



EXPÉDITION ANTARCTIQUE BELGE

RÉSULTATS

DU

VOYAGE DU S. Y. BELGICA

EN 1897-1898-1899

SOUS LE COMMANDEMENT DE

A. DE GERLACHE DE GOMERY

RAPPORTS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉS AUX FRAIS DU GOUVERNEMENT BELGE, SOUS LA DIRECTION

DE LA

COMMISSION DE LA BELGICA

GÉOLOGIE

LES GLACIERS

GLACIERS ACTUELS ET VESTIGES DE LEUR ANCIENNE EXTENSION

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION

ANVERS

IMPRIMERIE J.-E. BUSCHMANN

REMPART DE LA PORTE DU RHIN

1908

Printed in Belgium





LES GLACIERS

GLACIERS ACTUELS ET VESTIGES DE LEUR ANCIENNE EXTENSION

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION



Sorti des presses de J.-E. BUSCHMANN, Anvers
le 1^{er} Mars 1908.

LES GLACIERS

GLACIERS ACTUELS ET VESTIGES DE LEUR ANCIENNE EXTENSION

PAR

HENRYK ARCTOWSKI

MEMBRE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DE L'EXPÉDITION

En toute saison et sur toute la surface du globe, la température de l'air va en diminuant progressivement à mesure que l'altitude augmente. Le climat des montagnes est plus rigoureux que celui des plaines avoisinantes, et les neiges y apparaissent d'autant plus tôt et séjournent plus avant en été que les cimes ou les flancs montagneux considérés sont plus élevés.

Par 2900 m. d'altitude, dans les Alpes, l'influence de l'hiver est déjà prépondérante et la chaleur de l'été ne peut plus fondre et faire disparaître, ne fût-ce que pour quelques jours, toute la neige tombée ; aussi, d'année en année, de nouveaux dépôts de neige s'y accumulent et se tassent. Les limites inférieures de ces neiges persistantes des grands massifs des Alpes, peuvent être tracées avec une approximation suffisante pour nous permettre d'imaginer la surface, à peu près plane, qui délimite cette zone des neiges. C'est cette surface fictive qui forme le niveau des neiges perpétuelles.

Il est évident que la hauteur à laquelle se rencontre le niveau des neiges persistantes dans les diverses régions du globe présente de notables différences, puisqu'elle dépend principalement, sinon exclusivement, du climat. Vers les pôles, le niveau des neiges perpétuelles se rapproche du niveau de la mer ; vers l'équateur, au contraire, il s'élève de telle sorte que, dans les régions tropicales, à peine quelques très hautes cimes peuvent y atteindre.

Pour chaque région du globe, le niveau des neiges perpétuelles constitue donc une marque de contrôle du climat. Que la quantité de précipitations atmosphériques augmente ou que la température diminue, et le niveau des neiges perpétuelles tendra à descendre ; que si, au contraire, le régime météorologique s'améliore, la limite des neiges remontera.

Si donc la nature nous procure un moyen de constater les variations de la hauteur du niveau des neiges persistantes, nous aurons en même temps une indication, sinon une mesure, des variations du climat.

L'étude des glaciers nous fournit ce moyen.

Les moraines, les lacs qu'elles embrassent, les roches moutonnées dans les fonds des vallées, les parois rocheuses dénudées, polies et striées, les blocs erratiques et les accumulations de dépôts glaciaires, les bassins creusés dans le roc au pied des seuils, la forme même des

vallées, sont autant d'indices certains du passage des glaciers, et leur étude nous permet de nous figurer non seulement l'extension antérieure des fleuves de glace, mais jusqu'à l'aspect même du pays à l'époque glaciaire.

D'un autre côté, la limite inférieure des cirques formés par les champs de névé sur les flancs des montagnes — les *Kare* des géologues allemands — nous fournit des indications sur la position de l'ancien niveau des neiges persistantes.

L'étude des Alpes a montré que, durant la plus grande extension des glaciers, la zone des neiges perpétuelles a dû y descendre à un niveau inférieur d'environ 1000 mètres à celui qu'elle occupe de nos jours. Et ce fait n'a pu être expliqué qu'en admettant un abaissement général de la température d'environ 4°, et peut-être aussi l'influence d'un climat plus humide.

L'histoire des glaciers de la Suisse et du Tyrol et les vestiges de la grande extension des glaciers alpestres ont été étudiés au cours de ces dernières années, d'une façon détaillée, par RICHTER, PENCK, BRÜCKNER et quelques autres géologues.

Les Pyrénées, les Carpathes, les Balkans, le Caucase et des chaînes de montagnes de moindre importance ont été également affectés par cet abaissement de la température, et le synchronisme des formations glaciaires de toutes ces régions ne laisse plus aucun doute. Mais l'époque glaciaire a laissé des traces plus manifestes encore dans le Nord de l'Europe : les montagnes de la Scandinavie et de la Finlande ont été complètement noyées sous une immense carapace de glace qui s'est étalée sur les plaines de la Russie et a comblé toute la dépression de la Baltique ; ses moraines terminales peuvent être suivies en Pologne et en Allemagne, et elle s'est étendue au delà de la mer du Nord : des accumulations de roches erratiques, dont l'origine scandinave est certaine, ont été trouvées jusqu'en Hollande et dans les Iles Britanniques.

On pouvait s'imaginer — et pendant des années un grand nombre de savants pensèrent effectivement — que le phénomène de la grande extension des glaciers n'a été qu'un phénomène purement local, qu'en d'autres termes l'abaissement de la température, qui a dû se produire, n'a eu lieu que sur une étendue restreinte du globe, qu'il n'intéresse que l'Europe et le Nord de l'Amérique. Des théories basées sur cette hypothèse ont même été formulées ; il n'y a pas lieu d'y insister, attendu qu'elles n'ont plus, actuellement, qu'un intérêt historique. Je ferai simplement remarquer, au sujet des théories de l'époque glaciaire, que la plus séduisante d'entre elles, celle de CROLL, a croulé également avec le progrès des connaissances positives.

La théorie définitive de l'histoire des glaciers reste à créer, car les hypothèses formulées récemment (celle de SVANTE ARRHENIUS, par exemple) sont loin de nous expliquer les faits d'une façon entièrement satisfaisante.

Toutefois, l'exploration des diverses régions du globe est suffisamment avancée pour nous permettre d'affirmer qu'à la suite des conquêtes scientifiques de ces dernières années, la thèse de l'universalité de l'époque glaciaire a été démontrée par un tel ensemble de découvertes que l'on est dorénavant forcé d'admettre qu'il s'agit bien là d'un fait positif acquis à la science.

Si l'abaissement de la température a été universel, nous devons en retrouver les traces sous l'équateur, — c'est-à-dire là même où le jeu des saisons est le moins prononcé, là où, suivant l'hypothèse d'une alternance des époques glaciaires dans les deux hémisphères, les conditions météorologiques n'ont pu varier sensiblement, — et nous devons aussi pouvoir suivre les

traces d'une grande extension des glaciers d'un pôle à l'autre suivant toute la longueur du méridien.

Or, en Afrique, sous l'équateur même ($0^{\circ} 12' S.$, $37^{\circ} E.$), le Kenya s'élève à une hauteur de 5600 m. Cette montagne a été explorée par GREGORY et par MACKINDER. Les neiges éternelles y descendent jusque 5340 m. et les glaciers se terminent vers 4700 m.; mais déjà vers 3000 m. d'altitude, on trouve des moraines anciennes, et le niveau des neiges éternelles a dû s'y trouver au moins à 600 m. plus bas qu'aujourd'hui.

Le Kilimandjaro a été admirablement étudié par HANS MEYER. L'un de ses sommets, le Kibo, situé par $3^{\circ} 4'$ de lat. S., atteint une altitude de 6010 m. (1). Sur son versant méridional, les neiges éternelles descendent à présent jusque 5400 m. et l'extrémité du plus long glacier est à 4000 m. Les traces de l'ancienne glaciation, qui peuvent être suivies sur tout le pourtour du Kibo, se trouvent de 800 à 1000 m. plus bas.

Le Ruwenzori, autre massif montagneux se trouvant sous l'équateur et dont les cimes sont couvertes de neige, a été récemment exploré par le DUC DES ABRUZZES, et là aussi les traces de l'ancienne extension des glaciers ont été trouvées des plus manifestes.

Les autres montagnes de l'Afrique équatoriale ne sont pas suffisamment élevées; heureusement le Kenya, le Ruwenzori et le Kibo se trouvent précisément au point où il était le plus désirable de recueillir des données.

Mais, pour une même quantité de précipitations annuelles et une température moyenne plus basse que la température moyenne actuelle, l'évaporation sera moindre. L'époque glaciaire doit donc avoir également laissé des traces dans les dépressions sans déversement.

Les exemples d'anciens lacs, là où il n'y a plus aujourd'hui que des steppes salées, abondent d'après HANS MEYER au N. et au S. de l'équateur. On peut ainsi démontrer la continuité du phénomène, à partir de l'équateur et à travers l'Afrique, jusqu'à la Caspienne et au lac Aral, et à travers toute l'Asie.

D'autre part, les explorations des deux Amériques ont déjà fourni suffisamment de données pour qu'il soit possible de poursuivre les traces de l'époque glaciaire à partir du cercle polaire arctique jusque dans la région du cap Horn, et les découvertes faites par l'Expédition de la BELGICA dans les terres antarctiques, viennent se rattacher à cette longue série.

Il reste malheureusement quelques lacunes. C'est ainsi que les Montagnes Rocheuses du Canada sont encore imparfaitement explorées, et l'étude des Sierras du Mexique et de l'Amérique centrale laisse aussi beaucoup à désirer. Dans le territoire de l'Alaska, dans les Cascade Mountains et dans la Sierra Nevada, les géologues américains (parmi lesquels il me suffira de citer I. C. RUSSEL) ont par contre accumulé tout un ensemble de données.

Quant à l'Amérique du Sud, les exploitations des HETTNER, SIEVERS, STÜBEL, GÜSSFELD, BRAKEBUSCH, HAUTHAL, FITZ GERALD, CONWAY et d'autres, ont démontré l'existence des traces de l'époque glaciaire suivant toute la longueur de la Cordillère des Andes: dans la Sierra Nevada de Santa Marta, par 11° de lat. N.; au Venezuela, dans la Cordiliera de Merida; puis, en Colombie, le Pulpito avec des moraines anciennes bien conservées; dans la République de l'Équateur, le Cerro Altar; plus loin ce sont le Guagua-Pinchincha et le Chimborazzo qui peuvent servir d'exemples; dans la Bolivie et le Pérou, le lac Titicaca avec ses anciens rivages et des formations glaciaires montrant que des glaciers se sont écoulés jusque dans le lac même;

(1) Seulement 5892 m. d'après des mesures récentes.

le Sorata, également avec des moraines anciennes et des lacs glaciaires ; puis, par 33° de latitude, l'Aconcagua ; et plus loin encore vers le Sud, dans les Andes chiliennes, on peut suivre les traces de l'ancienne glaciation jusque dans la région des fiords qui commence par 42° de latitude Sud, latitude à partir de laquelle les glaciers d'autrefois se sont écoulés dans les eaux de la mer.

Les exemples cités pourraient être notablement multipliés.

Et du reste, dans les montagnes de l'Australie, en Tasmanie, dans la Nouvelle-Zélande, sur l'île Kerguelen (tout isolée dans l'Océan Indien) et ailleurs, — partout, dirais-je volontiers, — on a trouvé les traces d'une grande extension des glaciers et d'un climat plus rigoureux que de nos jours. Sur toute la surface de la terre, l'histoire du développement des civilisations humaines a été précédée par une époque de froid.

Depuis ces temps reculés, les glaciers ont poursuivi leur marche rétrograde, et des régions florissantes naguère sont devenues arides et désertes.

Ainsi, le changement lent des climats s'est poursuivi jusque dans les temps historiques, et les déplacements progressifs vers le Nord, des centres de prospérité et de civilisation, pourraient fort bien n'être autre chose qu'une manifestation de cette variation de la température, tendant vers un maximum dont nous nous rapprochons lentement, de siècle en siècle.

Le soleil, auquel nous devons la vie, est peut-être la cause de cette variation (1), et toute cette histoire des glaciers de la terre n'est peut-être qu'une marque (si profondément ressentie sur notre globe) de quelques-unes de ses pulsations. Et, de fait, l'époque glaciaire n'a pas été une manifestation spontanée, elle a eu au contraire une évolution lente se décomposant en plusieurs phases que les géologues s'efforcent de déchiffrer ; et puis, l'histoire de la terre nous enseigne que la glaciation pleistocène, contemporaine de l'homme, a été précédée par d'autres manifestations glaciaires non moins intenses, dont la succession n'a pas encore été rigoureusement établie.

Il semble donc que ces révolutions lentes constituent la loi dans l'évolution.

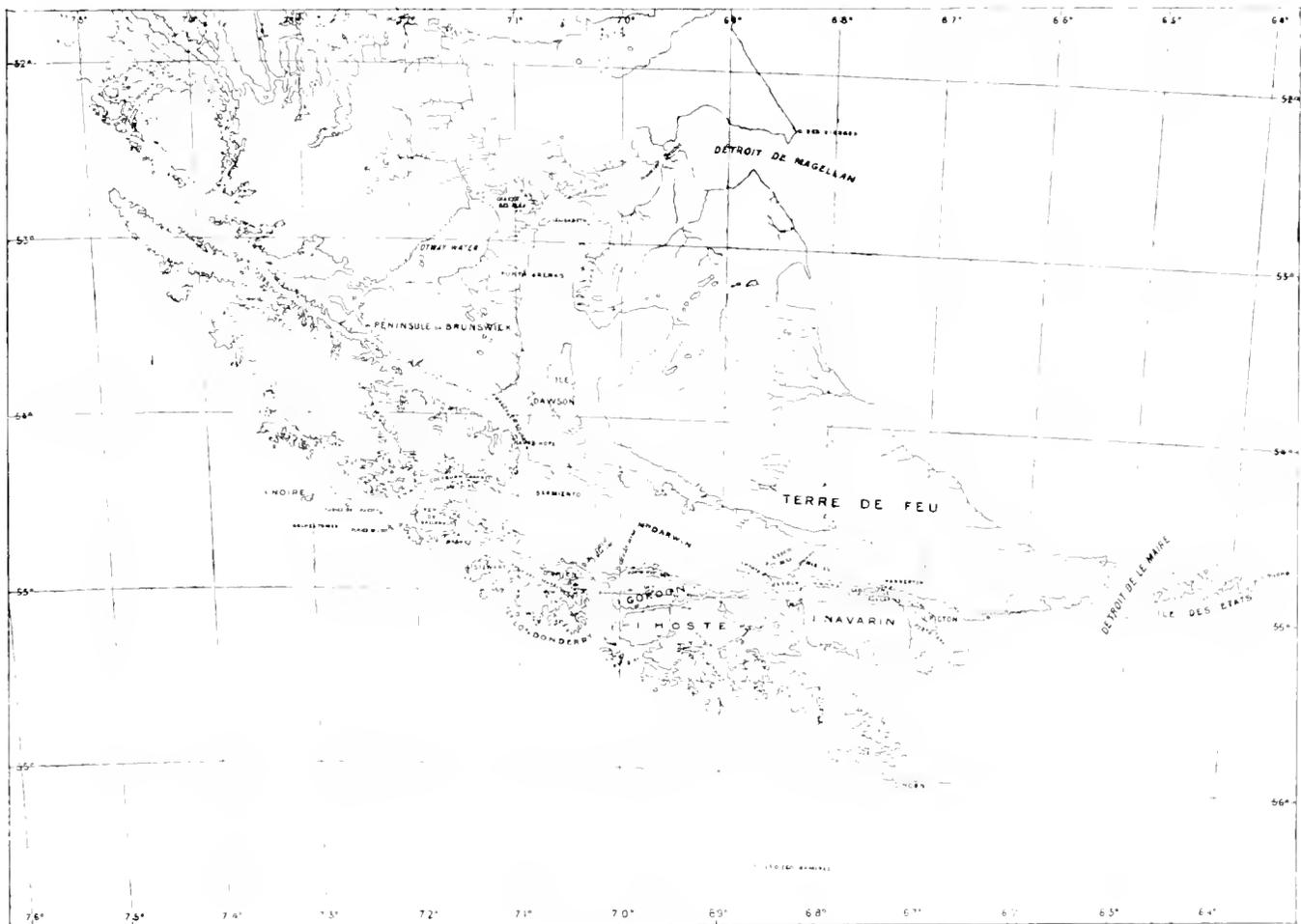
Je crois que, si l'on veut y réfléchir, l'histoire des glaciers enseigne toute une philosophie.

(1) EUG. DUBOIS a développé cette thèse dans son ouvrage : *The climates of the geological past*, London, 1895.

LES CANAUX DE LA TERRE DE FEU

Le 29 novembre 1897, la BELGICA franchit le cap des Vierges, à l'entrée du détroit de Magellan ; puis l'Expédition contourna la Terre de Feu, en passant par le Magdalena Sound, le canal Cockburn, les canaux de Darwin et du Beagle et, enfin, par le détroit de Le Maire.

En cours de route, nous nous arrêtàmes au cap Grégory, à l'île Elisabeth et à Punta-Arenas, dans le détroit de Magellan ; de là furent organisées plusieurs excursions, entre autres dans la vallée du Rio las Minas, à Pecket Harbour et à l'île Dawson.



CROQUIS DE LA REGION VISITÉE PAR L'EXPÉDITION

Dans le Magdalena Sound, nous ne fîmes arrêt que dans la baie Hope sur l'île Clarence, tandis que, au sud de la Terre de Feu, nous débarquâmes sur l'île Londonderry et nous parcourûmes l'admirable fiord du Grand Glacier ; nous nous arrêtàmes également dans une petite baie du canal de Darwin et, dans le canal du Beagle, au fiord de Lopataïa, à Ushuwaïa et à

Harberton. Près de cette dernière localité, le Commandant faillit perdre son bateau sur des roches submergées. C'était le 1^{er} janvier au soir et nous avions dépassé le mouillage de Harberton, que l'obscurité empêchait de distinguer, lorsque tout à un coup la quille de la BELGICA toucha le fond. Toutes les manœuvres furent inutiles, le bateau resta échoué et au matin, par marée basse, il se coucha sur le flanc. Mais, avec le retour de la marée, une tempête survint et bientôt les vagues se formèrent dans le canal. La BELGICA, fortement cahotée sur le fond dut à sa grande solidité de résister aux chocs. En vain tentions-nous de la dégager : toute notre provision d'eau douce avait été pompée, puis une quantité de charbon débarquée sans autre résultat que des ancres perdues et des chaînes cassées, quand enfin la houle venant de l'Océan se fit sentir et une de ses ondes enleva le bateau de l'écueil. Il fallut chercher un refuge à Port Toro, dans l'île Navarin ; de là, nous revînmes sur Harberton avant de passer le détroit de Le Maire afin de renouveler notre provision d'eau à l'île des États. Nous quittâmes John Harbour (Port Saint-Jean) le 14 janvier 1898 pour gagner la région polaire.

Au retour de l'Expédition antarctique belge de l'Océan Glacial du Pôle Sud, la première terre reconnue fut l'île Noire, le 26 mars 1899. Après avoir vainement cherché un refuge derrière l'île, le Commandant passa heureusement les Furies le 27 au matin, puis nous rentrâmes dans le canal Cockburn, et le 28 la BELGICA était de nouveau à l'ancre devant Punta-Arenas.

Les notes qui suivent résument les observations qu'il m'a été possible de faire sur les quelques glaciers actuels que nous avons vus pendant des excursions ou en cours de route, ainsi que celles que j'ai faites sur les traces de l'ancienne extension des glaciers dans cette région (1). Les roches dont il est question dans le texte ont été étudiées au microscope par feu A.-F. RENARD et seront décrites par M. PELIKAN, de Prague.

Détroit de Magellan

Sur de vastes étendues des plaines de la Patagonie et de la Terre de Feu, les terrains tertiaires sont recouverts d'une nappe continue de diluvium.

Le terrain erratique du détroit de Magellan a été étudié et décrit pour la première fois par CHARLES DARWIN (2). Comme travail récent, consacré plus spécialement à l'étude de la question, l'important mémoire de OTTO NORDENSKJÖLD est à citer (3).

Il semble que ces argiles à blocs de la Patagonie sont en tous points comparables au *drift* des géologues américains, au *till* et au *boulder-clay* des écossais, et qu'ils forment la moraine de fond abandonnée par une immense expansion des glaciers andins. J'ai pu observer des coupes de cette argile à blocs au-dessus des parois, de strates tertiaires, des flancs de la vallée du Rio las Minas, au NW. de Punta-Arenas, et aussi dans le Passo, qui mène à la lagune appelée Cabezza del Mar, localité où le terrain erratique laisse apercevoir par places

(1) Pour la carte des Terres Magellaniques, voyez le mémoire de M. LECOINTE : *Travaux hydrographiques et instructions nautiques* : une description tout à fait générale de la région se trouve dans ELISÉE RECLUS : *Nouvelle Géographie universelle*, vol. XVIII, pp. 733-735 ; la géologie a été resumée, d'après les observations de DARWIN et de STEINMANN, par ED. SUESS : *Das Antlitz der Erde*, Bd I, pp. 675-677.

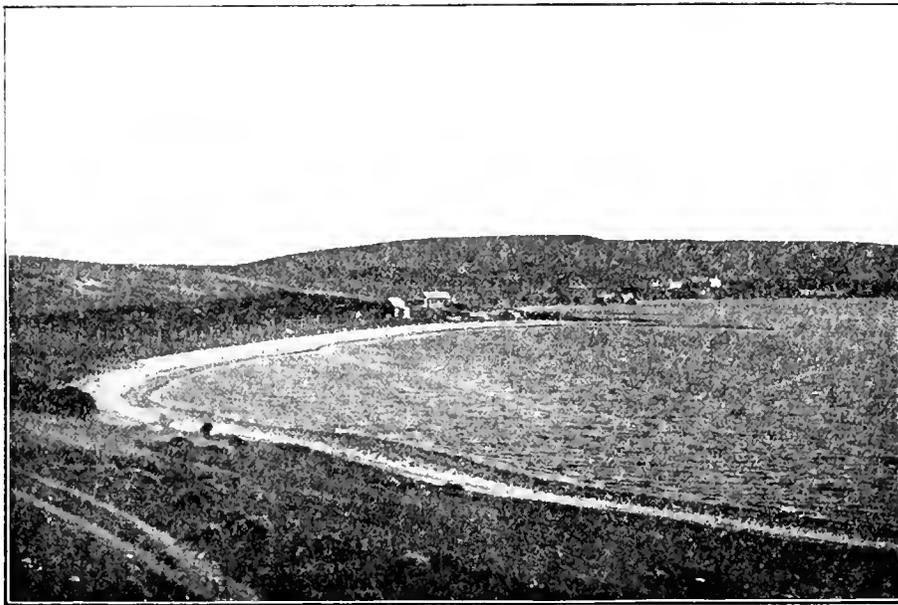
(2) *Geological Transactions*, vol. VI, et *Geological Observations on the volcanic islands and parts of South America visited during the voyage of H. M. S. « Beagle »*.

(3) *Ueber die posttertiären Ablagerungen der Magellansländer*. Svenska Expeditionen till Magellansländerna, Bd I, n° 2.

des strates horizontales d'un grès renfermant des empreintes des plantes fossiles qui ont été étudiées par M. GILKINET.

Dans les deux cas, la couche d'argile à blocs n'avait que quelques mètres d'épaisseur.

Une formation glaciaire différente, et probablement aussi plus récente, s'observe dans les environs immédiats de Pecket Harbour. Toute la partie méridionale de cette baie se compose en effet d'une suite de moraines parfaitement caractéristiques. Il y en a au moins une quinzaine qui se dessinent très nettement les unes à la suite des autres. En allant vers le Passo, on constate que les moraines se transforment dans cette direction en simples ondulations du terrain et en tumuli. Lorsqu'on monte sur la péninsule, à l'entrée S. de la baie, on voit qu'elle se compose de quatre ou cinq moraines parallèles ; ces moraines sont la cause de la présence de la péninsule et lui ont donné sa forme.



VUE DES MORAINES DE PECKET HARBOUR

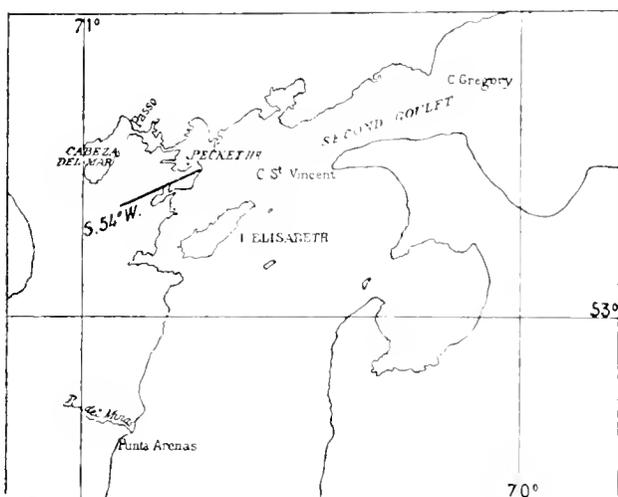
Les premières maisons se trouvent à l'une des extrémités d'une moraine qui se termine dans la baie par un banc de blocs erratiques. Au delà des dernières maisons se dessine le profil de la moraine décrite ci-après.

La moraine voisine des maisons de Pecket Harbour a une hauteur de 38 m. au-dessus du niveau de la mer. Sa direction est à peu près NE.-SW. J'ai mesuré au compas S. 34° W., ce qui fait S. 54° W. en admettant que la déclinaison magnétique est de 20°. Les pentes de cette moraine sont : 27° à l'E. et 31° du côté W., et sa longueur est d'environ 700 m.

Ces moraines reposent sur une plate-forme dont la hauteur au-dessus du niveau des eaux est de 8 à 10 m. Elles ont toutes sensiblement la même direction. Ces traînées de moraines sont engrenées les unes dans les autres, mais elles ne se bifurquent pas : lorsque les extrémités sont légèrement déviées, la concavité de ces déviations est du côté SE. La plupart ne sont pas parfaitement rectilignes. La distance entre les moraines est variable et comprise entre 1 et 3 kilomètres au plus. Les plus grandes ont de 1 à 4 kilomètres de longueur. Elles sont toutes à peu près de la même hauteur et présentent un profil curviligne, régulier ; aux extrémités, elles vont en s'abaissant et en s'étalant sur la plaine. Entre les moraines, il existe d'assez

nombreux monticules fort petits et plus ou moins isolés, ainsi que des lagunes. A la surface, on voit de nombreux blocs striés, du gravier et surtout des feuilletés d'un schiste noir, dont on rencontre également des blocs. La plage dans la baie est formée de cailloux un peu anguleux. Quelques pointes s'avancent dans la baie et forment des trainées de blocs affectant la même direction que les moraines.

Je suis tenté de considérer les moraines de Pecket Harbour comme étant terminales d'un grand glacier magellanique venant du S. Pour s'en assurer, il faudrait évidemment rechercher si des moraines semblables — et formant la continuation de celles-là — ne se trouvent pas près du cap Saint-Vincent — de l'autre côté du canal. Il se pourrait du reste que toute cette péninsule qui rétrécit le détroit de Magellan au second goulet dut son origine à des accumulations morainiques.



L'île Elisabeth, qui se trouve à l'intérieur de cet arc, au SE. de Pecket Harbour, est également de formation glaciaire. A l'endroit où nous avons débarqué, sur la côte NE. de l'île, la falaise, qui avait plus de 10 m. de hauteur, montrait une stratification fluvioglacière de sables foncés, plus ou moins argileux, ainsi que des lits plus réguliers de petits cailloux roulés. Les sables contenaient également des cailloux portant des stries glaciaires très nettement marquées. L'île présente des ondulations de terrain en forme de bosses et est parsemée de blocs erratiques de roches diverses, dont quelques-uns atteignent 1 mètre cube ou même davantage.

Havre Hope.

A l'entrée du Magdalena Sound, la BELGICA s'arrêta dans le Hope Harbour, sur la côte orientale de l'île Clarence. Ce havre constitue un excellent mouillage qui a été souvent visité. Des montagnes d'allure alpestre environnent la baie. Un ruisseau s'écoule de deux glaciers suspendus qui se terminent à 250 à 300 m. au-dessus du niveau de la mer. La végétation est très abondante dans le bas, tandis que les flancs des montagnes sont complètement dépourvus d'arbres. La forêt touche à la mer, et le sol, très humide, porte une épaisse couverture de mousses ; mais aussitôt que l'on s'élève à quelques dizaines de mètres d'altitude, on ne rencontre plus que des arbrisseaux rabougris, tandis que la roche se montre à nu en de nombreux endroits.

Les couches de schistes métamorphiques qui se trouvent sur la côte nord de la baie suivent une direction ESE-WNW ; plus haut apparaissent des rochers de tonalite (très foncée, à grain fin), et vers 275 m. d'altitude la montagne est formée de micaschiste. L'erratique, dans le fond de la baie, se compose principalement de micaschiste, d'amphibolite, de tonalite et de diorite (1).

(1) Voyez également : DARWIN, *Geological Observations* (3^e edit.), p. 446 et HYADES, *Mission scientifique du cap Horn*, 1882-1883. *Géologie*, p. 192.

Cockburn Channel

Le 16 décembre 1897, l'expédition quitta le Havre Hope, et ce même jour la BELGICA franchit le Magdalena Sound et le Cockburn Channel pour jeter l'ancre dans une anse de l'île Basquet. Le temps était très défavorable. Il en fut de même à la date du 27 mars 1899, lorsque, revenant des régions antarctiques, nous fîmes le voyage en sens opposé.

J'ai pris quelques notes au retour ainsi qu'un croquis des rochers Tower, qui se trouvent à 7 ou 8 milles au sud de l'île Noire, et en vue desquelles la BELGICA passa le 26 mars vers 16 heures. Les Tower Rocks sont remarquables en ce que, de même que les îles Diego Ramirez, le Cap Horn et l'île des États, elles forment l'une des pointes terminales de la chaîne des Andes. Malgré tout l'intérêt qu'auraient pu présenter quelques échantillons de la roche qui forme l'île Noire, il ne fallut pas songer à débarquer à terre, la mer étant trop agitée et la BELGICA n'ayant mouillé à l'abri de l'île qu'en attendant un temps plus clair, afin de pouvoir passer au travers du chapelet des récifs dénommés les Furies et pénétrer dans le Barbara et dans le Cockburn Channel.



TOWER ROCKS

La nuit, les rafales devenant de plus en plus violentes, l'ancre chassa et, vers 3^h du matin, la BELGICA se trouvait dans une situation très dangereuse. Une heure après, il fallut quitter précipitamment l'île Noire. La mer était démontée. Le ciel se dégagait un peu par moments. La Voie lactée, formée d'une trainée de rochers sur lesquels les vagues déferlent sans relâche, était visible au loin. La route à suivre courait entre les Furies de l'Ouest et les Furies Est, récifs fumants, dont les plus petits, engloutis par les flots se couvraient de gerbes écumantes.

Le 27, à 8^h du matin, les Furies étaient passées.

Vers 11^h, nous atteignions le premier tournant du Cockburn Channel. A notre droite, dans la péninsule de Brecknock, se voyaient des baies profondes flanquées, de part et d'autre des entrées, de collines oblongues en dos de mouton. Les montagnes, dans le fond, avaient des formes effilées et s'élevaient jusque dans la région des neiges éternelles dont on n'apercevait du bateau que des lambeaux pendants. Là, dans les hauteurs, les arêtes étaient aiguës ; dans les parties basses, au contraire, les roches portaient partout les traces de l'action érosive des glaciers. Le temps était malheureusement très défavorable : des nappes nuageuses, grises, passaient devant ces perspectives imposantes et attristaient encore l'aspect du paysage, auquel l'absence de végétation imprime un cachet de désolation.

En face de l'île Fitz Roy j'ai vu, marquées sur les rochers de la péninsule, trois lignes, légèrement convergentes, descendant vers King Island. La première se trouvait à environ 60 m. de hauteur et la dernière vers 140 m. Je ne saurais dire si c'étaient des traces glaciaires d'anciens rivages.

Dans tous les cas, jusque vers 200 m. de hauteur, de part et d'autre du canal, les roches sont moutonnées. Ainsi King Island a la forme d'un grand dos de mouton, composé, bas, s'abaissant vers la sortie du canal et abrupt vers l'intérieur du pays. Il présente une apparence de stratification plongeant vers le S. Sur la côte de la péninsule, en face de King Island, se creusent de petites anses, en forme de cuvettes ouvertes vers le canal, aux murailles abruptes

dans le fond, et, au delà de ces seuils, il existe des cavités dans le flanc de la montagne, sans aucun doute des bassins au fond desquels se trouvent des lacs. A 200 m. au-dessus environ, la roche est absolument à nu. Tout au bas végètent quelques arbrisseaux; plus haut la végétation est rare. La surface du flanc de la montagne ayant subi l'action glaciaire apparaît comme rongée. Il y a là une multitude de creux, de petites dimensions pour la plupart, n'ayant que 2 m. à 30 m. de diamètre.

De la montagne devant Pyramid Hill descendent deux glaciers suspendus en dessous d'un petit champ de glace. Le sommet de la montagne semble dépourvu de neige.

La Pyramide Hill était environnée de nuages, et il pleuvait quand nous passâmes à proximité. Mais il était visible que cette montagne est couverte de glace jusque très bas. Un beau glacier en descend. Il se compose de plusieurs fleuves de glace se réunissant en un gros nœud qui comble très probablement une grande cuvette; car le glacier ne descend pas jusqu'à la mer et sa terminaison n'est pas visible d'en bas. Des crevasses longitudinales sont très nombreuses sur tout le parcours, et la face de chacun de ces rameaux est bombée (ce qui explique la présence des crevasses allant de haut en bas). Ces glaciers ne sont pas enchâssés dans des vallées; leur parcours est probablement réglé par des ravins, que la glace déborde. Sur cette glace la neige semble séjourner jusqu'à environ 100 m. au-dessus du niveau du canal, à moins que la neige que j'ai cru voir ne fût fraîchement tombée, ce qui est peu probable.

Le Sarmiento était tout à fait caché par les nuages, de sorte que l'on ne pouvait apercevoir que les premiers plans et, plus haut, des contours vagues, s'estompant par moments.

Au tournant du cap Thurn, une série de glaciers descendent du massif du Sarmiento ou des montagnes adjacentes. L'un d'eux présente un aspect paisible; il comble une grande vallée et descend jusqu'à la mer. Un autre, à sa droite, plus étroit, de pente accentuée, porte une moraine longitudinale.

En dehors des fleuves de glace, les glaciers suspendus — sur les flancs des montagnes qui bordent le canal — sont nombreux en cet endroit. Ces glaciers sont largement étalés sur les pentes plus faibles et se terminent, vers le bas, par des languettes pointues. Ils sont très tourmentés de crevasses et couverts de neige vers le haut. Sur ces glaciers suspendus la limite inférieure des névés descend certainement jusque 500 m. et peut-être plus bas encore.

La baie du Torrent

La nuit du 16 au 17 décembre 1897, la BELGICA s'arrêta pendant quelques heures dans un petit port naturel de l'île Basquet. Le vent, soufflant par rafales, rendait le mouillage intenable; il fallut quitter cet endroit sans y avoir débarqué.

Dans la matinée du 17, nous avions de part et d'autre du canal (Whale boat sound) des montagnes hautes de 300 à 500 m. et, plus vers l'intérieur des terres, des sommets plus élevés, mais pas de glaciers. De temps en temps s'apercevaient dans les hauteurs des surfaces neigeuses et de très petits glaciers suspendus. Mais le temps n'était pas assez clair pour voir au loin.

Vers les 11^h nous entrâmes dans le rétrécissement du chenal entre les îles O'Brien et Londonderry. Sur la gauche de notre route (c'est-à-dire au N.) se trouvait une vallée étagée, fort intéressante à observer à cause de ce fait que la ligne de démarcation de la portion ensevelie, par l'ancien glacier, qui s'écoulait vers la mer, était très nettement accentuée.

Tout le fond de cette vallée, jusqu'à une hauteur de 200 à 250 m., montrait une surface adoucie et légèrement couverte de verdure. Plus haut, au contraire, le flanc de la montagne était fortement cannelé et peu de ces sillons se poursuivaient au delà de la ligne de démarcation. Le contraste entre la portion rugueuse et la surface polie était surtout évident quand on comparait les profils. A une certaine hauteur, on voyait un cirque latéral, creusé dans le roc, et qui avait une apparence toute fraîche, comme s'il était de formation récente. C'était peut-être un *Kar* (1).

Un premier seuil traversait la vallée en formant avec sa direction un angle d'environ 45°, au lieu de lui être perpendiculaire comme c'est le plus fréquemment le cas. Au delà de ce premier seuil il y en avait un second délimitant l'étage supérieur. Dans le bas de la vallée, la forme en U était tout à fait typique.

En coupe transversale, la courbe parabolique du fond de la vallée semblait bien être le résultat d'un approfondissement par l'action érosive du glacier. Le second seuil était évasé, large, légèrement concave. Plus haut, la vallée se prolongeait encore dans les montagnes.

Dans le fond, le long du canal, et partout en dessous de 200 m. d'élévation environ, les formes du terrain étaient adoucies, arrondies, bosselées, les arêtes et les cannelures franchement marquées ne se montrant qu'au delà ; mais les roches moutonnées à proprement parler faisaient défaut.

Le même jour, à midi, la *BELGICA* jeta l'ancre dans une baie située sur la côte septentrionale de l'île Londonderry. Descendus à terre, nous pûmes constater tout d'abord que les rivages de ce petit port naturel étaient formés d'amas de cailloux granitiques, anguleux, visibles seulement au bord de l'eau ; puis venait la forêt, jonchée de troncs d'arbres pourris, et dont le sol était recouvert d'une épaisse couche de végétation empêchant de voir la roche à nu. Pour se rendre compte de la géologie de l'endroit, il fallait donc gagner les hauteurs.

J'escaladai d'abord la montagne située au SW. de la baie. On y accède par une petite vallée marécageuse, aux arbres rabougris, au sol partout humide et mou et formé d'une couche de mousses très épaisse. A la hauteur de 140 m. au-dessus du niveau de la mer, la roche granitique, en place, présentait les formes en dos de mouton bien caractéristiques. A la surface, on ne voyait pas de stries glaciaires, la roche ayant sans aucun doute été corrodée par l'action combinée de la pluie, de la végétation de lichens, de la gelée, etc., et rendue par cela même toute rugueuse. En plus, le long de fentes de clivage, de grands fragments étaient détachés du roc. Par places, des filons de micropegmatite, d'environ 1 décimètre d'épaisseur, traversaient suivant des lignes droites la tonalite qui formait la roche en place.

Les dernières roches moutonnées se trouvaient vers 230 m. d'altitude. Il pleuvait ; heureusement il n'y avait pas de brouillard ; mais les lambeaux nuageux, qui pendaient sous forme de draperies irrégulières en dessous des nimbus, se terminaient vers les 300 à 400 m., et masquaient par moments complètement la vue.

A 300 m. au-dessus de la baie, je me trouvai dans une région de blocs ayant de 1 à 3 mètres cubes et pour la plupart aux arêtes fortement émoussées. Ils ne différaient pas de la roche en place au point de vue pétrographique. Ils ne formaient pas des traînées de pierres

(1) Voyez E. RICHTER : *Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen*. Ergänzungs-Heft zu Petermann's Mitteilungen, Gotha 1900.

et, étant épars, n'offraient pas non plus l'aspect des moraines latérales habituelles. Mais un peu au delà de 300 m. il n'y en avait pas, et au-dessous de 250 m. je ne pouvais en apercevoir que quelques-uns; ailleurs, sur le flanc de la vallée, ces amoncellements de roches semblaient être plus caractéristiques.

Vers 340 m. de hauteur se voient les derniers arbrisseaux rabougris, les mousses sont plus clairsemées et la roche nue prédomine. L'eau ruisselle partout suivant des systèmes de rigoles creusées dans le roc. Plus haut dans la montagne, un filon de mélaphyre, de 1 mètre d'épaisseur environ et dont la direction était approximativement N.-S., attira mon attention.

A 410 m. se trouvaient les premiers lambeaux de neige séjournant encore. A partir de 490 m. la roche est fragmentée en gros blocs anguleux, amoncelés. Le point le plus haut de la montagne ne s'élève qu'à 550 m. au-dessus du niveau de la mer : le sommet est en forme de dôme. Le panorama était superbe, malgré les nuages qui touchaient les montagnes et ne laissaient apercevoir leurs contours que par moments.

Partout, dans les vallées, le relief semble adouci et les formes du terrain contrastent avec l'aspect des crêtes des montagnes environnantes, aux silhouettes dentelées et dont les sommets sont de petits pics en forme de cônes ou de pyramides émoussées.

Dans le N., sur la chaîne des montagnes au delà du chenal de Darwin, je pouvais distinguer quelques beaux glaciers suspendus; puis, plus bas, des cirques en forme de grands entonnoirs, et plus bas encore des cuvettes creusées dans le roc ou, du moins, de nombreux lacs dont les eaux semblaient être retenues par des seuils. Sur l'île O'Brien, qui était plus rapprochée, les lacs se trouvaient dans la région basse, environ entre 50 et 100 m. au-dessus de la mer; ils étaient du reste alignés dans les vallées, précisément là où les formes du terrain ne présentaient pas la moindre rudesse.

Au S. et à l'E. de mon point d'observation se trouvait le bassin déversant ses eaux dans la baie du Torrent. Il était bien délimité par un cercle de montagnes reliées entre elles par des crêtes beaucoup plus basses que les sommets, mais encore couvertes de neige, en des endroits abrités. Au fond de ce bassin il y avait un beau lac d'environ 2 à 3 kilomètres de long sur 1 kilomètre de large et séparé de la baie par un seuil, sur lequel s'écoulait le torrent qui déversait ses eaux dans la mer. Sauf du côté de la baie, de part et d'autre vers la montagne, ce lac inférieur était bordé de rochers abrupts, nus et aux surfaces unies, usées par l'action du glacier qui dans le temps y était engouffré. Ce lac se trouvait à la jonction de deux vallées dont les ruisseaux tombaient en cascades par dessus les murailles escarpées formant les terminaisons des étages supérieurs de ces vallées. Dans la vallée principale il y avait deux autres lacs, également séparés par un seuil, et beaucoup plus haut (à environ 450 m. d'altitude), se trouvait, dans une vallée tributaire, un très petit lac dont la surface était encore en partie gelée et recouverte de neige et d'où s'écoulait un ruisseau.

Vers 17^h j'étais pris dans les nuages, de sorte qu'il me fallut aller vers le grand lac afin d'en voir davantage. En descendant, je constatai l'existence de deux moraines latérales très bien marquées : la seconde qui, vue d'en haut, se remarquait aisément à cause de la forte végétation dont elle était couverte, était parfaitement continue. Cette moraine inférieure n'était coupée qu'en deux endroits, car elle dévie les eaux qui, ruisselant des flancs de la montagne, forment un petit cours d'eau, adossé contre la moraine, qu'il longe jusque très près de sa terminaison. Dans sa partie la plus élevée, cette moraine atteint 160 à 180 m. d'altitude; elle descend progressivement jusqu'en dessous du niveau de la mer, car elle se termine par un petit îlot, à l'entrée

de la baie. Vers le bas elle se recourbe très sensiblement et se transforme par cela même en moraine frontale ; car, de l'autre côté de l'entrée de la baie, une languette boisée s'avance également dans la mer, de sorte que le chenal d'entrée pourrait fort bien avoir été fermé dans le temps, la baie elle-même n'étant qu'un dernier lac, un dernier bassin creusé dans le roc par le glacier. C'est à l'altitude de 275 m. que j'ai traversé la moraine la plus élevée, laquelle n'est pas continue, à cause des nombreux ruisseaux qui la fragmentent. Je n'avais pu la reconnaître dans le trajet suivi pour l'ascension car elle n'y était représentée que par des blocs épars ; mais à l'endroit auquel je la vis en descendant la montagne, elle était parfaitement caractéristique et formée non seulement de blocs, mais aussi de gravier. Cette moraine est adossée contre le flanc de la montagne. Elle suit une ligne presque horizontale. Elle est couverte d'arbrisseaux du côté du soleil et de mousses du côté de la montagne.

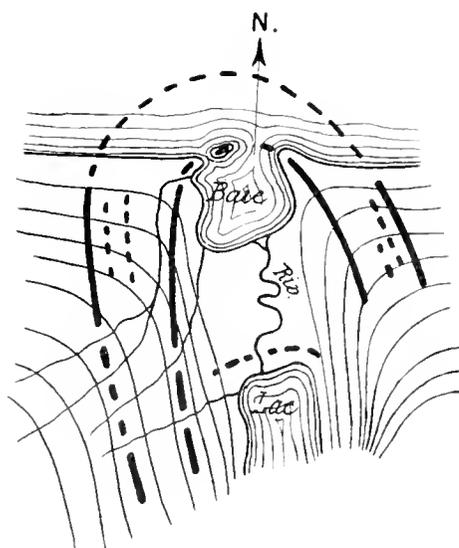
Le lac inférieur, qui se trouve à 700 à 800 m. de la baie, ne s'élève qu'à 40 m. au-dessus du niveau de la mer. Le lit du torrent qui s'en écoule est partiellement creusé dans la roche ; ailleurs les eaux tumultueuses rebondissent sur des blocs.

Il est visible que ces blocs, ainsi que d'autres nombreux amas de cailloux disséminés, sont les restes d'une ancienne moraine frontale.

Le lac est peu profond au bord, car à 15 m. du rivage on distingue encore des pierres au fond de l'eau. Le niveau du lac devait être, dans le temps, au moins de 10 m. plus élevé qu'à présent. La preuve en est fournie par quatre petits cônes de déjection, à la base de filets d'eau qui, tombant en cascades de la montagne, s'y perdent actuellement. Ces cônes sont trop réguliers pour avoir été formés autrement que dans l'eau, et leurs sommets se trouvent précisément à la même hauteur que des traces très nettes de l'ancienne moraine frontale qui ne sont restées vraiment bien conservées que sur les côtés, vers les flancs de la vallée qui se rétrécit à l'endroit de ce dernier seuil.

Le samedi 18, je me rendis compte de l'aspect de l'entrée de la baie et j'entrepris l'ascension de la montagne au SE. La langue qui s'avance dans la mer, à l'E. de l'entrée, est également la terminaison d'une moraine et se rattache sans aucun doute, sous le niveau des eaux, à l'îlot qui forme l'extrémité de la moraine boisée à l'W. de la vallée.

La roche de la montagne au SE. de la baie est du gabbro à grands cristaux de hornblende. En de nombreux endroits exposés à l'action des intempéries de l'air, cette roche présente une surface toute poreuse, elle est rongée. La ligne de démarcation entre le gabbro et la tonalite traverse la baie, car la pointe rocheuse à l'entrée W. est également formée de gabbro. La moraine sur le flanc E. de la vallée forme le pendant de celle qui se termine par l'îlot. Elle se compose de blocs granitiques dont la couleur et l'aspect contrastent avec la roche sombre formant le sol. De part et d'autre de la vallée, les parties correspondantes des moraines se trouvent à la même hauteur, c'est-à-dire que la moraine à l'E. remonte le flanc de la montagne avec la même inclinaison que la moraine à l'W. de la baie.

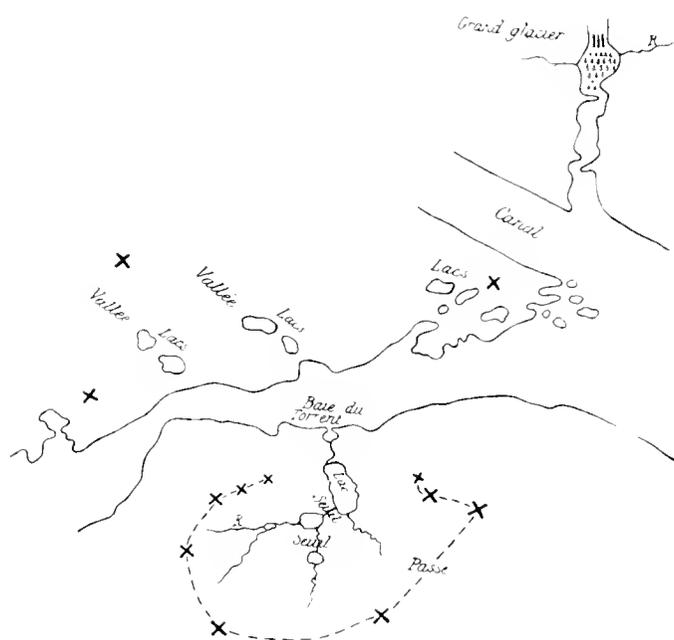


A 150 m. d'altitude, la moraine passe sur un filon de diorite (compacte et clivée, d'un vert gris clair) de 3 m. d'épaisseur, avec quelques veines latérales, parallèles, injectées dans le gabbro. Par 190 à 200 m. de hauteur, cette moraine se résout en simples blocs disséminés, et cet endroit se trouve précisément en face et approximativement à la même hauteur que les dernières traces visibles de la moraine inférieure, de l'autre côté du lac. Sur le flanc E. de la vallée, la moraine élevée est moins bien conservée et ses traces sont plus difficiles à suivre. Au fond et un peu plus haut que le lac se voient quelques belles formes de roches moutonnées. A l'altitude de 275 m., par contre, les formes moutonnées sont rares, et plus haut, les rochers ont des aspects rudes et rugueux. A partir de 500 m., assez bien de neige séjourne dans les creux et dans les fentes, et la montée se fait par gradins. Un premier sommet très abrupt s'élève à 605 m.; c'est encore du gabbro; mais un second sommet, de 650 m. de hauteur, est formé de granite à mica blanc. Vers le lac, le flanc de la montagne est pour ainsi dire tout à fait à pic et le panorama dont on jouit du sommet est vraiment superbe.

Au N., au delà du canal, une vallée submergée offre l'aspect d'un fiord. Il y a là un immense glacier, très plat et très large, et qui descend jusqu'au niveau de la mer.

C'est vers le fiord de ce grand glacier que la BELGICA se dirigea en quittant la baie du Torrent.

Le Grand Glacier



La baie du Grand Glacier est un fiord caractéristique. C'est une vallée façonnée par l'action érosive de l'immense fleuve de glace qui s'y trouvait enchâssé et dont le Grand Glacier — l'un des plus importants sinon le plus grand des glaciers actuels de la Terre de Feu — n'est qu'un résidu en quelque sorte insignifiant. Ce glacier est perdu, en effet, tout au fond de la baie et son front n'est même pas accessible. Deux moraines transversales, fort bien conservées, partagent le fiord en trois bassins communiquant librement entre eux. Ce sont des moraines frontales marquant deux stades relativement récents du retrait du glacier; peut-être aussi — dans le cas de l'existence dans la région fuégienne de diverses périodes d'extension — seraient-ce les limites

d'avancement lors de la dernière époque glaciaire. Dans la phase de sa plus grande extension, le glacier quaternaire avait des dimensions beaucoup plus grandes, car, sur les parois du fiord, les traces de son action érosive se trouvent nettement marquées jusqu'à une hauteur de 200 m. au moins. La photographie de la planche II offre l'exemple caractéristique d'une montagne qui, se trouvant dans le chemin du glacier, a été rabotée et usée jusqu'à prendre la forme d'une grande roche moutonnée.

La pente douce est au N., côté d'où venait la glace; dans la direction du canal, au

contraire, il y a une forte pente, au pied de laquelle un bassin est creusé dans le roc. L'obstacle franchi, le glacier formait probablement là une cascade. La pointe au sommet est très intéressante. Elle émergeait sans doute au-dessus de la surface de la glace, qui la contournaît, emportant avec elle les blocs se détachant de la paroi rocheuse exposée à l'action combinée de l'insolation et de la gelée.

Les entailles dans le flanc de la montagne, à mi-hauteur, à gauche, sont également très curieuses. Il aurait évidemment valu la peine de descendre à terre et de grimper jusqu'en haut afin d'examiner les choses de plus près ; mais les indications de la photographie sont précises, et l'endroit pourra être aisément retrouvé par d'autres explorateurs.

Dans tous les cas, cet exemple n'est pas le seul à attester que pendant l'époque glaciaire le Grand Glacier a dû avoir des dimensions incomparablement plus grandes que celles qui nous sont indiquées par les moraines traversant le fiord.

La première moraine que l'on rencontre, en venant du canal, forme une langue triangulaire qui s'avance de la côte E. jusqu'au delà de la ligne médiane du fiord, en laissant à l'W. un large chenal navigable. Je suis descendu à terre pour recueillir des échantillons de l'étrange et je suis également allé sur la côte en face (à l'W.), afin de voir la roche en place ; cette roche est du granite. Dans la moraine, il y a des schistes métamorphiques variés, mais les blocs de granite prédominent.

Beaucoup de ces blocs sont tout à fait plats d'un côté, d'autres paraissent avoir été sciés en deux, témoignage de l'énorme travail de dénudation accompli par les glaciers. Vers le S. la moraine descend en pente douce sous forme de plage de petits cailloux roulés et de sable grossier, et ne renferme que peu de blocs ; du côté du glacier, par contre, c'est une accumulation de blocs dont la pente semble être abrupte.

Cette moraine a toutes les apparences d'une moraine frontale et non pas d'un simple affleurement de la moraine de fond, mais il se peut qu'elle se soit déposée sous la surface de l'eau. Elle n'émerge que peu au-dessus du niveau de la haute mer et n'est pas sensiblement plus élevée vers le flanc de la montagne. Les arbres qui la couvrent forment un bois presque impénétrable, et la couche de racines et d'humus, dont la section se voit sur les bords, a une épaisseur de 1 à 2 mètres.

La seconde moraine, qui se trouve à 5 ou 6 kilomètres plus près du front du glacier, est une barre presque rectiligne et basse ; elle est également couverte de végétation, mais sensiblement moins. (Pl. I, fig. 3.) Au delà de cette moraine, le fiord s'élargit ; des deux côtés y débouchent des vallées spacieuses, et le paysage change complètement. C'est un lac que l'on croit voir devant soi, un lac admirablement encadré et tout couvert de glaçons offrant les formes les plus variées. Cette mer de glace scintille au soleil et éblouit la vue.

Les gros glaçons sont certainement retenus dans le bassin, car la passe est étroite et très peu profonde ; mais la petite glace descend constamment le fiord. La moraine ne remonte pas le flanc de la montagne et elle est principalement formée de sable et de gravier. Dans la passe, j'ai recueilli une argile grise dont un banc émerge à marée basse.

La montagne à l'W. est formée de granite.

Les échantillons rapportés d'une excursion dans les montagnes à l'E. et vers le glacier appartiennent, au contraire, à différentes variétés de schistes cristallins.

En allant vers le glacier, la pente de la montagne est raide et par places les rochers plongent tout à fait à pic dans l'eau. En montant, on peut avancer plus facilement, mais le

chemin est également dangereux, car il passe sous les terminaisons de plusieurs glaciers suspendus. La vallée dans laquelle on débouche est malheureusement infranchissable à cause d'une rivière assez large et profonde. Je suis allé là avec le Dr Cook et, malgré notre vif désir d'arriver jusqu'au Grand Glacier, nous avons dû rebrousser chemin : cette course eût exigé plusieurs journées et du matériel de campement. Il se peut qu'à l'W du fiord on trouverait de meilleures conditions, dans la vallée opposée à celle dans laquelle nous étions arrivés ; mais comme elle est également très spacieuse, il est probable que là aussi il y aura un ruisseau à franchir.

Le fond de notre vallée était plat, et cette plaine, dans laquelle serpentait la rivière, s'étendait au moins à 7 ou 8 kilomètres vers l'intérieur du pays. Du côté du fiord, elle se terminait par une accumulation de roches d'apparence morainique. Vers l'intérieur du pays, ce fond plat semblait former un niveau parfaitement horizontal. Il est probable que cette vallée était dans le temps une bifurcation du fiord et que les matériaux qui ont comblé la partie inférieure de la cuvette y ont été apportés par des glaces flottantes, tout comme cela se passe actuellement dans la portion du fiord couverte de glaçons. Ici encore il faudrait des observations détaillées pour déterminer si c'est par suite d'une légère élévation du sol, relativement très récente, que toute cette plate-forme se trouve à présent un peu au-dessus du niveau des eaux du fiord.

L'hypothèse d'une moraine ayant servi de barrage et transformé toute cette vallée en un lac dont le niveau aurait été un peu plus élevé que le niveau des eaux du fiord, me paraît moins vraisemblable (1).

Quoiqu'il en soit, la note inscrite sur place est ainsi rédigée : « Du côté de la banquise : moraine, qui ferme la vallée ; et derrière : une grande plaine qui s'étend jusque 8 km. dans le fond de la vallée... »

Sur cette plaine la végétation était très épaisse. Je suis descendu par le ravin d'un torrent venant de l'un des glaciers suspendus. C'est avec difficulté que j'ai pu traverser les broussailles, et le lit de la rivière ne m'a rien appris, le niveau des eaux n'étant qu'à quelques décimètres plus bas que celui de la plaine et de bonnes entailles faisant défaut.

Malgré la faible pente du Grand Glacier, les crevasses près de sa terminaison sont extrêmement nombreuses et semblent ne pas être coordonnées. Le glacier a des moraines latérales; beaucoup plus haut se voient des moraines anciennes bien développées.

Les autres glaciers de cette région ne descendent pas en dessous de 200 m. Parmi les glaciers suspendus, il y en a qui ne sont que des lambeaux pendant des champs de névé qui couvrent les sommets des montagnes.

(1) Sur la paroi rocheuse qui borde le fiord, un peu au delà de la seconde moraine, il y a des entailles peu prononcées, à 1 m. ou un peu davantage au-dessus du niveau des hautes eaux. Ces entailles ne se remarquent du reste que par places. Il se pourrait donc que tout le troisième bassin du fiord formait un lac retenu par la moraine formant barrage. Mais la manière d'être de la moraine parle peu en faveur de cette supposition. Si les entailles sont donc bien réelles, elles sont plutôt un argument de plus en faveur d'un léger mouvement du sol.

On pourrait enfin discuter l'hypothèse dans laquelle le Grand Glacier lui-même formait le barrage, transformant la vallée latérale en lac couvert de glaces flottantes.

Ces remarques suffisent pour montrer combien d'intéressants problèmes se posent à l'esprit quand on visite cette admirable région.

Ushuwaïa

La BELGICA quitta le fiord du Grand Glacier le 20, vers 5^h après-midi, et après avoir suivi la côte de la Terre de Feu jusqu'au soir, le Commandant fit jeter l'ancre dans une petite baie, en face de Chair Island, pour passer la nuit en sécurité. Nous nous rendîmes à terre. La roche en place est du granite.

Le 21 nous continuâmes la route jusque Ushuwaïa sans autre arrêt. Les nombreux glaciers que l'on voit dans la branche Nord-Ouest du canal du Beagle sont vraiment admirables. Un certain nombre d'entre eux descendent jusqu'à la mer. Les fleuves de glace de cette région ont, pour la plupart, une très forte pente et font l'impression d'immenses glaciers suspendus. Du fond du canal, la chaîne des monts Darwin n'est malheureusement pas visible.

La vue panoramique prise du mouillage de Ushuwaïa, reproduite planche I, montre l'ensemble des monts Martial.

Le mont Olivaïa, à l'E., c'est-à-dire sur la droite de la photographie, a une altitude de 1318 m.; d'après les mesures de la Mission du cap Horn, les autres sommets ont des hauteurs voisines de 1000 m. et atteignant 1200 m. Pourtant, cette chaîne de montagnes est pour ainsi dire dépourvue de champs de névés. Le niveau des neiges éternelles semble donc sensiblement plus élevé dans cette partie du canal du Beagle qu'il ne l'est dans la région de la baie du Torrent ou ailleurs, plus à l'ouest.

Un autre fait intéressant à noter est la direction de la chaîne des monts Martial, qui est probablement ENE., et forme par cela même un angle très prononcé avec la direction des monts Darwin, qui est ESE.

Ce changement de direction est sans aucun doute la cause de ce fait que le canal du Beagle se recourbe vers le N. en allant vers Ushuwaïa. Son aspect aussi est tout autre. Tandis que le bras Nord-Ouest donne l'impression d'une grande vallée d'érosion, ici, au contraire, nous sommes visiblement en présence d'une vallée tectonique.

Tout comme le détroit de Magellan, le canal du Beagle porte les traces évidentes d'un glacier ancien, non moins imposant sans doute que le glacier magellanique, et qui, précisément en face d'Ushuwaïa, a abandonné d'énormes accumulations de matériaux erratiques. Je n'ai eu le temps d'examiner que la péninsule d'Ushuwaïa, qui présente un paysage morainique typique. Au premier abord, on est tenté de croire que la suite de collines qui s'étendent au pied des monts Martial, ainsi que d'autres atteignant 150 m. de hauteur et qui sont également adossées à la chaîne de montagnes, au delà de la péninsule, ne sont que d'immenses moraines latérales. Des collines formant le pendant de celles-là se voient en face, au delà du canal. Les dimensions ne présenteraient rien d'extraordinaire. En Suisse, près de Zurich entre autres, les glaciers quaternaires ont abandonné des remparts d'erratique atteignant ou dépassant de pareilles dimensions. Cependant, au cours d'une excursion que j'ai faite avec deux Indiens qui m'ont guidé à travers la forêt jusque Lapataïa, j'ai pu constater qu'il y a effectivement des moraines latérales dans le bas, mais aux très rares endroits où j'ai pu voir des affleurements dans les collines, la roche en place était un phyllade et là il me semblait ne pas y avoir d'erratique.

La péninsule d'Ushuwaïa offre un aspect semblable à celui des environs de Pecket Harbour. Des moraines élevées, moins nettes pourtant que celles de la région du Second Goulet

du détroit de Magellan, suivent des directions approximativement parallèles au canal. Ces moraines sont formées de sable et de gravier avec des cailloux de taille diverse, dont beaucoup portent des stries glaciaires très bien marquées ; par places on voit également de gros blocs (voyez Pl. VI). Dans les enfoncements, il y a des étangs et des marécages. Du côté du canal, j'ai vu des argiles stratifiées, situées très bas, et reposant sur des matériaux morainiques. Plus loin, une source minérale ⁽¹⁾ sort d'une falaise de strates redressées qui apparaissent sur la tranche.

L'un des monticules montre une paroi à nu formée de couches de « grès gris, compact », alternant avec des schistes ⁽²⁾. La direction est NW.-SE. et l'inclinaison des couches de 70° S. Je n'y ai pas trouvé de fossiles. Au-dessus vient la formation morainique. Ces deux affleurements de la roche sous-jacente sont donc comme des îlots noyés dans le terrain de transport glaciaire non stratifié.

Le groupe des îles Bridge, qui s'étend en travers du canal, forme en quelque sorte une barre reliée aux moraines de la péninsule. Plus loin, d'autres îlots, plus petits, apparaissent comme des fragments d'une seconde barre. Au pied de quelques-unes des îles Bridge, on distingue des tranches de strates. De l'autre côté du canal, toute une série de monticules, alignés parallèlement au détroit, m'ont paru être des moraines.

Baie de Lapataïa

La baie de Lapataïa, située à environ 8 milles à l'ouest de Ushuwaïa, offre bien l'aspect d'une vallée partiellement submergée. A l'entrée de la baie se trouvent quelques rochers ; dans le fond se dresse une montagne très caractéristique, en apparence isolée, et dont le sommet neigeux est taillé en forme de pyramide. A gauche et à droite de cette montagne, qui a été dénommée le Bonnet de la République, la dépression du fiord se poursuit vers l'intérieur du pays par des vallées très spacieuses ; celle qui va vers le N. est occupée par un grand lac oblong, le lac Acigami, dont le niveau n'est que peu supérieur à celui de la mer ; la vallée à l'ouest du Bonnet est moins déprimée et laisse apercevoir, comme fond de tableau, les sommets de la chaîne des monts Darwin, entièrement couverts de neiges éternelles. Il me paraît hors de doute que la dépression du lac Acigami a été occupée par un glacier descendant du versant septentrional des monts Martial. Le seuil entre le lac et le fond du fiord se présente, en effet, sous l'aspect d'un paysage morainique typique, avec des roches moutonnées qui émergent par places ; puis, la

(1) Les eaux de cette source ont été analysées par M. A. Müntz. (Mission du cap Horn : *Géologie*, p. 162.)

(2) Il serait assez difficile, pour ne pas dire impossible, de savoir si l'endroit que j'ai vu est le même que celui qui a été visité par M. HAHN, de la Mission du cap Horn. L'échantillon que j'ai rapporté de la falaise d'où la source jaillit est un schiste cristallin ; mais je n'ai malheureusement pas emporté d'échantillon du second affleurement, notamment de la roche que j'ai dénommée dans mes notes de voyage « grès gris, compact ». Il se pourrait fort bien que cette roche fut précisément le « schiste quartzéux » qui a été décrit par le Dr HYADES comme suit : « Deux autres échantillons, recueillis également près de la source d'Oushouaïa, ne sont plus que des schistes essentiellement quartzéux. On n'y aperçoit plus trace du feldspath, mais seulement des nodules de quartz, des veines de calcédoine, des granules de calcite et des veines ferrugineuses noirâtres. Les nodules de quartz sont régulièrement arrondis ou allongés sous forme de fuseau. Ils représentent certainement des moules de foraminifères. Ils ont environ 0,1^{mm}, et sont composés de petits cristaux dépourvus d'orientation régulière. » (Mission du cap Horn : *Géologie*, p. 162.) Comparez également OTTO NORDENSKJÖLD, *Die krystallinen Gesteine der Magellansländer*, Svenska Expeditionen till Magellansländerna, Bd I, n° 6, pp. 219-220.

forme même du penchant de la montagne fait supposer que l'on pourrait y découvrir les traces d'un immense glacier quaternaire.

La vallée à gauche du chaînon montagneux qui se termine par le Bonnet de la République offre des traces de glaciation encore plus évidentes.

Pendant l'époque glaciaire, le fond de la baie de Lapataïa se trouvait donc à la jonction de deux énormes glaciers, ce qui explique suffisamment pourquoi la vallée a été creusée jusqu'en dessous du niveau de la mer et transformée en fiord à partir de ce point ; — dans l'hypothèse, bien entendu, de l'absence de mouvements du sol. Mais les questions qui se posent forcément à l'esprit, lorsque l'on étudie ces régions, sont pour la plupart difficiles à résoudre. Un séjour prolongé dans les canaux de la Terre de Feu est nécessaire pour pouvoir aborder les problèmes complexes de la glaciologie, et seule une expédition n'ayant en vue que ces problèmes pourrait les aborder avec des chances de succès. La BELGICA n'a fait qu'une visite hâtive de ces parages, mais le peu de temps que j'y ai passé m'a permis de me rendre compte de l'intérêt puissant qui s'attacherait à une étude détaillée de ces montagnes, de ces vallées et de ces fiords.

Il doit y avoir une différence très notable dans le climat des deux versants des monts Darwin. La végétation du fiord de Lapataïa contraste en effet singulièrement avec celle du fiord du Grand Glacier et de l'île Londonderry. La cause doit résider en partie dans la différence des roches ; mais elle est due surtout aux conditions météorologiques, évidemment tout autres ici qu'elles ne le sont dans les îles exposées aux vents d'W. et du SW. Aussi, la limite des arbres sur les flancs des montagnes s'élève-t-elle notablement plus haut, et le niveau des neiges perpétuelles de même. Au cours d'une ascension de la montagne située à l'ouest de l'extrémité du fiord, j'ai noté que le hêtre n'est rabougri que vers 500 m., et dans les creux, à l'abri du vent, on le trouve à des altitudes plus élevées. Je n'ai pu atteindre un sommet, haut de 800 m. au plus et d'où il m'aurait été possible d'embrasser une vue étendue sur le fiord de Yendegaïa, la forêt, dans un vallon qui m'en séparait, étant en quelque sorte impénétrable. Le flanc de la montagne s'élevait par gradins. C'est en profitant des sentiers battus par les guanacos que j'ai pu atteindre un premier sommet, ayant 550 m. de hauteur.

Les deux fiords ne sont pas séparés par une crête ; les hauteurs se décomposent en dômes isolés. La roche en place était du micaschiste, et ci et là il y avait de grands blocs erratiques, de granite entre autres.

Vers 430 m. d'altitude, j'ai trouvé un lac perdu dans la forêt. L'eau de ce lac, qui semble être sans écoulement, est amère ; le fond, près des bords, est formé de cailloux.

Dans le fiord, le pied de la montagne est formé de schistes métamorphiques ; plus loin, à l'E. de l'entrée de la baie, on trouve des grès micacés.

Harberton

Le 1^{er} janvier 1898, la BELGICA quitta la baie de Ushuwaïa pour aller mouiller dans le havre de Harberton.

L'ensemble des montagnes de la région se présente en éventail s'ouvrant vers l'E. Vues du canal, les montagnes de la presqu'île Dumas, les monts Martial et la chaîne qui comprend le mont Cornu, semblent rayonner, de telle sorte qu'on est en droit de se demander si l'on n'est pas là en présence d'une bifurcation des monts Darwin.

Ce qui frappe surtout lorsqu'on descend le canal, c'est l'absence de baies, et puis le fait que les montagnes qu'on longe vont en s'abaissant et qu'elles sont entièrement dépourvues de profils hardis ; le canal apparaît spacieux, considéré par rapport aux montagnes qui le bordent.

Vers 7^h du soir nous étions en face de Gable Island, qui occupe les trois quarts de la largeur du canal et dont l'aspect rappelle beaucoup celui de l'île Elisabeth, dans le détroit de Magellan. La côte W. de l'île Gable forme une falaise ; c'est une admirable coupe de strates horizontales, de sables le plus vraisemblablement, les ravins y étant très nombreux.

Cette formation stratifiée se prolonge au delà de l'île jusque contre le flanc de la montagne, et la côte S. présentant d'autres coupes, il est visible que ces dépôts ont été étalés sur toute la largeur du canal. Si cette formation est glaciaire, la passe actuelle est évidemment récente, et si en plus ces dépôts se sont formés dans les eaux de la mer, ce qui paraît très probable, ils fourniraient — d'après leur apparence — une preuve d'un mouvement post-glaciaire du sol.

La région de Gable Island serait donc fort intéressante à étudier de plus près.

Remarquons encore que l'île Gable s'abaisse doucement vers l'E. et que les plates-formes, sur les bords du canal, offrent la même tendance. Le glacier du Beagle, qui a donné naissance à ces dépôts, s'est évidemment écoulé de l'W. vers l'E. Si l'île Gable était précédée d'importantes accumulations morainiques, on comprendrait aisément son mode de formation ; mais comme elle est, au contraire, suivie de la région de Harborton Harbour, où les accumulations d'origine glaciaire ont tout à fait l'aspect morainique, il faut nécessairement admettre, ou bien que j'ai mal vu, que les sables de Gable Island ne sont pas stratifiés et que cette île et les plates-formes notées sont des drumlins, ou bien que les deux formations appartiennent à deux époques différentes, ou encore, que pendant la retraite du glacier la ceinture morainique de Harborton était fermée, maintenant de la sorte les eaux entre le front du glacier et Harborton à un niveau plus élevé et transformant cette partie du canal en un lac, dans lequel les glaces flottantes provenant du glacier auraient déposé la formation stratifiée de l'île Gable.

A Harborton, les circonstances ne furent malheureusement pas favorables pour étudier les choses de plus près. Le soir de notre arrivée survint l'échouage de la BELGICA qui faillit mettre fin à l'Expédition. Le lendemain soir, grâce à un concours de circonstances heureuses et au prix des efforts d'une nuit et d'un jour de travail ininterrompu, le navire fut sauvé et nous pûmes mouiller dans le port Toro de l'île Navarin. Puis nous revînmes à Harborton, qu'il fallut quitter avant que je n'aie eu le temps de m'orienter dans la question. Quoi qu'il en soit, la région de Harborton semble formée exclusivement de terrains d'apport glaciaire. Ce sont de grandes bosses oblongues, qui s'avancent dans la mer en forme de langues. Les baies comprises entre ces langues sont largement ouvertes et se terminent en cul-de-sac ; elles correspondent aux enfoncements entre les moraines.

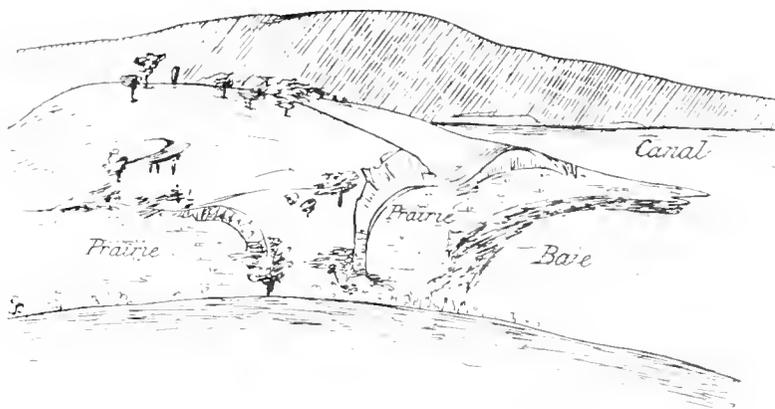
J'ai cru pouvoir distinguer six moraines qui, prises en bloc, se recourbent très nettement vers le milieu du canal. Elles ne se prolongent pas sur les flancs des montagnes. La hauteur de celle qui borde la baie de Harborton, au N.E., est de 42 m. ; mais d'autres moraines sont plus élevées et doivent avoir de 60 à 70 m. au maximum.

Une tranchée près de la maison de Harborton m'a montré de l'argile à blocs sans stratification. Ailleurs, à un niveau un peu supérieur, une autre coupe montrait la même argile avec cailloux empâtés. Dans l'île aux Lapins, vers le milieu du canal, c'est la même formation ; mais l'argile semble y avoir été lavée, car il y a, par places, des amas de cailloux et quelques

gros blocs à la surface. Malheureusement cet îlot ne présente pas une seule coupe convenable permettant de se rendre compte de cette formation.

Le fait le plus intéressant à noter dans la région est relatif à un mouvement récent du sol, qui se poursuit peut-être encore de nos jours. Sous ce rapport, un relevé topographique détaillé, ne fût-ce que de l'une de ces baies, formerait un document des plus utiles. Partout on remarque, en effet, à une certaine hauteur au-dessus du rivage de haute mer actuel, un rivage ancien, très nettement marqué à cause des berges entaillées dans le diluvium des côtes des îles et des presqu'îles. Il y a, en outre, des baies abandonnées, couvertes de prairies. A l'intérieur de l'île aux Lapins, par exemple, il y a une grève de cailloux roulés fort bien marquée.

Ces rivages anciens se voient également au delà de Harborton, tout le long de la terminaison du canal du Beagle. Le croquis ci-



contre montre comment les choses se présentent quand on les voit d'une certaine hauteur et le second croquis montre l'aspect d'une de ces entailles vue de la mer.

Le jeudi 6 janvier, quelques heures avant le départ de la *BELGICA* pour l'île des Etats, j'ai pu mesurer la hauteur de l'ancien rivage de l'une des berges abandonnées par la mer. Cette mesure a été faite à l'aide du baromètre Fortin. A défaut de temps, je n'ai pu poursuivre ces mesures en différents endroits et celui où j'ai opéré a été pris quelque peu au hasard.

C'est à la pointe E. de Harborton Harbour que j'ai choisi deux points qui me paraissaient très nettement marqués; le premier se trouvait du côté de la première baie, au delà de Harborton

Harbour, du côté E., tandis que le second était très près de la pointe. Mon second croquis donne l'aspect de cette pointe vue de l'E. Les galets de forme ronde que l'on trouve sous le gazon de l'ancien rivage sont recouverts d'une couche d'environ 10 cm. de racines et de terre noire.



J'ai placé le baromètre successivement au pied de la berge et à l'extrémité de la grève, c'est-à-dire au niveau de la haute mer. Les résultats obtenus m'ont fourni une différence de niveau de 6^m.72 pour le premier point et de 6^m.74 pour le second.

Dans le fond de Harborton Harbour, les lignes de l'ancien rivage se dessinent très nettement aussi, mais la différence des deux niveaux ne m'a pas semblé être supérieure à 3 m. Il semble donc qu'en cet endroit le mouvement d'ascension du sol s'est manifesté avec une intensité sensiblement différente sur une distance relativement très faible. Pour mieux connaître ce mouvement, une étude topographique détaillée de cette région du canal me paraît donc indispensable. Provisoirement, tout ce que l'on peut affirmer c'est qu'une ligne d'ancien rivage se poursuit sur toutes les côtes des îles et presqu'îles formées de dépôts glaciaires et

que dans les environs de Harberton cette ligne n'est qu'à quelques mètres au-dessus du niveau actuel des plus hautes marées (1).

L'île des Etats

La carte de l'île des Etats dressée par l'Amirauté anglaise montre que cette île est tout particulièrement intéressante (2).

L'aspect du tracé des contours de ce lambeau extrême des Andes nous force de supposer que la base de ce relief manque, qu'elle est entièrement submergée.

Des baies telles que Port Hoppner et Port Parry surtout, qui sont transversales à la direction de la chaîne de montagnes, ne peuvent avoir été façonnées par l'action érosive de la mer. D'autres baies, Port Cook, John Harbour, Port Vancouver entre autres, ressemblent à des fiords, bien petits, il est vrai, mais néanmoins tout à fait caractéristiques (3). St. John Harbour, à l'extrémité orientale de l'île, est certainement une vallée d'érosion.

Le court séjour de l'Expédition en ce port naturel m'a convaincu qu'une étude détaillée de l'orographie et de la géologie de l'île des Etats, et de nombreux sondages pratiqués dans les environs immédiats, pourraient très avantageusement occuper une expédition scientifique n'ayant que ce seul objectif en vue, car les résultats d'un pareil travail spécial ne manqueraient pas d'être d'une importance capitale. Il me semble que l'étude bathymétrique des abords de l'île pourrait mener à la découverte de rivages ou de falaises préglaciaires ; les traces des anciens glaciers, qui sont très évidentes, permettraient certainement de reconstituer l'aspect de l'île pendant l'époque glaciaire — au maximum de glaciation tout au moins — et de calculer approximativement la surcharge de glace et de neige que le socle de cette terre supportait ; l'importance de l'érosion glaciaire pourrait, ce me semble, être également dévoilée et, enfin, les mouvements du sol, depuis la disparition des glaciers, fourniraient peut-être les derniers éléments nécessaires à la solution d'un grand problème géologique. Dans l'hypothèse de l'absence de mouvements orogéniques en cet endroit, depuis le pliocène, nos connaissances des conditions de l'isostasie (4)

(1) Il m'a été impossible de me renseigner sur le niveau auquel montent les eaux aux plus hautes marées des syzygies.

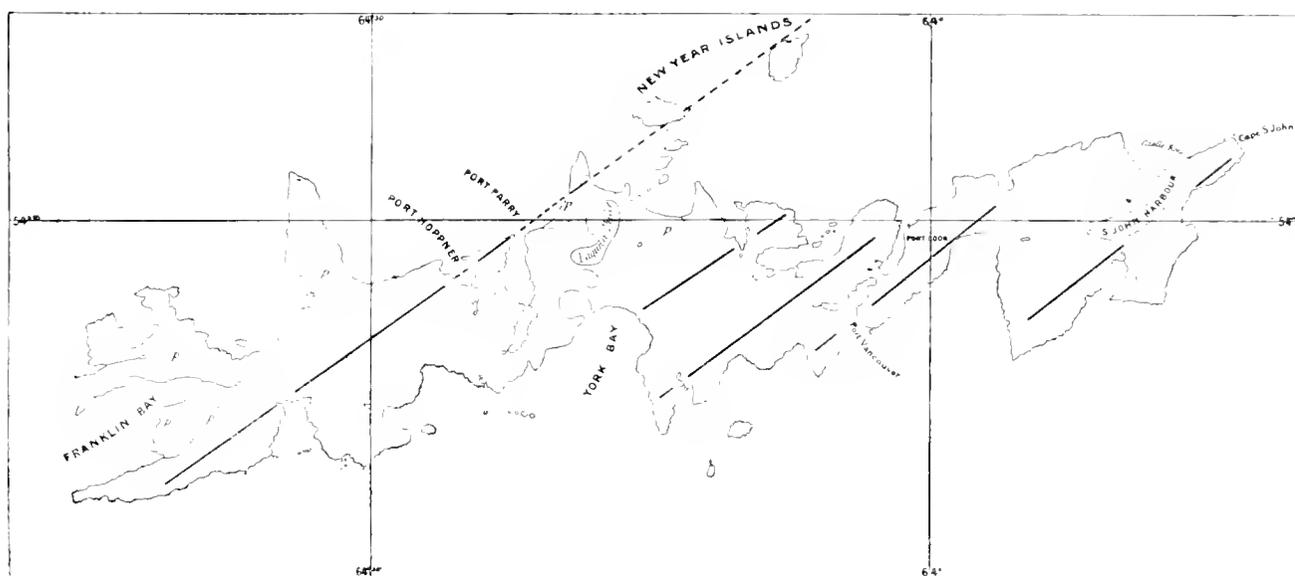
(2) Admiralty chart n° 1332.... Strait of Le Maire, with Staten Island. *Lieut. Kendall*, 1828 ; *capt. Fitzroy*, 1830-34 ; *corr.* 1896.

(3) « Staten island lies off the south-eastern extremity of the American continent, and is so deeply indented by bays as to be nearly separated into four parts. It is 38 miles long in a north-east and south-west direction, and is separated from the mainland by Le Maire strait, which is 15 miles wide. The island is mountainous, and the peaked summits rising to the height of 3000 feet, retain through most of the year the snowy coverings amassed during the winter ; the island affords a good departure to vessels bound into the Pacific, as well as a landfall when returning. The harbours are the continuation of the valleys preserving nearly the same direction, and are surrounded by high land, the water in them deepening rapidly towards the centre. The coast consists everywhere of rocky cliffs elevated from 200 to 500 feet. » (*South America Pilot*. Part II. Ninth edition 1895. p. 34.)

(4) « The conclusion that the northern lands were lower than now when the ice melted carries with it the further conclusion that the land has since risen, relative to the sea level. Much other evidence, gathered from a wide range of territory, points to the same conclusion. Not only this, but the post-glacial rise of the land seems to have been greater, as the center of the ice field is approached.... These relations between the amount of post-glacial elevation and the center of the ice field have led to the hypothesis that the low altitude of the land at the close of the last glacial epoch was the result of sinking caused by the great load of ice, and that the sinking was greatest where the ice was thickest ; and that the rise of the land since the glacial period is the result of the removal of the load of

de la croûte terrestre pourraient être enrichies, par une telle étude, de quelques données importantes, dont la portée justifierait amplement les minimales sacrifices que nécessiterait l'organisation d'une expédition scientifique, spécialement chargée d'explorer d'une façon détaillée l'île des Etats.

Le croquis ci-dessous est la réduction d'un calque de la carte de l'Amirauté. De légères modifications ont été apportées dans le tracé des contours, d'après le « Croquis de las correcciones practicadas en la parte Central de la Isla de los Estados » de l'ouvrage de BOVE (1). La grande lagune (Laguna Dulce) et celle qui lui fait suite, au N. de York Bay, sont également empruntées à la carte de BOVE. Les positions approximatives d'autres lacs, échelonnés à différentes hauteurs dans les vallées, m'ont été indiquées par un certain Morgan, du pénitencier de John Harbour, qui a parcouru l'île et qui m'a fourni également d'autres renseignements. L'orientation de la chaîne de montagnes ne coïncide pas avec la direction de l'axe de l'île. Si



l'on trace une ligne droite entre la baie de Franklin et le fond de John Harbour, qui forme bien une ligne médiane donnant la direction de l'allongement de l'île, les lignes de faite forment un angle d'au moins 25° avec cette direction. Le relief de l'île semble, en effet, être dominé par plusieurs chaînons montagneux parallèles, indiqués sur le croquis par des droites. C'est perpendiculairement à ces droites, c'est-à-dire perpendiculairement à NE.-E., qu'il y aurait lieu de chercher à tracer une coupe géologique.

ice, and that the resilience was greatest, namely, where the ice was thickest. This hypothesis, which makes the crust of the earth responsive to load, is the doctrine of *isostasy*. Attempts have been made to test this hypothesis in various ways. The result of all investigations thus far carried out seems to point to the conclusion that it contains a truth, and that load, or the removal of load, affecting a great area, is a real cause of crustal movement. » (ROLIN D. SALISBURY, *The glacial geology of New Jersey*, Geological Survey of New Jersey., vol. V of the Final Report..., Trenton, 1902.) — Au point de vue théorique, la question a été étudiée par M. P. RUDZKI (*Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie*, 1899, pp. 169, 445).

(1) GIACOMO BOVE. *Expedición Austral Argentina. Informes preliminares presentados a S. S. E. E. los Ministros...* Buenos-Aires, 1883.

Les données actuelles ⁽¹⁾ sur la géologie de l'île sont tout à fait insuffisantes; mais, d'après le peu que l'on sait, il paraît certain que cette région appartient à la partie continentale de la Cordillère, que c'est la continuation et la terminaison du versant intérieur faisant face aux plaines de la Patagonie et de la Terre de Feu, et non pas la zone centrale de la chaîne des Andes, qui y est représentée. A ce point de vue, Morgan m'a fourni un renseignement intéressant. Du côté du détroit de Le Maire et ailleurs sur la côte NW. de l'île, il y aurait des parties basses, adossées contre les montagnes, et formées de sables et d'argiles en stratification horizontale ⁽²⁾.

Les échantillons de roches que j'ai recueillis dans la baie Saint-Jean sont, d'après A.-F. RENARD, du gneiss cœillé et une porphyroïde clastique. Près du phare, à l'entrée du port, la texture de la roche varie notablement d'un endroit à l'autre ou même d'une couche à l'autre, la stratification y étant nettement accusée et le caractère métamorphique de l'ensemble ne laissant aucun doute; les strates sont redressées; il y en a qui présentent l'aspect gneissique, d'autres semblent être des quartzites et des phyllades.

Dans le fond de la baie Saint-Jean, il y a une plage de cailloux erratiques et en montant dans le bois on trouve un lac perdu au milieu de la végétation.

Ce lac est à 55 m. au-dessus du niveau de la mer; il semble occuper un bassin creusé dans le roc et dont le seuil n'est pas visible à cause d'une moraine qui le cache. Cette moraine est frontale, elle barre la vallée et retient les eaux du lac qu'elle domine de quelques mètres dans ses parties les plus basses. Les issues par lesquelles l'eau s'écoule ne sont pas apparentes; des marécages et une source très abondante qui jaillit du rocher prouvent qu'il y en a plusieurs. A l'endroit du lac, la forme du fond de la vallée est évasée; vers l'ouest se dressent des murailles rocheuses très abruptes au delà desquelles le thalweg monte rapidement, mais non pas directement, vers le cirque de réception, car, dans le haut, la vallée semble présenter un second gradin.

Tout autour, les crêtes des montagnes sont aiguës et déchiquetées; les flancs du fiord ont, par contre, des pentes régulières, et les formes douces et bosselées dénotent dans la vallée les traces évidentes de l'ancien glacier.

Au NW., un second glacier devait descendre de la montagne. Là aussi se trouvent un enfoncement, en forme de fond de marmite, et un lac.

Le glacier de la baie Saint-Jean, formé par l'union de ces deux glaciers, a dû s'écouler jusque dans la mer, et, dévié vers le N. par les falaises abruptes de Castle Rock, à l'E. de la sortie (Pl. XI), il se déversait probablement en cascade par dessus le seuil que forme le promontoire du phare.

(1) W. H. B. WEBSTER, *Narrative of a Voyage to the Southern Atlantic Ocean, in 1828-30. in H. M. sloop CHANTICLEER, under the command of capt. Henry Foster.* London, 1834. Vol. II, p. 289.

CHARLES DARWIN, *Geological Observations on the volcanic islands and parts of South America visited during the voyage of H. M. S. BEAGLE*, 3^d ed., London, 1891, p. 447.

DOMINGO LOVISATO, *Apuntes geológicos sobre la isla de los Estados* (BOVE, Exp. Austral Arg., p. 47).

DR HYADES, *Mission scientifique du cap Horn*. Tome IV. Paris, 1887, pp. 168, 217-227.

EDUARD SUSS, *Das Antlitz der Erde*. Bd. I, p. 677.

OTTO NORDENSKJÖLD, *Die Krystallinischen Gesteine der Magellansländer*. Svenska Expeditionen till Magellansländerna. Bd. I, n^o 6, p. 216.

(2) Les localités m'ayant été renseignées sont marquées sur le croquis par la lettre *f*.

LES TERRES ANTARCTIQUES

Le voyage de la *BELGICA* dans le détroit de Gerlache n'a été qu'une croisière de reconnaissance hydrographique et, au point de vue de l'exploration scientifique, un simple voyage d'orientation. Les conditions dans lesquelles j'ai pu faire des observations sur les glaciers des terres découvertes par l'Expédition ont été défectueuses, non seulement à cause du fait que notre campagne a été courte et hâtive, mais aussi et surtout parce que nous n'avons été que peu favorisés par un temps réellement beau.

Mes notes prises en cours de route, notes publiées précédemment ⁽¹⁾, permettent de se rendre compte des difficultés rencontrées.

Cependant, malgré qu'il ne nous a été possible d'acquérir qu'une connaissance très superficielle des terres que nous avons vues, un certain nombre de questions relatives aux glaciers antarctiques ont pu être abordées et résolues, tandis que d'autres observations, faites en cours de route, me permettent de soulever de nouveaux problèmes, problèmes qui, espérons-le, seront résolus bientôt.

Les analogies

Malgré l'exploration intensive réalisée en ces dernières années, l'étendue de la lacune qui subsiste encore dans nos connaissances de la carte du Pôle Sud, équivaut à peu de chose près à la somme des superficies de l'Europe et de l'Australie.

Et c'est peut-être aussi précisément grâce à l'effort considérable réalisé par les expéditions de la *BELGICA*, du *SOUTHERN CROSS*, de la *VALDIVIA*, du *GAUSS*, de la *DISCOVERY*, de l'*ANTARCTIC*, de la *SCOTIA* et du *FRANÇAIS*, que l'on se rend compte aujourd'hui de l'étendue énorme ⁽²⁾ de la région inexplorée.

Tout nous porte à croire que la majeure partie de la calotte comprise à l'intérieur du cercle polaire austral est occupée par une grande masse continentale.

ELISÉE RECLUS ⁽³⁾ a donné le nom d'Antarctide à ce continent ; BALCH ⁽⁴⁾ et d'autres auteurs américains ou anglais l'appellent Antarctica.

(1) HENRYK ARCTOWSKI, *Die antarktischen Eisverhältnisse*. Ergänzungsheft N^o 144 zu Petermann's Geographischen Mitteilungen. Gotha, 1903.

(2) Voyez la très intéressante petite carte dressée par WILLIAM S. BRUCE et qui est reproduite dans le *Scottish Geographical Magazine* (July, 1906). Cette carte donne une superposition de projections équivalentes de l'Antarctide (et des mers environnantes non encore visitées), de l'Australie, des Iles Britanniques, ainsi que de la portion de l'Océan Glacial arctique inexplorée. La superficie de la portion inconnue dans les régions antarctiques est estimée à 6,320,000 milles carrés, celle des régions arctiques à 1,330,000 ; la superficie de l'Europe est donnée comme étant de 3,750,000 et celle de l'Australie de 2,947,000 milles carrés.

(3) *Nouvelle Géographie universelle*, t. XIV, p. 20.

(4) EDWIN SWIFT BALCH, *Antarctica*, p. 11. Philadelphia, 1902.

Il me paraît très probable que l'ensemble des terres antarctiques découvertes jusqu'à présent au S. de l'Amérique se rattache directement au continent polaire, que les Terres d'Alexandre, de Graham, Danco et la Terre Louis-Philippe forment une seule côte d'une grande péninsule de l'Antarctide, — péninsule qu'on pourrait dénommer Westantar (1).

La configuration générale de cette terre et des archipels qui la bordent, présente une analogie frappante avec la pointe méridionale de l'Amérique du Sud (2).

L'analogie existe également au point de vue orographique, et cette analogie orographique est même plus grande que ne l'est celle de la configuration des deux terres. Au sud de même qu'au nord de ce grand *Canal Antarctique* qui sépare le cap Horn des Shetland méridionales, les deux péninsules sont frangées d'archipels qui bordent les côtes faisant face à l'Océan Pacifique, et qui, par leur relief et par leur constitution géologique, appartiennent à l'ossature des chaînes de montagnes continentales. Dans le sud, le fait est certain pour l'archipel de Palmer tout au moins, de même que pour les îles Biscoe (3), tandis qu'il peut subsister des doutes pour ce qui concerne les Shetland méridionales. Pour résumer mes impressions et ma conviction en un seul mot expressif, j'ai donné le nom de Antarctandes (4) à ce système de montagnes qui, partant de la Terre Alexandre, s'étend, à travers les Terres de Graham et de Danco ainsi que l'archipel Palmer, jusqu'à la Terre Louis-Philippe.

Dans la région explorée par la BELGICA, le canal de Gerlache occupe une grande vallée longitudinale, probablement tectonique, coupée par trois grandes vallées transversales, dont la première part du fond de la baie de Hughes et descend vers le nord, entre l'île Trinité et l'île Liège, dont la seconde forme le chenal de Schollaert et se poursuit dans la baie Wilhelmine, et dont la troisième enfin est la baie des Flandres.

Si cette façon de voir est justifiée ou peut-être même démontrée quelque jour, par des travaux plus détaillés que ne l'ont été ceux de l'Expédition antarctique belge, il y aura là une similitude très grande avec la disposition des canaux et des vallées de l'extrémité méridionale des Andes, où nous voyons également des entailles traversant les chaînes de montagnes pour ainsi dire de part en part. Dans tous les cas, dans les deux régions, les versants pacifiques sont des pays de fiords, avec cette différence que les terres antarctiques paraissent être notablement plus submergées que l'archipel fuégien et que les vallées, au-dessus du niveau de la mer, y sont presque complètement masquées par des glaciers ou des champs de névés.

Au point de vue géologique, l'analogie entre les Antarctandes et les Andes méridionales

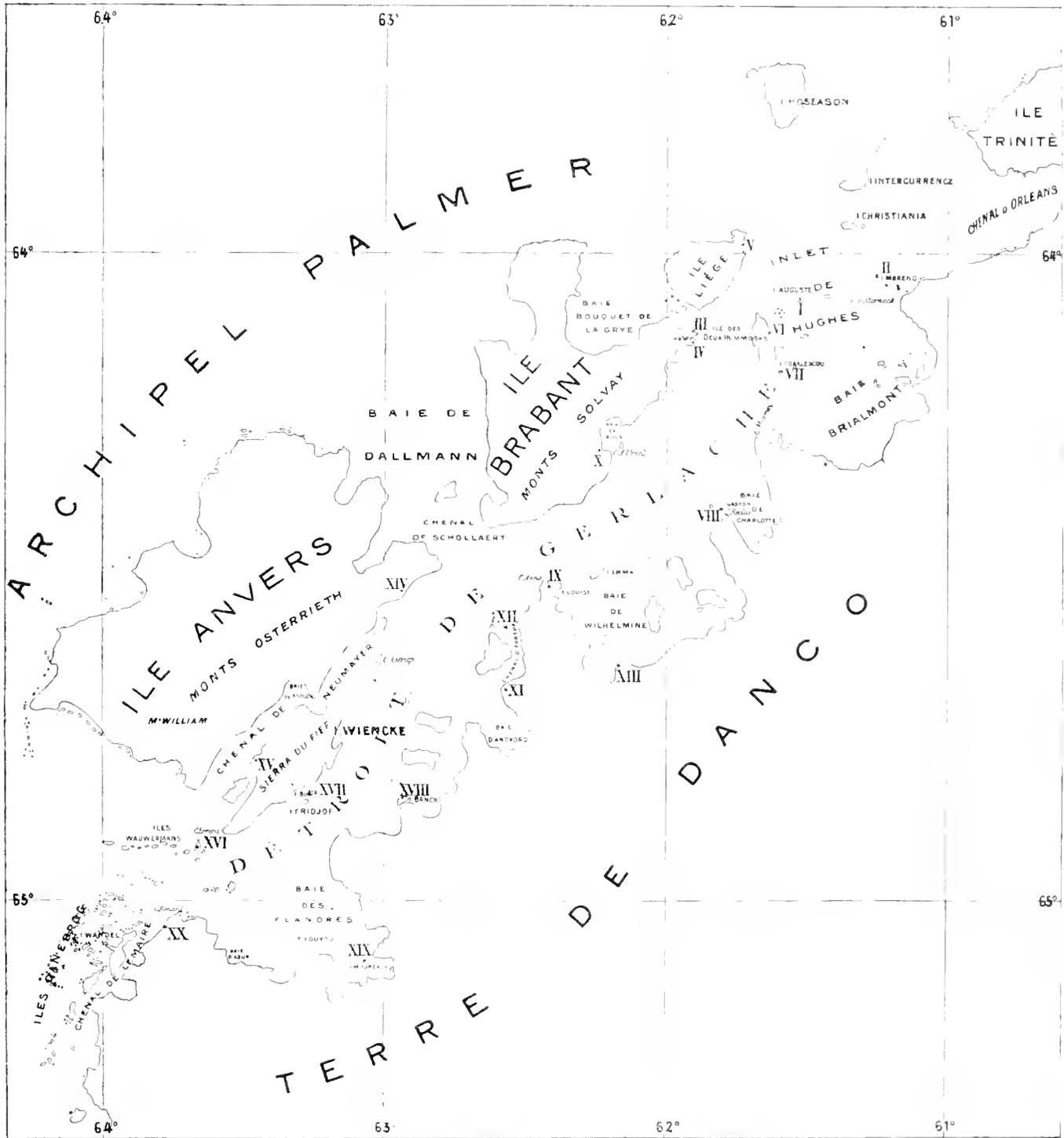
(1) Au lieu de dire Antarctide de l'ouest ou, en anglais, West Antarctica ou, en allemand, Westantarktis, il serait préférable d'adopter l'abréviation « Westantar », qui offre l'avantage de pouvoir être employée indifféremment dans toutes les langues et qui ne peut donner lieu à aucune confusion.

(2) Dans une conférence donnée le 24 juin 1901 à la Société de Géographie de Londres, j'ai dit textuellement ce qui suit : « Demas, one of Dumont d'Urville's officers, says that he noticed that Orléans channel extended towards the south-west. It may well be, therefore, that Dallmann passed through Orléans channel, when he discovered that Trinity land was an island. Trinity island is, therefore, the last large island of Palmer archipelago. The general map of the lands to the south of America must, as we have just seen, be drawn quite differently from its delineation by the Germans. We have there a large peninsula... It is noteworthy that taken as a whole these lands present a striking analogy with the southern extremity of America... » (*Geographical Journal*, vol. XVIII, p. 369.) Les découvertes de l'Expédition suédoise ont confirmé de point en point cette manière de voir.

(3) Les plus septentrionales (îles Dannebrog) du moins. Voyez E. GOURDON, *Les roches éruptives, etc.*, dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris du 11 décembre 1905.

(4) *Bulletin de la Société belge de Géographie*, 1900, p. 132.

est réelle. Les travaux récents d'OTTO NORDENSKJÖLD (1) ont même accru à ce point les arguments en faveur de l'hypothèse que les Antarctandes sont homologues des Andes, qu'on est



CROQUIS DE LA REGION EXPLORÉE

(1) *Petrographische Untersuchungen aus dem westantarktischen Gebiete*, Bulletin of the Geological Institut of Upsala, VI, p. 234. — Voyez également OTTO WILCKENS, *Zur Geologie der Südpolarländer*, Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, 1906, p. 173.

en droit de se demander si elles ne sont pas un simple prolongement de cette grande chaîne de montagnes, qui, de la sorte, se poursuivrait jusque dans l'Antarctide (1).

Les roches en place

Les premiers renseignements sur la géologie des terres antarctiques ont été recueillis au cours des voyages des baleiniers américains aux Shetland méridionales (2) et au cours du voyage de FOSTER à l'île Déception. Puis, ce sont DUMONT D'URVILLE et JAMES CLARK ROSS (3) qui ont rapporté des données intéressantes. Plus tard, des roches draguées au cours de la croisière antarctique du CHALLENGER ont permis à SIR JOHN MURRAY (4) de déduire de la nature de ces roches quelques conclusions importantes. Et enfin, les seules autres observations géologiques faites dans les régions antarctiques avant le voyage de la BELGICA, sont celles de la mission allemande à la Géorgie méridionale (5) et celles de LARSEN (6) à l'île Seymour.

Depuis notre voyage, les recherches géologiques des expéditions récentes ont élargi très notablement le domaine des faits bien établis.

Les roches antarctiques rapportées par l'Expédition de la BELGICA ont été étudiées sommairement par feu A.-F. RENARD et seront décrites par M. PELIKAN, professeur à l'Université allemande de Prague.

Sauf aux débarquements III et V, où je n'ai trouvé que de l'erratique, il m'a été possible d'examiner les roches en place partout ailleurs où je me suis rendu à terre, et du chenal d'Errera que je n'ai pu visiter, M. Racovitza a également rapporté des échantillons géologiques, provenant des débarquements XI et XII. En somme, nous possédons des renseignements précis sur dix-huit points différents de la carte.

Les données pétrographiques de ces dix-huit localités visitées ne suffisent sans aucun doute point pour permettre le tracé d'une carte géologique du détroit de Gerlache, mais elles sont très suffisantes pour nous rendre parfaitement compte des grandes lignes de la géologie de la région.

Voici ces données.

I. — Ile Auguste : diabase altérée.

L'îlot de notre premier débarquement était en grande partie dépourvu de neige. Dans le haut, le rocher apparaissait comme une coulée basaltique à structure prismatique ; plus bas,

(1) Cette manière de voir, que j'ai soutenue dès le retour de l'Expédition antarctique belge, vient d'être confirmée et développée par J. GUNNAR ANDERSSON, *On the geology of Graham Land*. Bulletin of the Geological Institut of Upsala, vol. VII, p. 64 notamment.

(2) Des notes géologiques peu connues et fort intéressantes se trouvent dans l'ouvrage de EDMUND FANNING, *Voyages to the South Seas, Indian and Pacific Ocean*, New-York, 1838. Part VI (pp. 195-216) notamment : *A description of the New South Shetland Isles*, by JAMES EIGHTS.

(3) G. T. PRIOR, *Petrographical notes on the Rock-specimens collected in Antarctic Regions during the voyage of H. M. S. EREBUS and TERROR under Sir James Clark Ross, in 1839-43*. Mineralogical Magazine, vol. XII (1899), p. 60.

(4) *Geographical Journal*, vol. III, p. 12.

(5) *Die internationale Polarforschung 1882-1883*. Die Beobachtungsergebnisse der deutschen Stationen, Bd II : Süd-Georgien, p. XII.

(6) JOHANNES PETERSEN, *Die Reisen des « Jason » und der « Hertha » in das antarktische Meer 1893-94 und die wissenschaftlichen Ergebnisse dieser Reisen*. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg (1895), pp. 271-280 notamment.

il était couvert de hachures rectilignes et semblait se décomposer en grands blocs, à surfaces planes, juxtaposés les uns sur les autres. La roche était dure, très cassante et sonore aux coups de marteau. Suivant quelques fentes, parfaitement fermées du reste, la roche était d'un gris verdâtre clair, tandis qu'ailleurs des veinules étaient remplies de minimes cristaux de quartz et d'épidote.

II. — Ile Moreno : gabbro-diorite.

Cette petite île présente le même aspect de colonnade serrée que l'île Auguste. Elle est basse et allongée. A terre j'ai remarqué des surfaces mamelonnées, usées par le frottement de la glace, et des pochettes dans lesquelles se trouvait un peu d'argile sableuse mêlée de guano.

IV. — Ile Harry : diorite.

La roche n'était visible que près du niveau de la mer et par places la neige cachait le sol jusqu'au rivage même.

VI. — Côte NE. de l'île des Deux-Hummocks : diorite quartzifère avec filons de mélaphyre.

Dans son ensemble, l'île des Deux-Hummocks présente une forme très caractéristique. Allongée et bombée, totalement couverte d'un épais manteau de neiges éternelles, cette île se distingue de toutes les autres de l'Inlet de Hughes à cause des deux montagnes en forme de pyramides qui semblent assises sur la plaine de neige et se présentent tout comme des nunataks qui percent l'inlandsis.

Le brouillard et des crevasses m'ont empêché de faire l'ascension du glacier jusqu'aux parois rocheuses de l'une de ces montagnes, de sorte que je n'ai pu rapporter des échantillons géologiques que de l'endroit de notre débarquement. D'ailleurs, la côte était formée de falaises de glace et de petits promontoires qui seuls sortaient à nu de dessous la glace. Pourtant, nulle part, dans les environs immédiats de l'endroit de notre débarquement, les murailles de glace ne plongeaient dans l'eau ; à leur base on voyait partout une minime lisière de roches moutonnées, et puis, jusqu'à une certaine distance, le rivage était bordé de roches à fleur d'eau sur lesquelles j'ai trouvé assez bien d'erratique.

A la surface parfaitement polie des roches moutonnées, les filons de mélaphyre et de pegmatite contrastaient par leurs couleurs avec le gris sombre de la diorite quartzifère.

VII. — Ile Cobalescou : diabase à gros grains.

Situé près de l'île des Deux-Hummocks, l'îlot Cobalescou, dont le point culminant ne s'élève pas à plus de 30 m. au-dessus du niveau de la mer, était presque complètement dépourvu de neige à la date du 27 janvier.

Les reproductions photographiques de la planche IV montrent que l'aspect du terrain est celui des crêtes élevées des massifs des Alpes, et la neige qui séjourne dans les creux accentue encore la ressemblance. Par places, il y avait une apparence de stratification due à des fentes parallèles. Ailleurs les cassures s'entrecroisaient. L'une des parois rocheuses montrait un fort bel exemple de losanges empilés. Partout entre les blocs, dans les fentes et les creux, il y avait du guano mêlé à un peu d'argile et à des plumes d'oiseaux, mais toujours en petite quantité.

VIII. — Ile Gaston : schiste tacheté et mélaphyre.

L'îlot Gaston, qui fait partie d'un groupe d'îles et de rochers près de la côte de la Terre Danco, à côté du cap Reclus, a une hauteur maximum de 50 m. environ, est presque plat et offre une apparence de stratification légèrement inclinée.

Peu de neige, roches moutonnées. Dans l'ensemble, cette petite île ne forme d'ailleurs qu'un grand dos de mouton.

Le mélaphyre, qui est la roche principale, doit être considéré comme étant une roche d'intrusion dans le schiste tacheté (Knotenschiefer) gris qui n'apparaît pourtant — dans la portion de l'îlot que j'ai pu parcourir — que sous forme d'une bande de 6 m. d'épaisseur.

IX. — Cap Anna : diorite quartzifère, filons d'eurite et d'aplite.

L'emplacement de ce débarquement se trouve au pied de rochers à pic que des fentes débitent en colonnes plus ou moins verticales. Les photogravures des planches V, VII et X permettent de se rendre parfaitement compte de l'aspect de l'endroit.

X. — Ile Brabant : gabbro, diabase et épidiorite.

Les roches rapportées du X^e débarquement proviennent de trois endroits différents qui sont : deux rochers près du niveau de la mer au cap d'Ursel, puis un nunatak situé au SW. de ce cap et, enfin, un autre nunatak plus éloigné et qui appartient au versant méridional de la vallée dans laquelle s'écoule le grand glacier qui débouche dans la baie Buls.

A l'endroit du débarquement, j'ai trouvé d'une part du gabbro à uralite et d'autre part de la diabase ophytique à grain fin en contact avec de l'épidiorite à glandules, tandis que le contact avec le gabbro était masqué par la neige. Un gabbro à uralite formait également le sommet de montagne le plus proche, le premier nunatak, et la roche du second, celui qui est représenté par les photogravures de la planche III, était du gabbro à périclase.

XI. — Cap Van Beneden : porphyrite et filons de mélaphyre.

XII. — Ile de Cavelier de Cuverville : porphyrite.

XIII. — Roches Sophie : pegmatite avec filons d'aplite et roches sédimentaires.

Dans la partie méridionale de la baie Wilhelmine, il y a de nombreux endroits où la roche est à nu, mais ils sont pour la plupart inaccessibles, les rochers plongeant à pic dans la mer. Nous sommes pourtant parvenus à opérer un débarquement au pied d'une falaise granitique, sur un roc de quelques mètres d'étendue et émergeant à peine de l'eau, et, tout près de là, j'ai pu examiner hâtivement un petit promontoire, formé d'une muraille de roches sédimentaires métamorphiques, en contact avec la pegmatite.

Je ne saurais dire avec certitude si une faille séparait la formation sédimentaire de la roche éruptive, mais je suis porté à le croire, et s'il en est vraiment ainsi, le contact n'était en réalité qu'apparent. La direction des strates est NE.-SW. et leur inclinaison NW. est d'environ 45°. Un schiste très fissile alterne avec une arkose foncée et des strates vert foncé d'une autre roche. La pegmatite est en dessous (c'est-à-dire dans le S.) et forme une montagne rougeâtre contre laquelle est adossée une montagne noire tout à fait inaccessible, sauf à l'endroit où j'ai pu me hasarder. La stratification paraît être beaucoup plus redressée en haut que près du niveau de la mer.

XIV. — Ile Anvers : gabbro, filons d'ophyte et de mélaphyre.

La roche n'apparaissait dépourvue de neige que sur une faible étendue.

XV. — Ile Wiencke (côte W.) : diorite quartzifère à gros grains, filons de diabase à grain fin et de diabase schistoïde.

L'ensemble de la côte, qui est dépourvue de neige sur une assez grande étendue à l'endroit de notre débarquement, se présente sous la forme d'un grand dos de mouton. Les roches y sont très aplanies et moutonnées, et sont traversées de fentes, parfois béantes, allant suivant diverses directions et s'entrecroisant.

XVI. — L'une des îles Wauwermans près du cap Errera : porphyre quartzifère.

Simple liséré de roche nue sur le pourtour de l'îlot qui est recouvert d'une calotte de

glace. Les roches sur le pourtour de l'île, qui ne sont pas couvertes de neige, présentent des formes moutonnées ; ces dos de mouton sont très plats (1). Il y a également des fentes dans la roche, mais beaucoup moins qu'au débarquement précédent. De nombreuses veines de quartz ; il y a aussi du quartz améthyste et des minerais de cuivre en petite quantité.

XVII. — Ile Bob, côte E. de l'île Wiencke : diabase et veines de mélaphyre.

La description de cet îlot sera donnée plus bas, et comme il sera également plus longuement question des débarquements suivants, il suffira d'énumérer simplement, en cet endroit, les roches qui y ont été trouvées en place.

XVIII. — Ile Banck près de la Terre Danco, en face de l'île Wiencke : diorite avec beaucoup de quartz, filons de mélaphyre à structure ophytique.

XIX. — L'une des îles Moureaux, dans la baie des Flandres : granite avec filons d'aplite.

XX. — Côte de la Terre Danco au S. du cap Renard : granite à grain fin avec filons de mélaphyre.

On ne saurait se prononcer sur l'âge des terrains sédimentaires découverts aux débarquements VIII et XIII, pas plus que sur l'extension de ces terrains. Cependant, rien que la présence de ces lambeaux de schistes métamorphiques offre beaucoup d'intérêt, attendu que nous avons là une démonstration de ce fait que les Antarctandes ne sont pas une simple accumulation de roches éruptives, mais que la formation de cette chaîne de montagnes a été, au contraire, accompagnée d'importants plissements de terrains, que ces montagnes ne sont peut-être même qu'une chaîne de plissement dans laquelle les phénomènes éruptifs sont accessoires et n'ont qu'une importance secondaire.

Si nous recherchons maintenant quelle est la distribution régionale des roches trouvées en place aux divers débarquements, nous constatons de suite qu'elle n'est pas quelconque, mais que, au contraire, les roches sont distribuées par zones.

Un massif granitique se trouve au SE. Il comprend les débarquements XIII, XIX et XX des côtes de la Terre Danco et s'étend au delà de la sortie du détroit, puisque le porphyre quartzifère qui forme l'îlot de notre XVI^e débarquement, tout près du cap Errera de l'île Wiencke, s'y rattache évidemment.

Puis vient la porphyrite, trouvée aux débarquements XI et XII, et qui forme probablement la majeure partie de la péninsule comprise entre la baie Wilhelmine et la baie Andvord. La roche de l'île Wiencke, par contre (débarquement XV), ainsi que celle trouvée au cap Anna (débarquement IX), est de la diorite quartzifère. La porphyrite des débarquements précédents appartient sans aucun doute à la bande de diorite quartzifère, qui empiète d'ailleurs, par places, sur la côte méridionale du détroit (débarquement XVIII). Vers le nord, dans la région de l'Inlet de Hughes, les roches trouvées en place à l'île Deux-Hummocks et à l'île Harry (débarquements IV et VI) sont encore de la diorite.

Plus loin vers l'Océan, et plus près de l'alignement des Shetland méridionales, ce sont des massifs de gabbro que nous trouvons aux débarquements (XIV, X et II) opérés sur les îles de l'archipel de Palmer et sur l'île Moreno, à l'entrée du chenal d'Orléans. La diabase enfin, trouvée aux débarquements XVII, VI et I, est de formation postérieure à la diorite quartzifère et au gabbro, puisque dans l'île Wiencke et dans l'île Brabant elle apparaît sous forme de

(1) Voyez G. LECOINTE, *Travaux hydrographiques*, pl. XV.

filons dans ces roches, tandis que le mélaphyre est la roche éruptive la moins ancienne, puisque ses filons se trouvent indifféremment dans les autres roches trouvées en place.

Mais l'erratique, sur lequel j'insisterai plus loin, nous démontrera que la série des roches éruptives est encore plus complète et que, dans leur distribution géographique, ces roches se présentent réellement par zones.

Ainsi donc, même si l'existence des terres situées au N., à l'E. et au S. de la région explorée n'était pas connue, la conclusion géologique que l'on serait forcé de déduire de la nature des roches trouvées est que l'archipel de Palmer et la Terre Danco ne forment qu'une partie d'un ensemble de terres beaucoup plus étendu.

Et dans cet ensemble, — qui existe vraiment, — l'unité des massifs hors desquels les îles ont été sculptées et de celui ou de ceux de la Terre Danco est très probable, sinon tout à fait certaine.

Les formes du terrain

Si vraiment l'archipel de Palmer appartient géologiquement au bloc continental de la Terre de Graham et de la Terre Danco, il ne s'ensuit pas nécessairement que le détroit qui le sépare de ces terres doit être une vallée d'érosion, actuellement submergée, ou même une grande vallée érodée hors de ce bloc, jusqu'en dessous du niveau de la mer, par les glaciers du passé. On pourrait, en effet, également expliquer la présence du détroit de Gerlache par un affaissement d'une bande comprise entre failles parallèles — un *Graben* — ou encore par un vaste synclinal. Cependant, malgré la grande probabilité d'une origine tectonique, on est forcé d'admettre que cette vallée a été façonnée par le travail des eaux courantes et, dans la suite, par des glaciers.

Car il suffit de regarder la carte pour se rendre compte de la complexité du relief. Il est visible que les deux baies de l'Inlet de Hughes, la baie Charlotte, la baie d'Andvord, les baies de la baie des Flandres enfin, ne sont que les prolongements submergés de vallées. Les glaciers de quelque importance, les vrais fleuves de glace, débouchent dans des baies. Ce sont les flancs montagneux entre lesquels les glaciers s'écoulent qui s'avancent jusque dans la mer.

Ailleurs nous voyons, en petit, la reproduction de la carte de l'ensemble des terres découvertes. Le chenal La Plata, qui sépare une suite d'îles de la côte, de même le chenal d'Errera, plus loin les îles Lemaire, Bryde et d'autres, et enfin l'alignement des îles Danebrog, sont les exemples de ce genre que l'on peut citer. En ce qui concerne l'île Wiencke, le relief démontre d'une façon évidente que le chenal de Neumayer ne peut être considéré autrement que comme étant formé de plusieurs vallées submergées.

Si l'on admet que tout l'ensemble du bloc des terres visitées s'est affaissé de quelques centaines de mètres, on est amené à se demander quel a dû être le système des eaux courantes avant l'époque glaciaire.

C'est là une question à laquelle on ne saurait répondre que par des hypothèses.

Supposons qu'un fleuve descendait des montagnes dans la dépression occupée actuellement par la baie des Flandres, qu'il recevait des tributaires importants venant du N. : l'un originaire d'un cirque compris entre l'île Lemaire, les îles non dénommées à l'W. de l'île De Rongé et le cap Astrup, l'autre venant du chenal de Neumayer.

Supposons un deuxième fleuve, venant de la baie d'Andvord et s'écoulant dans l'Océan à travers le chenal de Schollaert. Un troisième enfin, allant de la baie Wilhelmine dans l'Inlet de Hughes et le détroit de Bransfield.

Un tel système expliquerait parfaitement la formation de groupes montagneux actuellement séparés, tels que la Sierra Du Fief, les monts Osterrieth et les monts Solvay, et qui visiblement appartiennent à un seul et même complexe de montagnes.

C'est, du reste, ce que nous pouvons constater partout ailleurs. La plupart des chaînes de montagnes, supposées submergées, se résoudraient en îles, plus ou moins espacées suivant la maturité plus ou moins avancée du système fluvial qui les draine.

Ainsi donc, je suis porté à croire que les deux baies de l'Inlet de Hughes, le chenal de Schollaert, la baie des Flandres et le détroit de Gerlache ne sont que des entailles creusées dans la chaîne des Antarctandes, que ces voies d'eau sont ainsi absolument comparables aux canaux qui traversent ou qui longent la chaîne des Andes de la région de la Terre de Feu et aux fiords d'autres régions.

Sous ce rapport, il y a lieu de faire remarquer que la diversité d'aspect des pays de fiords ne doit nullement nous étonner. Si nous supposons d'abord une chaîne complètement abradée et transformée en plateau dans lequel des vallées encaissées ont été érodées (exemple : les Ardennes) et que nous nous imaginions l'aspect de ce pays à la suite d'une submersion partielle, nous aurons sans aucun doute un tracé de côtes absolument différent de ce que nous voyons dans les régions explorées par la *BELGICA*.

Mais, suivant que la convexité de la bosse choisie comme exemple est plus ou moins grande, et suivant le développement et la maturité plus ou moins avancée des vallées qui s'y trouvent creusées, les tracés des lignes hypsométriques varieront notablement. Et si, au lieu de bosses produites par l'abrasion de chaînes de montagnes, nous prenons en considération une suite d'exemples de chaînes de montagnes plus récentes et dont le relief est notablement plus varié et plus accentué, nous pouvons aisément imaginer toutes les transitions voulues pour arriver jusqu'à des formes de fiords tels que ceux de la Terre de Feu et de la Terre Danco.

Avant d'insister davantage sur les vallées et les autres formes de terrain de la région du détroit de Gerlache, il y a lieu de faire quelques remarques d'ordre plus général.

Quoique au cours de la croisière hâtive de la *BELGICA* nous n'ayons pas relevé les hauteurs des montagnes, je puis cependant dire, d'après mes impressions, que les monts Brugmann sont moins élevés que les monts Solvay ; que là où nous avons pu voir au loin vers l'intérieur de la Terre Danco, les montagnes de cette terre et l'inlandsis à l'horizon me paraissaient être plus élevés que les montagnes de l'archipel Palmer ; qu'en plus, dans la région de l'Inlet de Hughes, les hauteurs diminuent vers le N. ; que les terres aperçues du N^e débarquement et surtout celles vues au S. du XVII^e me semblaient formées de massifs imposants ; que les montagnes de la Terre Alexandre, enfin, m'ont fait l'impression d'atteindre des altitudes plus grandes encore.

Il me paraît donc certain que la chaîne des Antarctandes se prolonge bien au delà du cercle polaire et que, dans la région explorée par nous, elle va en s'abaissant graduellement vers le N.

Les difficultés de deviner les alignements du relief sont très grandes. De même que le modelé des parties basses, envahies par la mer, les formes des régions élevées de la Terre Danco échappent complètement à toute observation directe, car par là l'inlandsis masque totalement, ou presque totalement, les inégalités du sol.

En ce qui concerne les montagnes et les crêtes qu'on voit près de la côte, on est forcé de les considérer comme ayant été entièrement sculptées par l'érosion ; elles appartiennent à des lignes de faite entre des vallées et des cirques et ne nous fournissent par conséquent aucun renseignement sur la direction de la chaîne de montagnes.

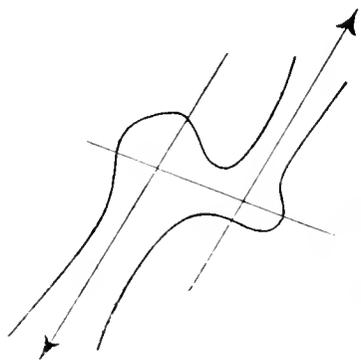
J'ai supposé que dans la portion septentrionale la chaîne des Antarctandes se courbe vers l'E., que l'île Trinité appartient à l'archipel de Palmer et que la Terre Louis-Philippe forme le prolongement de la Terre Danco. L'alignement des Shetland méridionales est, dans ces conditions, parallèle à celui de la chaîne principale.



Il est intéressant de remarquer que l'archipel des Shetland méridionales est volcanique. L'île Déception est un volcan ; plus loin dans le détroit de Bransfield il y a d'autres îles volcaniques, et les montagnes les plus élevées de l'île Livingstone sont probablement aussi des volcans. Le dessin ci-dessus nous montre en effet des dômes et des cônes parfaitement caractéristiques.

Dans la région explorée par l'Expédition, la direction de la chaîne serait approximativement celle du détroit, tandis que plus au Sud, dans la Terre de Graham, elle se rapprocherait davantage de l'alignement N.-S. Dans ces conditions, la vallée occupée par le détroit de Gerlache doit être considérée comme étant une vallée longitudinale, tandis que la baie des Flandres et le chenal de Schollaert occupent des vallées transversales. Il n'y a rien d'extraordinaire à ce que ces vallées s'entrecroisent. Les exemples de ce genre abondent dans la plupart des chaînes de montagnes. D'ailleurs, le chenal de Neumayer est un exemple frappant.

La branche septentrionale du chenal n'est pas le prolongement de la branche principale.



A partir du cap Astrup, le chenal va en se rétrécissant vers le S. et la vallée se poursuit tout droit à l'intérieur de l'île Wiencke.

La photogravure panoramique de la planche VIII nous montre le glacier plat qui monte en pente douce vers le S., exactement suivant le prolongement de la branche septentrionale du chenal.

Le glacier uni et bas qu'on voit à gauche est dirigé perpendiculairement au précédent. Il forme le prolongement vers l'E. de la branche de jonction du chenal. Mais la baie de Børgen marque également l'emplacement d'un entrecroisement de deux vallées, et la branche méridionale du chenal de Neumayer, qui s'ouvre vers l'Océan, se rétrécit vers le N. et sa dépression se poursuit dans les montagnes par une grande vallée. La figure ci-contre représente les choses schématiquement.

La côte de la Terre Danco est très déchiquetée ; les nombreuses vallées qui débouchent dans le canal en sont la cause.

Au fond de la baie des Flandres, ce fiord se ramifie et dans chacune de ses nombreuses anses débouche un glacier. Quelques-uns de ces glaciers sont plats et donnent naissance à des icebergs tabulaires. Les vallées qu'ils occupent doivent donc monter en pente douce vers l'intérieur des terres.

La baie Brialmont présente des conditions semblables; là aussi il y a formation d'icebergs.

Dans les îles de l'archipel de Palmer, au contraire, les grandes vallées doivent se trouver sur le versant océanique, tandis que du côté du détroit les montagnes semblent descendre en pentes plus abruptes. Ainsi, le glacier qui s'écoule dans la baie Buls se résout en séracs, et il doit en être de même d'autres glaciers qui descendent de cascade en cascade. Lors de notre X^e débarquement, nous avons été arrêtés dans notre ascension des monts Solvay, dès l'altitude de 500 m., par des rochers à pic et, sur le glacier, par des crevasses infranchissables.

Une particularité tout à fait remarquable de ce versant oriental des monts Osterrieth est la présence de cirques aux parois abruptes et qui ne sont probablement rien autre chose que des « Kare », tels que Richter les a définis, — sauf les dimensions qui, dans les régions antarctiques, peuvent être notablement plus grandes que dans les Alpes.

Voici les termes mêmes dans lesquels j'ai consigné l'observation sur laquelle je base mon assertion :

« Nous nous rapprochons progressivement de la côte au NW., la course du bateau étant WSW. (1). J'aperçois une muraille formant un petit cirque entre deux promontoires.

» Au pied s'étend un champ de névé qui se termine brusquement le long de la côte et monte en pente douce vers la montagne. Une série de lignes courbées, plus ou moins parallèles, se dessinent très nettement sur cette muraille, et la plus basse d'entre elles suit les contours du champ de névé. Ce sont des gradins entaillés dans la roche sous forme de marches. Comme ils sont recouverts de neige, l'alternance de la roche à nu et des marches sur lesquelles la neige séjourne, fait mieux ressortir cette particularité. Je revois la même chose ailleurs dans des conditions semblables. Ce doivent être d'anciens niveaux du champ de neige; c'est du moins la seule explication que je prévois de ce fait curieux. Ce serait une preuve d'une plus grande extension des glaciers, pendant laquelle ces champs de névés se seraient élevés jusqu'aux niveaux supérieurs. Les gradins marqueraient dans ces conditions des étapes. Car la roche s'effrite et tombe, la muraille rétrograde, et si la neige descend, nous avons une ligne indiquant l'ancien emplacement. »

J'ai évidemment pu me tromper en admettant que les gradins marquent des étapes, en supposant, en d'autres termes, que chaque gradin indique une limite temporaire du champ de névé.

Un croquis qui accompagne dans mon carnet la note ci-dessus montre que ce cirque creusé dans le flanc de la montagne était compris entre un « promontoire » et un « gros dos »; que le champ de névé, au pied de la muraille, était « plat »; que dans la série des gradins « les derniers en haut étaient curvilignes ».

La photogravure 3 de la planche XI nous montre (à gauche) un autre exemple de ce genre. Et, d'après cette photographie, il est visible que la particularité signalée peut se présenter ailleurs que dans des cirques. Sous ce rapport, la photographie du cap Renard est également très instructive (pl. XI, fig. 1). Mais, au sud du cap Renard, j'ai encore observé des lignes parallèles, creusées dans le roc, qui me paraissaient être beaucoup plus caractéristiques.

(1) Entre le cap Van Ryswyck et l'endroit du XIV^e débarquement.



terrasses, sur lesquelles nous voyons à présent des champs de névé.

La coupe schématique ci-contre exprime graphiquement ma manière de penser. Il serait difficile de s'imaginer le relief autrement dans les cas où la discontinuité des profils entre les pentes des flancs des montagnes et les champs de névé qui s'y trouvent adossés, nous force d'admettre une discontinuité des pentes du sol, probablement plus grande encore.

La planche VII montre des murs de glace qui ne plongent pas dans la mer. Ailleurs, à l'île des Deux-Hummocks, par exemple, j'ai pu voir le fond de la mer, ou des roches moutonnées émergeant à peine, jusqu'à une certaine distance de la côte. Il y avait donc là des plates-formes. Et cette constatation me ramène à d'autres particularités des champs de névé bas que nous montrent les planches VIII et X.

Ces champs de névé sont compris entre des écrans se terminant vers le bas par de petits promontoires. Sous ce rapport, on peut observer tous les passages de formes voulus entre de simples rainures et de vrais cirques. D'autre part, les dimensions de ces cirques varient notablement et présentent des stades de passage à de vraies vallées qui découpent les montagnes en massifs séparés.

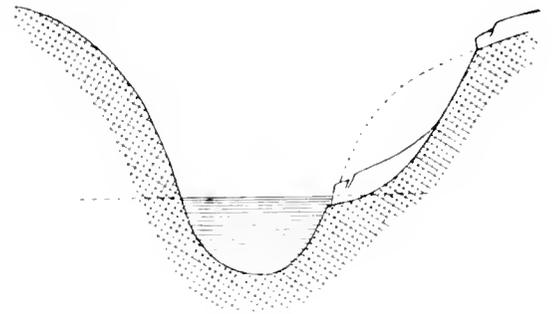
En ce qui concerne les formes des montagnes ainsi comprises entre des cirques très resserrés, celles des aiguilles du cap Renard sont sans aucun doute les plus curieuses. A titre de comparaison, j'ai placé sur la planche XI la photogravure des rochers de l'entrée de John Harbour, à l'île des Etats, car ces rochers montrent une vague ressemblance avec les aiguilles du cap Renard et les montagnes du cap Anna, tout en étant formées de roches absolument différentes.

Il faut, en effet, à côté de ces montagnes en forme de pain de sucre, en voir d'autres,

Le croquis ci-contre montre que ces gradins (a) correspondaient absolument aux limites supérieures des névés adossés aux flancs des montagnes. Ils s'élevaient au moins jusqu'à 150 m. au-dessus.

Une autre particularité des formes du terrain est suffisamment bien démontrée par les photographies annexées à ce mémoire pour qu'il ne me soit pas nécessaire d'y insister longuement : en de très nombreux endroits, les rochers qui forment les versants des vallées submergées ne plongent pas directement dans la mer : au contraire, des pentes douces s'étendent au pied des escarpements.

A supposer que les terres vissent à se soulever en bloc, ou en faisant abstraction par hypothèse des eaux du chenal, on aurait, suivant le niveau actuel de la mer, une série de



présentant l'aspect de dômes, d'autres encore se rapprochant de la forme pyramidale, et enfin les vrais pics, assis sur une grande base, bien massifs, et n'ayant plus rien de commun avec l'aspect squelettique des crêtes et des aiguilles isolées, pour comprendre la communauté d'origine de toutes ces formes, qui toutes ont été façonnées hors d'un même bloc, par l'érosion fluviale et glaciaire et par les agents atmosphériques.

Les formes des glaciers

Dans les régions arctiques, le niveau des neiges perpétuelles ne descend nulle part jusqu'au niveau de la mer, et les glaciers ne s'observent sur les terres boréales qu'en pays de montagnes. C'est pourquoi ALFRED RUSSELL WALLACE (1) a été amené à supposer que les neiges éternelles ne pourraient subsister sur terrain plat et bas et que les îles des régions antarctiques, pour lesquelles on admettait un recouvrement complet de neige, doivent être montagneuses, offrant par cela même des conditions avantageuses pour la formation de glaciers s'étendant jusqu'à la mer.

Tel est évidemment le cas le plus ordinaire, et il est certain que dans la baie de Hughes, par exemple, le niveau des neiges perpétuelles n'atteint pas le niveau de la mer ; mes notes sur les îles des débarquements I, II, VII et VIII le prouvent. Mais il n'en est pas de même sur les côtes exposées aux vents de l'ouest, venant directement de l'Océan. Les îles Wauwermans, à la sortie du chenal de Neumayer, peuvent être citées comme exemple, et les îles Moureaux, dans la baie des Flandres, sont plus intéressantes encore à considérer au point de vue particulier qui nous intéresse, car l'une d'elles au moins est très basse et entièrement recouverte de neige, transformée en glace en dessous, et descendant en pente douce vers la périphérie de la bosse.

Nous avons là un exemple démontrant que le niveau des névés peut descendre jusqu'au niveau de la mer.

Ailleurs, sur des îlots plus étendus, nous avons pu voir une accumulation de glace plus considérable, recouvrant parfaitement toutes les inégalités de terrain et formant des glaciers bombés. Ces calottes se terminaient à la mer par des murailles de glace à pic, tandis qu'à la surface elles avaient la forme de boucliers parfaitement unis (2).

Il me semble qu'il n'y a de différence, entre ces glaciers bombés des petites îles antarctiques et l'inlandsis du Groenland, que dans l'étendue incomparablement plus grande de l'inlandsis et dans le fait que celui-ci n'atteint pas la côte, mais se résout en ruisseaux et en fleuves de glace séparés. Mais il peut y avoir un inlandsis plus étendu que ne l'est celui du Groenland.

Nous pouvons dire que la grande calotte de glace que CROLL a imaginée dans le temps (3), doit de fait recouvrir l'Antarctide, puisque même des îlots peuvent présenter ce recouvrement parfaitement uniforme et bombé que CROLL admettait pour toute l'étendue du continent austral.

Les explorations récentes de BRUCE, de VON DRYGALSKI et du capitaine SCOTT surtout, parlent tout à fait en faveur de cette hypothèse, et seul l'avenir pourra nous apprendre de

(1) *Island Life*, 2^e édit., London, 1895, p. 136.

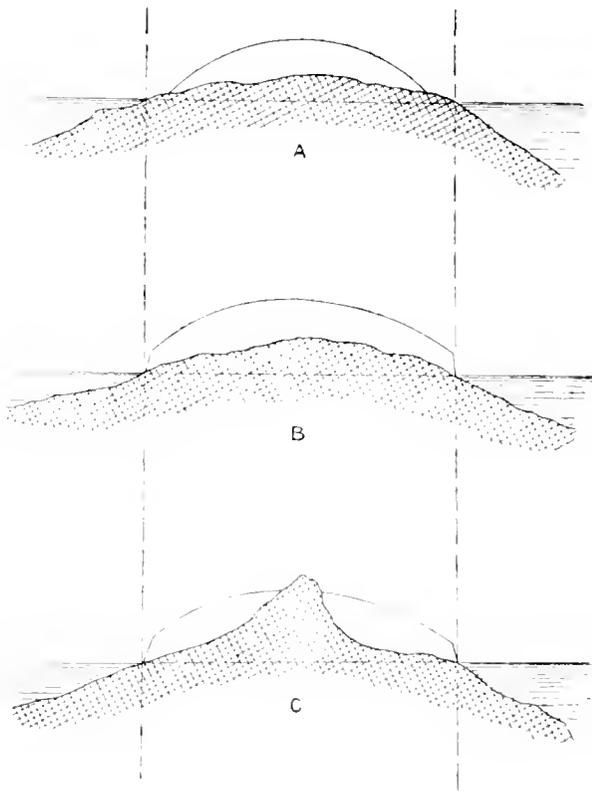
(2) Au XVI^e débarquement, nous avons remarqué que le bouclier était fendu, mais il n'y a aucune raison pour que le fait se reproduise partout.

(3) JAMES CROLL, *Climate and Time*, 4^e édit., London, 1897, p. 375.

combien doit être réduit le chiffre fantastique que CROLL a proposé ⁽¹⁾ comme épaisseur probable de la glace au Pôle Sud ⁽²⁾.

Les calottes glaciaires des îlots antarctiques ne sont donc rien autre chose que des réductions, en tout petit, des formes des glaciers qu'on appelle l'inlandsis.

Les calottes peuvent présenter différents aspects.



Ces boucliers de névés peuvent en effet être considérés comme étant parfaits, tronqués ou imparfaits. Les croquis A, B et C montrent les trois cas pouvant se présenter.

Le dessin A représente la coupe d'un îlot couvert d'une calotte qui descend en pente douce jusqu'au rivage ; l'épaisseur maximum de la calotte est au milieu, tandis que vers la périphérie la couche de glace va en s'amincissant jusqu'au niveau de la mer, où la roche est à nu. L'îlot de notre XIX^e débarquement, déjà mentionné plus haut, peut servir d'exemple.

Dans le cas représenté par le croquis B, la calotte n'est plus complète. L'épaisseur du recouvrement de glace et de névé étant plus grande, la base est insuffisante, et le glacier ayant tendance à s'écouler de toutes parts au delà du rivage de l'îlot, doit forcément se terminer par des falaises. De la sorte la calotte est donc vraiment tronquée suivant tout son pourtour. L'île Louise, dont la planche V donne une photographie, puis l'îlot à côté de celui

de notre XVII^e débarquement (pl. IX en haut à droite), sont d'excellents exemples.

Mais supposons maintenant que le sol est accidenté et qu'une pointe de rocher ou une montagne perce la calotte de glace, comme cela est figuré sur le croquis C. Dans ce cas, le glacier formera un anneau tout autour de cette montagne et la calotte glaciaire sera imparfaite.

Dans certains cas, la présence des rochers ensevelis se manifestera à la surface de la calotte par des crevasses (pl. VI, fig. 1 ; d'autres fois le rocher n'émergera qu'à peine (pl. VI, fig. 2) ; ailleurs, au contraire, le profil du bombement de glace sera affecté par la montagne qui perce le glacier.

Ainsi, toutes les gradations sont imaginables jusqu'au type de glacier représenté par le croquis ci-contre (île Emma).

La différence essentielle entre la glaciation de cette île et celle des exemples précédents réside en ce que, tandis que les calottes sont convexes, ici, au contraire, nous voyons des champs de névé à surfaces concaves. Ce n'est, en somme, rien autre chose qu'une suite de

(1) Pour une calotte de glace de 2800 milles de diamètre et pour une pente d'un demi-degré à la surface. CROLL admet une épaisseur de glace de 12 milles au pôle. « But to avoid all objections on the score of over-estimating the thickness of the cap... The thickness at the pole will then be only six miles... » (*Climate and Time*, p. 377.)

(2) La quantité des précipitations atmosphériques doit aller en diminuant vers l'intérieur de l'Antarctide. A priori, on pourrait donc également soutenir la thèse que le pôle est dépourvu de glace, la quantité de neige pouvant s'évaporer pendant l'année étant, par hypothèse, supérieure à celle qui tombe.

champs de névé tels qu'on les voit partout, dans les régions montagneuses, au-dessus du niveau des neiges perpétuelles, là où les glaciers prennent leur origine. L'île figurée apparaît tout comme le sommet d'une montagne isolée, autour duquel les champs de névé sont soudés entre eux. Les crevasses curvilignes montrent qu'il y a des inégalités dans les pentes et que pour peu que ces inégalités seraient plus accentuées, le cercle de glace se résoudrait en une série de champs de névé séparés.

Ces champs de névé, adossés aux flancs des montagnes et se terminant à la mer par des falaises de glace, forment un autre type de glacier tout à fait particulier aux régions antarctiques.

Prenons comme exemple celui qui se trouve représenté sur la planche X, en haut à droite. Peu importe que le creux dans lequel pareil glacier se trouve soit un cirque ou un kar ; ce qui le rapproche des champs de névés qu'on peut voir dans des enfoncements de ce genre, dans les Alpes, c'est sa forme, due aux parois rocheuses qui l'abritent ; mais ce qui l'en distingue, c'est qu'au lieu de se poursuivre vers le bas, il est coupé suivant toute sa largeur. Sur les côtés, la muraille de glace correspond sans aucun doute à la ligne du rivage, tandis qu'au milieu elle la dépasse et plonge dans la mer.

La variété de ces glaciers adossés ou côtiers est très grande.

Si celui que je viens de choisir comme exemple ressemble énormément aux formes alpestres et n'en diffère que par ce fait que le fleuve de glace lui manque, celui qu'on voit au pied du cap Renard (pl. XI, fig. 1), par contre, en est très différent. Et d'abord, il est bombé, et puis, au lieu d'être encaissé, il n'est adossé au flanc de la montagne que d'un seul côté, tandis qu'il est libre sur la plus grande partie de son pourtour.

Ailleurs, les glaciers côtiers étant soudés entre eux, peuvent former un talus continu.

La planche V nous fournit un exemple de ce genre, tandis que la planche VIII nous montre des glaciers côtiers se présentant encore tout autrement. Ces glaciers de l'île Wiencke peuvent en effet être considérés comme étant, du moins en partie, des glaciers régénérés. Car, des hauteurs qui portent une calotte élevée, descendent des glaciers suspendus qui, dans le bas, se soudent aux glaciers côtiers qu'ils nourrissent.



ILE EMMA

Les cheminées qui abritent ces glaciers suspendus, tout à fait particuliers et ayant l'apparence de colonnes de glace, existent évidemment ailleurs aussi. Parfois les flancs des montagnes sont creusés de nombreuses rainures de ce genre qui forment les voies de descente des avalanches. Ici les avalanches nourries par les névés de la calotte élevée ont été par trop abondantes et ont creusé par cela même ces cheminées profondes qui abritent maintenant de véritables torrents de glace. Cet exemple me permet de passer enfin au dernier cas de glacier côtier que je désire mentionner.

Dans certains cas, le glacier côtier étant nourri par des glaciers de grandes dimensions, peut, si les conditions topographiques sont favorables, atteindre des dimensions très considérables.

Ce sont alors de grands épanchements de glace, largement étalés au pied des montagnes,

que l'on a devant soi. L'exemple typique de ce genre de glacier a été décrit par ISRAEL C. RUSSELL (1). C'est le Malaspina dans l'Alaska.

Mais, tandis que dans le Nord la glace est à nu et en pleine fusion, dans le Sud, au contraire, elle est recouverte de champs de névé jusqu'au niveau de la mer.

Voici, à ce propos, la note que j'ai inscrite dans mon journal de voyage à la date du 16 février 1898 :

« Le soir, l'horizon s'étant complètement dégagé, nous avons pu voir très bien une grande île montagneuse, dans l'E., et l'extrémité septentrionale de la Terre Alexandre (2).

» L'île semble marquer la terminaison de la Terre de Graham, car la côte qui se trouve au delà paraît fuir vers l'E. Il se pourrait donc qu'il y eût un passage ou tout au moins un grand golfe entre les deux terres. Nous n'avons pas pu voir la côte méridionale de la Terre de Graham de façon à pouvoir dire quoi que ce soit de certain, car la distance qui nous en séparait était par trop grande. En ce qui concerne l'île, c'est toute une chaîne élevée avec de nombreuses vallées entièrement comblées de glace. Les formes des montagnes ne sont pas celles du Nord. Je ne vois pas d'arêtes tranchantes. Ce sont plutôt de grandes masses en forme de pyramides élevées et plus bas il y a des apparences de terrasses, — sans aucun doute des collines ensevelies sous la neige. Sur le pourtour de l'île s'étend, d'une façon discontinue, une grande plaine de glace, allant en s'abaissant doucement vers la mer et se confondant dans le pack.

» La Terre Alexandre, qui est au S., a des pics très élevés qui se dressent majestueusement au-dessus de tout un ensemble montagneux qui s'étend suivant la direction N.-S. et se perd vaguement à l'horizon. Devant nous se trouve un cap qui est l'extrémité d'une chaîne allant de l'E. vers l'W. et qui forme la côte nord de cette terre. Il est difficile de dire si cette chaîne va très loin vers l'E. ou si elle se termine à une grande masse montagneuse qui se dessine au delà et dont cette chaîne pourrait fort bien n'être qu'un rameau. Le fait est que deux ou trois autres profils montagneux, moins imposants, semblent être dirigés parallèlement. Mais, dans tous les cas, une grande masse qui soude le tout se trouve dans l'E. Plus loin vers le S. les montagnes semblent décroître en importance et le profil en est doux.

» Un fait à remarquer est qu'ici également se dessine très nettement une plaine de glace qui descend vers la mer en pente très douce, et c'est dans cette plaine que viennent se confondre les nombreux glaciers qui descendent des montagnes. Sur la Terre Alexandre, les fleuves de glace n'atteignent donc pas la mer, car ils se fondent les uns dans les autres pour produire un seul grand pied de glace au-devant de cette terre. »

Ailleurs dans les régions antarctiques, ce type de glacier est mieux développé, et le plus bel exemple à citer est sans aucun doute la grande plaine de glace qui se termine par la muraille de Ross.

Les formes de glaciers que j'ai mentionnées sont toutes particulières aux régions antarctiques et ne peuvent être observées que sur les terres du Pôle Sud, pour la raison bien simple que nulle part ailleurs le niveau des neiges perpétuelles ne descend jusqu'au niveau de la mer.

Si maintenant nous passons aux aspects que les glaciers peuvent présenter dans les

(1) *National Geographic Magazine*, vol. III, p. 58. Washington, 1891.

(2) Il me paraît très probable que la côte dont il est question n'est pas la même que celle qui a été découverte par BELINGSHAUSEN. En dehors de la différence dans les positions observées, le dessin de la Terre Alexandre qui se trouve dans l'atlas accompagnant la narration de voyage du navigateur russe ne correspond pas du tout à ce que nous avons vu.

massifs montagneux, nous remarquerons que — du moins dans la région visitée par la *BELGICA* — toutes les formes que l'on observe ailleurs, au-dessus du niveau des neiges perpétuelles, se rencontrent également sur les terres antarctiques. Ce sont des glaciers suspendus, avec glaciers régénérés dans le bas, de vrais fleuves de glace s'écoulant dans des vallées, des champs de névé dans lesquels les dépôts de neige s'accumulent, l'inlandsis enfin qui, à l'intérieur des terres, recouvre et masque toutes les inégalités du terrain.

Quelques extraits de mes notes de voyage suffiront pour fixer les idées.

Le 25 janvier, lors de notre débarquement sur l'île Harry, nous avons été favorisés par un temps admirable, de sorte que des hauteurs de l'île il m'a été possible d'apercevoir au loin, au delà de l'Inlet de Hughes et du détroit, les terres situées dans la direction de l'E. et du S. « Vers l'intérieur de la Terre Danco, les champs de neige montent peu à peu et donnent un horizon parfaitement continu. C'est l'inlandsis. Par là il peut y avoir des pics isolés, des chaînes de montagnes, des vallées profondes, mais on n'en voit rien : là, tout est comblé de glace. Plus bas, il n'en est pas de même, le relief du terrain se fait sentir à travers l'épais manteau et, par places, des pics percent. Mais ces montagnes sont également couvertes de neige.

« Plus près de la mer, des chaînons se dessinent, et par les vallées, affectant diverses directions, descendent des glaciers de grandeurs très différentes. Le long de la côte il y a des promontoires, dont quelques-uns sont à nu, et puis, dans les parties basses, des champs de neige recouvrant les terminaisons des glaciers qui parfois se fusionnent pour donner naissance à des plates-formes dont peuvent se détacher des icebergs.

» Dans le relief général, les vallées n'apparaissent pas ; elles semblent ne pas exister, car elles sont pour ainsi dire entièrement comblées et les crêtes ne se distinguent pas nettement. Mais elles existent, car les fleuves de glace qui descendent vers la baie diffèrent très fortement dans leurs aspects. Les très grands ont généralement une pente douce ; d'autres, au contraire, sont tourmentés de crevasses. Je distingue également des glaciers suspendus atteignant des dimensions extraordinaires. D'autre part, à la sortie des vallées, les grands glaciers doivent s'étaler.

» Ainsi, rien que par l'aspect du recouvrement de glace on voit combien le relief de ces terres doit être tourmenté. Sous chaque glacier il doit y avoir une excavation profonde, un lit dans lequel la glace s'écoule doucement. La constatation de l'existence de vallées me paraît fort intéressante, car cela nous force de penser qu'il a dû y avoir une époque pendant laquelle tout ce recouvrement de glace n'existait pas et où l'eau courante de fleuves et de rivières a été en action. Mais, d'un autre côté, en regardant ces terres, je me vois transporté dans la région des canaux de la Terre de Feu lors de la grande extension des glaciers. Là, à la pointe méridionale de l'Amérique, la chaîne des Andes devait présenter, pendant l'époque glaciaire, l'aspect des terres antarctiques. »

Quelques jours plus tard, lorsque nous avons tenté de faire l'ascension des monts Solvay, j'ai noté ce qui suit :

« La plaine sur laquelle se trouve installé notre campement est le résultat du comblement parfait de la vallée. Car c'est certainement une vallée qui descend des hauteurs, et quoiqu'il soit bien difficile de deviner l'orographie des parties basses, le glacier et l'accumulation des neiges éternelles dérobant le relief du terrain, la plastique de la glace me démontre pourtant que les nunataks, que nous voyons de part et d'autre, sont des sommets des crêtes des flancs de la vallée, et la cascade de glace que nous avons vainement cherché à franchir, en allant vers l'intérieur de l'île, un seuil qui nous aurait menés sur une autre plaine de glace qui comble l'étage supérieur de cette même vallée.

» Au fond de la baie (Buls) où nous avons débarqué débouche un glacier imposant. Au cours de notre excursion vers le nunatak le plus avancé (pl. III), nous avons très bien pu voir la partie basse de ce glacier. Sa pente va en augmentant tout d'abord, puis viennent de grandes crevasses transversales qui vont d'un côté à l'autre de la vallée ; elles sont concaves vues de la mer et se présentent tout comme des lignes de niveau d'une carte hypsométrique. Une mer de glace de séracs termine ce grand fleuve qui est nourri jusqu'au bout par les champs de névé qui recouvrent les pentes adjacentes et qui forment, par places, de vrais glaciers latéraux. La terminaison est en quelque sorte hachée et les grands blocs anguleux s'y trouvent pêle-mêle, et c'est avec un grand fracas, et comme des avalanches, qu'ils se détachent du front du glacier. »

Une autre note, relative à un véritable fleuve de glace, a été écrite le 9 février lorsque je me trouvais sur l'île de notre XVII^e débarquement et que je regardais la côte de la Terre Danco située au S. de l'île Wiencke. « De l'autre côté du canal, je vois un glacier immense qui descend en pente douce des hauteurs qui se trouvent dans le SE. Il est réellement majestueux et comble, dans le bas, deux grandes vallées, au moins sur les trois quarts de leur profondeur, tandis que plus haut il noie complètement la crête qui sépare ces vallées ; au loin il se rattache à l'inlandsis que l'on aperçoit vaguement. »

Dans la baie des Flandres, il nous a malheureusement été impossible de voir bien haut, car les nuages qui se présentaient sous forme d'un gros brouillard élevé masquaient complètement les montagnes. Des hautes montagnes qui se trouvent sans aucun doute à l'E. d'où descendent les très grands glaciers qui se déversent dans le fond du fiord, je n'ai pu apercevoir qu'un seul sommet pendant une éclaircie momentanée. Dans le fond, le fiord se ramifie à la façon d'une main dont chaque doigt indiquerait un front de glacier. L'un d'eux est très plat, fort large, et monte doucement dans la direction S. sous forme d'une plaine unie, sans crevasses. Son front est une muraille continue. D'autres glaciers, par contre, se terminent par des cascades de glace.

Il me semble que ces citations suffisent pour faire comprendre les formes des glaciers de la région explorée au cours du voyage de la BELGICA et pour montrer que la plupart, sinon tous les fleuves de glace de la Terre Danco, proviennent de l'inlandsis, ou de champs de névé se rattachant directement à ceux qui sont largement étalés dans les hauteurs.

Les glaciers se rapprochant du type alpestre — c'est-à-dire ayant un champ de névé particulier, pouvant être délimité de ceux des glaciers voisins — forment l'exception, car presque tous ceux qui sont indépendants de l'inlandsis appartiennent au type des glaciers côtiers. Et partout où les vallées s'avancent au loin dans l'intérieur des terres, elles sont inévitablement envahies par les épanchements de l'inlandsis.

Sur les îles, les choses peuvent évidemment se passer tout autrement. Celles de l'archipel de Palmer peuvent servir d'exemple. Là les montagnes étant trop élevées pour la base qu'elles occupent, les sommets ne peuvent être englobés dans une calotte de glace et même tout le relief ne peut être que très imparfaitement masqué.

L'île Wiencke nous montre, il est vrai, un stade de passage qui se retrouve également ailleurs. La photogravure de la planche VIII nous montre en effet un champ de névé continu, élevé. Au Groenland, VON DRYGALSKI⁽¹⁾ a dénommé « Hochlandeis » des formes de glaciers qui y ressemblent. Les « fjelds » de la Norvège ont encore plus d'étendue et se rapprochent davantage de l'inlandsis proprement dit.

(1) *Groenland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1891-1893.* Bd I, p. 118.

On pourrait évidemment se demander pourquoi l'inlandsis ne masque les inégalités du terrain que loin à l'intérieur des Terres de Danco et de Graham, — pourquoi il ne recouvre pas d'une façon uniforme les montagnes et les vallées jusqu'à la mer.

Les petites îles, couvertes de calottes de glace, semblent en effet, à première vue, n'être qu'une réduction assez fidèle des grandes calottes de glace dénommées inlandsis. Et pourtant, il y a une différence notable entre ces deux genres de glaciers. Tandis que l'inlandsis est, sans aucun doute, principalement formé de glace, les calottes des petites îles ne sont bien certainement rien autre chose que des champs de névé avec glace poreuse et peu consolidée à la base. Bien plus : pour les petites calottes nous pouvons admettre que, dans certains cas, l'épaisseur de la couche glacée, au milieu de l'îlot, est égale au 1,12 du diamètre de la calotte. Si telles étaient les proportions dans le cas de l'inlandsis, nous aurions, sur la Terre Danco par exemple, une accumulation de glace de plusieurs kilomètres ou même de plus de 10 kilomètres d'épaisseur.

Or, si la flèche des grandes calottes de glace — que nous appelons inlandsis — est proportionnellement incomparablement plus petite, cela est évidemment dû à la plasticité de la glace. D'ailleurs, toutes choses égales, la plasticité de la glace est d'autant plus grande que la pression que cette glace supporte est plus forte. La plasticité augmente donc avec la masse prise en considération. La limite d'accumulation possible est par conséquent plus petite pour une surface plus grande.

Il est dès lors compréhensible que l'inlandsis doit s'étaler vers la côte, de façon à y faire apparaître les inégalités du terrain, qu'il s'écoule sous forme de fleuves de glace partout où le relief le permet et que ces glaciers, qui sont poussés vers l'extérieur par la pression de la masse des glaces de l'intérieur des terres, déterminent la limite de l'accumulation possible.

Les vitesses d'écoulement des glaciers varient, car elles dépendent de l'étendue des champs de névé qui nourrissent le glacier pris en considération, des pentes du terrain, de la forme même du lit du glacier et de la masse de glace qui s'y trouve encaissée.

Dans les régions antarctiques, les grands glaciers qui proviennent de l'inlandsis doivent avoir des vitesses de déplacement très considérables, car, d'une part, la rigueur du climat fait que la fusion est tout à fait insignifiante et, d'autre part, ces glaciers sont nourris par de nouveaux apports de neige jusqu'à leur terminaison. Pour ces raisons, c'est donc près de la terminaison même que la vitesse doit généralement être maximum.

Il est certain que la plastique des glaciers antarctiques — celle des vrais fleuves de glace notamment — n'est pas toujours celle de champs de névé. A ce propos, le glacier qui débouche dans la baie Buls pourrait servir d'exemple, puisque à la terminaison il n'est qu'un amas de séracs. Cependant, comme ce n'est que tout à fait exceptionnellement que les glaciers présentent de tels aspects, on peut dire que c'est le paysage des champs de névé qui prédomine et qui caractérise la région des terres explorées par l'Expédition.

Neige, névé et glace

Nombreuses sont les questions que l'on peut soulever au sujet des conditions dans lesquelles les champs de névé se forment dans les régions antarctiques et au sujet des transformations des névés en glace.

Les premières questions se rapportant à l'économie des glaciers sont celles relatives aux précipitations atmosphériques : fréquence des pluies et des chutes de neige et quantités d'eau

et de neige tombées. Il est probable que, de même que dans la région de la Terre de Feu, de très grandes différences pourront être observées en des endroits très rapprochés et que les rivages exposés aux vents venant de l'Océan reçoivent des quantités d'eau et de neige beaucoup plus considérables que les rivages abrités.

A défaut de mesures, il suffit de comparer entre eux les endroits visités. Low Island, dans le détroit de Bransfield, est basse et complètement recouverte de neige ; les petites îles de l'Inlet de Hughes, qui sont à l'abri des monts Brugmann et Solvay, sont, au contraire, presque entièrement dépourvues de neiges persistantes ; plus loin, près du cap Anna, nous voyons l'île Louise exposée aux vents venant du large par le chenal de Schollaert, île qui, quoique basse, est entièrement recouverte d'une calotte de glace ; non loin de là, dans le chenal d'Errera, MM. Lecointe et Racovitza ont découvert les terres les plus dépourvues de neige ; le chenal de Neumayer est un autre exemple du même genre qui nous mène, aussitôt que nous dépassons le cap Lancaster, au contraste le plus frappant que nous offrent les îles Wauwermans.

D'un autre côté, il me semble que dans la région qui nous intéresse, la quantité des précipitations est maximum à un niveau peu supérieur à celui de la mer, ou même au niveau même de la mer, et que les hauteurs de neige tombée annuellement vont en diminuant assez rapidement avec l'altitude. Ce sont les observations météorologiques faites au cours de notre hivernage qui me le font supposer.

D'autre part, pour étudier en détail le processus de l'accumulation de la neige sur les champs de névé, il faudrait prendre en considération les différents facteurs qui influencent l'évaporation et la fusion, c'est-à-dire les facteurs négatifs. Pour cela, des observations systématiques, faites pendant un séjour prolongé, sont nécessaires.

L'évaporation dépend en effet de la température et de l'état hygrométrique de l'air, de la radiation solaire et du vent, et ces données météorologiques sont indispensables de même que les mesures directes des quantités de neige évaporée. A priori, il me semble probable que dans les régions antarctiques c'est l'évaporation qui est le principal facteur de l'ablation des champs de névé ; je crois que, dans le cas des grands glaciers et des champs de névé élevés, tout au moins l'eau formée à la surface, par de chaudes journées d'été, ne pénètre pas profondément avant d'être gelée. Cette eau d'infiltration contribue donc à la transformation des couches de névé en glace. Des mesures de la température faites en profondeur permettraient d'élucider cette question. Du reste, s'il en est vraiment ainsi, les quelques rares ruisseaux qui s'écoulent sous les glaciers ne devraient pas tarir en hiver. Car il est admissible que les eaux de ces ruisseaux proviennent de sources, ou qu'elles sont le produit de la fusion de la glace en contact avec le sol. Pour connaître l'économie des glaciers antarctiques, des mesures de la température du sol seraient donc également d'une bien grande utilité.

Dans les rapports scientifiques des expéditions de CHARCOT, de BRUCE et de NORDENSKJÖLD, on trouvera évidemment des données à l'aide desquelles on pourra répondre aux questions que je viens de soulever, et plus tard, lorsque d'autres expéditions auront accumulé les observations, la discussion pourra s'établir.

Au cours de nos débarquements hâtifs, j'ai pu relever quelques faits intéressants. Ainsi le dimanche 6 février, après être descendu des champs de névé de notre N^e débarquement, j'ai noté ce qui suit : « La température de l'air a été très élevée pendant toute la journée ; ainsi, à 1^h après-midi nous avons noté un maximum de + 6^o,6. La nuit il a plu et la pluie a été assez forte par moments. Sur les champs de neige, l'action d'ablation de la pluie doit être énorme ;

nous avons pu le remarquer en descendant du plateau, car l'aspect de la côte avait fortement changé et l'on enfonçait profondément dans la neige, qui était toute poreuse. L'action de la pluie doit être de beaucoup plus grande que celle d'une journée de soleil intense. »

Deux jours auparavant, j'inscrivais, par contre, la note que voici : « Minimum de la nuit : — 4°.1. Depuis deux ou trois jours le rayonnement solaire n'a pas transformé la neige tombée récemment en névé. Aujourd'hui j'ai parcouru toute la plaine et partout j'ai pu voir de la neige à la surface et à 10 cm. de profondeur du névé congelé. » Mais je crois me souvenir que c'est la seule fois où j'ai vu de la neige à proprement parler à la surface des champs de névé, car, le 31 janvier, lorsque par un temps superbe nous tentions de faire l'ascension des monts Solvay, nous marchions partout sur du névé et cela jusqu'à une altitude de 500 m., et ailleurs, en nos divers débarquements, la neige était également transformée en névé à grains plus ou moins fins.

C'est au XIV^e débarquement que j'ai noté pour la première fois la présence d'un ruisseau. Il sortait d'un tunnel, à la base du mur de glace, et s'écoulait sur des cailloux. Il ne pouvait provenir de bien loin, car un nunatak était proche de la côte. La glace des parois de la grotte était formée de gros grains, très poreux. Ailleurs, dans le chenal de Neumayer, j'ai encore observé des grottes de ce genre, donnant issue probablement aussi à des ruisseaux. La forme de ces grottes est toujours demi-cylindrique. Elles sont petites, relativement à la masse de glace. C'est également dans cette région que j'ai noté, au XV^e débarquement, un filet d'eau qui ruisselait sur les rochers en formant des cascades. Il provenait de la fonte du champ de névé qui se termine en cet endroit à une certaine distance du rivage.

A la sortie du chenal de Neumayer, non loin de notre XV^e débarquement, nous sommes descendus à terre, le 9 février, sur l'une des îles Wauwermans. Voici ce que j'ai noté au sujet de cet îlot : « De la neige très humide recouvre toute l'île et lui donne la forme d'un grand bouclier ou d'un ballon émergeant à peine de l'eau. La neige descend presque jusqu'au niveau même de la mer. Il est étonnant de constater une si grande différence dans les niveaux des neiges éternelles sur une distance aussi petite que celle qui sépare ce XVI^e de notre XV^e débarquement. Ce groupe d'îles est bien exposé aux vents de l'ouest, venant de l'Océan, et par cela même la neige peut s'accumuler ici en trop grande quantité pour pouvoir fondre entièrement en été. A la surface de la neige, des plumes de pingouins, des coquillages apportés par ces oiseaux et toutes sortes de saletés produisent des pochettes de fusion parfois assez profondes. Le névé, qui est tout ruisselant d'eau, est plus compact en profondeur, de sorte qu'il doit y avoir de la glace en dessous. Une seule crevasse, très étroite, traverse le champ de neige en travers de l'îlot. »

Les conditions du champ de névé qui recouvre l'île Bob, où nous avons débarqué le même jour dans l'après-midi, sont également intéressantes à noter. J'extrais le passage suivant de mon journal : « Une berge rocheuse est à découvert jusqu'à une hauteur de 20 à 30 m.; plus haut commence la nappe de glace qui, aux endroits moins escarpés, descend en pente douce jusqu'au rivage. Ce glacier est recouvert de fort peu de névé en pleine fusion; l'eau ruisselle sur la roche en de nombreux endroits, mais toujours en petite quantité. La surface de la glace est toute craquelée. Ce sont des fentes verticales, dirigées en différents sens, larges de 1 cm. à peine jusqu'à quelques décimètres au plus. Tandis que les crevasses ont leurs parois à pic et tapissées de stalactites, les fentes étroites sont remplies d'eau. Cette mosaïque de fentes se dessine sur la bosse même qui forme le sommet de l'îlot, tandis que sur les pentes les crevasses s'orientent rapidement suivant le sens transversal; elles sont donc produites par la

traction de la glace qui tend à s'écouler très doucement de toutes parts vers le pourtour de l'îlot. Il y a une crevasse principale (pl. VI, fig. 1) traversant toute la calotte de glace suivant sa longueur. Du côté de l'endroit de notre débarquement, la nappe de glace est percée par le rocher dont quelques pointes émergent à peine (pl. VI, fig. 2), tandis que le rivage méridional de l'îlot est occupé par des falaises de glace. Un autre îlot, pareil au nôtre, se trouve à peu de distance (pl. IX, fig. 1). Deux grottes que l'on y voit, au pied des falaises de glace, démontrent que là aussi la quantité d'eau produite par la fusion doit être assez notable, puisque de vrais ruisseaux peuvent se former sous la nappe de glace. »

Mais mes observations se rapportent au mois de février, qui est le mois le plus chaud, et comme, d'ailleurs, aux autres endroits où nous avons débarqué je n'ai pu observer rien de semblable, je suis porté à croire que le processus de fusion à la surface des champs de névé, tel que je viens de le décrire, représente un cas tout à fait exceptionnel et particulier aux endroits situés très près du niveau de la mer. Ailleurs, en effet, les roches moutonnées au pied de falaises de glace étaient parfaitement sèches. C'est ce que j'ai remarqué à l'île des Deux-Hummocks notamment. A ce propos, je citerai encore cet autre passage de mon journal, qui se rapporte au débarquement, opéré le 26 janvier, dans cette dernière île : « Nous avons tenté de faire l'ascension de l'île ; malheureusement le brouillard nous a empêchés d'avancer. A la hauteur d'environ 100 m., nous avons rencontré des crevasses fort larges et très profondes ; or, le brouillard était tellement épais que nous ne pouvions les distinguer qu'à une proximité dangereuse. Du reste, en revenant, nous nous sommes aperçus que nous avons passé plusieurs ponts de neige sans nous en douter.

» Les crevasses étaient parallèles à la côte, c'est-à-dire qu'elles étaient dirigées perpendiculairement à la pente. Évidemment, nulle part il n'y avait de la glace à nu. Mais dans les crevasses apparaissait une fort belle coloration bleue. Cette coloration ne nécessite pas de la glace compacte. Ainsi, en enfonçant le piolet dans la neige et en regardant dans le trou ainsi formé, on voit dans le fond une tache d'un bleu très intense. La neige était peu compacte et mouillée ; c'était de la neige agglutinée, et le grain en était si petit qu'on ne saurait l'appeler du névé. »

Les icebergs

Dans la région visitée par l'Expédition, le processus de l'accumulation de la neige surpasse de beaucoup en importance celui de la déperdition due à l'évaporation et à la fusion. Il ne semble en être autrement qu'en de très rares endroits des terres antarctiques. Les « glaciers morts » découverts par l'expédition de la DISCOVERY (1), ainsi que les vallées actuellement dépourvues de fleuves de glace, doivent former l'exception, — l'immense quantité d'icebergs que l'on rencontre partout dans les mers australes le prouve à l'évidence.

Les icebergs antarctiques peuvent être produits de différentes façons.

Les plus grands sont ceux qui se détachent des glaciers largement étalés dans de grandes baies ou même dans des golfes (la barrière de Ross, par exemple), ou de ceux qui forment des pieds de glace le long des côtes montagneuses (Terre Alexandre).

(1) *Geographical Journal*, vol. XXV (1905), p. 359.

D'autres icebergs, également tabulaires, doivent leur origine aux fleuves de glace encaissés dans des vallées, tels que ceux de la baie des Flandres.

Dans ces deux cas, le front du glacier s'avance dans la mer jusqu'au point ou jusqu'au delà du point de flottaison des plaques de glace qui s'en détachent. Mais de grands blocs peuvent également se détacher des murs de glace qui terminent au rivage même des glaciers côtiers ou des calottes glaciaires des îles antarctiques, et il se peut enfin que de petits icebergs se forment aussi par simple accumulation de neige sur de la glace de mer.

Ce dernier cas cependant ne doit se présenter que très exceptionnellement. Deux faits d'observation me font néanmoins supposer qu'il faut absolument l'admettre comme mode de formation d'icebergs. Et tout d'abord, dans la baie des Flandres j'ai vu plusieurs épais glaçons (pl. XII, fig. 3) dont la surface était toute parsemée de grands blocs de glace arrondis, comme si une avalanche de blocs de glace était tombée dessus. Or, en 1904, CHARCOT a constaté que le fond de la baie des Flandres est resté couvert de glace de mer pendant tout l'été (1). L'on comprendra que si ces conditions se présentent pendant plusieurs années de suite, la glace côtière pourra, en certains endroits, être couverte de telles accumulations de neige chassée des montagnes et de débris d'avalanches, qu'au moment de la débâcle des blocs énormes se détachant de la côte pourront, chassés au large, se présenter sous l'aspect de petits icebergs. Je pense en avoir vu un de ce genre dans la baie de Hughes. La figure 5, planche XII, est la reproduction du dessin que j'en ai fait, et voici, à ce sujet, la note qui se trouve dans mon journal de voyage à la date du 26 janvier : « A 9^h du soir, nous trouvant encore dans les environs de l'îlot de notre 1^{er} débarquement, nous sommes passés à côté d'un iceberg qui offrait un aspect tout particulièrement intéressant. De la mâture j'ai pu me rendre compte des formes de sa surface qui démontraient, à l'évidence ce me semble, que cet iceberg ne provenait pas d'un glacier, mais qu'il devait son origine à une accumulation de neige formée au pied d'une falaise, dont il a dû se détacher. L'iceberg avait une plaine basse, d'un modelé doux, descendant d'un côté jusque près de la surface de l'eau et se terminant, de l'autre côté, par un monticule.

» C'est ce monticule qui, je pense, était appuyé au rocher d'où la neige chassée et des avalanches formaient l'apport voulu pour transformer, à la longue, la glace côtière en un bloc qui, s'étant détaché, se présente comme un véritable iceberg. Il est intéressant de noter que plusieurs crevasses rayonnaient du monticule vers la plaine. »

L'autre origine de grands blocs de glace, mentionnée ci-dessus, ne peut inspirer aucun doute.

Les photogravures de glaciers côtiers annexées à ce mémoire montrent en effet toute une série d'exemples de crevasses curvilignes (2) qui, en certains endroits, détachent de grandes écailles du front du glacier.

Pendant notre court séjour dans le détroit, nous n'avons pas vu culbuter de ces blocs ; néanmoins, d'après les photographies, on peut se rendre compte de l'instabilité de leur position : il est visible qu'ils doivent s'écrouler pour peu que la poussée continue.

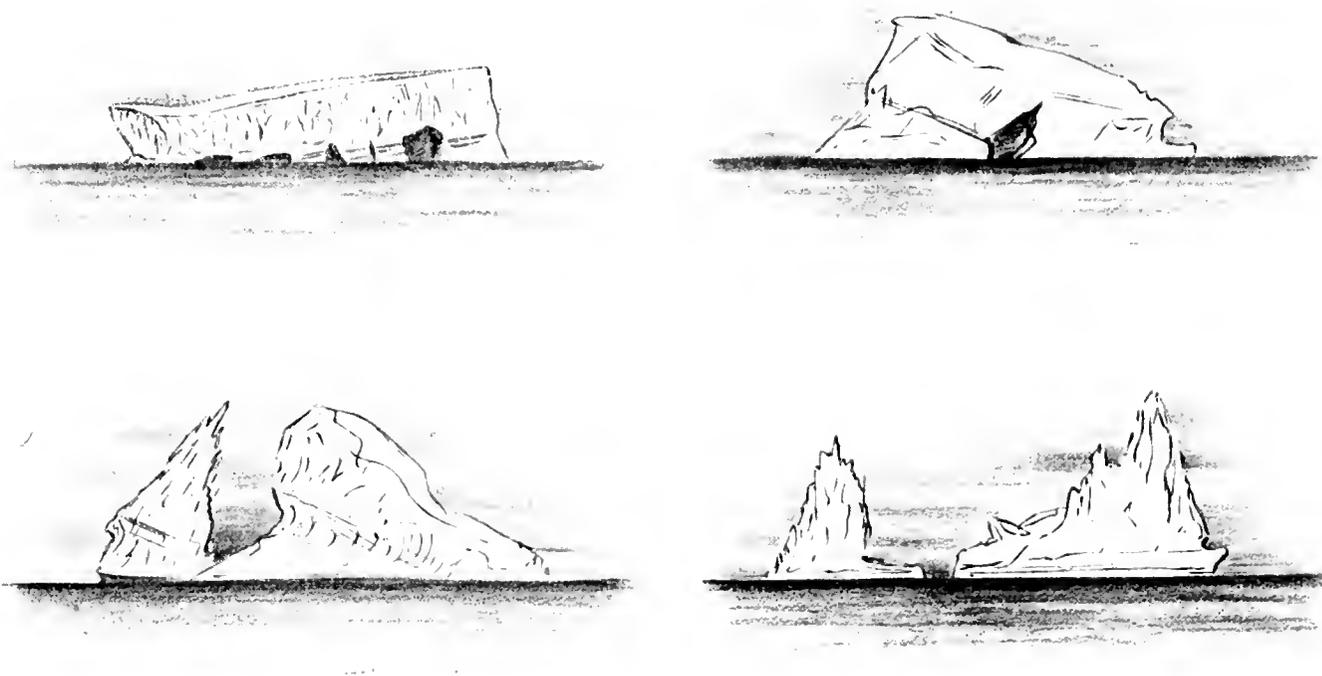
On a beaucoup discuté le mode de formation des icebergs provenant des glaciers encaissés débouchant dans des fiords, tels que ceux du Groenland (3).

(1) *Geographical Journal*, vol. XXVI (1905), p. 501.

(2) Notamment pl. V, fig. 1 ; pl. VI, fig. 4 ; pl. VII, fig. 1 ; pl. VIII, fig. 1.

(3) Voyez JAMES GEIKIE, *The great ice age*, 3^e edit., p. 48, et VON DRYGALSKI, *Groenland-Expedition*, Bd I, pp. 387 et suivantes.

Dans la baie des Flandres, des icebergs tabulaires semblent se détacher doucement et tranquillement du front de glaciers qui, à leur terminaison, n'offrent que des pentes très faibles et sont couverts de champs de névé continus. Là j'ai pu voir, en effet, un iceberg tabulaire tout près de l'endroit d'où il s'était détaché. La cassure était nettement marquée, comme si elle avait été produite, dans le névé, par un simple effort de traction de la masse de glace de l'iceberg. C'est probablement sous l'action de la marée qui, tour à tour, tend à soulever et à abaisser la masse de glace qui flotte, qu'une crevasse finit par se former, toujours au même endroit, aussitôt que la portion du fleuve de glace qui s'est avancée au delà de l'endroit jusqu'où elle peut encore reposer sur le sol, est suffisamment considérable pour que la force d'action de la marée soit supérieure à la résistance à la rupture de la plaque de glace. Les dimensions linéaires des icebergs tabulaires doivent donc dépendre des conditions topographiques et bathymétriques des lieux d'origine. Toutes choses égales, et dans l'hypothèse d'une rigidité parfaite, les tables de glace seront d'autant plus grandes qu'elles seront plus épaisses, et là où les icebergs se détachent de murailles de glace continues, elles auront tendance à être beaucoup plus larges que longues. Mais ce ne sera que rarement le cas pour des glaciers s'écoulant dans des vallées.



Dans la région explorée par la *BELGICA*, ces glaciers des vallées ne produisent même pas toujours des icebergs tabulaires, qui forcément comprennent toute l'épaisseur de la couche du glacier. Ainsi, dans la baie Buls, nous avons vu un bloc se détacher du front du glacier et tomber avec fracas dans l'eau. Les glaciers qui ont une forte pente près de leur terminaison, et qui sont tourmentés de crevasses, donneront lieu à la formation de petits icebergs ou à des blocs se détachant tour à tour de la partie submergée et de la partie du front du glacier qui émerge, au-dessus du niveau de la mer, sous forme de muraille. Ce sont là des modes de formation que *VON DRYGALSKI* a appelés de deuxième et de troisième ordre.

Les photogravures et les dessins des planches annexées à ce mémoire montrent que les icebergs tabulaires présentent des aspects variés et que, en outre, il est aisé de trouver tous les stades intermédiaires entre des tables tout à fait régulièrement formées et des icebergs aux contours déchiquetés à l'extrême. Il me semble que la grande majorité des icebergs aux formes sauvages ne sont autre chose que de vieux icebergs tabulaires qui, sous l'action destructive des vagues et du rayonnement solaire, se sont transformés graduellement en véritables ruines de glace.

Les dessins ci-contre, qui représentent quelques-unes des formes des nombreux icebergs que nous avons vus à la date du 13 février 1898, dans le voisinage des îles Biscoë, permettent de bien se rendre compte comment une table de glace des plus régulières — telle que celle figurée planche XV, fig. 3-4 — peut, avec le temps, se transformer en un bloc de glace aussi déchiqueté que l'était celui représenté par le dessin ci-après.

Quelques particularités des formes des icebergs sont caractéristiques.

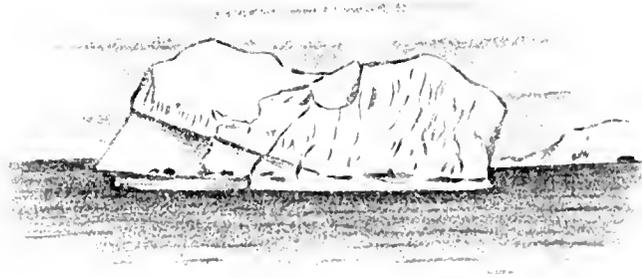
La vague ronge le mur de glace à sa base et y creuse une échancrure longitudinale, généralement bien nette. Aux endroits où la glace est fendue, les vagues s'engouffrent et élargissent la fissure. Des grottes se forment de la sorte; elles sont parfois profondes et, lorsque leur toit vient à s'écrouler, une anse dans le mur de glace en marque l'ancien emplacement. D'autres fois l'iceberg est complètement percé et prend l'aspect d'un arc de triomphe.



Le dessin ci-contre est celui d'un bloc de glace qui passa tout près de la BELGICA, dans la soirée du 27 janvier.

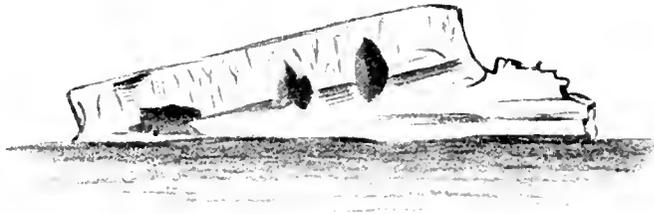
Grâce à la transparence de l'eau, j'ai pu observer la forme de la portion submergée. L'échancrure qui s'est formée, suivant tout le pourtour, à la ligne de flottaison montre que — du moins dans les eaux du détroit de Gerlache — la portion submergée se dissout moins rapidement que la portion qui émerge ne fond. Aussi, souvent, des échancrures correspondant à d'anciens niveaux de flottaison, se trouvent superposées.

Lorsque l'iceberg vient à toucher fond, s'il entre en collision avec un autre iceberg, ou si pour d'autres raisons encore, une partie de sa masse vient à se détacher, il prend forcément une nouvelle position d'équilibre. Dans ces conditions, l'ancien niveau de flottaison sera coupé par le nouveau. Les dessins ci-après fournissent des exemples d'icebergs de ce genre rencontrés dans la baie de Hughes, le 24 janvier.



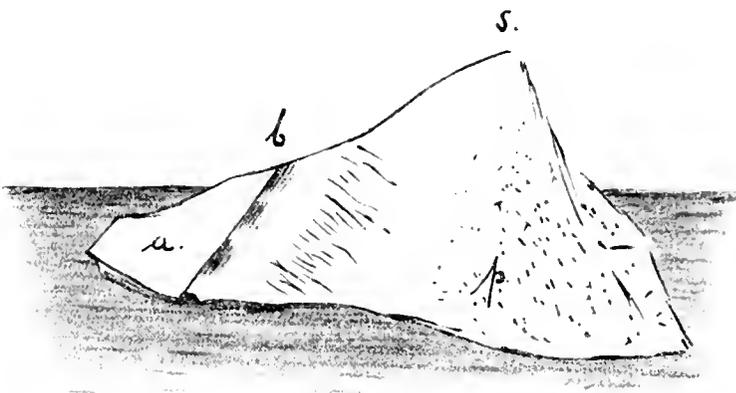
Voici du reste une note relative aux icebergs que j'ai vus ce jour-là :

« Plus d'un des nombreux icebergs rencontrés avait des dimensions très respectables. Ils sont légèrement bleuâtres, mais c'est seulement dans les fentes et dans les trous que le bleu est prononcé. C'est la couleur de l'échelle de FOREL : du n° 2 ou 3. Pour avoir la teinte de ces icebergs, il m'a suffi de prendre une couche très mince du n° 2 vue sur fond blanc. Dans les grottes, l'intensité du bleu est celle d'un tube de 1 cm. de diamètre. L'intensité de coloration dépend très fortement de l'intensité de l'éclairage. Aussitôt que le soleil apparaît, les contours de l'iceberg ainsi que toutes les lignes du dessin semblent être tracés en bleu, — même sur fond gris et par une mer tout à fait obscure. Pourtant, les figures des Rapports du CHALLENGER ne rendent pas encore bien les choses.



» Ce n'est qu'à quelques reprises que j'ai pu voir la stratification de la glace. Sans aucun doute la lumière diffuse n'est pas favorable pour faire apparaître l'alternance des bandes blanches et bleues ; mais, par contre, dans les parties supérieures des murailles de glace, la stratification du névé se voyait fréquemment.

» Au niveau de flottaison, chaque iceberg est creusé tout autour. La houle amène la vague qui monte contre la muraille de glace, puis vient la dépression et l'eau s'écoule. Chaque vague ronge la glace en la dissolvant. La surface de l'entaille qui est au-dessus du niveau de l'eau est lisse, tandis que celle qui n'apparaît que lorsque la vague descend est cannelée dans le sens vertical.



» Un iceberg que nous avons côtoyé m'a fourni quelques renseignements sur l'aspect de la surface de la glace sous le niveau de l'eau. La ligne de creusement *b* était fortement redressée, *a* étant visiblement la partie qui émergeait auparavant. A 2 m. à droite de *b*, il y avait des cannelures ayant jusque 3 m. de long. Toute la partie *f* était couverte de creux dont les dimensions allaient en augmentant vers la partie extrême, où ces pores attei-

gnaient 2 m. de diamètre. Au sommet *s*, il n'y avait pas de neige, toute la portion à droite étant arrondie et lisse.

» J'ai pêché de la glace. Dans les petits fragments recueillis, j'ai remarqué de nombreuses bulles d'air, et puis, ce qui m'a surtout frappé, j'ai revu en petit ce que l'iceberg m'avait montré en grand. Cette glace parfaitement hyaline (et où le grain glaciaire n'était pas apparent) avait une surface ondulée, tout comme si des esquilles de glace lui avaient été enlevées. C'était une

surface semblable à celle d'un silex taillé. Il me paraît donc probable que l'eau de mer, en dissolvant la glace, la rongé. »

Les photographies reproduites planche XIII (et surtout celle au-dessus, à gauche) permettent de bien se rendre compte des particularités que je viens de décrire.

On a beaucoup écrit au sujet de la différence qui existe entre les icebergs du Nord et ceux de l'hémisphère austral.

Ce qui précède pourrait suffire pour montrer comment, dans les régions antarctiques, des icebergs du type arctique dérivent de la forme tabulaire. Mais les icebergs tabulaires ne se trouvent pas uniquement au pôle Sud. Dans les régions nord-américaines les plus septentrionales on en rencontre également, et là ces icebergs sont très fréquents, comme NARES, d'une part, et GREELY, d'autre part, l'ont démontré à l'évidence.

GREELY a du reste fait la remarque que d'après les descriptions et les dessins d'icebergs antarctiques donnés par MOSELEY, dans son livre *Notes of a Naturalist*, il ne peut y avoir aucun doute au sujet de l'identité des icebergs « paléocristiques » du Nord et des icebergs tabulaires du Sud (1).

D'ailleurs GREELY décrit comme suit les icebergs tabulaires du Nord ainsi que leur mode de formation (2) :

« The floeberg or palaeocristic iceberg is distinguished by its tabular form, great uniformity of height, rectangular shape, nearly flat surface, perpendicular cliffs, and especially » from its laminated structure.

» Whenever a palaeocristic iceberg is seen in the far north, before its face has suffered » much from the melting action of the sun, a close observer notes that it presents along its front » a series of faint blue lines, separated by interspaces of opaque white. These lines show a » stratification due to yearly accumulations of snow upon a nearly level surface, which are » transformed gradually into ice, and each line also represents the limit of the accumulation » of a single year. In a similar manner are formed the glaciers of the Alps and Greenland ; but » these latter ice-sheets are torn, distorted, and re-formed a thousand times in their descent » down rapid slopes and through confining valleys of greater or less width. Floebergs, then, » are parts of great ice-sheets which, formed from successive snowfalls over a land area of no » great elevation and very gentle gradients, flow downward from its highest level in the direction » of least resistance. The slope being gentle, the ice moving gradually seaward, with its structure unchanged and its stratification unbroken, passes slowly into the ocean, whence eventually » its buoyancy causes it to rise and disrupt in a vast mass from the main sheet. »

Stratification et bandes bleues

Les icebergs tabulaires des régions antarctiques ne sont cependant pas tous pareils. Il suffit en effet de regarder les photographies 1-2, 3-4 de la planche XV, et 2 de la planche XIV, pour constater que les murailles de glace qui émergent au-dessus de la surface de la mer peuvent présenter des aspects très différents. Parfois ces murailles sont formées de bandes bleues et blanches relativement épaisses, superposées horizontalement et d'une façon parfaitement régulier.

(1) *Three years of arctic service*, vol. II, p. 47.

(2) *Mc Clure's Magazine*, May 1893, p. 36.

lière, tandis que d'autres fois, au contraire, ce sont de vraies couches de névés superficiels que nous voyons. Malheureusement, la stratification n'est que rarement bien visible : il faut des conditions d'éclairage favorables.

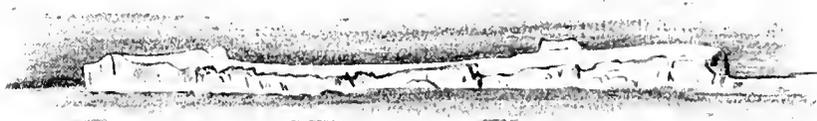
Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner de plus près les différentes strates de névé et de glace d'une falaise terminant un glacier côtier. Mais les photographies que j'ai faites de l'une de ces falaises montrent admirablement la stratification (pl. VII). Or, tandis qu'en maints endroits nous avons pu voir cette même stratification, caractéristique des champs de névé, je ne saurais citer aucun exemple d'un mur de glace d'un glacier présentant l'alternance des bandes bleues et blanches des icebergs.

Deux faits sont pourtant certains : c'est que, tout d'abord, on observe parfois les bandes à la base des falaises des icebergs tandis que les parties supérieures de ces mêmes falaises montrent des névés stratifiés, et que, ensuite, les bandes bleues et blanches des icebergs antarctiques sont l'analogue des formations de même genre des glaciers alpestres. HANS HESS, RICHTER, REID et d'autres ont montré la connexion qui existe, dans les glaciers des Alpes, entre les bandes bleues et les strates des névés (1). Mais, si l'on peut au besoin admettre que les strates, auparavant largement étalées dans les champs de névé, subissant une forte *compression latérale* en descendant dans une vallée encaissée, peuvent augmenter d'épaisseur, et que c'est de la sorte qu'il faut comprendre la formation des bandes bleues et s'expliquer leur épaisseur relativement beaucoup plus grande que celle des strates de névé. — pareille explication ne peut plus être invoquée dans le cas des glaces de calottes glaciaires ou de celles des glaciers plats des régions antarctiques.

Il est vrai qu'il n'est nullement prouvé que les icebergs formés de bandes bleues et blanches proviennent de ce genre de glaciers. Il est vrai aussi que dans le cas de l'iceberg dont la photographie est reproduite planche XIV nous pouvons avoir affaire à un bloc qui s'est complètement renversé, de telle sorte la portion qui se trouvait tout à la base dans le glacier, se trouverait au-dessus dans l'iceberg (2). Et enfin, même dans le cas d'une superposition de strates de névé sur des strates de bandes bleues et blanches on peut imaginer que ces dernières

proviennent des névés d'un cirque ou de l'inlandsis et qu'elles ont été recouvertes par les strates de névé pendant la descente dans une vallée.

Au cours de l'hivernage de la BELGICA dans le pack, le 7 mars 1899, j'ai pu examiner



(1) HANS HESS, *Die Gletscher*, p. 174.

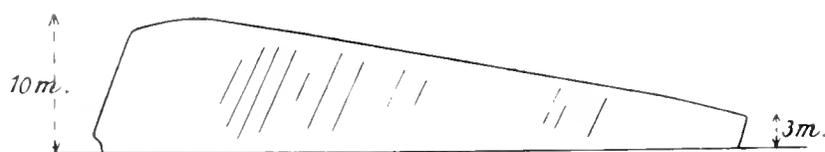
(2) A la date du 19 février 1898 j'ai noté ce qui suit :

« A 6^h du soir nous sommes passés à côté d'un très grand iceberg, un vrai type d'iceberg antarctique. Une cassure fraîche montrait très nettement la stratification sur toute la hauteur. C'était de la glace compacte cette fois et la nature des bandes horizontales me parut être tout à fait différente de la stratification observée jusqu'à présent. Ici on voyait une succession de bandes bleues et blanches alternant et d'une régularité remarquable. L'épaisseur de ces couches n'allait nullement en diminuant vers le bas (pas de tassement comme c'est le cas dans les champs de névé). En général les couches blanches étaient moins épaisses, mais l'épaisseur de ces bandes variait irrégulièrement entre 2 m. d'épaisseur (l'une des bandes bleues) et 50 cm. environ. La hauteur de la muraille de glace était certainement plus grande que celle de la muraille de la BELGICA.

de près la stratification de la glace d'un petit iceberg qui dérivait à environ 3 kilomètres au N. du bateau. Voici la note résumant mes observations :

« Le ciel étant couvert et la lumière diffuse, je ne pus me rendre compte des dimensions réelles de l'iceberg tabulaire qu'en l'approchant de tout près. A une petite distance, j'avais encore l'impression d'un iceberg très respectable ; puis, le ciel s'étant dégagé un instant, j'ai pu constater que l'iceberg était tout petit, car sa falaise la plus élevée n'avait qu'une hauteur de 10 à 12 m. Il est plus long que large. Du bateau, nous le voyons suivant sa longueur. Cette falaise principale a au moins 100 m. de long. Avec l'éclairage que nous avons, le bleu est à peine marqué. D'ailleurs, au-dessus il y a beaucoup de neige qui séjourne, et sur les parois, à cassure vitreuse, qui forment les falaises, il y a également de la neige collée contre la glace. Je vais examiner la falaise latérale à droite. La houle est faible, car la glace de mer ne monte et ne descend que de 30 à 40 cm., et comme il n'y a que peu de mouvement dans les glaces, je puis aller tout contre l'iceberg sans courir le moindre danger. L'inclinaison des strates est manifeste. La figure ci-dessous montre comment elles sont disposées.

» Ces strates ne sont pas régulières. Ce ne sont pas des bandes de glace bleue alternant avec des strates de névé. Tout est de la glace. Je prends deux échantillons pour les examiner à bord : c'est



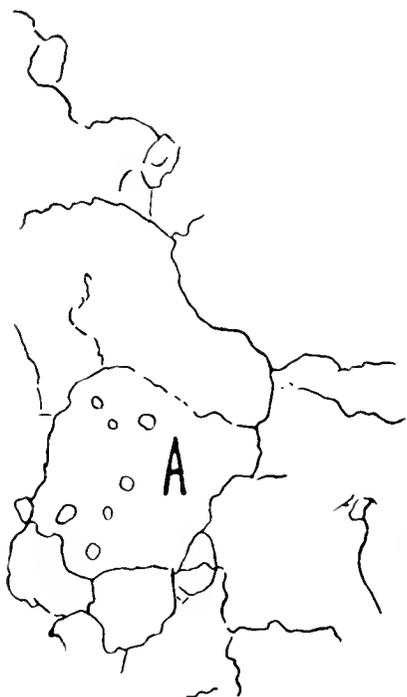
de la glace à grain glaciaire. Les grains sont relativement petits. Mais ce qui caractérise cette glace, ce sont les bulles d'air intercalées. Là où la glace est blanche, il y a une quantité énorme de bulles d'air, peut-être jusqu'au 1/5 du volume. Ces bulles ont des formes très variables ; elles sont fréquemment étirées et parfois plusieurs bulles sont associées en forme de bâtonnets. Les bulles d'air sont distribuées assez régulièrement. Grosseur de 2 à 5 mm. de diamètre en moyenne. Suivant le sens de la stratification, il y a des alignements de bulles d'air et aussi des taches allongées de glace hyaline dépourvue complètement d'air. Vues de près, les bandes bleues ne se distinguent plus des bandes blanches. Les bandes bleues renferment également des bulles et le passage à la glace d'apparence blanche est graduel. Vue dans son ensemble, la falaise montre une série de strates sensiblement parallèles — imparfaitement planes — d'épaisseur très inégale et avec prépondérance de strates bleues (je me trouve dans l'ombre, le soleil étant de l'autre côté) ; en outre, les strates blanches montrent également des intercalations de fines bandes bleues, lenticulaires. Je vois des bandes blanches étirées et aussi une lentille blanche dans une belle bande bleue de 60 cm. d'épaisseur, et là où ce ruban blanc est intercalé, l'épaisseur de la bande semble augmentée d'une quantité égale à l'épaisseur du ruban. L'aspect général est celui de fibres plutôt que celui de strates.

» Cette apparence rubanée de la glace de l'iceberg est due à ce fait bien simple qu'il existe une série alternante de glace transparente et de glace peu transparente. Là où il y a de nombreuses bulles d'air, la lumière ne peut évidemment pénétrer.

» En arrière, l'iceberg n'émerge au-dessus du niveau de l'eau que de 2 à 3 m. Il me paraît donc évident que cet iceberg est taillé en forme de coin.

» De l'autre côté, la structure rubanée est également très bien visible et comme inclinaison il y a correspondance parfaite avec les strates précédentes. Il est à remarquer que vers la falaise basse (c'est-à-dire dans la partie qui, dans le glacier, a dû se trouver en bas), la stratifica-

tion est beaucoup plus régulière, et il me semble que là les strates sont légèrement courbées. Ce côté étant directement éclairé, toute la glace est teintée de bleu. Tous les 75 cm. environ il y a des bandes bleues s'estompant de part et d'autre vers le blanchâtre des bandes blanches intercalées. Plus loin vers la droite, c'est-à-dire vers la haute falaise, les traits bleus sont moins régulièrement disposés et il y en a de minces très accentués. Ainsi je remarque un faisceau d'une dizaine de rubans minces, puis une couche blanche et puis un banc bleu plus épais. »



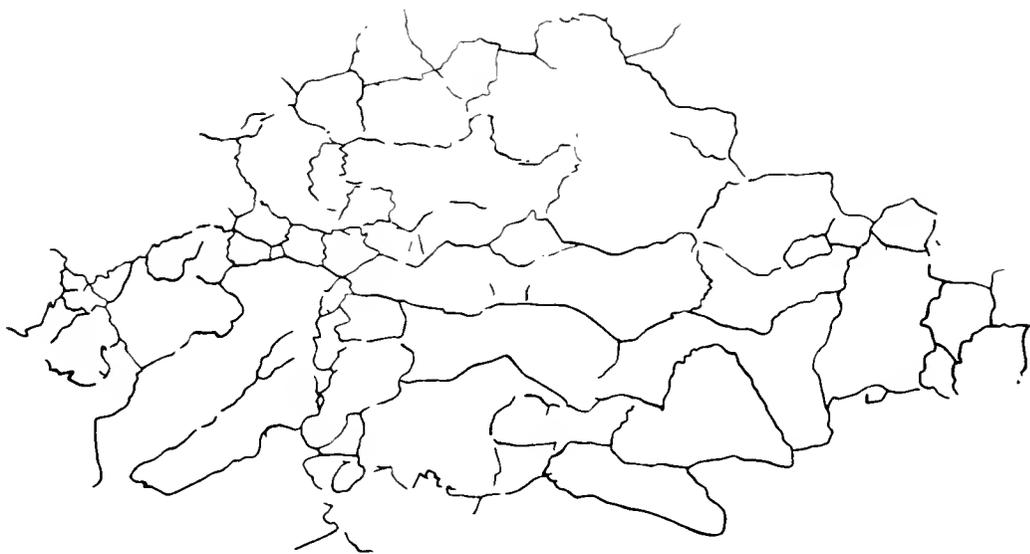
Après exposition au rayonnement solaire des fragments de glace rapportés à bord, le grain glaciaire est apparu très distinctement. Les figures ci-dessous ont été obtenues en apposant du papier à calquer sur la surface de la glace. Je n'ai indiqué la disposition des bulles d'air que dans le grain A qui était l'un des plus grands. Les cannelures entre les grains n'étaient que peu marquées. Il y avait prédominance de grains aplatis.

Pour connaître les conditions des glaces des glaciers antarctiques, il faudrait un grand nombre d'observations de ce genre.

La conclusion que j'ai déduite de ce qu'il m'a été donné de voir est que la structure rubanée ne peut être due qu'au tassement du névé et à la *pression verticale* des couches superposées. Il y a lieu de signaler l'énorme quantité des bulles d'air et

le fait que les bandes blanches ne se distinguent des bandes bleues que par la proportion beaucoup plus grande de bulles qu'elles renferment.

Si telle est vraiment la seule différence entre la glace des bandes bleues et des bandes blanches, on sera tout naturellement porté à admettre que cette différence, et par conséquent la formation des bandes, est due à l'influence du jeu des saisons. Mais comment expliquer, dans cette hypothèse, les bandes en



forme de fuseau (1), ou encore le fait que les bandes bleues ne s'observent pas dans les strates

(1) Près du cap Anna, j'ai vu un glaçon flottant avec bandes bleues en forme de coins enchâssés dans la glace blanche.

supérieures, dans celles du névé même ? Et pourquoi y aurait-il alors, dans certains cas, des successions de couches vraiment fort épaisses, si on les compare à d'autres stratifications ?

A ces quelques remarques j'ajouterai que si les icebergs antarctiques renferment toujours des quantités aussi considérables de bulles d'air que celui que j'ai examiné, il est certain que les conclusions numériques que certains auteurs ont formulées au sujet de l'énorme épaisseur de ces plaques de glace, doivent être considérées comme fautives.

Glacé et roche

Pendant notre exploration des terres antarctiques, j'ai fait sans cesse attention à la présence de moraines actuelles et je n'en ai pas vu une seule.

Il me semble donc certain que dans la région du détroit de Gerlache les glaciers sont entièrement dépourvus de moraines de surface.

Rien d'étonnant à cela : partout on ne voit que champs de névé sur lesquels la neige ne cesse de s'accumuler. Des blocs de roche ne pourraient cheminer à la surface des glaciers sans être bientôt complètement masqués par les nouveaux apports de neige.

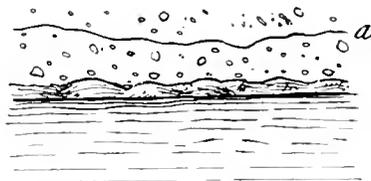
Mais à l'intérieur de la masse des glaciers, le transport de matériaux morainiques doit être très important.

Là où les glaciers contournent ou embrassent un obstacle, tel qu'un nunatak, des blocs s'engouffrant dans la neige doivent donner lieu à la formation de véritables moraines internes ; tandis qu'ailleurs, des blocs qui se détachent des parois rocheuses bordant les champs de névé, doivent être entraînés par la glace de base et servir d'apport à la moraine de fond.

Ces moraines de fond ne forment évidemment pas des accumulations locales de cailloux, de gravier et d'argile, en dessous de la glace ; au contraire, les matériaux de la moraine de fond sont de toute probabilité toujours cimentés dans la glace et disséminés dans la couche tout à fait inférieure et en contact avec la roche du lit du glacier.

Voici à ce propos une observation intéressante faite dans les parages du XVIII^e débarquement :

« A la base d'une falaise de glace, à 1 ou 2 mètres au-dessus de la roche, je vois un trait jaune, fin, très continu et nettement marqué, sensiblement horizontal par places ; de nombreux cailloux en dessous, disséminés au hasard, et légère coloration jaune de la glace. Au-dessus de cette ligne (*a* sur la figure ci-contre), également quelques pierres allant en diminuant rapidement en nombre



vers le haut. Remarqué pareil fait à trois reprises différentes quand le bateau passait très près de la côte. » Du reste, il est certain que la glace peut contenir parfois des quantités considérables de gravier sans qu'on s'en aperçoive à distance. C'est ainsi que le 29 janvier 1898 nous sommes descendus sur deux petits icebergs pour embarquer de la glace à bord. Or, je n'aurais certainement pas remarqué que cette glace renfermait une quantité assez notable de gravier si ce gravier, qui paraissait être disséminé dans toute la masse du bloc, ne s'était pas accumulé à la surface dans de petites poches. Ces pochettes étaient évidemment dues au fait que les petits cailloux sombres s'échauffaient sous l'influence du rayonnement solaire et favorisaient ainsi la fusion de la glace.

DARWIN a rendu compte de l'observation d'un iceberg, rencontré en 1839, par 61° de

lat. S., et qui renfermait une masse angulaire de roche, dont la partie visible avait 3 m. 60 environ de haut sur 1 m. 50 à 1 m. 80 de large (1).

LYELL, qui cite cette observation (2), ajoute la remarque intéressante que lors de son voyage antarctique « Sir JAMES ROSS vit une multitude de ces champs de glace transportant » dans les hautes latitudes méridionales des pierres et des roches de diverses grosseurs, ainsi » que du limon gelé. Son compagnon, le docteur J. HOOKER, m'informe qu'il en vint à conclure » que la majeure partie de ces glaces flottantes renferment des pierres dans leur sein, quoiqu'on » ne puisse ordinairement les voir, à cause de la neige qui les recouvre. »

Pendant l'hivernage du GAUSS, VON DRYGALSKI a fait des observations intéressantes sur les roches erratiques des icebergs (3) et il dit même qu'il est probable que tous les icebergs antarctiques transportent des matériaux morainiques en plus ou moins grande quantité (4).

Une ancienne observation de WEDDELL mérite d'être citée (5) : « At daylight in the morning the chief mate reported land within sight, in the shape of a sugar loaf ; as soon as I saw » it I believed it to be a rock, and fully expected to find *terra firma* a short distance to the » southward. It was 2 o'clock in the afternoon before we reached it ; and not till then, when » passing within 300 yards, could we satisfy ourselves that it was not land, but black ice. We » found an island of clear ice lying close, and detached above water, though connected below, » which made a contrast of colour that had favoured or rather completed the deception. In » short, its north side was so thickly incorporated with black earth, that hardly any person at » a distance would have hesitated to pronounce it a rock. »

A bord de la BELGICA, nous avons eu, à la date du 19 février 1898, la même illusion d'optique et nous avons fait la même constatation que WEDDELL. Je transcris ici ce que j'ai noté :

« Un autre iceberg avait la forme d'une île volcanique. Quand l'atmosphère est brumeuse, le manque de perspective trompe. Cet iceberg, qui me paraissait être très éloigné et immense, présentait l'aspect d'une terre montagneuse, avec des champs de neige élevés et une falaise rocheuse légèrement recouverte de neige. Dans les jumelles, on voyait la même apparence de terre, de sorte que le commandant permit de gouverner suivant la direction de l'iceberg pour le voir de plus près. En quelques minutes nous étions à côté de cet iceberg, qui, à mon grand étonnement, était tout petit. Un canot fut mis à la mer, ce qui me permit de m'assurer que les rainures verticales dont le flanc de l'iceberg était couvert, étaient salies par de l'argile et remplies de traînées de petites pierres. »

Le dessin ci-après représente l'iceberg vu de près.

Il est aisément compréhensible que les icebergs doivent charrier des quantités considérables de roches. Là où l'inlandsis se trouve largement étalé sur monts et vallées, la glace décape forcément tout ce qui fait saillie sur son passage et emporte les matériaux meubles et tous les blocs (quelque grands qu'ils soient) qui ne sont pas solidement ancrés dans la roche.

(1) *The Antarctic Manual for the use of the expedition of 1901*, p. 346.

(2) *Principes de Géologie*, traduct. française, nouv. édit., vol. I, p. 504.

(3) *Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde*, Heft 5, p. 133.

(4) Voyez également le mémoire de GEORG HARTMANN, *Der Einfluss des Treibeises auf die Bodengestalt der Polargebiete*, dans *Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig*, Bd I : Beiträge zur Geographie des festen Wassers, p. 248 notamment.

(5) *A voyage towards the South pole*, p. 31, London, 1827.

Or, combien souvent ne peut-on pas remarquer dans les carrières que les roches, dans les massifs les plus divers, sont fendues par d'innombrables cassures et par des joints d'origine dynamique. Là où l'inlandsis a dénudé le terrain, des roches moutonnées forment parfois des saillies importantes. Les joints y apparaissent le plus souvent très nettement. Mais comment ont été formés les creux qui se trouvent entre les dos des moutonnements ? Un examen plus attentif des fissures permettrait sans aucun doute de répondre à la question.

Dans la région parcourue par la BELGICA, je n'ai vu que peu de roches moutonnées à nu sur quelque étendue. Le plus souvent elles apparaissaient parfaitement polies.

Au XV^e débarquement, j'ai pu voir un phénomène qui doit ne se présenter que très rarement dans les régions antarctiques. C'est que, sous l'influence de l'intense rayonnement solaire des mois d'été, de grands éclats se détachent des roches polies. Ces feuilles sont parfois bombées ; elles ont généralement 1 à 2 cm. d'épaisseur et un diamètre de plusieurs décimètres.

Au Groenland, von DRYGALSKI a observé la même chose, mais en beaucoup plus grand (1).

Là où des rochers sont tout le temps exposés aux intempéries de l'air, la roche se débite en blocs anguleux aux parois souvent parfaitement planes.

Cette désagrégation des roches doit être attribuée principalement à la gelée. On a souvent décrit la puissance de la force d'expansion due à la congélation de l'eau. Les photogravures des planches II, III et IV permettent de bien se rendre compte de l'aspect des parois rocheuses, des nunataks et des ilots dépourvus de calottes de glace et qui, tout au moins en été, ne sont pas protégés par la neige.



Ce n'est qu'en de rares endroits — la photogravure 4 de la planche XI en fournit un exemple — que les blocs éboulés ne sont pas emportés par la glace.

Les traces de l'ancienne extension des glaciers

Dans un passé géologique tout à fait récent, les glaciers des terres antarctiques visitées par l'Expédition devaient se présenter sous un aspect très différent de celui d'aujourd'hui.

A priori il est sans aucun doute probable que les glaciers antarctiques, de même que ceux des autres régions du globe, subissent des variations de courte période, ainsi que des variations séculaires plus importantes.

Il est inconcevable cependant que les faits que j'ai observés au cours de nos explorations se rapportent à des variations de ce genre. C'est donc sans la moindre hésitation que j'admets que les quelques vestiges de grande extension des glaciers, sur lesquels je désire insister à présent, doivent leur origine à l'époque glaciaire.

(1) *Groenland-Expédition*, Bd I, p. 34.

Les roches erratiques recueillies proviennent des débarquements n^{os} III, V, VI, IX, XI, XIV, XVII et XVIII.

Les trois premiers des débarquements mentionnés ont été effectués dans la région de l'Inlet de Hughes. L'erratique que nous avons pu y voir ne constitue pas une preuve évidente de l'ancienne extension des glaciers, car dans chacun de ces endroits l'accumulation des blocs pourrait être attribuée aux glaces flottantes.

Il est compréhensible, en effet, que là où la glace peut, à certains moments de l'année, être vigoureusement poussée vers les rivages, sous l'influence des vents et des pressions, elle doit forcément labourer le sol des anses ou des baies dans lesquelles elle est chassée. Et c'est au travail de ces glaces que l'on pourrait attribuer la présence des blocs erratiques, rassemblés par places en grande quantité, jusqu'à fleur d'eau ou même jusqu'au-dessus du niveau de la mer.

Voici d'ailleurs ce que j'ai inscrit dans mon journal au sujet de notre III^e débarquement, qui s'est opéré dans une anse de l'île Harry, sur la rive méridionale du chenal qui mène dans la baie Bouquet de la Gruye :

« Vers minuit, l'officier de quart aperçut un fragment de glace qui, même de très près, avait l'aspect d'un morceau de bois. Un canot ayant été mis à la mer, j'ai pu constater que c'était de la glace toute criblée de cailloux et d'argile, et, l'embarcation étant près de la terre, nous avons ramé jusqu'au rivage qui était formé d'une accumulation de blocs erratiques. C'était une moraine de fond, je crois. Derrière la moraine il y avait de l'eau, puis une falaise de glace. Les cailloux étaient pour la plupart parfaitement arrondis ; ceux de grande taille prédominaient et il y avait aussi quelques gros blocs. Il faisait assez sombre ; néanmoins nous sommes parvenus à recueillir en hâte un grand nombre d'échantillons de roches différentes. » Sauf un bloc de schiste à structure cataclastique avec veinules de quartz ployées, les échantillons rapportés sont de la tonalite, qui prédomine, des andésites et d'autres roches éruptives des familles du basalte et du trachyte, ainsi que des brèches volcaniques.

Il ne faut pas perdre de vue que c'est dans la demi-obscurité de la nuit que ces roches ont été recueillies et que, si j'avais pu voir plus distinctement ce que j'emportais, la variété des roches ramassées aurait été plus grande. La quantité des échantillons de l'erratique du III^e débarquement n'en est pas moins trop considérable pour que la différence entre les roches qui s'y trouvent représentées et celles de l'erratique du V^e débarquement ne soit pas un fait intéressant à noter.

Les roches trouvées dans le fond de la petite baie de notre V^e débarquement, effectué près du cap Neyt à l'extrémité nord de l'île Liège, comprennent en effet des quartzites, notamment des quartzites avec linéaments gneissiques de mica, des micaschistes, des granites, des porphyres, des mélaphyres et puis également du basalte et de l'andésite.

A propos de l'erratique de ce V^e débarquement, la note ci-après se trouve dans mon journal de voyage : « Comment des roches si variées ont-elles pu s'accumuler là, c'est une question qui m'intrigue. Je ne pense pas qu'elles aient été amenées par des glaces flottantes. Il me semble qu'il n'y a que deux hypothèses à discuter au sujet de la provenance de ces roches erratiques. De deux choses l'une, ou bien c'est le glacier qui se dresse dans le fond de la baie qui a amené ces débris, ou bien ils remontent aux temps où le régime des glaciers était très différent du régime actuel. La première hypothèse me paraît invraisemblable, car les cailloux sont usés et doivent par conséquent provenir de loin. Mais ce fait ne peut servir d'argument car les vagues et les glaces ont pu exercer leur action. D'un autre côté, le relief du

terrain s'oppose à la formation d'un glacier important en cet endroit. La crête des monts Brugmann suit de très près la côte de l'île Liège, de sorte que ce versant de montagnes est très escarpé. Seules les parties basses des flancs de la chaîne sont couvertes de glaciers. Ce sont des glaciers côtiers devant se mouvoir directement vers la mer. La glace qui débouche dans la baie du V^e débarquement ne peut donc provenir de bien loin et les matériaux qu'elle apporte doivent être ceux dont se compose la montagne. Mais il y a là, dans cette moraine, une variété de roches trop grande pour qu'elles puissent toutes appartenir aux montagnes voisines ; ces roches proviennent incontestablement d'endroits très différents, disséminés sur une région étendue. Cet erratique a donc dû faire partie d'une ancienne moraine latérale d'un immense glacier qui aurait comblé la grande baie de Hughes. »

Il est vraiment intéressant de faire remarquer qu'en face de l'île Liège, dans la baie Brialmont, l'Expédition antarctique suédoise a fait la découverte de traces de la grande extension des glaciers qui paraissent être tellement évidentes qu'un observateur aussi habile que GUNNAR ANDERSSON n'a pas hésité à dire que ce qu'il avait vu était plus convaincant que mes découvertes de moraines anciennes, sur lesquelles j'insisterai plus longuement dans la suite.

J. GUNNAR ANDERSSON dit en effet ce qui suit (1) :

« Eine mehr als 200 m. hohe, völlig eisfreie Felseninsel an dem Kap W. Spring der belgischen Karte zeigt bis an den Gipfel hinan schöne Spuren kräftiger Eisschürfung. Die Südwestseite der Insel ist abgerundet mit glatten Felswänden und Schürfungen, die nach NO. gerichtet sind, der nordöstliche Strand bildet dahingegen einen steilen Felsabhang, ohne jegliche Spur einer Abschleifung, eine typische « Leeseite ».

» Es ist daher anzunehmen, dass diese Insel einstmal von einer bewegungskräftigen Eismasse in der Richtung von SW. nach NO. überschritten wurde. Ein Blick auf die Karte lehrt, dass dieser Gletscher ein den ganzen Orléans-Kanal ausfüllender mächtiger Eisstrom gewesen sein muss. Eine genauere Vorstellung von seinem Umfang erhalten wir, wenn wir die Höhe der Insel, mindestens 200 m., zu der Tiefe, 620 m., hinzufügen, die wir nicht weit von der Insel im Kanal loteten. Hieraus geht hervor, dass der ehemalige Orléans-Eisstrom an gewissen Punkten einen Umfang von mehr als 800 m. hatte, wahrlich eine bedeutende Ausdehnung für einen jetzt gänzlich verschwundenen Gletscher. »

Avant de passer aux preuves plus immédiates de l'existence, pendant l'époque glaciaire, de ce grand glacier qui s'écoulait dans le détroit de Gerlache, preuves que je considère comme étant absolument indiscutables, je désire mentionner encore le troisième endroit de la région de l'Inlet de Hughes où j'ai pu trouver de l'erratique en assez grande abondance : c'est notre VI^e débarquement, celui fait sur l'île des Deux-Hummocks.

Si les roches erratiques, sur la présence desquelles j'insiste, provenaient de la fonte des icebergs, il n'y aurait aucune raison pour que l'erratique d'un endroit diffère de celui d'un autre endroit. Or, de fait, il en est ainsi. A l'île des Deux-Hummocks, j'ai ramassé du grès métamorphique à structure de micaschiste, des granites et du porphyre quartzifère. Donc : absence de tonalite, d'andésite, de basalte et de brèches volcaniques.

Cependant, si mes observations faites dans la région de l'Inlet de Hughes ne sont pas absolument concluantes, il n'en est pas de même de celles faites dans le détroit de Gerlache

(1) OTTO NORDENSKJÖLD, *Antarctic. Zwei Jahre in Schnee und Eis am Südpol*, Bd II, p. 217.

proprement dit. Ainsi, l'îlot Gaston, où s'est effectué notre VIII^e débarquement et qui est situé à environ 1 mille de la côte, est un gros dos de mouton, parfaitement poli à la surface. Il était presque complètement dépourvu de neige lors de notre visite.

En face de cet îlot, au cap Reclus, se dresse le long de la côte de la Terre Danco une très grande moraine, dont la direction est à peu de chose près NE.-SW., c'est-à-dire précisément la direction du détroit.

Là on est donc forcé d'admettre que le glacier qui a donné naissance à cette moraine devait s'écouler dans le détroit même, dont la profondeur sondée est de 625 m. N'étant pas descendu à terre, je ne sais évidemment rien au sujet de l'erratique de la moraine.

Mais, plus loin dans le détroit, les débarquements XVII et XVIII fournissent l'argument décisif.

Ainsi sur le rivage de l'îlot Bob, à l'extrémité nord de cette île, j'ai trouvé des parties de moraine, bien conservées, situées à plus de 25 m. au-dessus du niveau de la mer, hautes de 5 à 7 m. et adossées contre la pente du terrain. La direction de cette moraine est celle du chenal qui sépare l'îlot Bob de l'île Wiencke, c'est-à-dire celle du détroit. La moraine va en descendant très légèrement vers l'ouest. La roche en place des environs est la roche prédominante ; elle est en fragments fréquemment anguleux. Des blocs de schiste cristallin ployé sont souvent très grands et parfaitement polis, tandis que le granite est sous forme de cailloux ronds et provient donc sans aucun doute de loin.

Les autres roches recueillies sont : arkose recristallisée, schiste noduleux, brèche, phyllite à chloritoïde, micaschiste, granite laminé cataclastique, granite à gros grain, granite épidotisé, micropegmatite, tonalite, granulite, microgranulite, aplitite, épidosite, mélaphyre, porphyrite, tuf volcanique (un seul petit fragment).

Notre XVIII^e débarquement eut lieu dans l'île Bank, de l'autre côté du détroit, presque en face de l'île Bob. Là aussi j'ai trouvé une moraine d'au moins 20 m. de hauteur et ayant la même direction que le détroit. Cette moraine est adossée contre le flanc de la montagne qui présente l'aspect de roches moutonnées jusqu'en dessous du niveau de la mer. Ici encore la variété des roches erratiques est grande. Le granite, qui prédomine, est en fragments anguleux. Parmi les autres roches, la présence du porphyre quartzifère est à remarquer. C'est la roche qu'on trouve en place au cap Van Beneden (XI^e débarquement).

Il semble donc que, dans cette région, le grand glacier qui s'écoulait dans le canal allait vers le sud pour se joindre à celui qui descendait de la baie des Flandres, vers l'ouest (1). Notons encore la nature de l'erratique qui compose la moraine.

Les roches rapportées sont : schiste noir cristallin, phyllade, quartzite micacé, phyllite, micaschiste, granite, micropegmatite, granulite, aplitite, gabbro, tonalite, porphyrite, mélaphyre, porphyrite quartzifère.

Si les moraines des débarquements XVII et XVIII doivent être considérées comme étant des moraines latérales, il n'en est peut-être pas de même de la moraine « remarquable » qui se

(1) Si vraiment le glacier allait vers l'Océan Pacifique, par le passage situé entre le cap Renard et le cap Errera, la présence des roches d'origine sédimentaire, métamorphiques, et ayant le caractère de roches anciennes, trouvées surtout au XVII^e débarquement, est intéressante à rapprocher de la présence des roches sédimentaires trouvées en place aux débarquements XIII et VIII. L'extension de ces terrains semblerait être assez grande et se confiner précisément à la région médiane occupée par le détroit. La probabilité de l'existence d'un synclinal entre l'alignement des crêtes de l'archipel de Palmer et les montagnes de la Terre Danco est donc bien grande.

dresse en travers du chenal Errera. Non loin de là, au XI^e débarquement, M. Racovitz a également trouvé de l'erratique.

Je mentionnerai encore les accumulations de blocs que j'ai pu voir près des îles Moureaux, dans la baie des Flandres, mais dont je n'ai malheureusement pu rapporter d'échantillons géologiques. Ceci est d'autant plus regrettable que ces roches nous auraient fourni des indications sur la nature des massifs montagneux situés à l'intérieur de la péninsule, au delà de la zone granitique.

L'erratique nous démontre clairement la présence de terrains cristallophylliens, et il est très probable que nous aurions pu facilement recueillir aux îles Moureaux de précieux renseignements relativement à la localisation géographique de ces terrains. Car j'ai la conviction que la géologie des terres antarctiques ne pourra être étudiée d'une façon quelque peu détaillée qu'à l'aide des matériaux morainiques.

Ainsi j'ai encore trouvé de l'erratique en un autre endroit des côtes de la Terre Danco : c'est près du cap Anna, lors de notre IX^e débarquement. Et là, de nouveau, c'étaient différents granites, de la granulite, de la micropegmatite, du gabbro et un quartzite veiné à grain fin.

Aussi, d'après toutes ces données recueillies à l'île des Deux-Hummocks, à l'île Bank et au cap Anna enfin (débarquements VI, XVIII et IX), je n'hésite pas à admettre que les roches volcaniques trouvées à l'île Harry (III) et au pied des monts Brugmann (V) ne sauraient provenir de la Terre Danco.

D'autre part, il est fort peu probable que les roches erratiques du V^e et du III^e débarquement proviennent des Shetland méridionales, de sorte que l'on est forcé d'admettre la présence d'appareils volcaniques dans les massifs de l'archipel de Palmer.

L'erratique trouvé au XIV^e débarquement apporte la preuve de cette conclusion.

L'accumulation de blocs y était très grande, car jusqu'à une distance assez notable du rivage nous avons pu voir fort distinctement le fond de la mer et par places nous le touchions de nos rames. Partout c'étaient de grands cailloux et des blocs morainiques. La variété des roches trouvées à la côte est grande et la plupart d'entre elles sont totalement différentes de celles du XVIII^e débarquement. Nous avons en effet différents andésites, en abondance, des brèches et des tufs volcaniques et puis d'autres roches, granite, granulite, diabase, diorite quartzifère, syénite quartzifère et mélaphyre type.

Donc : absence de roches métamorphiques et cristallophylliennes et grande abondance de roches éruptives tout autres et plus récentes que celles qui se trouvent dans l'erratique de la Terre Danco.

La comparaison des roches des moraines complète par conséquent d'une manière fort heureuse la série des roches trouvées en place et nous démontre la succession, à travers les âges géologiques, et la continuité des phénomènes éruptifs dans la région explorée.

On doit évidemment se demander si les moraines découvertes appartiennent toutes au même stade de développement des glaciers et si elles correspondent à l'expansion maximale de l'inlandsis de la Terre Danco.

Mes observations sont insuffisantes pour me permettre de répondre avec quelque certitude à pareilles questions.

Les moraines des débarquements XVII et XVIII sont relativement très petites et se trouvent à proximité du niveau de la mer. Si ce niveau n'a pas varié depuis l'époque glaciaire, le glacier qui a déposé ces moraines devait donc être un immense glacier plat, largement étalé

dans le détroit et dont la surface ne s'élevait qu'à quelques dizaines de mètres au dessus de la surface de la mer.

En admettant que le détroit n'ait que 400 à 500 m. de profondeur à l'endroit compris entre les débarquements XVII et XVIII, on est porté à croire que le glacier qui a déposé les moraines de ces deux débarquements ne remplissait pas la vallée jusqu'au fond, mais qu'il flottait. On est donc en droit de supposer que les moraines des débarquements XVII et XVIII ont été formées alors que le glacier se retirait et n'atteignait plus que ces parages.

Même pendant les stades de retrait, lorsque ce glacier se terminait dans le détroit, il ne peut avoir abandonné des moraines frontales continues, en forme d'amphithéâtre. Les murailles terminales devaient, en effet, donner lieu à une formation continue d'icebergs. Ce n'est donc qu'en de rares endroits, tout particulièrement favorisés, là où des icebergs ne pouvaient prendre naissance, que l'apport de roches erratiques a pu s'accumuler et s'être préservé. Les îles Moureaux peuvent servir d'exemple. L'erratique a pu s'amasser entre ces îlots aussitôt que le glacier de la baie des Flandres ne s'écoula plus par dessus ce seuil, lorsqu'il s'arrêta là, car les icebergs ne pouvaient se former, d'abord, que de part et d'autre des îlots et devaient les contourner ensuite, comme ils le font encore maintenant.

L'erratique des îles Moureaux doit donc être de date plus récente que celui des moraines du XVII^e et du XVIII^e débarquement, et, pour la même raison, l'erratique de ces moraines est probablement aussi moins ancien que ne l'est celui de la région de l'Inlet de Hughes. Car les fleuves de glace actuels n'ont pas de moraines latérales apparentes et celles dont l'origine doit être attribuée aux grands glaciers quaternaires n'indiquent que des stades de retrait.

L'érosion glaciaire

La question de l'érosion des glaciers est l'une de celles qui ont le plus préoccupé les géologues et les géographes, et jusqu'à ce jour les avis sur le pouvoir d'érosion des fleuves de glace sont très différents.

L'un des facteurs principaux entrant en ligne de compte est généralement par trop négligé : nous voulons dire le temps. Et cependant, la durée de l'époque glaciaire — ou des époques glaciaires (1) — a dû être notablement plus grande que la succession des dizaines de milliers d'années qui se sont écoulées depuis. Si nous prenons en considération le travail énorme que les eaux courantes ont pu effectuer, en certains endroits, après la disparition des calottes

(1) Il semble que dans les régions des centres de glaciation, l'inlandsis s'est maintenu pendant toute la durée de l'époque glaciaire. « Für Schweden wurde gezeigt, dass dort die Eiszeit eine einheitliche, nicht von Interglacialzeiten unterbrochene Erscheinung war. » « ...So wird man zu dem Schlusse gedrängt, dass auch für das südliche Gebiet des nordeuropäischen Vereisung das ganze Diluvium (Quartär) als eine einheitliche, nur von Oscillationen unterbrochene Folge zu betrachten ist... » E. GEINITZ, *Die Einheitlichkeit der quartären Eiszeit*. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. Palaeontologie, Beilage-Band XVI, pp. 2, 3.

de glace quaternaires ⁽¹⁾, ainsi que la durée du temps que ce travail a nécessité ⁽²⁾, nous sommes forcés d'admettre que dans les régions polaires — plus particulièrement là où des glaciers ont dû se former pour commencer, où ils se sont maintenus pendant toute la durée de l'époque glaciaire et où, encore aujourd'hui, ils sont plus actifs que partout ailleurs, — nous devons admettre, dis-je, que dans ces régions-là, tout au moins, le temps n'a pas fait défaut aux glaciers pour exercer leur action érosive.

Afin d'évaluer l'intensité du travail d'érosion qui se poursuit actuellement dans le bassin d'un glacier, on a mesuré les quantités de sédiments charriés par le ruisseau torrentiel qui s'en échappe. Prenant en considération l'étendue du bassin de réception, la quantité annuelle des précipitations, l'évaporation, etc., on peut calculer l'épaisseur moyenne de la couche enlevée aux rochers sous la forme de sédiments fins et de sable en suspension dans l'eau du torrent. HARRY FIELDING REID a trouvé de la sorte le chiffre excessif de $3\frac{1}{4}$ de pouce par an dans le domaine du Muir Glacier, dans l'Alaska ⁽³⁾. D'autres mesures faites au Groenland, en Islande, en Norvège et dans les Alpes ont fourni des chiffres incomparablement plus faibles. Quoi qu'il en soit, la conclusion que HANS HESS ⁽⁴⁾ déduit des chiffres obtenus jusqu'à présent est que les glaciers travaillent plus activement à l'approfondissement de leur lit que ne le font les eaux courantes. J. VALLOT ⁽⁵⁾ considère les choses un peu autrement. Après avoir établi par la discussion de l'aspect que présentent les lits des anciens glaciers et par l'observation directe aux Mollets, sous la Mer de Glace, que le glacier repose directement sur la roche, sans intermédiaire d'une moraine profonde, M. VALLOT écrit ce qui suit ⁽⁶⁾ :

« La période glaciaire a trouvé les vallées encombrées de matériaux tombés des cimes. Les glaciers, en s'établissant, ont commencé le nettoyage, en emmenant avec eux les blocs sous-jacents qui formaient une sorte de moraine non glaciaire. Mais il ne faudrait pas croire que le glacier a mis en mouvement d'un coup *toute la masse* de matériaux sur laquelle il commençait à se mouvoir. L'observation montre que le glacier glisse sur ses moraines presque sans les détériorer, et qu'il ne met en mouvement que les blocs avec lesquels il est en contact tout à fait immédiat. Il a donc fallu que la vallée fût *presque entièrement vidée*, pour que le glacier pût être en contact avec la roche en place du fond et exercer une action érosive sur elle, et ce n'est que le passage de la *dernière couche* de matériaux qui a pu faire l'office de râpe sur le fond de la vallée. Ce n'est donc que pendant une partie de l'époque glaciaire que les glaciers ont pu appro-

(1) Voyez G. K. GILBERT, *The history of the Niagara river*. Sixth Annual Report of the Commission of the State Reservation at Niagara, Albany, 1890, p. 61 ; — G. K. GILBERT, *Niagara Falls and their history*. National Geographical Monographs, vol. I, p. 203.

(2) « Revising our conclusions in the light of recent advances, it may be said, tentatively, that 50,000 years may be regarded as an approximate extreme limit for the making of the whole gorge of Niagara, but that it may have been as short as the estimates of LYELL (35,000 years), or SPENCER (32,000 years). It ought to be distinctly recognized, however, that many of the elements of the Niagara time problem are, in the very nature of things, so uncertain in their values that no time estimate pretending to accuracy within narrow limits can be trustworthy. This is the more unfortunate because the Niagara gorge is by far the best single datum for estimating the duration of postglacial time that has yet been discovered. » (FRANK BURSLEY TAYLOR, *Origin of the gorge of the Whirlpool rapids at Niagara*. Bulletin of the Geological Society of America, vol. IX, p. 84.)

(3) *Studies of Muir Glacier*. National Geographic Magazine, vol. IV, p. 51.

(4) *Die Gletscher*. Braunschweig, 1904, p. 185.

(5) *La moraine profonde et l'érosion glaciaire*. Annales de l'Observatoire météorologique, physique et glaciaire du Mont Blanc, vol. III, p. 153.

(6) J. VALLOT, *loc. cit.*, pp. 176, 177.

fondir les vallées. Un temps très long a dû être employé à l'enlèvement des anciens matériaux ; puis a commencé l'action de la mince couche morainique en contact avec le roc : c'est la période érosive. Cette dernière couche une fois passée, le glacier s'est trouvé dans les conditions des glaciers actuels, sans aucune moraine profonde, et ne produisant plus qu'une action polissante dont les résultats peuvent être calculés par comparaison avec les actions semblables que nous voyons de nos jours. L'action de la *râpe gigantesque* dont on a tant parlé est donc très nettement délimitée, puisque cette râpe n'avait que l'épaisseur d'un bloc — elle avait tout juste la longueur du glacier — et *qu'elle n'est passée qu'une fois.* »

A ce point de vue, mes observations pourraient être citées en faveur de l'hypothèse que le travail d'érosion qui se poursuit actuellement dans les régions antarctiques est tout à fait minime.

Le nombre d'icebergs que nous avons pu voir de près, soit en cours de voyage, soit pendant l'hivernage dans le pack, est considérable, et pourtant, à deux reprises seulement j'ai pu constater que la glace renfermait de l'argile ou du gravier (1), et dans un autre iceberg j'ai remarqué une trainée jaune qui le traversait obliquement; mais dans aucun cas, personne à bord de la BELGICA n'a signalé des blocs dans la glace d'un iceberg ou sur un iceberg.

Les falaises de névé ou de glace et les fronts des glaciers près desquels nous sommes passés étaient parfaitement blancs, et dans peu d'endroits seulement j'ai remarqué à la base des falaises de névé des matières terreuses et des cailloux empâtés dans la glace.

A la surface des champs de névés, pas une seule moraine n'a été notée, et là où j'ai pu voir de près les roches polies au pied des falaises blanches, je dois dire que la présence même de simples traces de moraine de fond aurait certainement attiré mon attention.

L'eau du ruisseau qui sortait du tunnel de glace au XIV^e débarquement était parfaitement limpide, elle n'était pas le moins du monde laiteuse. Mais, dans ce cas encore, il s'agissait d'un champ de névé adossé au flanc de la montagne. Les fronts des fleuves de glace, à proprement parler, s'enfonçaient partout sous le niveau des eaux, et ce ne sont évidemment que ces glaciers encaissés dans les fonds des vallées qui s'écoulent réellement, et qui peuvent par cela même éroder activement. Or, les icebergs antarctiques ne culbutent pas, ils se détachent simplement du front des glaciers. La grande majorité des icebergs que l'on voit, même loin des côtes, gardent leur position primitive et très souvent tout ce que l'on voit au-dessus de l'eau ne correspond qu'à la portion superficielle du glacier, c'est-à-dire les couches des névés.

Les icebergs fragmentaires sont pour la plupart de vieux icebergs qui ont eu le temps de se débarrasser par fusion (ou plutôt par dissolution dans l'eau de mer) de la portion la plus inférieure, qui était en contact avec le roc.

Et lorsqu'on drague le fond de la mer, on voit clairement que les blocs transportés par les icebergs ne sont pas rares, bien loin de là, et ces blocs sont généralement arrondis et portent parfois des stries glaciaires très nettes.

Mais, même aux champs de névés et aux petits glaciers adossés contre les flancs des montagnes, les matériaux d'une moraine de fond, se renouvelant sans cesse, ne font pas entièrement défaut. Le nunatak du X^e débarquement, les murailles à pic du XX^e (voir pl. II, III)

(1) Un bloc de glace criblé de cailloux vu dans la nuit du 24 au 25 janvier pouvait tout aussi bien être de la glace de mer, formée sur le fond de la petite baie du III^e débarquement, qu'un fragment de glace provenant d'un iceberg.

montrent que les fragments de roche qui se détachent tombent soit directement sous la neige (en été, lorsqu'un espace libre se forme au pied des rocs), soit sur les parties plus élevées des champs de névé. La neige s'accumulant sur eux d'année en année, ces blocs seront entraînés lentement et toujours en contact avec la roche sous-jacente. Le cap Renard (pl. XI) et mieux encore le cirque situé près du XIV^e débarquement et décrit plus haut, se trouvent également hors du domaine des fleuves de glace, et là aussi, par la succession des terrasses, nous voyons clairement que depuis la grande extension des glaciers pleistocènes, les champs de névés n'ont cessé de recevoir un apport constant de matériaux détritiques.

D'ailleurs, il est loin d'être démontré que la glace, même complètement vierge de sable, de gravier ou de cailloux, glisse simplement sur la roche sans rien lui enlever.

Dans les canaux de la Terre de Feu, les choses apparaissent plus clairement, et l'on s'y rend bien compte de la puissance du travail d'érosion des glaciers quaternaires. Les cuvettes creusées dans le roc, actuellement occupées par des lacs, y abondent. Mais ce qui est surtout intéressant à noter, c'est la défiguration du profil des vallées par lesquelles des glaciers se sont écoulés. Dans la baie du Torrent, la pente extrêmement raide en dessous de la moraine latérale, à l'ouest du lac, ainsi que la pente à pic de l'autre flanc de la vallée, ne sont autre chose que les parois du chenal en U creusé par le glacier dans le fond de la vallée en V préexistante.

Pour l'érosion fluviale, le niveau de la mer est la limite du creusement ; — la limite du pouvoir d'érosion des glaciers n'est, au contraire, atteinte que lorsque la glace est arrivée à son niveau de flottaison. Si l'on admet cette manière de penser, il faut forcément en déduire que des fiords ont pu être formés par érosion (1) et que leur présence sur une côte ne constitue pas une preuve d'un affaissement du pays. C'est ainsi que les canaux de la Terre de Feu ou le canal de Gerlache ne fournissent pas des preuves indiscutables de l'affaissement de ces régions, — dû soit à la surcharge des accumulations de neige et de glace, soit à d'autres causes. Il est évident qu'en admettant cette manière de voir, quelque peu excessive, du pouvoir d'érosion des grands fleuves de glace, on pourra expliquer aisément certains faits d'observation. Le fiord du havre Saint-Jean commence à la jonction de deux vallées ; c'est à partir du point où deux glaciers se fusionnaient dans le temps qu'un creusement de la vallée jusqu'en dessous du niveau de la mer commence. Dans le fiord du Grand Glacier, les eaux de la mer s'étendent également jusqu'au point de jonction de trois vallées ; dans le fiord de Lapataïa, c'est à partir de l'endroit où deux grands fleuves de glace s'unissaient que la baie commence.

Ce sont là des faits qu'il n'est pas permis d'attribuer au hasard et qui pour être élucidés exigent une étude approfondie et détaillée de la région. Ce qu'il faut, avant tout, ce sont des profils rigoureux, ne fût-ce que de quelques-unes de ces vallées, des profils transversaux et longitudinaux, comme RICHTER, PENCK, BRÜCKNER, HESS et d'autres les ont dressés pour certaines vallées des Alpes. Si la glace flottante ne laisse émerger que 1/6 de son volume, un glacier encaissé dans un chenal pèsera sur le fond de la vallée jusqu'à ce que celle-ci soit excavée.

(1) Dans son étude sur les fiords, OTTO NORDENSKJÖLD est arrivé à la conclusion que : « Es bleibt somit nur die Möglichkeit übrig, dass die Becken direkt durch Erosion, und zwar durch Gletschererosion, ausgehört seien, und es ist auffallend, wie gut diese Hypothese die meisten Eigenschaften der Fjorde erklärt. Es sei aber sofort bemerkt, dass ich dieselbe nicht für eine eigentliche Thalbildung in Anspruch nehme ; im Gegenteil muss man annehmen, dass die meisten von den Thälern, in denen jetzt Fjorde liegen, schon in präglazialer Zeit existierten, und dass die Gletscher eben diesen präexistierenden Flussthälern gefolgt haben. » (*Bulletin of the Geological Institut of Uppsala*, 1899, p. 221.)

L'érosion glaciaire doit donc pouvoir s'exercer jusqu'à une profondeur cinq fois plus grande que la muraille de glace qui émerge n'est haute. Pour une hauteur de front de glacier de 30 m., par exemple, on peut s'attendre à trouver devant le mur de glace des profondeurs de 150 m. Dans cette façon de raisonner, il devient parfaitement compréhensible pourquoi, dans certains cas, les profondeurs d'un canal ou d'un fiord vont en augmentant quand on s'approche davantage de la chaîne de montagnes. Car ce n'est évidemment pas à sa terminaison, mais bien dans la partie médiane de sa course qu'un fleuve de glace a le plus de puissance, là où il a déjà absorbé tous ses tributaires, où sa masse est la plus grande et où il avance avec le maximum de vitesse, étant précisément là le plus fortement encaissé.

Ces quelques remarques suffiront, je pense, pour montrer que le problème de l'érosion des glaciers complique singulièrement celui de l'affaissement des deux régions étudiées au cours du voyage de la *BELGICA*, et que pour la discussion de la question l'essentiel serait d'avoir des profils hypsométriques et bathymétriques parfaitement corrects, ne fût-ce que de quelques-uns des fiords et canaux. Seule une mission spéciale pourrait accomplir pareils travaux. Des expéditions d'exploration, telles que l'a été l'Expédition antarctique belge, ne peuvent limiter les recherches à certains problèmes particuliers, attendu qu'elles doivent recueillir les matériaux d'étude les plus divers et tenter de faire des découvertes de nature à dévoiler des horizons nouveaux.

L'abrasion glaciaire

Je désire maintenant signaler quelques considérations qui m'ont fait penser que les grands épanchements de glace de l'époque glaciaire ont pu dénuder des îles situées devant les côtes des terres antarctiques, tout comme l'action érosive des vagues de la mer a pu raser soit de simples îles océaniques, soit — d'après *VON RICHTHOFEN* — des terres étendues (1).

Il me paraît probable que tout l'ensemble des glaciers que déversaient les terres antarctiques, devait former une plaine de glace couvrant le plateau continental : il y aurait donc eu une ceinture de glace se terminant, bien au delà de la côte, sous forme de muraille.

Le travail de dénudation et de transport d'un tel glacier a dû être immense.

En règle générale, il me semble que les glaciers largement étalés doivent tendre à aplanir les montagnes qu'ils embrassent. Pour fixer les idées, voici quelques faits :

a) Dans le fiord du Grand Glacier, dans le canal du *Beagle*, j'ai observé une montagne formant une grande roche moutonnée et surmontée d'un monticule pointu tout à fait caractéristique (pl. II, fig. 2) ;

b) En différents endroits, dans les terres antarctiques découvertes par l'Expédition, j'ai pu voir des nunataks me rappelant le monticule pointu perché sur la montagne arrondie, sauf qu'ici le recouvrement de glace ne s'étant pas retiré, l'action de dénudation du glacier se poursuit encore de nos jours. Ces nunataks, exposés à l'action de la gelée et du rayonnement solaire, se désagrègent rapidement, et les grands blocs qui se détachent de leurs murailles s'effondrent sur la glace, qui les emporte. Les nunataks tendent donc à disparaître :

(1) *F. VON RICHTHOFEN, Führer für Forschungsreisende*, pp. 173, 356, 614 ; et voyez également son grand ouvrage : *China*, Bd. II, pp. 766 et suivantes.

c) Un certain nombre de petites îles du détroit de Gerlache offrent un relief très particulier, en ce sens qu'elles sont pour ainsi dire entièrement recouvertes de plaines de glace aux pentes peu inclinées et qu'elles ont au milieu une ou deux montagnes escarpées qui percent le manteau de glace et qui contrastent avec le relief adouci du pourtour de l'île (Deux-Hummocks, et île Emma, pl. V, fig. 2) ;

d) D'autres îlots sont non moins remarquables, à cause de ce fait que leur relief primitif semble entièrement dénudé. Ils ont effectivement la forme de gros dos de moutons, émergeant à peine de l'eau, et le plus fréquemment ils sont recouverts de calottes glaciaires.

Ces quelques faits démontrent qu'à l'époque pleistocène, la grande nappe glaciaire formée le long des côtes par l'union de tous les glaciers a pu raser des îlots montagneux. Le mécanisme est facile à comprendre.

Les îles et les îlots étaient empâtés dans cette grande plaque de glace et formaient des nunataks que la glace devait contourner ; et les blocs se détachant des flancs des montagnes étaient emportés par le glacier, tout comme c'est le cas pour les nunataks actuels (*b*). La glace, de son côté, érodait les parties basses, et, à l'aide des nombreux matériaux qu'elle charriait, elle décapait la base. Mais le transport des éclats de roches se poursuivant sans cesse, les falaises devaient reculer vers l'intérieur et la nappe de glace devait gagner du terrain. De la sorte, la topographie de l'îlot devenait peu à peu celle des îles décrites en (*c*), et, finalement, un simple monticule (*a*) devait subsister tant que le travail d'aplanissement n'avait pas fini par submerger ce dernier rocher. Les îles basses (*d*) proviendraient donc de l'abrasion des sommets de montagnes par les glaciers pleistocènes qui les ont cernés.

Il me semble que nous pouvons dénommer *abrasion glaciaire* ce genre particulier de dénudation.

Les figures ci-dessous (1) montrent schématiquement l'effet d'abrasion de la mer comparé à celui des glaciers.



Le terme *abrasion glaciaire* a déjà été employé par SUESS dans un sens beaucoup plus général et moins défini que celui que je viens de lui donner. SUESS écrit en effet au sujet du bouclier canadien ce qui suit (2) :

« Die Blosslegung des Schildes, die Beschaffenheit des Innenrandes der paläozoischen » Umgürtung, sowie der auflagernden Schollen sind in hohem Grade beeinflusst durch *die glaciaire* » *Abrasion*, welche diese Landstriche in später Zeit erfahren haben. »

Plus loin, on lit encore (3), dans l'œuvre de l'éminent géologue viennois, le passage sui-

(1) Le dessin de l'île isolée exposée à l'action destructive de la mer est emprunté à un article de N. S. Shaler, article paru dans *Scribner's Magazine*, n° du mois de mai 1892.

(2) ED. SUESS, *Das Antlitz der Erde*, Bd. II, p. 42.

(3) *Ibid.*, p. 58.

vant : « Lappland und Finnland sind wie der canadische Schild aus archaischen Felsarten » gebildet, welche bereits vor der Silurzeit gefaltet wurden ; sie sind wie dieser von einem » bogenförmigen Saume flachgelagerter paläozoischer Sedimente umgeben, verdanken ihre » Entblössung wie dieser hauptsächlich der späten *Abrasion durch Eis...* »

La figure 34, à la page 429 de l'ouvrage de SUËSS, est tout particulièrement instructive. Elle nous montre un ancien nunatak. Ailleurs ⁽¹⁾, SUËSS développe ses idées sur l'énorme travail d'érosion que la glace, forcée de contourner les nunataks, est capable de produire, et il n'hésite pas à admettre que les cuvettes creusées dans le roc, et qui sont actuellement occupées par des lacs, sont le produit de l'érosion glaciaire, plus particulièrement de l'inlandsis.

Dans le cas des fiords et des canaux de la région de la Terre de Feu, ainsi que dans celui des terres antarctiques découvertes par l'Expédition de la BELGICA, nous nous trouvons en présence de chaînes de montagnes ayant un relief alpestre. Le relief du Canada, de la Finlande, de la Russie est, au contraire, — et était également avant la grande extension des glaciers, — tout autre. A priori, il me paraît probable qu'une calotte glaciaire doit adoucir davantage le relief d'une pénéplaine ; mais, par contre, il y a, dans les régions montagneuses, des cas où le relief a été accentué par l'action érosive des glaciers, à côté de ceux où il peut être question d'*abrasion glaciaire*, et c'est là précisément une raison pour laquelle il n'y a pas lieu de parler de la possibilité de l'existence de plaines d'abrasion glaciaire proprement dites. Et il y a une autre raison contre cette généralisation, c'est que la durée des grands épanchements de glace n'a été — géologiquement parlant — que très courte, et l'accumulation des glaces limitée. L'abrasion glaciaire, comme elle vient d'être définie, ne peut donc s'être produite que dans les cas — relativement rares — où l'obstacle à vaincre avait peu d'étendue et était englobé dans une masse de glace puissante, à écoulement rapide, et qui a persisté longtemps ; donc, de préférence, dans le cas de nunataks et dans celui d'îles côtières, qui perçaient l'inlandsis du plateau continental.

La question des climats à l'époque glaciaire

On le sait, la hauteur de la ligne des neiges perpétuelles ne dépend pas seulement de la température moyenne du lieu, mais elle est également fonction d'autres agents climatiques, tels que l'insolation, la variabilité de la température de l'air et le caractère des saisons. Puis, à côté de ces facteurs, deux autres jouent un rôle tout à fait prépondérant : ce sont les conditions orographiques et la hauteur annuelle des précipitations atmosphériques.

Pour connaître l'influence de l'un des facteurs — la température, par exemple, — il faudrait que tous les autres facteurs restassent constants. Ainsi, pour plus de simplicité, supposons une île montagneuse isolée dans l'Océan, et admettons que cette île puisse se déplacer suivant le méridien. Si nous faisons voyager cette île dans une région où toutes les conditions climatologiques restent les mêmes, sauf la température, les hauteurs de l'abaissement du niveau des neiges perpétuelles nous feront connaître l'influence du facteur variable pour chaque degré de variation.

Pour connaître le degré d'abaissement de la température moyenne d'une région donnée, à l'époque glaciaire, — du moins dans un climat entièrement maritime, — il faudrait donc trou-

(1) ED. SUËSS, *loc. cit.*, pp. 437, 439.

ver une région identique, exposée au même régime de vents, de nébulosité et de précipitations atmosphériques, et où la glaciation actuelle occupe l'étendue de la glaciation passée de l'autre région.

Or, il me semble que dans l'hémisphère austral on peut trouver des exemples de ce genre. Mais, sans aucun doute, les difficultés sont nombreuses et le problème est tellement compliqué que tout ce que l'on peut espérer trouver, au point de vue de la question des climats à l'époque glaciaire, est une simple approximation.

Ainsi, on le sait, dans les régions montagneuses, les précipitations atmosphériques ne sont pas égales aux différentes hauteurs, et, pour une île isolée, il en sera très probablement de même. En s'avancant vers le pôle (ou vers la région plus froide), la portion recevant le maximum de précipitations étant rentrée dans la zone des neiges persistantes, produira une perturbation, et, après coup, la descente de la limite des neiges deviendra plus lente, avec la diminution toujours progressive de l'abaissement de la température. Mais il est une autre difficulté : c'est que la hauteur des nuages semble diminuer avec l'augmentation de la latitude.

D'un autre côté, les courants marins peuvent avoir varié depuis l'époque glaciaire, ou, pour m'exprimer plus correctement (les courants de surface dépendant presque exclusivement des vents prépondérants), la région des calmes équatoriaux, les vents alizés, les régions anticycloniques et les routes des cyclones ont pu occuper des positions différentes de celles qu'elles occupent de nos jours ; l'hypothèse de CROLL l'exige ⁽¹⁾, et le fait de la présence de calottes glaciaires étendues rend la chose plus probable encore.

Puis, il y a une autre difficulté non moins importante : les niveaux auxquels émergent actuellement les terres ayant subi l'action glaciaire, ne sont dans de très nombreux cas plus les mêmes que ceux qu'elles ont occupés lors de la présence des grands glaciers, et RUDZKI a démontré la probabilité de la submersion des terres sous l'effet de la charge des glaces accumulées ⁽²⁾.

Il faut donc, dans tous les cas, une étude très approfondie de la région prise en considération, avant de pouvoir élucider la question qui se pose, à savoir :

De combien de degrés centigrades devrait s'abaisser la température moyenne (toutes choses égales d'ailleurs) pour produire un abaissement de n mètres du niveau des neiges éternelles ?

En ce qui concerne les Alpes, PENCK admet un abaissement du niveau des neiges perpétuelles de 1000 m. environ et, en ce qui concerne le climat, BRÜCKNER pense que la température moyenne à l'époque glaciaire — au maximum de glaciation — devait y être seulement de 3 à 4 degrés plus basse qu'aujourd'hui ⁽³⁾. OSWALD HEER avait également été amené, par ses études paléontologiques, à admettre un abaissement de la température moyenne de 3 à 4 degrés ⁽⁴⁾.

Néanmoins, il me semble que ce chiffre ne peut suffire que si l'on admet, *a priori*, un climat beaucoup plus humide qu'il ne l'est de nos jours, et qu'il faut une différence de tempé-

(1) JAMES CROLL, *Climate and Time*.

G. PELAK (*Ein Beitrag zur Frage über die Ursachen der Eiszeit*, Agram, 1876) qui, se basant sur les idées de CROLL, a démontré la nécessité du déplacement de la zone des calmes, ne s'est pas rendu compte de l'influence qu'un tel déplacement devrait avoir sur toute la circulation atmosphérique à la surface du globe.

(2) *Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie*, 1899, p. 109.

(3) *Klimaschwankungen seit 1700*, p. 308.

(4) Voir A. HEIM, *Handbuch der Gletscherskunde*, p. 56.

rature plus considérable pour produire un abaissement de 1000 mètres du niveau des neiges perpétuelles, les précipitations restant égales (1).

Pour le démontrer, je vais comparer la région du cap Horn à la Géorgie méridionale.

La latitude est la même : 54° Sud ; la différence en longitude est de 30°.

Climat maritime, régime des vents d'ouest. Températures moyennes :

Au cap Horn (2)	+ 5° 5
Dans la Géorgie méridionale (3)	+ 1° 4
Différence	= 4° 1

Nombre de jours de pluie ou de neige :

Au cap Horn	278 (année 1882-83)
Dans la Géorgie méridionale	301 (id.)

Quantité d'eau tombée :

1400^{mm} au cap Horn et 900^{mm} dans la Géorgie méridionale.

Mais ces dernières différences dans les chiffres sont sans aucun doute dues à la différence de situation des deux stations d'observation, tandis que de fait il y a probablement identité des quantités de précipitations atmosphériques, dans les hauteurs. Au point de vue morphologique, les îles à l'ouest et au sud de la Terre de Feu sont (d'après les descriptions) en tous points comparables à la Géorgie du Sud. Quant aux niveaux des neiges perpétuelles, ils sont :

de 900 mètres (4) dans les Terres magellaniques,
et de 600 mètres (5) pour la Géorgie méridionale (côte NE).

A côté de la différence des températures moyennes, qui est de 4°, il n'y a donc qu'une différence d'environ 300 mètres dans les hauteurs des neiges perpétuelles.

Il me paraît tout à fait inutile d'insister davantage sur l'exemple choisi, les niveaux des neiges perpétuelles n'étant pas suffisamment bien connus et les conditions topographiques de la Géorgie méridionale, de même que, celles des îles de la région des canaux de la Terre de Feu, l'étant encore beaucoup moins.

Du reste, l'exemple sera inévitablement critiqué, et les géologues partisans du climat humide feront remarquer, sans doute, que le niveau des neiges perpétuelles correspond à des isothermes très variables et comprises entre + 3° (les Andes, près de Quito) et — 10 à — 11° (Nouvelle-Zemble et Spitzberg) ou même davantage (6). Il est effectivement facile de m'accuser de partialité et de dire que l'exemple a été choisi justement en vue de démontrer que le climat

(1) T. G. BONNEY pense qu'un abaissement de température de 18° F. (= 10° C.) serait nécessaire pour reproduire une époque glaciaire, si la distribution des températures dans l'hémisphère Nord restait la même. (Réf. dans *Geographisches Jahrbuch*, 1893, p. 241.)

(2) LEPHAY, *Mission scientifique du cap Horn*, t. II, p. 138**.

(3) *Die internationale Polarforschung 1882-1883, Die Beobachtungs-Ergebnisse der deutschen Stationen*, Bd. II, p. 140.

(4) D'après les officiers du BEAGLE, 1000 mètres : d'après PISSIS, 800 mètres ; et d'après THOMAS BRIDGES, 900 à 1000 mètres.

(5) J. HANN, *Klimatologie*, Bd. III, p. 469.

(6) *Ibid.*, Bd. I, p. 313.

de l'époque glaciaire a dû être beaucoup plus rigoureux qu'on ne le présumait. Et on fera sans doute observer que seule une discussion générale de tous les faits connus pourrait avoir une valeur décisive et que, dans tous les cas, il faudrait prendre la moyenne de tous les chiffres obtenus. Je ne le contesterai pas, mais quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de nos connaissances, il est préférable de se borner à choisir les exemples dans les régions où le climat est et a été essentiellement marin, par conséquent, de préférence les îles océaniques. L'exemple me paraît donc être bien choisi.

Un autre bon exemple, qui mériterait d'être étudié et discuté à fond, est celui de la région des canaux de la Terre de Feu comparée à la région des terres antarctiques situées au Sud du cap Horn.

Les deux régions sont montagneuses et exposées aux vents océaniques, qui y amènent des précipitations abondantes ; mais le niveau des neiges perpétuelles est inférieur d'environ 800 mètres dans les terres polaires, et l'aspect actuel de ces terres est, pour autant qu'il me semble, celui que devait présenter la région des canaux de la Terre de Feu à l'époque de la plus grande extension des glaciers pleistocènes.

Quelles sont les températures moyennes de ces régions ?

Pour les canaux de la Terre de Feu, nous ne disposons que de fort peu de données, et nous en possédons moins encore pour ce qui concerne les terres antarctiques.

Les moyennes connues jusqu'à présent sont les suivantes :

Punta-Arenas (1)	+ 6° 7	
Ushuwaïa (2)	+ 6° 5	Snow-Hill (3)
Cap Horn (4)	+ 5° 5	Scotia Bay (6)
Île des États (4)	+ 6° 3	Île Wandel (7)
	Moyenne = + 6° 2	

Pour une différence du niveau des neiges perpétuelles de 800 à 900 mètres, nous avons donc là une différence dans les températures moyennes d'au moins 10 à 12°.

Si donc une étude plus approfondie du relief et des conditions météorologiques des deux régions permet de maintenir l'analogie, les données recueillies ne manqueront pas d'éclaircir une partie du problème du climat de l'époque glaciaire. Car on pourra tout au moins établir de combien de degrés a dû s'abaisser la température dans la région magellanique pour que les glaciers viennent à descendre jusqu'au niveau qu'ils ont occupé. Je dis avec intention : dans la région magellanique, car parfois, lorsqu'on parle de l'abaissement de la température de l'époque glaciaire, et que l'on cite le chiffre de 4°, on s'exprime absolument comme si ce chiffre s'appliquait à toutes les régions du globe indifféremment.

(1) ARCTOWSKI, *Ciel et Terre*, n° du 16 juin 1900.

(2) LEPHAY, *Mission scientifique du cap Horn*, t. II, p. 138**.

(3) *Ibid.*, p. 271*.

(4) ARCTOWSKI, *Ciel et Terre*, n° du 1^{er} décembre 1900.

(5) BODMAN, *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 1904, Heft 5.

(6) MOSSMAN, *The Scottish Geographical Magazine*, August 1905.

(7) J. J. REY dans CHARCOF : *LE FRANÇAIS au Pôle Sud*, p. 357.

Or, il serait inconcevable que des calottes d'inlandsis, telles que celles qui ont existé dans le Nord de l'Europe et dans l'Amérique septentrionale, n'eussent pas modifié profondément les régimes météorologiques des pays voisins ainsi que la circulation générale de l'atmosphère de tout l'hémisphère boréal. La distribution des climats — en dehors même des régions envahies par les glaces — a dû, incontestablement, avoir été tout autre. Et, rien que de par ce fait, il paraît inadmissible que l'abaissement de la température se soit produit partout de la même façon, et qu'il puisse être exprimé par une simple différence — et la même différence — des moyennes annuelles de la température.



Vue panoramique d'Ushuwaia et des monts Martial.



Suite de la vue panoramique ci-dessus vers le N.E. et l'E. de la baie d'Ushuwaia.



Phot. Arctowski

Vue panoramique prise dans la baie du Grand Glacier.
Ancienne moraine frontale, boisée, au delà de laquelle le fiord est couvert de glaçons provenant du Grand Glacier que l'on aperçoit dans le fond.
Vers la droite la moraine se prolonge par un banc qui ne laisse passer dans le fiord que des petits blocs de glace.



XXe débarquement. — Exemple de désagrégation d'une paroi rocheuse exposée à l'action de la gelée et de celle du rayonnement solaire. Champ de névé qui descend jusqu'à la côte.

La neige en contact avec le roc fond plus

rapidement là où la réverbération de la paroi rocheuse est très grande

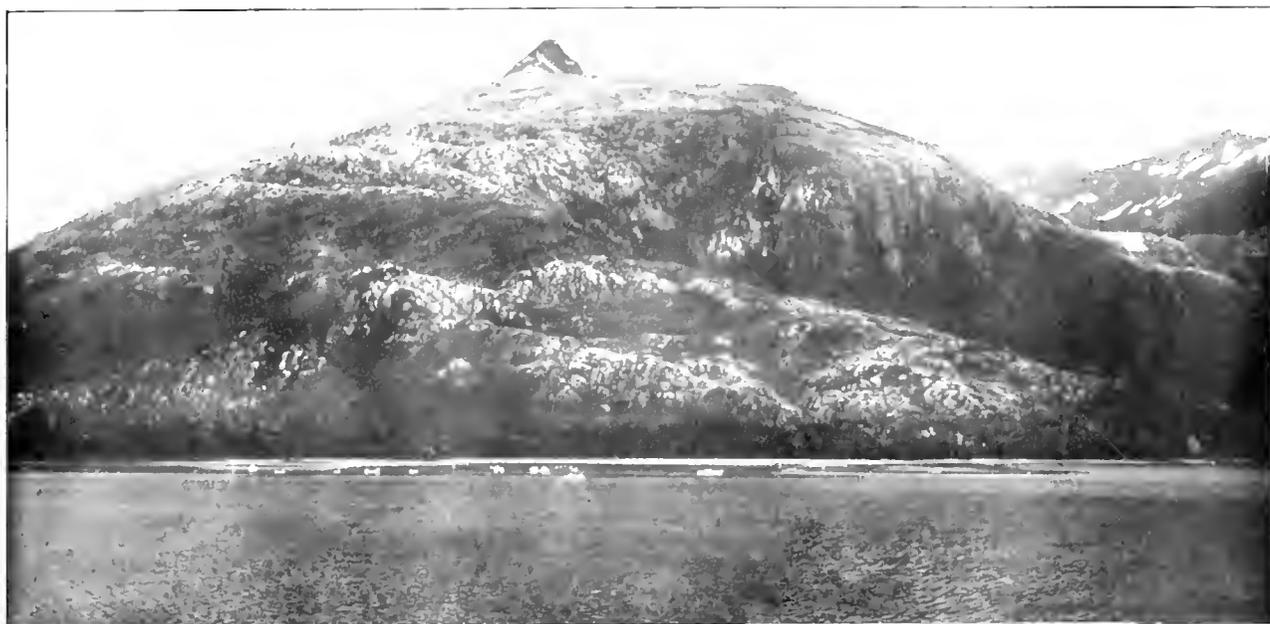


Photo. Arctowski

Fiord du Grand Glacier. — Montagne à l'E. du fiord, ayant la forme d'une grande roche moutonnée et surmontée d'un ancien *nunatak*, témoin de l'abrasion glaciaire.

A gauche : sillons caractéristiques. A droite : paroi abrupte au pied de laquelle se trouve probablement un petit bassin creusé dans le roc.



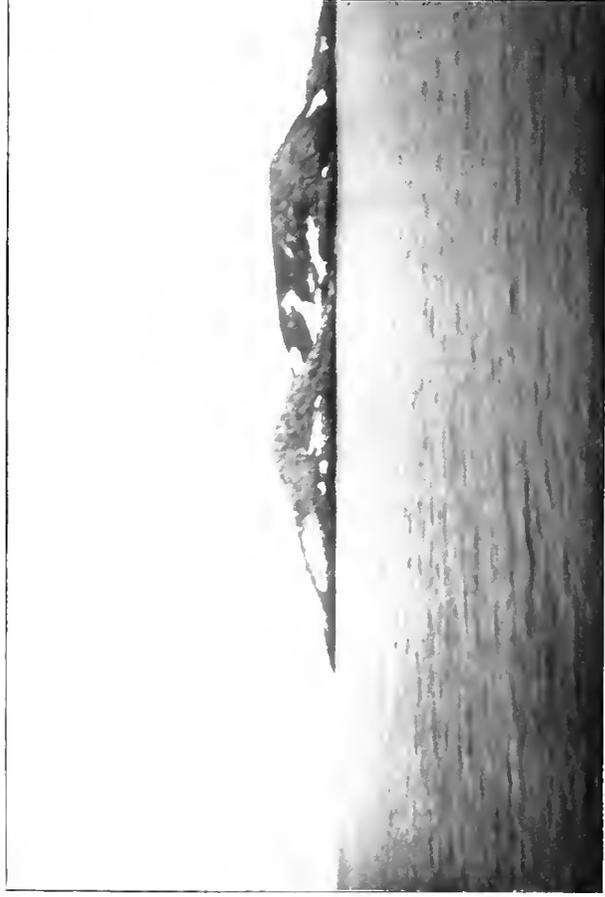
N° débarquement. — Sommet de montagne dominant les champs de névé qui forment d'un côté une plaine continue et qui, de l'autre côté, descendent vers la baie Buls.

Cette photographie montre fort bien comment les rochers isolés et dépourvus de neige sont fragmentés par l'action de la gelée.



N° débarquement. — Champs de névé s'élevant en pente douce vers le sommet de montagne figuré ci-dessus. Dans le fond on voit la baie Buls et, à gauche, un glacier dont la terminaison est formée de séracs.

Phot. Aronowski.



Ile Gobalescou VII^e débarquement.



Fentes dans la roche montrant un premier stade de désagrégation.



Ile Gobalescou vue de près.



Blocs débités par la gelée VII^e débarquement.

Phot. Arctowski



Ile Louise et terre Danco



Iles Emma et Louise.



Aspect des champs de nevé côtiers. Tout à fait à droite de la photographie se trouve le rocher du IX^e débarquement

Photo. G. L. A. 1910



Crevasse allant en travers de la portion la plus élevée de la calotte de glace de l'îlot Bob.
Montagnes de la terre Danco dans le fond.



Rocher qui perce la calotte de glace de l'îlot Bob près de la côte faisant face à l'île Wiencke.
Eau de fusion ruisselant dans la neige.



Exemple de bloc erratique.
Photographie prise sur la péninsule de Ushuwana.



Champs de névé côtiers des environs du IXe débarquement.
Exemple de crevasse curviligne.
Phot. Artowski



Rocher du N° débarquement et champ de neige



Le même champ de neige vu de près



Séparation du névé, fentes et crevasses



Vue de la même falaise montrant la roche nue à la base.

Phot. Artowski.



Vue panoramique prise dans la portion septentrionale du chenal de Neumayer. Aspect des glaciers de l'île Wiencke.



Suite, vers le S., de la vue panoramique ci-dessus. A gauche : glacier plat dirigé approximativement de l'E. vers l'W., suivant le prolongement de la branche de jonction du chenal de Neumayer
A droite : glacier plat venant du S., et se trouvant dans une grande vallée, de l'île Wiencke, dirigé suivant le prolongement de la branche septentrionale du chenal de Neumayer

Phot. Arctowski



XVII^e débarquement. — Côte méridionale de l'île Wiencke, vue de l'îlot Bob.



Aspect des champs de névé de la portion méridionale de la sierra Du Fief. Vue prise du chenal de Neumayer.

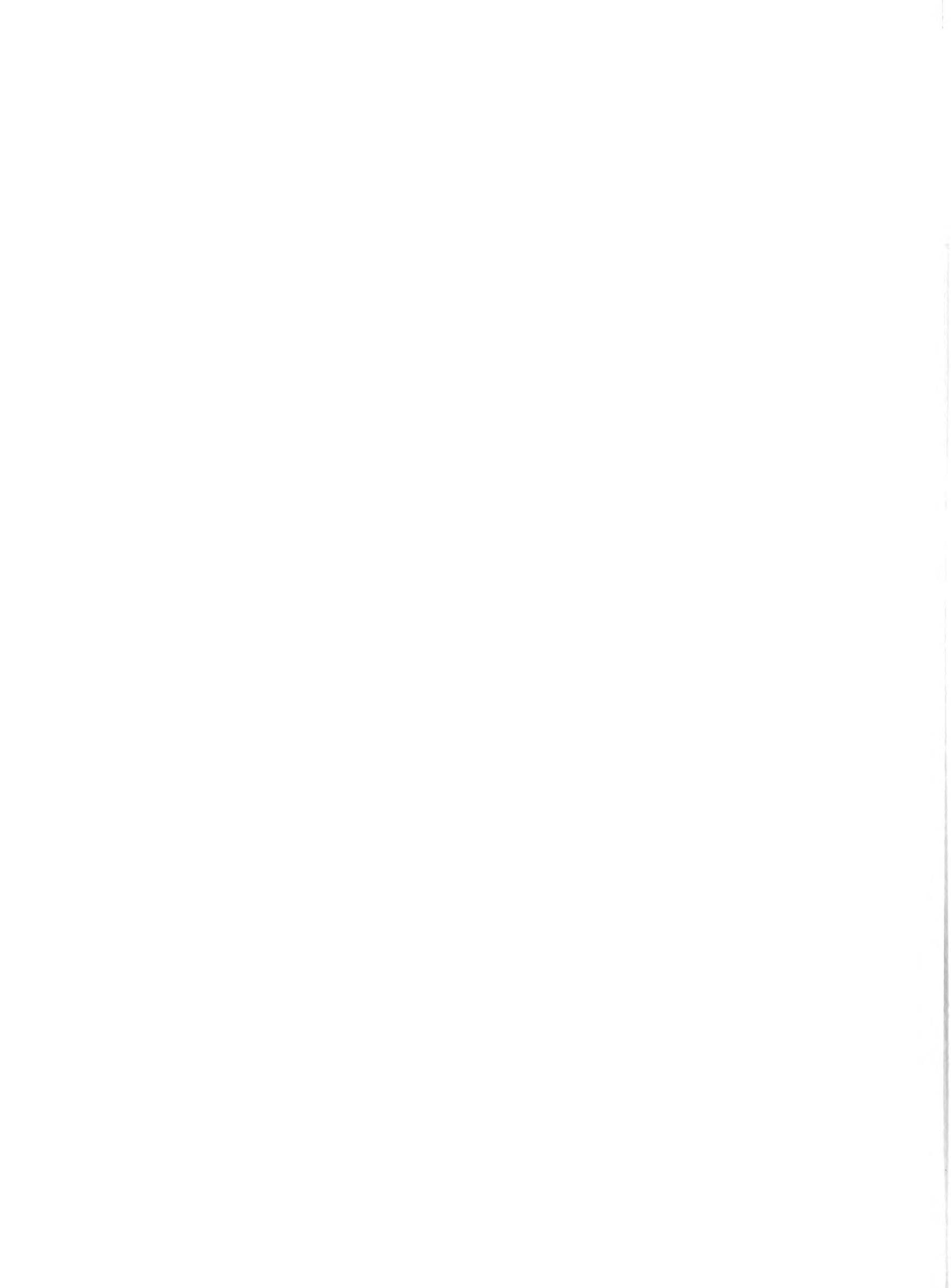
Phot. Archowski



Les aiguilles du cap Renard vues de l'W et prolongement de la côte vers le S



Rocs du l'W; débarquement et front du glacier qui s'étend entre la falaise rocheuse du l'W de débarquement et le cap Anna.





Les Aiguilles du cap Renard vues du NF



Ile des États. — Castle Rock à l'entree de John Harbour



Côte de l'île Anvers pres de l'entree N. du chenal de Neumayer.



Photo Anvers 1911
Aspect de la côte près du cap Duntzeberg dans le chenal de Le Maire



23 janvier 1898. — Iceberg avec grotte d'azur.



23 janvier 1898. — Le même iceberg vu du côté opposé.



11 février 1898. — Blocs de glace accumulés sur un glaçon fort épais.



22 janvier 1898. — Iceberg vu à proximité des Shetland méridionales.



27 janvier 1898. — Iceberg très bas ou glace côtière.



9 février 1898. — Blocs de glace culbutés, permettant de voir l'aspect des parois rongées par l'action dissolvante de l'eau de mer.



9 février 1898. — Blocs de glace compacte rongée à la surface.



9 février 1898. — Blocs de glace rongés et cannelés.



7 février 1898. — Petit iceberg surlevé montrant l'échancrure formée à la ligne de flottaison.

Phot. Arctow la et Cook.



25 janvier 1898. — Iceberg tabulaire, bas.



12 février 1898. — Iceberg avec bandes brunes et blanches



24 janvier 1898. — Petit iceberg tabulaire avec niche



26 février. — Iceberg dans une clairière du pack. Niche élargie par l'action des vagues.



16 février 1868. — Portion de la muraille de glace d'un iceberg tabulaire vu dans la baie des Planures.



Stratification des nevés dans le haut. Crevasse. Échanture à la ligne de flottaison et commencement de formation de grottes.

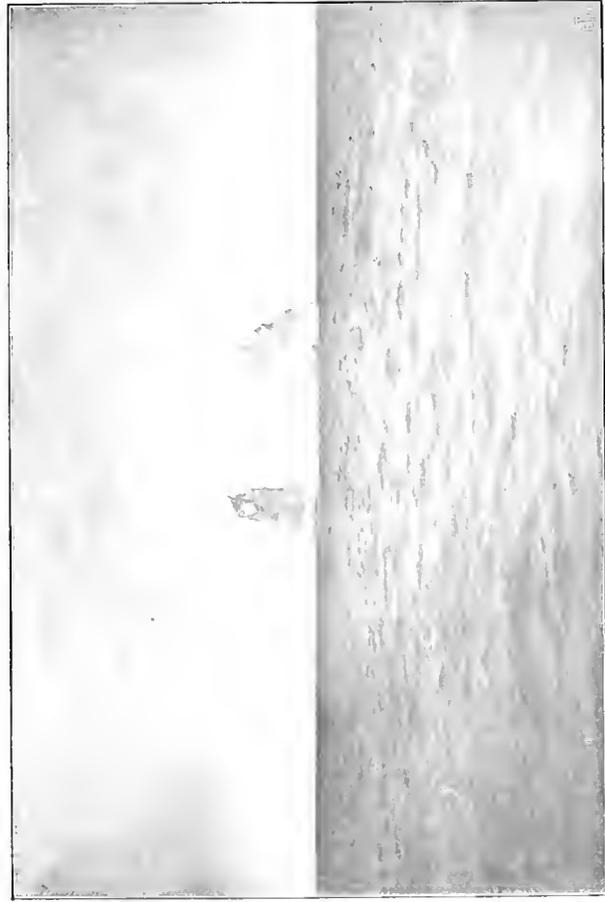


19 février 1868. — Iceberg tabulaire typique dont le quart de la longueur, tout au plus, est représenté par la photographie.



Muraille du même iceberg, vue de plus près, montrant la succession des strates. Aspect très différent de l'iceberg du 12 février (Pl. XIV, fig. 2)

Phot. C. 1868



15 février 1908. — Iceberg uniforme. Terre de Graham dans le lointain



11 février 1908. — Grands blocs de glace à la sortie de la baie des Flandres



Iceberg tabulaire emprisonné dans les champs de glace de la banquise.

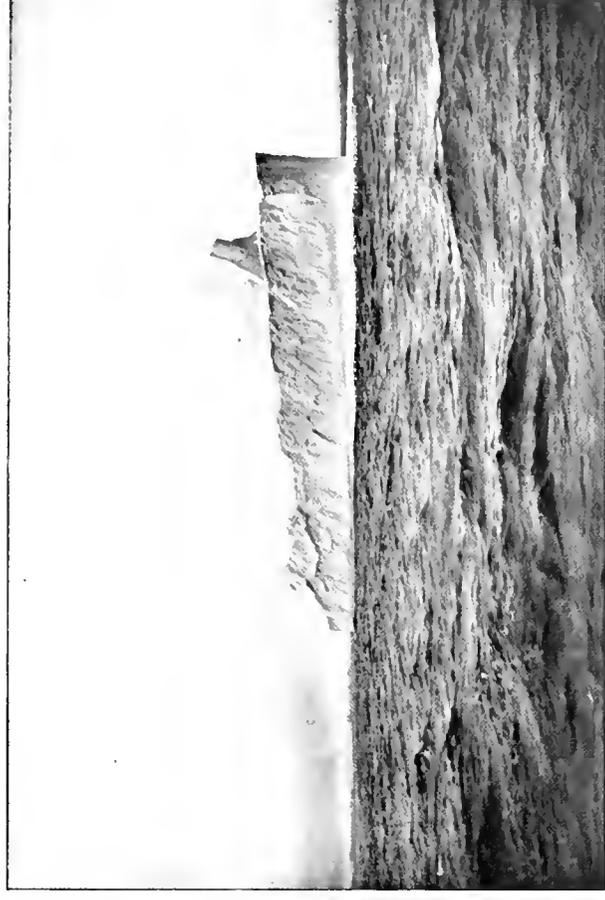


Phot. C. 05

Aspect hivernal d'un petit iceberg qui, emprisonné dans les glaces, a subi la même dérive que la *Ba Louca*. Photographie prise au mois de septembre



Iceberg plat et bas vu à la sortie de la baie des Flandres. Gros blocs de glace sur l'iceberg.
Ilot couvert d'une calotte de glace.



Iceberg tabulaire photographié, dans le détroit de Bransfield, le 23 janvier 1898.



10 février 1898. — Dans la baie des Flandres. Petits fragments de glace provenant des icebergs.



25 février 1898. — Iceberg et glace de mer. Plaques de jeune glace, devant et à droite.



25 février 1908. — Iceberg échancré à la ligne de flottaison. Glace de mer.



Iceberg probablement échoué. Côte de la terre Danco dans l'Inlet de Hughes.



19 février 1908. — Iceberg et petits fragments de glace détachés montrant des formes typiques dues à la fusion.



Le même iceberg que ci-dessus. Anciens niveaux de flottaison.

LISTE DES RAPPORTS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE LA

COMMISSION DE LA "BELGICA,"

Les mémoires dont les titres sont précédés d'un astérisque (*) ont déjà paru.

Le classement des rapports dans les volumes III, IV, VI, VII, VIII et IX sera fait ultérieurement.

VOLUME I.

- | | |
|--|--|
| RELATION DU VOYAGE ET RÉSUMÉ DES RÉSULTATS, par A. DE GERLACHE DE GOMERY. | USAGE DES EXPLOSIFS DANS LA BANQUISE, par G. LECOINTE. |
| *TRAVAUX HYDROGRAPHIQUES ET INSTRUCTIONS NAUTIQUES (Premier fascicule), par G. LECOINTE. Frs 67.50 | |

VOLUME II.

ASTRONOMIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

- | | |
|---|---|
| *ETUDE DES CHRONOMÈTRES (deux parties), par G. LECOINTE Frs 33,50 | *MESURES PENDULAIRES, par G. LECOINTE. Fr. 5.— |
| OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES, par C. LAGRANGE et G. LECOINTE. | CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES ET MAGNÉTIQUES, par Guyou. |

VOLUMES III ET IV.

MÉTÉOROLOGIE.

- | | |
|--|---|
| OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES EN MER LIBRE, par H. ARCTOWSKI. | *LA NEIGE ET LE GIVRE, par A. DOBROWOLSKI. Frs 10,00 |
| *RAPPORT SUR LES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES HORAIRES, par H. ARCTOWSKI . . . Frs 60,00 | *PHÉNOMÈNES OPTIQUES DE L'ATMOSPHÈRE, par H. ARCTOWSKI Frs 6,00 |
| *OBSERVATIONS DES NUAGES, par A. DOBROWOLSKI. » 20,00 | *AURORES AUSTRALES, par H. ARCTOWSKI » 11,00 |

VOLUME V.

OCÉANOGRAPHIE ET GÉOLOGIE.

- | | |
|---|--|
| SONDAGES, par H. ARCTOWSKI. | COULEUR DES EAUX OCÉANIQUES, par H. ARCTOWSKI. |
| SÉDIMENTS MARINS, par H. VAN HOVE. | LES GLACES, par H. ARCTOWSKI. |
| RELATIONS THERMIQUES DE L'OCÉAN, par H. ARCTOWSKI et H. R. MILL. | *LES GLACIERS, par H. ARCTOWSKI Frs 35.50 |
| *DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ DE L'EAU DE MER, par J. THOULET. Frs 7.50 | ÉTUDE DES ROCHES, par A. PELIKAN. |
| *RAPPORT SUR LA DENSITÉ DE L'EAU DE MER, par H. ARCTOWSKI et J. THOULET. Frs 3.00 | QUELQUES PLANTES FOSSILES DES TERRES MAGELLANIQUES, par M. GILKINET. |

VOLUMES VI, VII, VIII ET IX.

BOTANIQUE ET ZOOLOGIE.

Botanique.

- | | |
|--|--|
| DIATOMÉES (moins <i>Chaetocérés</i>), par H. VAN HEURCK. | *HÉPATIQUES, par F. STEPHANI) |
| PERIDINIENS ET CHAETOCÉRÉS, par FR. SCHÜTT. | *MOUSSES, par J. CARDOT) |
| ALGUES, par E. DE WILDEMAN. | CRYPTOGAMES VASCULAIRES, par M ^{me} BOMMER. |
| *CHAMPIGNONS, par M ^{mes} BOMMER et ROUSSEAU Frs 9.50 | *PHANÉROGAMES, par E. DE WILDEMAN . . . Frs 62.50 |
| *LICHENS, par E. A. WAINIO » 12,00 | |

Zoologie.

FORAMINIFÈRES, par VAN DEN BROECK.		*ACARIENS LIBRES, par Dr TROUSSERT, et A. D. MICHAEL	} Frs 7,50
RADIOLAIRES, par FR. DREYER.		*ACARIENS PARASITES, par G. NEUMANN	
TINTINOIDES, par K. BRANDT.		*ARAIGNÉES ET FAUCHEURS, par E. SIMON	} Frs 11,00
*SPONGIAIRES, par E. TOPSENT	Frs 16,00	*MYRIAPODES, par C. v. ATTEMS	
*HYDRAIRES, par C. HARTLAUB	» 8,50	*COLLEMBOLLES, par V. WILLEM	} Frs 19,50
SIPHONOPHORES, par C. CHUN.		*ORTHOPTÈRES, par BRUNNER VON WATTENWYL.	
*MÉDUSES, par O. MAAS	Frs 8,50	*HÉMIPTÈRES, par E. BERGROTH	} Frs 25,00
ALCYONAIRES, par TH. STUDER.		*COLÉOPTÈRES, par E. ROUSSEAU, A. GROUVELLE, H. SCHOUFEDEN, E. BRENSKE, BOILEAU, BOURGEOIS, E. OLIVIER, L. FAIRMAIRE, G. STIERLIN, A. BOVIE et A. LAMEERE	
*PENNATULIDES, par H. F. E. JUNGENSEN	» 3,00	*HYMÉNOPTÈRES, par C. EMERY, J. TOSQUINET, E. ANDRÉ et J. VACHAL	} Fr. 1.00
*MADRÉPORAIRE et HYDROCORALLIAIRES, par E. v. MARENZELLER	} Frs 5,00	*DIPTÈRES, par J. C. JACOBS, TH. BECKER et E. H. RÜBSAAMEN	
*ACTINIAIRES, par O. CARLGRÉN			*SCAPHOPODES, par L. PLATE
CTÉNOPHORES, par C. CHUN.		*GASTROPODES ET LAMELLIBRANCHES, par P. PELSENER	
*HOLOTHURIDES, par E. HÉROUARD	Frs 5,00	*CÉPHALOPODES, par L. JOUBIN	} Frs 48,00
*ASTÉRIDES, par H. LUDWIG	» 19,50	TUNICIERS, par E. VAN BENEDEN.	
*ÉCHINIDES ET OPHIURES, par R. KÖHLER	» 17,50	*POISSONS, par L. DOLLO	} Frs 48,00
CRINOIDES, par J. A. BATHER.		BILE DES OISEAUX ANTARCTIQUES, par P. PORTIER.	
PLANAIRE, par L. BÖHMIG.		OISEAUX <i>Biologie</i> , par E. G. RACOVITZA.	} Frs 24,00
CESTODES, TRÉMATODES ET ACANTHOCÉPHALES, par P. CERFONTAINE.		OISEAUX <i>Systématique</i> , par HOWARD SAUNDERS.	
*NÉMERTES, par BÜRGER	Frs 4,50	*CÉTACÉS, par E. G. RACOVITZA	} Frs 24,00
*NÉMATODES LIBRES, par J. G. DE MAN	» 23,00	EMBRYOGÉNIE DES PINNIPÈDES, par E. VAN BENEDEN.	
NÉMATODES PARASITES, par J. GUIART.		*ORGANOGENIE DES PINNIPÈDES. I. Les extrémités, par H. LEBOUÇQ.	} Frs 5,50
CHAETOGNATHES, par O. STEINHAUS.		ORGANOGENIE DES PINNIPÈDES. II. par BRACHET.	
GÉPHYRIENS, par J. W. SPENGLER.		ENCÉPHALE DES PINNIPÈDES, par BRACHET.	} Frs 4,00
OLIGOCHÈTES, par P. CERFONTAINE.		PINNIPÈDES (<i>Biologie</i>), par E. G. RACOVITZA.	
POLYCHÈTES, par G. PRUVOT et E. G. RACOVITZA.		*PINNIPÈDES (<i>Systématique</i>), par E. BARRETT-HAMILTON	} Frs 4,00
*BRYOZOAIRES, par A. W. WATERS	Frs 27,50	BACTÉRIES DE L'INTESTIN DES ANIMAUX ANTARCTIQUES, par J. CANTACUZÈNE.	
*BRACHIOPODES, par L. JOUBIN	» 5,00	LA BIOGÉOGRAPHIE DE L'ANTARCTIDE, par E. G. RACOVITZA.	
ROTIFÈRES ET TARDIGRADES, par C. ZELINKA.			
PHYLLOPODES, par HÉROUARD.			
*OSTRACODES, par G. W. MÜLLER	Frs 2,50		
*COPÉPODES, par W. GIESBRECHT	Frs 25,00		
*CIRRIPÈDES, par P. P. C. HOEK	» 2,00		
CRUSTACÉS ÉDRYOPHTHALMES, par CH. PÉREZ			
SCHIZOPODES ET CUMACÉS, par H. J. HANSEN			
CRUSTACÉS DÉCAPODES, par H. COUTIÈRE.			
PYCNOGONIDES, par G. PFEFFER.			
PÉDICULIDES, par V. WILLEM.			

VOLUME X.

ANTHROPOLOGIE.

MEDICAL REPORT, par F. A. COOK.	
REPORT UPON THE ONAS, par F. A. COOK.	
A YAHGAN GRAMMAR AND DICTIONARY, par F. A. COOK.	

REMARQUES. — Par la suite, plusieurs autres mémoires s'ajouteront à cette liste.

Il ne sera éventuellement mis en vente que cinquante collections complètes des mémoires. Ceux-ci pourront être acquis, séparément, aux prix indiqués sur la présente couverture :

- à BRUXELLES, à l'Office de publicité, **LEBÈGUE & C^{ie}**, 40, rue de la Madeleine,
- à PARIS, chez **LE SOUDIER**, 174-176, Boulevard Saint-Germain,
- à BERLIN, chez **FRIEDLÄNDER**, 11, Karlstrasse, N. W. 6,
- à LONDRES, chez **DULAU & C^o**, 37, Soho Square, W.
- à NEW-YORK, chez **PUTNAM'S Sons**, 27 W, 23^d street.

Ces prix seront réduits de 20 % pour les personnes qui souscriront à la série complète des mémoires chez l'un des libraires désignés ci-dessus. Toutefois, lorsque la publication sera terminée, les prix indiqués sur cette liste seront majorés de 40 %, pour les mémoires vendus séparément, et de 20 %, pour les mémoires vendus par série complète



