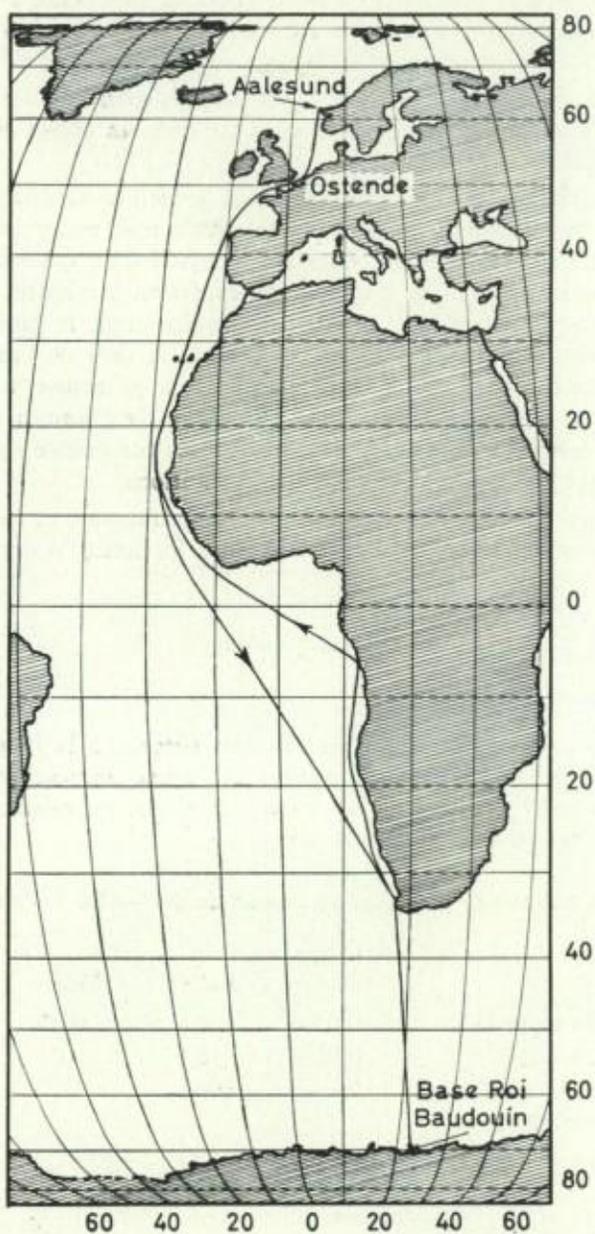


Fig. 4. — Trajet effectué par le MS *Polarbay* : Ostende (17-11-1958) - Antarctide (26-12-1958) et Antarctide (27-2-1959) - Aalesund (6-4-1959).

10,6 heures) et aux produits de fission (période supérieure à 10 jours). La concentration en polonium a été déduite de l'activité α à longue période.

La précision de cette méthode n'est pas très grande, mais elle suffit amplement aux applications géophysiques car seuls les ordres de grandeur sont importants à connaître.

L'âge apparent des produits de fission recueillis sur chaque filtre a été estimé en remesurant tous les filtres après leur retour en Belgique avec un délai d'environ un an. En effet, l'activité d'un ensemble de produits de fission provenant d'une seule explosion nucléaire décroît au cours du temps suivant une loi connue. En mesurant la radioactivité à deux moments différents, on peut en déduire la date de l'explosion et l'âge des produits recueillis. En pratique, on se trouve toujours en présence d'un mélange de produits provenant d'explosions différentes et ce calcul conduit à un « âge apparent » qui n'a pas grande signification, mais qui peut néanmoins donner d'utiles indications.

Pour une discussion plus détaillée des techniques et des résultats obtenus, nous renvoyons à la publication de Picciotto, Wilgain, Kipfer et Boulenger (1961).

Résultats obtenus

1. *Radioactivité de l'air.*

Le tableau suivant résume les résultats obtenus à la Base Roi Baudouin en 1958. A titre de comparaison, on donne les résultats de Little America en 1957 (Lockhart et al. 1958), ainsi que les valeurs moyennes relatives à l'hémisphère Nord en 1958.

Eléments radioactifs dans l'air au niveau du sol — En 10^{-12} curie/m³

	<i>Produits de fission</i>	<i>Radon</i>	<i>Thoron</i>	<i>Polonium</i>
Base Roi Baudouin 1958	0,054	1	0,05	10^{-4}
Little America 1957	0,019	1,5	0,01	
Hémisphère Nord 1958 (Aires continentales pour Rn, Tn et Po)	2	100	1	10^{-2}

2. *Radioactivité des précipitations.*

La figure 5 montre la concentration en produits de fission (radioactivité β totale) dans les échantillons de neige recueillis en 1958. L'activité moyenne pour la neige accumulée en 1958 est de 6 dpm/litre, soit

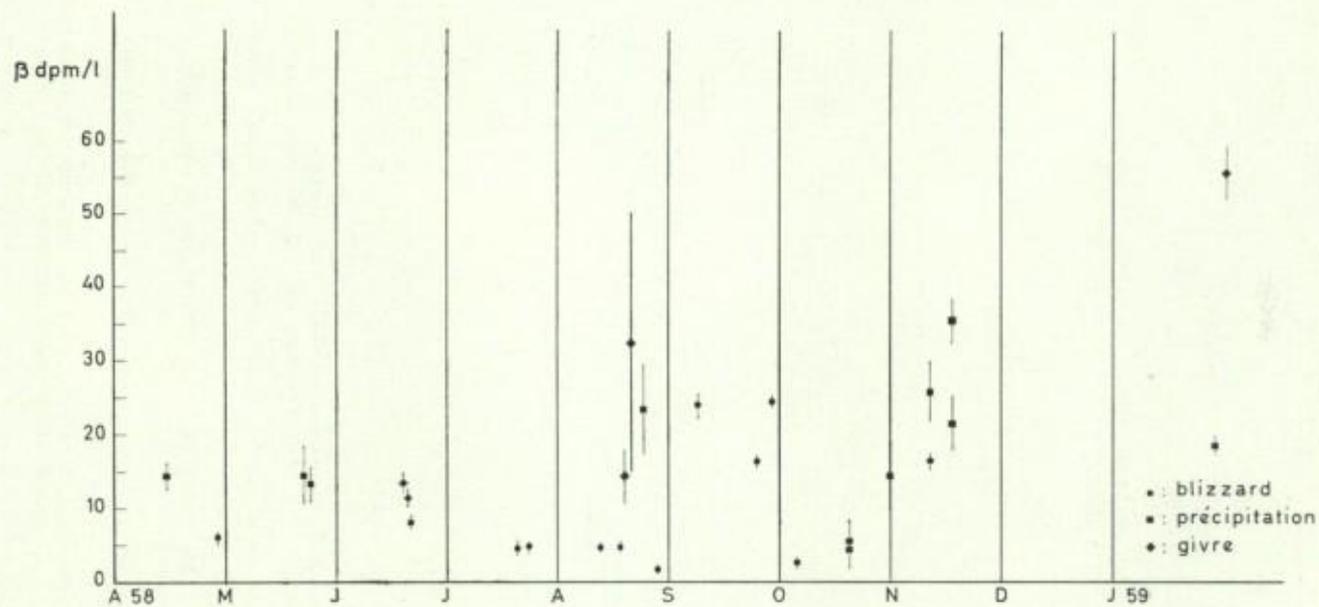


Fig. 5. — Concentration en produits de fission (activité β totale) dans les échantillons de neige recueillis en 1958. L'erreur indiquée est la déviation standard sur la mesure radioactive.

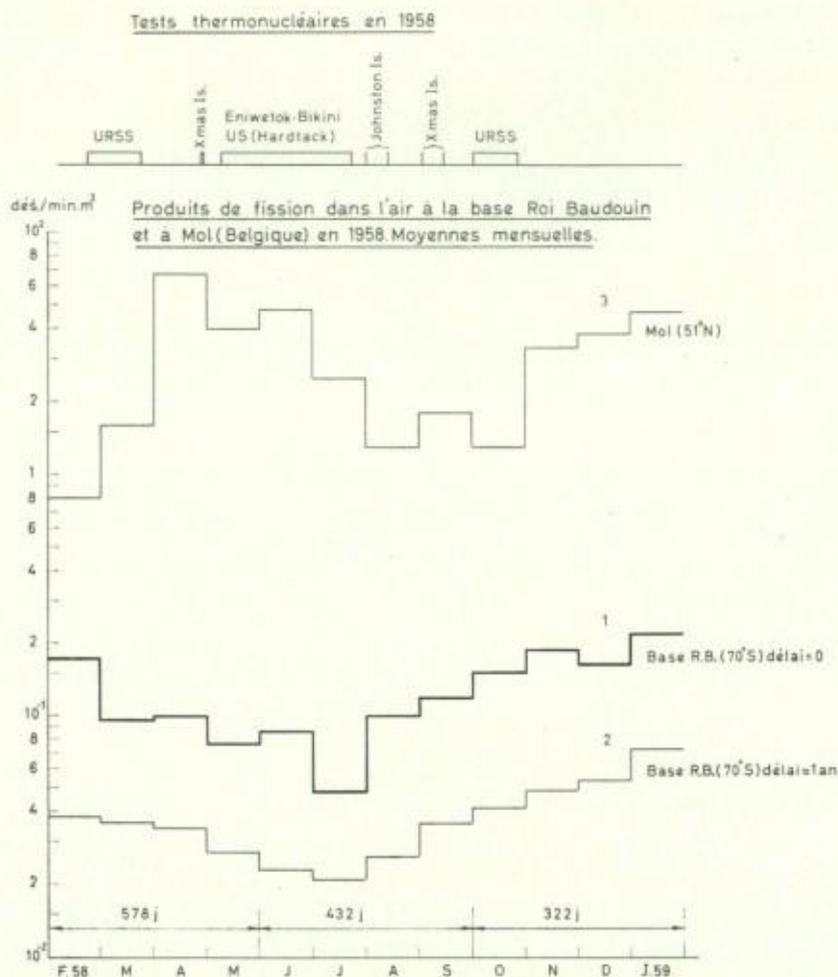


Fig. 6. — Concentration des produits de fission dans l'air au niveau du sol, à la Base Roi Baudouin et à Mol (Belgique) en 1958. Moyennes mensuelles.

Courbe 1 : activité des produits de fission mesurée immédiatement après la fin de la filtration.

Courbe 2 : activité des produits de fission mesurée avec un délai d'un an environ après la fin de la filtration.

Courbe 3 : activité des produits de fission dans l'air à Mol (Belgique), à titre de comparaison.

En dessous de la courbe 2, on a indiqué les âges apparents des produits de fission, groupés en moyennes quadrimestrielles.

0,6 dpm/litre de strontium-90. Une pareille activité est aisément mesurable sur un kg de neige environ. Elle est approximativement trente fois inférieure à l'activité moyenne du strontium-90 dans les précipitations de l'hémisphère Nord en 1958.

Dans les régions où la succession initiale des dépôts de neige n'est pas perturbée par des effets secondaires on devrait retrouver assez facilement le niveau d'activité zéro correspondant à 1952, qui constituerait une couche repère sur tout le continent antarctique.

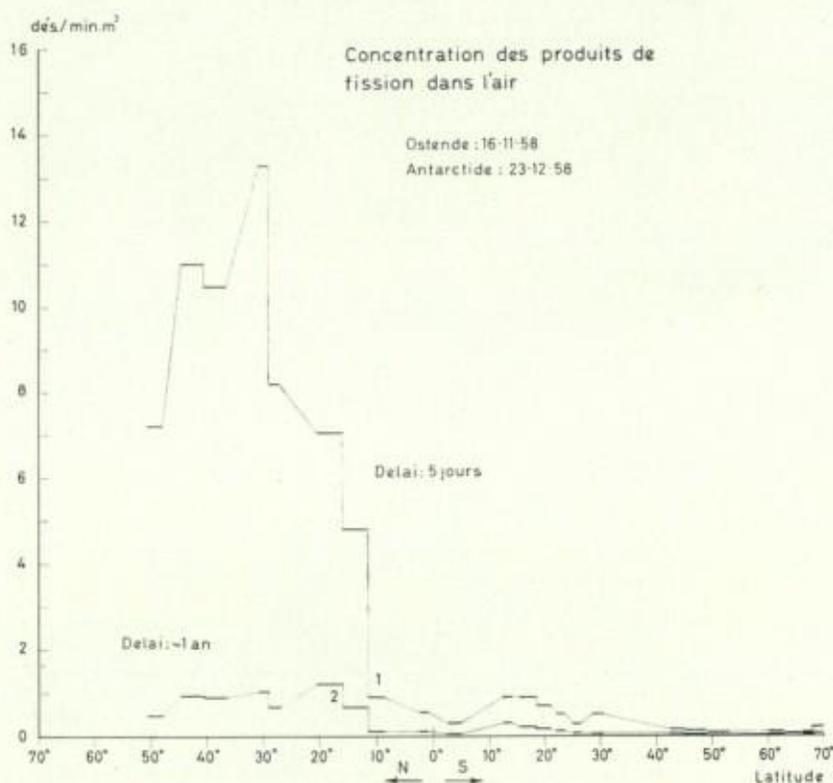


Fig. 7. — Profil de la radioactivité β des produits de fission dans l'air, au niveau de la mer, entre 51° N et 70° S, en automne boréal 1958.

La courbe 1 représente la concentration en produits de fission mesurée après un délai de 5 jours. Chaque valeur représente l'activité mesurée sur un filtre après 24 heures de filtration.

La courbe 2 représente l'activité des mêmes filtres remesurée avec un délai d'environ un an après la fin de la filtration.

Le rapport entre les deux courbes permet d'estimer l'âge apparent des produits de fission recueillis sur chaque filtre.

Ces mesures ainsi que celles du radium D et celles du tritium sont en cours sur ces échantillons et sur ceux des expéditions suivantes.

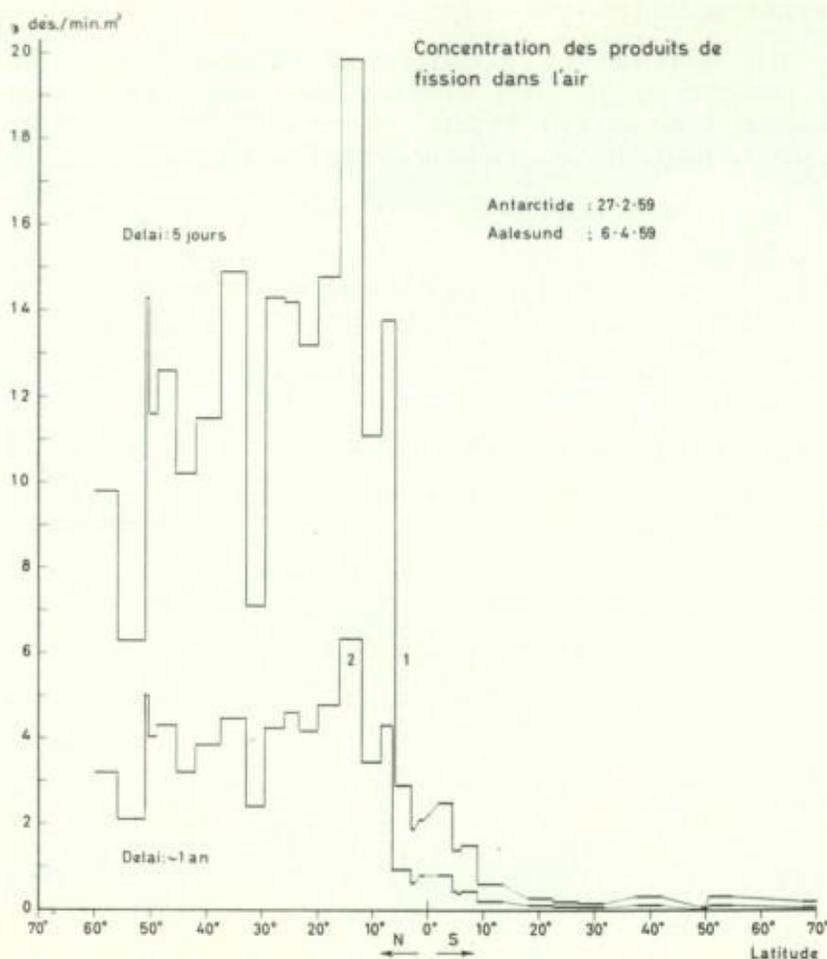


Fig. 8. — Profil de la radioactivité β des produits de fission dans l'air, au niveau de la mer, entre 70° S et 62° N, au printemps boréal 1959. Voir légende de la figure précédente.

Il ressort de ces résultats que la teneur en produits de fission dans l'atmosphère antarctique en 1958 ne représente que quelques pourcents de la teneur correspondante dans l'hémisphère Nord.

Les concentrations en radon et thoron sont cent fois plus basses environ que les concentrations moyennes au-dessus des autres continents.

Elles sont du même ordre que celles qui ont été trouvées au-dessus des océans. Ces faits confirment que l'Antarctique est le continent dont l'atmosphère est de loin la moins radioactive. C'est aussi la région du globe la moins affectée par les explosions nucléaires.

Les courbes 6 à 10 extraites de Picciotto et al. (1961) montrent les variations mensuelles de la teneur en produits de fission à la Base Roi

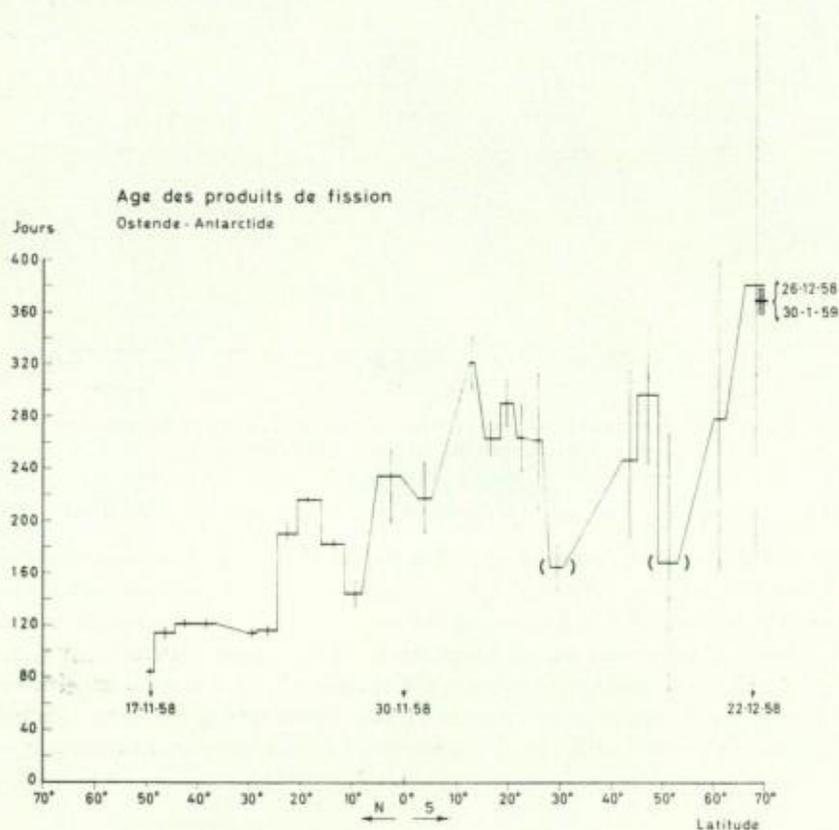


Fig. 9. — Age apparent des produits de fission entre 51° N et 70° S en novembre-décembre 1958. L'erreur indiquée représente la déviation standard sur les mesures radioactives. Le dernier point (70° S) représente une moyenne calculée sur 35 filtres journaliers.

Baudouin et les profils radioactifs mesurés lors du voyage du *Polarhav*. Une discussion de ces résultats est impossible dans le cadre restreint de cet article et nous renvoyons à la publication citée, ainsi qu'aux rapports de l'Expédition 1957-1958 (à paraître).

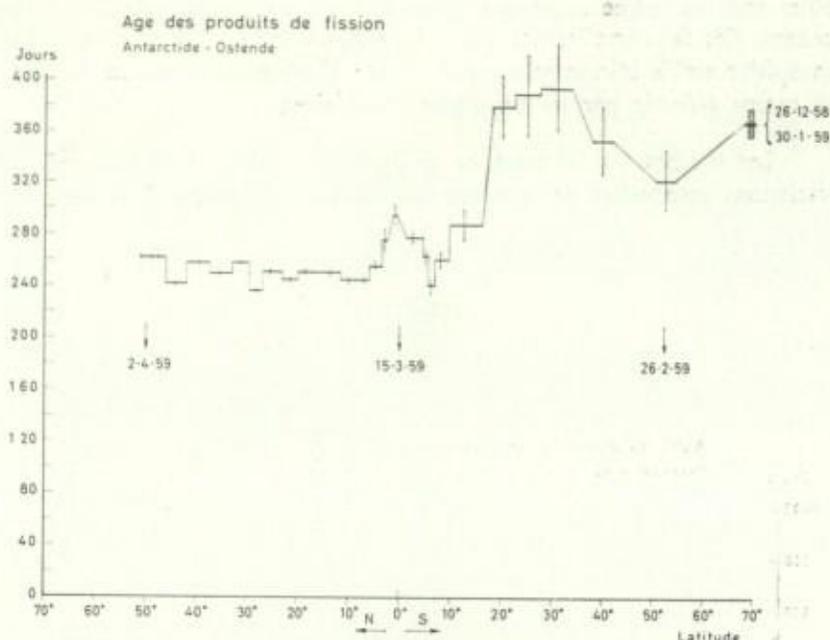


Fig. 10. — Age apparent des produits de fission entre 70° S et 51° N en mars-avril 1959. Voir légende de la figure précédente.

III. — Variations de la composition isotopique des précipitations.

Une des préoccupations de mon programme a été la récolte des précipitations en vue d'étudier les variations de la composition isotopique de l'oxygène et de l'hydrogène de la neige en fonction des conditions de formation. La réussite de ce programme est en grande partie l'œuvre de notre groupe « météo » dirigé par le Capitaine X. de Maere. L'expédition belge a été la seule avec les expéditions américaines, pendant l'Année Géophysique Internationale, à s'intéresser à ce domaine relativement neuf et plein de promesses.

A. Position du problème.

L'oxygène est formé de trois isotopes stables dont les nombres de masse sont 16, 17 et 18 et dont les proportions relatives sont environ : $1 : 4.10^{-4} : 2.10^{-3}$.

L'hydrogène est formé de deux isotopes stables de masse 1 et 2 (deutérium) dans les rapports approximatifs de $1 : 2.10^{-3}$.

On savait déjà depuis longtemps, d'après les mesures de densité, que la composition isotopique de l'eau dans la nature n'est pas constanté.



Photo 1. — La glace de mer à proximité de la Breidbay, le 22 décembre 1957.



Photo 2. — Le *Polarbat* dans la baie Roi Léopold III en décembre 1957. Débarquement sur la banquise. Au fond, la barrière de l'ice shelf.

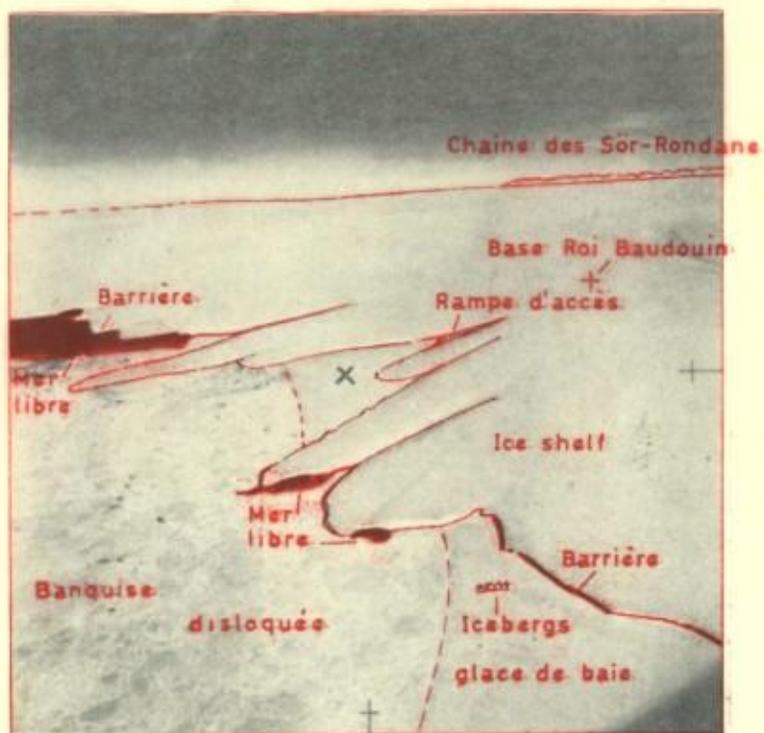


Photo 3. — Photo aérienne montrant la partie Ouest de la Breidbay. L'emplacement de la baie Roi Léopold III est marquée par une croix (X). Les fractures N-S prolongeant les baies sont nettement visibles. (Photon Antoine de Ligne).

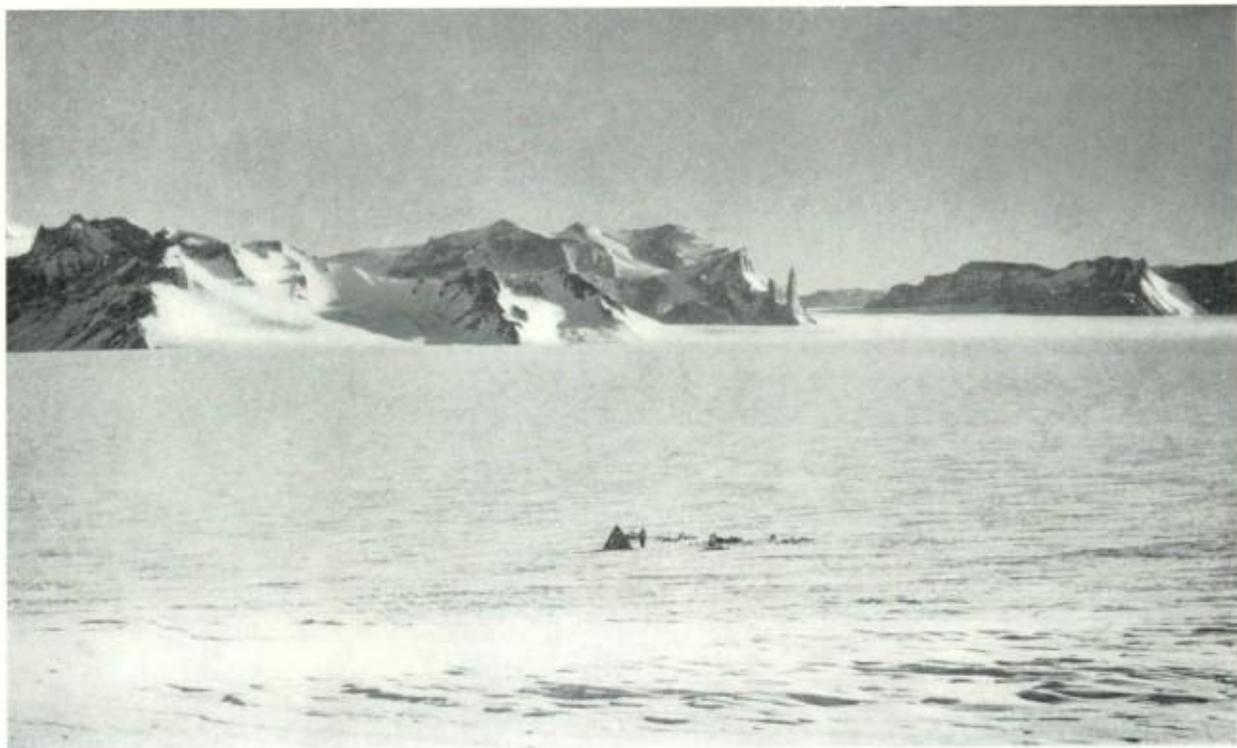


Photo 4. — Dans les Sør-Rondane. Face Nord du Birger Bergersenfjell. Vue vers le Sud, prise au pied du massif de Standrudfjell. Au premier plan, le camp établi sur le glacier Glitrefonna.



Photo 5. — Birger Bergersenfjellet, face Nord-Est. Formes caractéristiques résultant de l'érosion aérienne en climat glacial. La flèche indique un traîneau et son attelage sur le glacier, dominé par des parois verticales de plusieurs centaines de mètres.

Avec l'introduction de nouvelles techniques de mesures basées sur l'emploi de spectromètres de masse à double collecteur, des progrès considérables ont été faits dans ce domaine depuis une dizaine d'années, principalement grâce aux travaux d'Epstein aux Etats-Unis.

Très peu d'appareils de ce type sont disponibles et les échantillons ramenés de l'Antarctique ont pu être analysés grâce à la collaboration du Professeur E. Tongiorgi et de son service à l'Université de Pise et de I. Friedman au U.S. Geological Survey à Washington. Les résultats des analyses isotopiques de l'oxygène sont généralement exprimés par le paramètre δ , en $\frac{0}{100}$ de variation relative par rapport à un standard conventionnel qui est ici « l'eau de mer moyenne ».

$$\delta = \frac{(O_{18}/O_{16}) \text{ échantillon} - (O_{18}/O_{16}) \text{ standard}}{(O_{18}/O_{16}) \text{ standard}} \times 1.000$$

Un δ négatif signifie donc une eau « plus légère » que l'eau océanique moyenne, c'est-à-dire plus riche en O_{16} .

Les travaux de Epstein (1953, 1959) et de Dansgaard (1953, 1954) ont mis en évidence les régularités suivantes (figure 11) :

- a) Les précipitations ont toujours un δ négatif par rapport à « l'eau de mer moyenne »,
- b) Les précipitations ont un δ d'autant plus négatif qu'on s'éloigne de l'équateur. Cette variation en fonction de la latitude est très rapide au delà du 50° parallèle,
- c) A un endroit donné, la composition isotopique des précipitations subit des variations saisonnières. Les précipitations sont « plus légères » en hiver qu'en été. Ces différences de δ sont d'autant plus tranchées que les variations saisonnières sont plus intenses.

L'interprétation générale de ces résultats a été donnée par les auteurs précités. Sans entrer dans les détails, les variations observées sont en principe dues à la différence des tensions de vapeur des molécules isotopiques H^2O_{16} et H^2O_{18} , la première étant légèrement plus volatile que la seconde. A 20°C par exemple, le rapport des tensions de vapeur de H^2O_{16}/H^2O_{18} est de 1,008. Ce rapport change peu avec la température. La vapeur sera toujours plus riche en O_{16} que l'eau avec laquelle elle est en équilibre. Son δ par rapport à l'eau sera de $-8 \frac{0}{100}$. On comprend dans ce cas que les précipitations, essentiellement formées à partir de la condensation de vapeur d'eau océanique, aient toujours un $\delta \leq 0$.

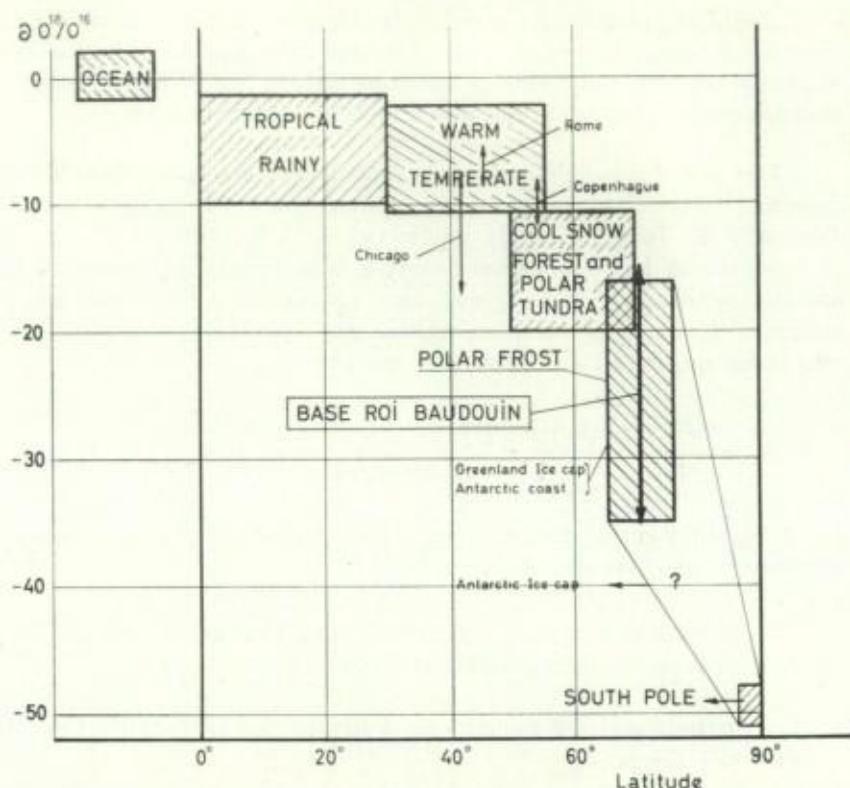


Fig. 11. — Composition isotopique de l'oxygène des précipitations en fonction de la latitude et au niveau de la mer. (D'après les données d'Epstein et Mayeda (1953), d'Epstein et Sharp (1959) et de Dansgaard (1954).

Si on imagine un seul cycle de distillation à l'équilibre : condensation et évaporation dans un système clos, il ne serait pas possible d'obtenir des valeurs de δ plus négatives que -8 . Or, l'observation démontre (figure 11) l'existence de précipitations ayant des δ de -50 , dont le rapport O_{18}/O_{16} est donc de 5 % inférieur à « l'eau de mer moyenne », variation énorme pour des isotopes stables, aussi lourds que ceux de l'oxygène. La présence de valeurs aussi négatives implique l'existence de plusieurs cycles successifs de condensation et d'évaporation.

Epstein (1959a) a comparé le comportement de l'eau dans son cycle météorologique à la distillation continue d'un mélange de deux liquides sur une colonne de fractionnement, les deux liquides étant ici H^2O_{18} et H^2O_{16} .

On sait que dans ce cas, si on élimine au fur et à mesure la vapeur formée et si on admet que les deux phases sont en équilibre isotopique,

la composition isotopique de la phase liquide est donnée par la formule de Raleigh :

$$R/R_0 = f^{(1-\alpha)}$$

où f = fraction restante du liquide initial,

α = (O_{18}/O_{16}) liquide / (O_{18}/O_{16}) vapeur = rapport des tensions de vapeur,

R = (O_{18}/O_{16}) dans le liquide résiduel,

R_0 = (O_{18}/O_{16}) dans le liquide initial.

Dans le cas de la condensation, dans les mêmes conditions, la composition de la vapeur est donnée par :

$$R'/R'_0 = f^{(\alpha-1)}$$

où f = fraction de la vapeur non condensée,

R' = (O_{18}/O_{16}) dans la vapeur non condensée,

R'_0 = (O_{18}/O_{16}) dans la vapeur initiale.

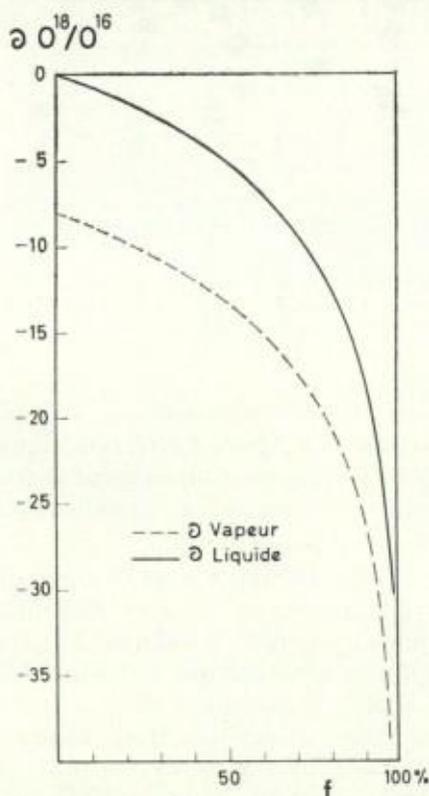


Fig. 12. — Composition isotopique de l'oxygène de l'eau dans le cas d'un système liquide-vapeur, lorsque l'une des phases est éliminée au fur et à mesure de sa formation.
 f = fraction de la vapeur condensée ou de l'eau évaporée.

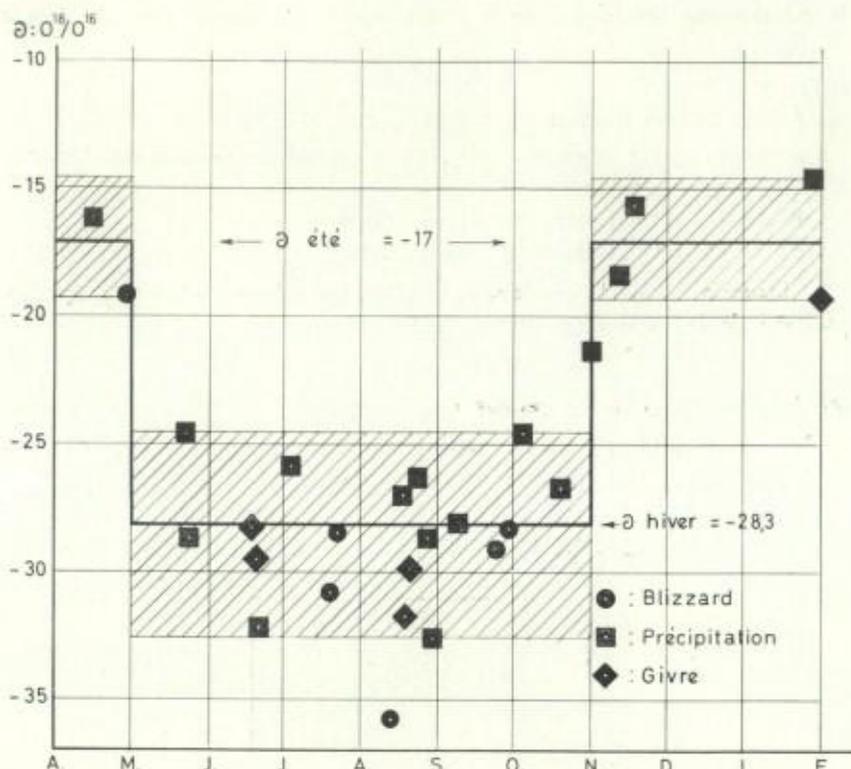


Fig. 13. — Composition isotopique de l'oxygène en fonction de la date de récolte en 1958 et des divers types d'échantillons (neige, blizzard et givre). On remarque l'effet saisonnier très marqué. (d'après Gonfiantini et al. 1959).

Pour l'eau à environ 20° , les valeurs de δ dans les conditions de Raleigh sont représentées à la figure 12 (d'après Epstein et al. 1959a). L'allure de cette courbe explique qualitativement le fractionnement beaucoup plus intense aux hautes latitudes ainsi que l'amplification de l'effet saisonnier visible sur la figure 11.

Imaginons en effet le refroidissement d'une masse d'air saturée en vapeur d'eau océanique. La vapeur a initialement un δ de -8 environ. Les premières fractions condensées donneront des pluies dont le δ sera voisin de zéro. Au fur et à mesure que refroidissement et condensation se poursuivent, la vapeur restante sera de plus en plus appauvrie en oxygène¹⁸ et les précipitations correspondantes montreront des δ de plus en plus négatifs. Un pareil modèle est évidemment une simplification à outrance de la réalité, mais rend bien compte de l'allure générale du phénomène.

B. Résultats obtenus.

Des échantillons d'eau solide, sous diverses formes : neige, givre et blizzard ont été récoltés tout au long de l'année 1958, à la Base Roi Baudouin. Le rapport oxygène₁₈/oxygène₁₆ a été mesuré par R. Gonfiantini à l'Université de Pise et le rapport deutérium/hydrogène par I. Friedman au U.S. Geological Survey à Washington. Les résultats de ces mesures ont déjà fait l'objet de publications (Gonfiantini et al. 1959, Picciotto

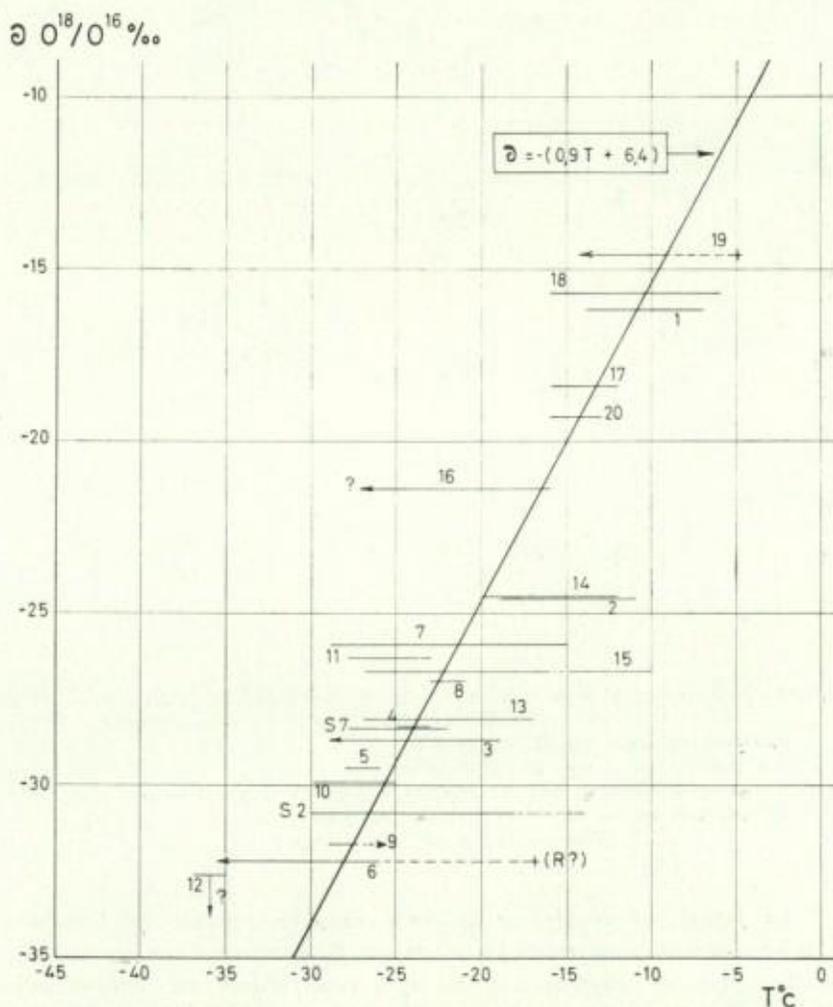


Fig. 14. — Composition isotopique de l'oxygène dans les précipitations vraies et les dépôts de givre en fonction de la température dans le nuage au moment de la précipitation. Les numéros correspondent à l'ordre de prélèvement des échantillons.

et al. 1960) auxquelles nous renvoyons le lecteur pour une discussion plus détaillée. Ces résultats sont représentés par les figures 13 à 15.

La figure 13 montre la composition isotopique de l'oxygène en fonction de date de récolte et des divers types d'échantillons (neige, blizzard et givre).

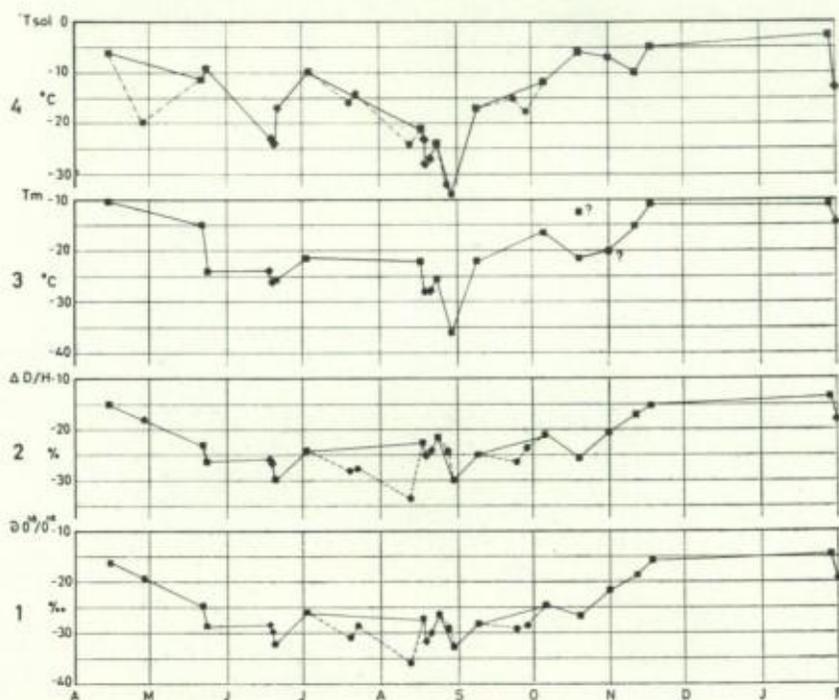


Fig. 15. — En fonction de la date de récolte des précipitations (entre avril 1958 et février 1959) :

1. — Composition isotopique de l'oxygène.
2. — Composition isotopique de l'hydrogène.
3. — Température moyenne dans le nuage au moment de la précipitation.
4. — Température au sol au moment de la précipitation.

Mêmes symboles que pour la figure 13.

La figure 14 représente la composition isotopique de l'oxygène dans les précipitations vraies et les dépôts de givre en fonction des températures dans le nuage au moment de la précipitation. Ces températures ont été déduites des radio-sondages en altitude effectués deux fois par jour par l'équipe « météo » (de Maere, 1959). On a tracé la meilleure droite passant par les températures moyennes de chaque nuage. Enfin, la

figure 15 résume l'ensemble des données. En quatre courbes séparées, nous avons représenté en fonction de la date de la récolte :

1. La composition isotopique de l'oxygène,
2. La composition isotopique de l'hydrogène,
3. La température moyenne dans le nuage au moment de la précipitation,
4. La température au sol.

De l'ensemble des résultats on peut tirer les conclusions suivantes sur les variations de la composition isotopique de l'oxygène :

1°) La composition isotopique de l'oxygène varie parallèlement à celle de l'hydrogène. Les rapports deutérium/hydrogène et oxygène 18 /oxygène 16 sont entre eux dans un rapport constant qui est environ 10. Les conclusions qui suivent se rapportent uniquement à l'oxygène, mais sont aussi valables pour l'hydrogène en tenant compte de ce facteur 10.

2°) La valeur moyenne de δ est d'environ -25 , c'est-à-dire que les précipitations sur la côte antarctique ont un rapport O_{18}/O_{16} qui est de 2,5 % plus faible que celui de l'eau de mer. Cette valeur se place bien dans le cadre général donné à la figure 11.

3°) On voit d'après la figure 13 qu'il existe une très forte variation saisonnière de δ . Les neiges d'hiver sont beaucoup « plus légères » que les neiges d'été. Le passage d'un groupe à l'autre se fait par deux transitions très brusques en mai et en novembre. Le δ d'été est en moyenne -17 et celui d'hiver -28 . Si on se souvient que l'erreur expérimentale sur δ est de l'ordre de 0,1 on voit qu'il est très aisé de distinguer les précipitations d'été de celles d'hiver.

4°) Malgré certaines incertitudes sur la température dans les nuages, on peut observer une corrélation évidente entre la composition isotopique des précipitations et la température des nuages correspondants (figure 14). Les autres facteurs, tels que hauteur, type des nuages, forme des cristaux, saisons, etc... ne jouent pas un rôle direct. Cette corrélation si claire est probablement due au schéma de circulation atmosphérique relativement simple autour de l'Antarctique et à la prédominance de nuages stratiformes d'épaisseur faible et bien définie.

L'Antarctique et le centre du Groenland sont les endroits du globe où on peut espérer retrouver, non altérée, la composition isotopique des précipitations accumulées depuis de nombreux siècles, grâce à l'absence de fusion et à l'évaporation minimum. Dansgaard et al. (1960) et Epstein

(1959) ont donné de très beaux exemples d'analyses isotopiques appliquées à la glaciologie.

Citons quelques types d'applications glaciologiques :

a) On voit sur la figure 13 que le rapport O_{18}/O_{16} dans les blizzards semble suivre la même variation saisonnière que dans les précipitations. Ceci démontrerait que les blizzards sont formés à partir de précipitations récentes. Il est aussi intéressant de noter que le δ de la neige des blizzards n'est pas systématiquement inférieur à celui des précipitations de la même période. On peut en déduire que cette neige ne vient pas de très loin au Sud, où règnent des températures plus basses auxquelles devraient être liées des valeurs plus négatives du δ des précipitations.

b) Dans une coupe verticale à travers une couverture de névé et de glace n'ayant pas subi de fusion, les alternances des couches d'été et d'hiver doivent se marquer par des variations périodiques de la composition isotopique. Epstein (1959b), travaillant sur des carottes de sondage provenant du Groenland central, a démontré que même dans la glace compacte, ne présentant plus aucun repère stratigraphique, les variations isotopiques saisonnières étaient encore clairement décelables (fig. 16).

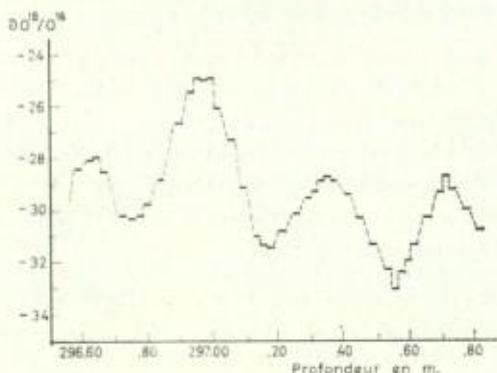


Fig. 16. — Variations saisonnières du rapport O_{18}/O_{16} sur une section verticale de glace compacte de 120 cm prélevée à 300 m de profondeur sur le plateau glaciaire du Groenland, lors du forage profond du SIPRE. [D'après Epstein et Sharp (1959b)].

Cette « stratigraphie isotopique » offre un champ d'application immense qui vient prolonger les méthodes stratigraphiques classiques et permet notamment de dater les couches de glace par une méthode analogue à celle du comptage des varves glaciaires.

c) L'effet combiné de la latitude et de l'altitude permet de prévoir une corrélation entre le δ de la neige et la latitude à laquelle elle est précipitée. Une pareille corrélation est d'un grand intérêt pour la connaissance des déplacements de la calotte glaciaire. Elle a été appliquée par Dansgaard et al. (1960) à une étude sur l'origine des icebergs du Groenland.

d) La corrélation entre température de formation et composition isotopique de la neige permet d'envisager l'étude des variations climatiques récentes sur le continent antarctique d'après les variations de la composition isotopique d'échantillons prélevés à diverses profondeurs (*).

Ces arguments doivent cependant être employés avec prudence et en des endroits soigneusement choisis. Pour diverses raisons (accumulation annuelle importante, température maximum très rarement supérieure à 0°C, vitesse d'écoulement de la glace très faible), l'ice shelf de la Base Roi Baudouin se prête particulièrement bien à des études de ce genre.

Si je me suis limité ici à l'étude du « phénomène actuel », des recherches sont en cours sur des échantillons recueillis par les 2^e et 3^e Expéditions Antarctiques Belges, à différentes profondeurs et à diverses latitudes, recherches qui font entrevoir déjà des résultats prometteurs.

IV. — *Accumulation et précipitations.*

A. — *La connaissance de l'accumulation* entre dans le cadre général d'étude de la balance glaciologique de la calotte antarctique. Cet équilibre est d'un intérêt inutile à souligner ; en effet, il règle le niveau des mers. 90 % du volume des glaces étant localisés dans l'Antarctique, leur fusion totale amènerait un relèvement général de 60 à 100 m du niveau des mers. Une fusion de 10 m se traduirait déjà par un relèvement de 30 cm. On ne sait pas si la balance actuelle des apports et des pertes est positive ou négative, mais elle doit être, de toute façon, proche de l'équilibre.

Les précipitations se faisant presque uniquement sous forme de neige rendent difficiles les mesures des quantités tombées en un endroit donné : le transport par le vent ne permet pas toujours de différencier précipitation d'accumulation. Toutefois, en moyenne, sur une grande étendue, l'accumulation totale peut être considérée comme égale aux précipitations.

(*) C'est dans ce but qu'a été entrepris et réalisé avec succès le sondage carotté de 115 m près de la Base Roi Baudouin au cours de la campagne d'été 1960-1961.

Pour l'ensemble du continent antarctique, on estime que l'accumulation moyenne annuelle atteint 25 cm d'équivalent d'eau dans la région côtière, et seulement 2 à 5 cm dans la région centrale. La quantité d'eau précipitée est donc égale, si pas inférieure, à celle qui est précipitée dans le Sahara et les autres déserts.

B. — *L'étude de l'accumulation pendant la campagne 1957-1958* a porté uniquement sur la couche de neige déposée pendant l'année. Les campagnes suivantes ont effectué des études plus poussées sur la stratigraphie des 20 premiers mètres, fournissant ainsi des données sur l'accumulation au cours des années précédentes.

À la Base Roi Baudouin, l'accumulation pour l'année 1958 a été de 50 cm de neige, soit 19 cm d'eau (*).

On en évalue la composition à

- 7 cm de précipitations vraies,
- moins de 1 cm de précipitation par givre et condensation,
- 12 cm de précipitations transportées par le vent.

Le graphique de l'accumulation annuelle à la Base souligne que la presque totalité de l'accumulation de l'année s'est produite en mars (figure 17).

Pour établir un *profil N-S d'accumulation* depuis la côte jusqu'aux Sør-Rondane, des balises ont été plantées tous les 2 miles en mars 1958. Les niveaux relevés en mars et en octobre 1958 sont rendus à la figure 18 : ce profil montre sur huit mois une accumulation moyenne maximum de la côte à 30 km (17 cm d'eau) et une décroissance générale du km 30 au km 80 (5,2 cm d'eau). L'accumulation annuelle à la Base est comparable à celle obtenue dans les autres stations côtières; par contre les valeurs de la pente continentale sont relativement basses.

C. — *Observations microscopiques des précipitations.* D'après les recommandations pour l'année géophysique, nous avons cherché à préciser les relations entre les *formes des cristaux des précipitations et leurs conditions de formation*. Des échantillons de précipitations ont été recueillis à la Base Roi Baudouin, tenant compte des relevés météorologiques au sol et en altitude (radio-sondages).

(*) D'après les mesures et les études stratigraphiques inédites des Expéditions suivantes (W. De Breuck), la valeur moyenne de l'accumulation annuelle à la Base serait plus importante et atteindrait 40 cm d'eau.

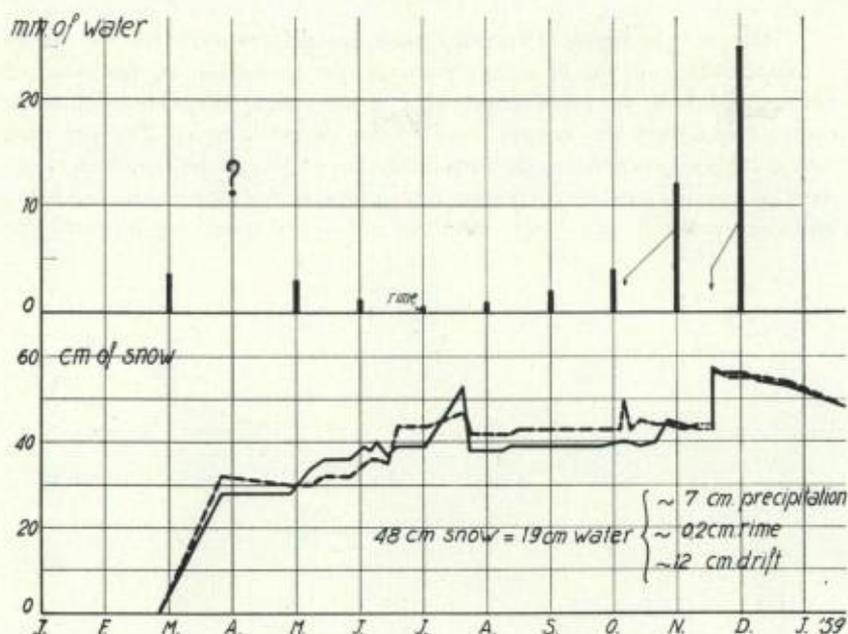


Fig. 17. — Accumulation et précipitations à la Base Roi Baudouin en 1958.
 Au-dessus : hauteur précipitée chaque mois en mm d'eau.
 En dessous : accumulation. Augmentation relative du niveau du sol, en cm de neige.

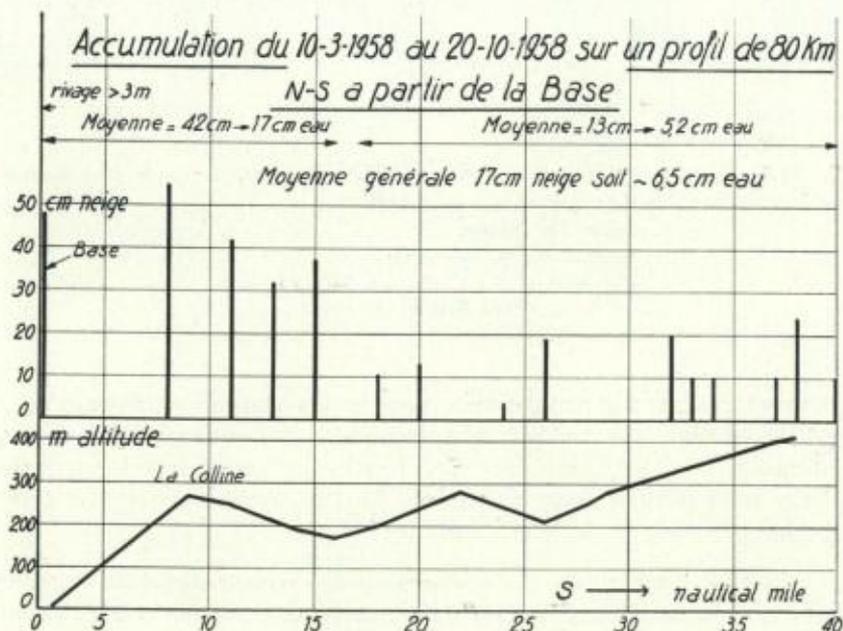


Fig. 18. — Profil N.S. d'accumulation de la côte aux Sør-Rondane en 1958.

Exemple : la figure 19 donne pour les différentes dates de récolte la température au sol et dans le nuage de formation et les types de cristaux observés au microscope. Il y a une nette distinction entre les formes cristallines des neiges d'été et des neiges d'hiver. Les précipitations d'été sont composées de formes stellaires planes dendritiques, familières à nos régions et correspondant à des températures de formation comprises entre 0° et —20°, tandis que les précipitations d'hiver com-

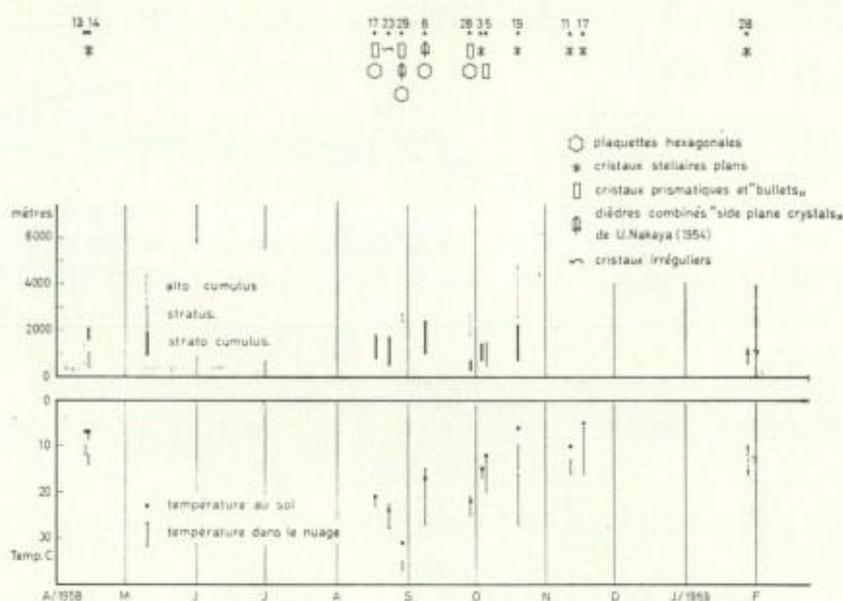
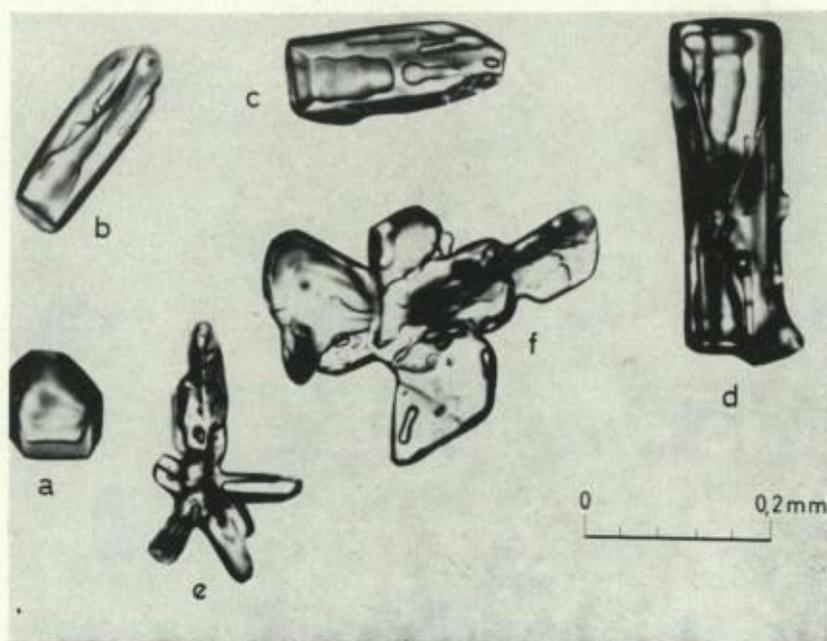


Fig. 19. — Formes des cristaux de neige et température dans le nuage de formation. De haut en bas : — date exacte de la précipitation — forme des cristaux — hauteur et type des nuages — température au sol et dans le nuage au moment de la précipitation, en degrés C° en dessous de zéro.

prennent des cristaux prismatiques creux et des « bullets » (prismes hexagonaux terminés par une pyramide tronquée), formés à une température inférieure à —20°, ainsi que des formes intermédiaires hexagonales planes et en sections (voir microphoto 1). Ces données confirment celles de Heim (1914) et de Weickmann (1947).

Devant l'importance du phénomène de chasse-neige (snow drift), nous nous sommes attachés à l'étude morphologique des grains consti-



Microphoto 1. — Exemple de précipitation « pure » d'hiver (29-8-1958).

Conditions observées : t° au sol : -31° C.

t° dans le nuage (altocumulus, base à 2.400 m, sommet à 2.700 m) : -36° C.

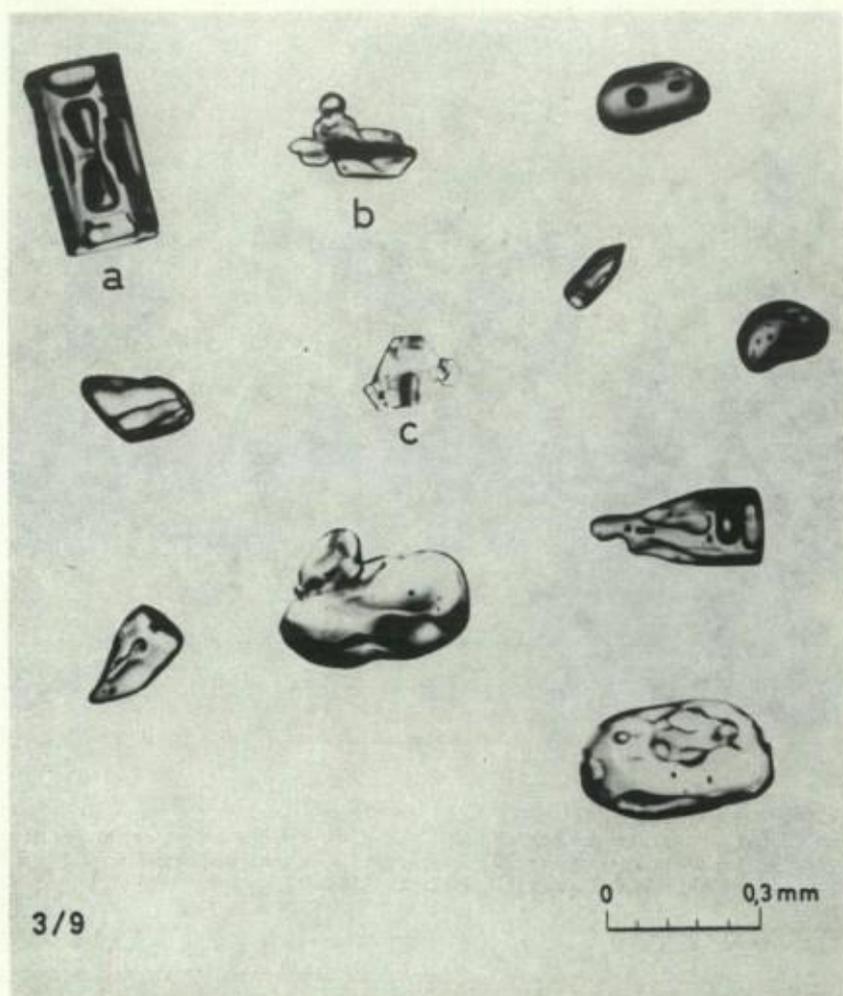
Vent nul.

Chute très légère de cristaux de 14 h à 17 h.

Microphoto : a = prisme vu par sa base, b et c = « bullets » avec cavité primaire, d = prisme avec cavité en sablier, e = prismes associés, f = « columns with extended side » (U. Nakaya, 1954).

tuant les blizzards, dans l'espoir d'éclaircir les points suivants : origine, distance de transport, essai de classification des blizzards. Les microphotos 2 et 3 donnent quelques exemples des informations que l'on peut obtenir d'une pareille étude. Il ressort dès à présent de cet examen, que la neige entraînée par les blizzards a subi un transport limité et provient généralement de précipitations récentes et locales. Ces vues sont confirmées par les études isotopiques discutées précédemment. Des conclusions analogues, basées sur des arguments météorologiques ont déjà été exprimées notamment par les chercheurs soviétiques (Kopanev, 1959) et par les chercheurs de l'Expédition de Maudheim.

L'étude microscopique du sol s'est bornée à la couche de neige accumulée en 1958 (microphoto 4).



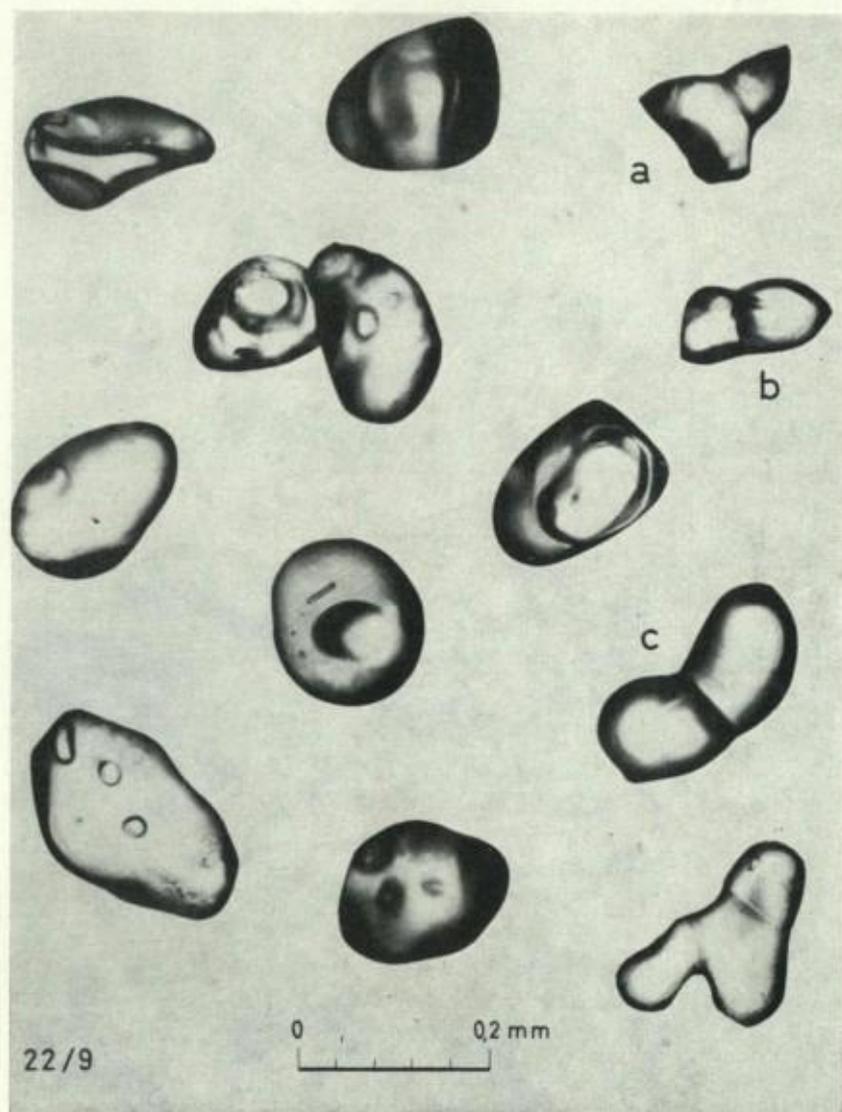
Microphoto 2. — Exemple de blizzard « mixte » (3-9-1958).

Conditions observées : t° au sol : -21° C.

Vent : 25 nœuds.

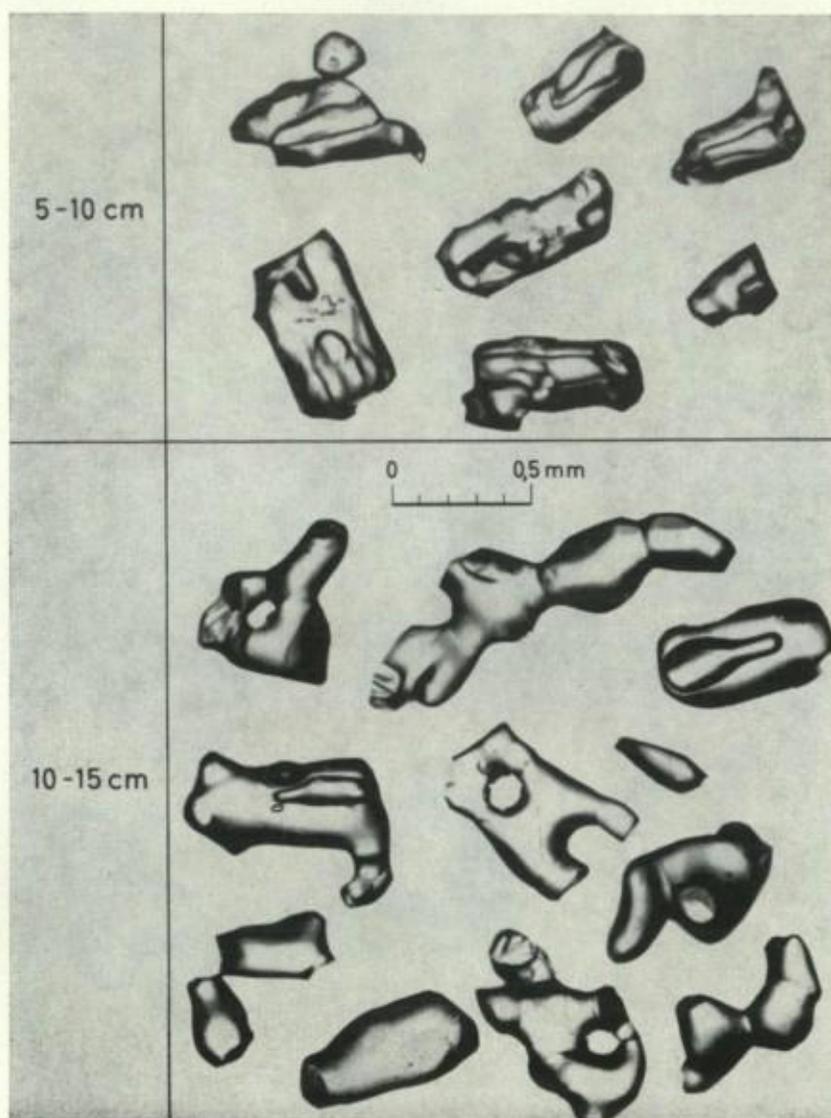
Ciel couvert.

Microphoto : on distingue des éléments hétérogènes; certains cristaux (a, b, c) sont de toute évidence récemment précipités et n'ont pas subi un long transport. Les autres, par contre, montrent des traces d'usure prouvant un transport plus important.



Microphoto 3. — Exemple de blizzard « pur » avec érosion (22-9-1958).
Conditions observées : t° au sol : -18° C.
Vent violent de 50 à 60 nœuds; chasse-neige à 2 m au-dessus du sol.
Ciel serein depuis 2 jours. Pas de précipitations depuis 6 jours.

Microphoto : tous les grains sont fortement usés. On reconnaît néanmoins qu'ils représentent des fragments de formes prismatiques analogues à celles de la précipitation du 29-8, mais arrondis.
Les grains a, b, c sont particulièrement intéressants, car ils ne peuvent provenir que de fragments arrachés au sol (microphoto 4) et ils démontrent que dans certains cas, le blizzard a une action érosive certaine.



Microphoto 4. — Structure du sol à la fin de l'hiver (Base Roi Baudouin, 11-9-1958). Les dix premiers centimètres montrent des grains très petits (0,2 à 0,5 mm) ayant subi peu de transformations. De 0,15 à 0,30 m apparaît une certaine diagenèse : les grains s'agglomèrent en chapelet, typique du sol de neige. A 0,50 m on retrouve la couche de l'été précédent, non représentée ici, avec de gros cristaux (1 à 2 mm) complètement recristallisés : on peut parler de métamorphisme.

généralement d'un accès facile à la fois pour les traîneaux à chiens et les véhicules à chenilles. La zone en bordure Est des Sør-Rondane est cependant très crevassée. La température observée pendant le raid oscillait entre -5°C et -25°C avec une moyenne de -15°C .

Nous avons examiné au point de vue géologique et morphologique les pointements isolés au Nord de la chaîne et la partie de la chaîne à l'Est du 25° de longitude Est (figure 20). L'exploration à l'W des Sør-Rondane prévue pour décembre 1958 n'a pu être réalisée, à la suite des incidents survenus au raid vers les Monts Belgica.

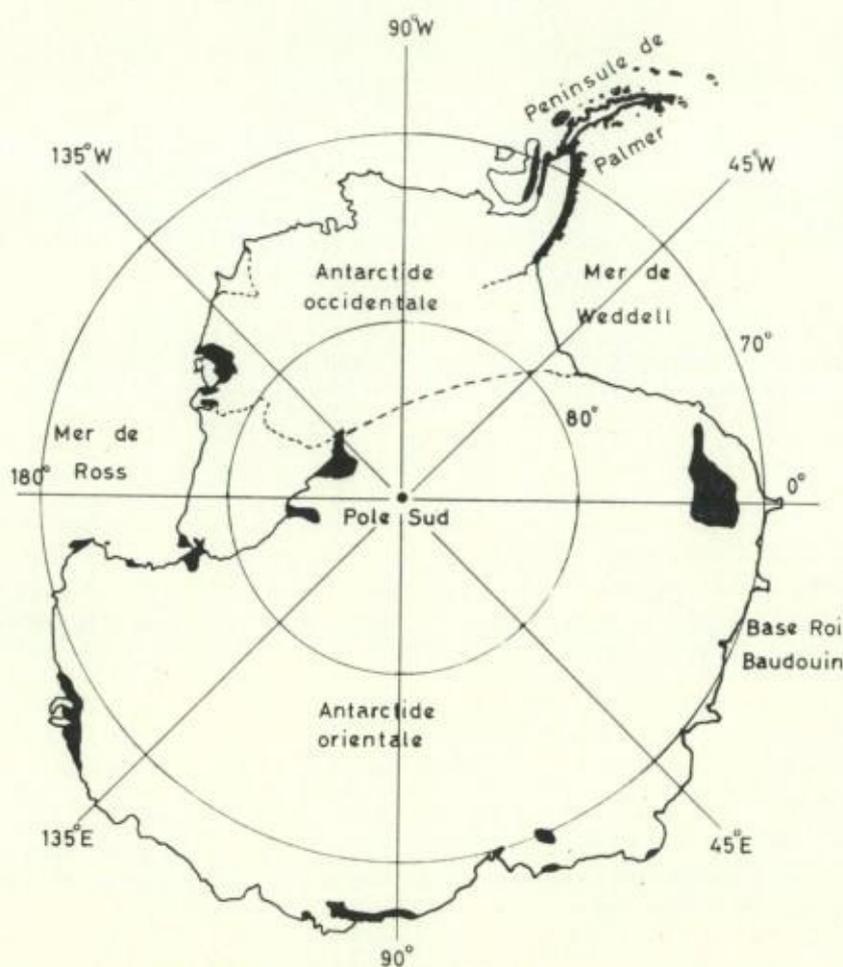


Fig. 21. — L'Antarctide. Zones reconnues géologiquement en 1956. (D'après Davies, 1956).

A. *Géologie*. — Une description préliminaire a déjà été publiée (Picciotto et al. 1959). La partie Est explorée de la chaîne des Sör-Rondane est formée de roches cristallines métamorphiques de catazone et de mésozone profonde, essentiellement de gneiss divers à biotite et à amphiboles avec de rares intercalations de couches de calcaire cristallin. Les phénomènes de granitisation et d'anatexie sont extrêmement répandus et très bien exposés. Ces formations appartiennent vraisemblablement au socle précambrien de l'Antarctique Orientale (fig. 21).

Les pointements isolés au N de la chaîne sont constitués par des massifs intrusifs granitiques et dioritiques, postérieurs aux gneiss. La partie W semble présenter les mêmes caractères que la partie E de la chaîne, si on en juge par les blocs erratiques observés sur les pointements au Nord et par les communiqués des expéditions 1959 et 1960. 400 kg d'échantillons ont été ramenés et déposés à l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Des études pétrographiques et minéralogiques sont en cours à l'Université de Liège, au Laboratoire de Géologie et de Pétrographie et des mesures d'âge absolu par les méthodes radioactives se poursuivent au Laboratoire de Géologie nucléaire à l'Université Libre de Bruxelles.

Cinq biotites provenant des gneiss, des pegmatites et des massifs intrusifs, ont été datées par la méthode Rb/Sr. Ces biotites ont toutes des âges voisins de 460 millions d'années. Ces résultats surprenants sont à rapprocher des âges A/K mesurés par Ravitch et Krylov sur les roches affleurant au Sud de Lazarev.

B. *Morphologie*. — Les formes actuelles du relief résultent de l'érosion glaciaire. Mais en de nombreux endroits, ce relief a été remanié par l'érosion aérienne en climat glacial (notamment l'action du gel et des alternances de température) pour aboutir aux formes extraordinaires illustrées par la photo 5, qui donnent à cette région un caractère exceptionnel, rappelant les paysages du Hoggar. On trouve des preuves abondantes d'une récession générale des glaciers. Les Sör-Rondane ont été probablement recouvertes entièrement par la glace, car les plus hauts sommets (points culminants dépassant 3.000 m) montrent une morphologie résultant d'une glaciation intense.

Conclusion.

Nous espérons avoir montré par ces quelques exemples que l'Antarctique offre un vaste champ d'application, non seulement aux disciplines géophysiques classiques, mais aussi à des disciplines nouvelles, en plein développement, situées à la frontière commune des domaines scientifiques traditionnels.

Les études décrites ici, commencées à l'occasion de l'Expédition Gaston de Gerlache, n'ont fourni que des résultats préliminaires et continuent maintenant sur le matériel ramené par les Expéditions Antarctiques Belges 1959 et 1960 et sur celui de l'opération de sondage effectuée au cours de la campagne d'été 1961.

Les Expéditions Antarctiques Belges ont gardé une avance honorable dans ces domaines et peuvent se flatter des résultats obtenus, surtout lorsqu'on tient compte des moyens relativement réduits qui ont été mis en œuvre, comparés à ceux dont disposaient les expéditions de nations plus importantes.

* * *

Je tiens à remercier Mademoiselle A. Coppez pour sa collaboration dans le dépouillement des résultats et la rédaction de ce rapport.

REFERENCES

- DANSGAARD, W. (1953) — The abundance of O_{18} in atmospheric water and water vapour. — *Tellus*, 5, 461.
- DANSGAARD, W. (1954) — The O_{18} abundance in fresh water. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 6, 241.
- DANSGAARD, W., NIEF, G and ROTH, E. (1960) — Isotopic distribution in a Greenland iceberg. — *Nature*, 185, 232.
- DAVIES, W.E. (1956) — Antarctic stratigraphy and structure. In: *Antarctica in the I.G.Y.* — National Research Council Publ., 462, 44.
- DE MAERE, X. (1959) — Exp. Antarct. Belge 1957-1958, Rapports scientifiques préliminaires, *Météorologie*.
- EPSTEIN, S. and MAYEDA, T. (1953) — Variation of O_{18} content of waters from natural sources. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 4, 213.
- EPSTEIN, S. and SHARP, R.P. (1959a) — Oxygen-isotope variations in the Malaspina and Saskatchewan glaciers. — *J. of Geol.*, 67, 88.
- EPSTEIN, S. and SHARP, R.P. (1959b) — Oxygen isotope studies. — *I.G.Y. Bull.* 21, 9.
- GONFIANTINI, R. and PICCIOTTO, E. (1959) — Oxygen isotope variations in antarctic snow samples. — *Nature*, 184, 1557.
- HEIM, F. (1914) — Diamantstaub und Schneekristalle in der Antarktis. — *Met. Z.*, 31, 232.
- KOPANEV, I.D. (1959) — Some peculiarities of the snow cover formation in the Antarctic. — *Bull. Inform. Exp. soviétique en Antarctique*, n° 5, 32.
- LIBBY, W.F. (1959) — Radioactive fallout particularly from the Russian October series. — *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.*, 45, 959.
- LIBBY, W.F. (1958) — Radioactive fallout. — *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.*, 44, 800.
- LOCKHART, L.B. Jr., BAUS, R.A., PATTERSON, R. Jr. and BLIFFORD, I.H. Jr. (1958) — Some measurements of the radioactivity of the air during 1957. — *N.R.L. Report* 5208.

- LOCKHART, L.B. Jr., BAUS, R.R., KING, P. and BLIFFORD, I.H. Jr. (1959) — Atmospheric radioactivity studies at the U.S. Naval Research Laboratory. — *J. Chem. Educ.*, 36, 291.
- LOODTS, J. (1960) — Exp. Antarct. Belge 1957-1958, Rapports scientifiques préliminaires. Géodésie.
- LUNCKE, B. (1960) — Norwegian air photography in Dronning Maud Land: operation « Pingvin », 1958-1959. — *Polar Record*, 10, 35.
- MARTELL, E.A. (1959) — Atmospheric aspects of Strontium-90 fallout. — *Science*, 129, 1197.
- MARTELL, E.A. and DREVINSKY, P.J. (1960) — Atmospheric transport of artificial radioactivity. — *Science*, 132, 1523.
- MAXIMOV, I.V. (1959) — Navigation of the diesel-electric ship « Ob » along the Princess Ragnhild Coast. — *Bull. Inform. Exp. soviétique en Antarctique*, n° 6, 5.
- NAKAYA, U. (1954) — Snow crystals: natural and artificial. 510 pages. Harvard University Press, Cambridge.
- OCEANOGRAPHIC ATLAS OF THE POLAR SEAS (1957) — Part I, Antarctic. U.S. Navy Hydrographic Office, Washington.
- PICCIOTTO, E. (1958) — Mesure de la radioactivité de l'air dans l'Antarctique. — *Nuovo Cimento*, 10, 190.
- PICCIOTTO, E., DE MAERE, X. and FRIEDMAN, I. (1960) — Isotopic composition and temperature of formation of antarctic snows. — *Nature*, 187, 857.
- PICCIOTTO, E., MICHOT, J. et MICHOT, P. (1960) — Reconnaissance géologique et pétrographique des Monts Sør-Rondane (Terre de la Reine Maud). — *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, LXIX, fasc. 2.
- PICCIOTTO, E., WILGAIN, S., KIPFER, P., BOULENGER, R. (1961) — Radioactivité de l'air dans l'Antarctique en 1958 et profil radioactif entre 60° N et 70° S. — *Comptes rendus de la Conférence sur l'Utilisation des Radioisotopes dans les Sciences Physiques et dans l'Industrie.* (Copenhague, septembre 1960) (à paraître).
- STEWART, N.G., OSMOND, R.G.D., CROOKS, R.N., FISHER, E.M. (1957) — The world-wide deposition of long-lived fission products from nuclear test explosions. — *Atomic Energy Research Establ. (G. Brit.)*, Publ. N° AERE HP/R 2354.
- WEICKMANN, H. (1947) — Die Eisphase in der Atmosphäre. — *Reports and Translations*, 716 (Völkenrode), Ministry of Supply, London.