

Geol.

# MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série D — Tome IX — 1959

## PHÉNOMÈNES PÉRIGLACIAIRES ET ACTIONS ÉOLIENNES AUX ILES DE KERGUELEN

par

E. AUBERT DE LA RUE

Les reconnaissances réalisées dans l'Archipel de Kerguelen, entre 1928 et 1931, m'avaient amené à y découvrir de nombreux exemples de divers phénomènes de solifluxion liés à l'action du gel (1). De nouvelles recherches, accomplies entre 1949 et 1953, m'ont permis de compléter et de préciser ces premières observations et de les étendre à d'autres parties du pays, notamment à la péninsule Courbet, où les phénomènes cités ont un grand développement. Des formes de terrain, nouvelles pour l'archipel, ont été reconnues. D'autres, au contraire, assez habituelles dans les régions arctiques, n'ont pu être observées, les cercles de terre, les buttes gazonnées et les tourbières cordées notamment.

Le but de cette note est de présenter un inventaire des différents types de phénomènes périglaciaires que j'ai pu identifier dans l'ensemble des Kerguelen. Les uns sont directement liés à l'action du gel, mais pour d'autres intervient l'effet du vent, dont il est difficile d'estimer la part exacte, les deux facteurs s'exerçant le plus souvent conjointement.

Diverses circonstances font des Kerguelen un lieu d'élection pour les phénomènes périglaciaires, dont l'extension imprime au paysage une physionomie très spéciale sur de grandes surfaces. Parmi celles-ci prend place, en particulier, le retrait de la glaciation pléistocène, se poursuivant de nos jours d'une façon accélérée. Les glaciers sont encore largement représentés néanmoins, par l'*icefield* de Cook, par les calottes des monts Richards et Ross et par celle de la péninsule Rallier du Baty, qui occupent encore, au total et très approximativement, un millier de kilomètres carrés dans l'Ouest de la Grande Terre. En se retirant, l'*inlandsis*, qui submergea entièrement le territoire, abandonna un manteau de débris, principalement sous forme de moraine de fond ou *till*, bien développé au-dessous de 500 à 600 m d'altitude. Les autres facteurs propres à favoriser la formation des sols structuraux sont la rareté et la dispersion de la végétation, localisée principalement entre le rivage et la cote 400, le climat très pluvieux et modérément froid, marqué par de constantes alternances de gel et de dégel et enfin une grande humidité du sol, due à des

(1) Étude géologique et géographique de l'Archipel de Kerguelen. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 231 p., Paris, 1932.

O. R. S. T. O. M.

5 NOV. 1968

Collection de Référence

n° 6/2519

précipitations abondantes. Cette humidité est néanmoins assez surprenante, car j'ai pu constater qu'il n'existe nulle part, au moins jusque vers l'altitude de 1.000 m, dans la zone normalement libre de glacé et de névés, celle précisément où se développent les phénomènes envisagés, de sous-sol gelé en permanence (*Tjäle, permafrost*) qui puisse former un niveau imperméable, comme dans la toundra boréale. En son absence, on ne trouve même pas de dépôts superficiels ni de roches d'une étanchéité susceptible d'expliquer la permanence de cette humidité. Les laves diverses constituant l'archipel, où dominent les basaltes, sont généralement très diaclasées et les moraines et limons glaciaires qui les recouvrent sont surtout sableux et pauvres en matières argileuses. Cet excès d'humidité superficielle, qui est constant, ne s'explique guère que là où s'étendent des tourbières, capables d'absorber et de retenir d'énormes quantités d'eau. C'est le cas aux faibles altitudes, au-dessous de 250 m, mais nullement plus haut, où cependant le terrain est constamment détrempé en l'absence de tourbières.

#### CLIMAT

Les îles de Kerguelen sont situées sous des latitudes moyennes (48°-50° Sud) et soumises à un climat assez spécial, dont les caractéristiques sont utiles à rappeler. Il est le type du climat océanique subantarctique, offrant, du point de vue thermique, de fortes analogies avec le climat des hautes montagnes tropicales. C'est un régime d'étés sans chaleur et d'hivers peu rigoureux, avec des températures mensuelles très uniformes, généralement comprises entre + 2° et + 7°5, avec une moyenne annuelle de 4°7 pour les années présentes, contre 3°2 seulement dans le premier quart de ce siècle. Un adoucissement sensible est donc survenu, que souligne du reste le relèvement de la limite des neiges persistantes qui, de 700 à 800 m en 1930, est passée maintenant à 1.000 m environ. Si les écarts mensuels de température sont faibles, les amplitudes diurnes peuvent être assez accusées, de l'ordre de 10° à 12°. Les températures extrêmes observées jusqu'à ce jour, sous abri, ont été respectivement de — 8°6 (septembre 1902) et de + 22°1 (décembre 1952). Le plus souvent, cependant, le thermomètre se maintient entre + 3° et + 11° de décembre à avril et entre — 2° et + 5° pendant le reste de l'année. La température du sol, celle qui intéresse le plus directement les phénomènes dont nous allons parler, accuse des amplitudes un peu plus fortes, les minimums étant habituellement de 2° à 3° inférieurs à ceux relevés sous abri. Il en résulte que des gelées nocturnes peuvent se produire en toute saison, même au cœur de l'été, bien que très légères. Dans la période présente, on enregistre des gelées au sol en moyenne pendant 200 jours par an, contre 120 seulement sous abri. Elles sont peu accusées, même en hiver, de l'ordre de quelques degrés tout au plus d'habitude, et s'abaissent rarement à — 8° et très exceptionnellement, une fois par an tout au plus, même pas toutes les années, à — 12°. L'hiver des îles Kerguelen est donc marqué par une douceur relative, avec des coups de froid brefs et peu prononcés, durant quelques jours à peine et ne tombant normalement pas au-dessous de — 5° à — 7°, séparés par de longues séries de temps assez doux. Les jours

de gel intégral sont rares et même en hiver le dégel est presque quotidien.

En grande partie dénudé et rocailleux, le sol se refroidit très rapidement la nuit, mais il s'échauffe de même dès que le soleil se montre et la fusion de la neige est fortement accélérée par la présence des roches qui percent un peu partout la couche, habituellement mince et irrégulière, et sont autant de points de rayonnement de chaleur.

Les données ci-dessus s'appliquent uniquement à la zone littorale. Comme le pays offre une configuration accidentée, avec des plateaux étagés entre 200 et 800 m, dominés par des sommets nombreux qui atteignent et dépassent 1.000 m, le mont Ross, point culminant, en ayant plus du double, il se trouve être en grande partie soumis à des températures plus basses que celles indiquées et à des gelées plus fréquentes, en fait presque quotidiennes. L'abaissement de température étant en général de 0°8 par 100 m d'altitude, il est normal d'admettre que les gelées nocturnes, au sol, sont très fréquentes à partir de la cote 300. C'est effectivement ce que j'ai pu constater en maintes occasions, même en été.

Une oscillation aussi constante de la température autour de 0°, tout au long de l'année, sur une grande partie du territoire, est très propice aux phénomènes de solifluxion.

D'autres éléments du climat nous intéressent également ici, en particulier les précipitations atmosphériques. Les mesures, faites jusqu'à présent uniquement dans le Sud-Est du pays, indiquent une moyenne annuelle de l'ordre de 1.000 mm. Il est très probable que les montagnes et surtout l'Ouest élevé de la Grande Terre reçoivent un total nettement supérieur, sans doute de près du double en certains points. Dans l'ensemble, les précipitations sont régulièrement réparties au cours des différents mois et les périodes sèches, pouvant survenir à n'importe quelle époque, n'exèdent pas une quinzaine de jours.

L'enneigement hivernal est très irrégulier jusqu'à une altitude voisine de 700-750 m. Ceci tient, d'une part au temps doux et de l'autre à la violence du vent, qui ne tarde pas à balayer la neige sur de grandes surfaces, l'amoncelant dans certaines dépressions ou l'entraînant à la mer. Pendant toute l'année 1952, je n'ai compté que 36 journées complètes d'enneigement général, réparties entre mai et octobre. Cet enneigement a été total pendant cinq jours consécutifs seulement en mai, et six en juin. On voit donc que la neige ne forme pas ici sur le sol une couverture protectrice. Elle n'est qu'une source d'humidité.

Le vent, par sa constance et sa violence, est un élément essentiel du climat. Il oscille le plus souvent entre le Nord-Ouest et le Sud-Ouest. Ses effets mécaniques seront examinés plus loin, mais, il convient d'insister ici sur l'action réfrigérante qu'il exerce sur les sols humides, facilitant les gelées superficielles.

En résumé, le climat des îles Kerguelen est caractérisé par la fréquence des alternances de gel et de dégel, mais il s'agit de gelées peu prolongées, ni accentuées, dont l'effet ne se fait normalement pas sentir, au plus fort de l'hiver, dans les parties basses de l'archipel, à plus de 5 cm de profondeur, excluant donc complètement la présence d'un sous-sol

gelé en permanence. Il est probable qu'en altitude la couche superficielle durcie par le froid durant l'hiver est un peu plus considérable, mais il m'a semblé que même en montagne, au moins jusqu'à 1.000 m, le sol ne demeurait pas gelé en permanence. Au cours d'une ascension du mont Crozier (1.040 m), le 17 février 1952, donc au cœur de l'été, mais à la suite d'une nuit froide, j'ai remarqué qu'une poche de boue n'était gelée que sur une épaisseur de 5 cm, demeurant fluide en dessous.

#### NATURE DES DÉPÔTS AFFECTÉS PAR LA SOLIFLUXION

L'extension des dépôts superficiels d'origine glaciaire, aux dépens desquels s'exerce le plus souvent l'action du gel, et le type de climat régnant aux îles de Kerguelen favorisent grandement les phénomènes de gélivation et de solifluxion qui caractérisent les régions périglaciaires. Certains de ceux-ci se trouvent néanmoins freinés par la faible proportion de substances argileuses kaoliniques associées aux matériaux des moraines et aux dépôts fluvio-glaciaires. La rareté de ces substances tient en grande partie à la nature des roches dont sont faites les Kerguelen, des laves en presque totalité et pour la majeure partie de nature basaltique, accompagnées de types effusifs divers (andésites, trachytes, phonolites). Ces roches ignées subissent une forte désagrégation mécanique, mais leur altération chimique, sous ce climat froid, est lente et fournit peu de substances argileuses capables de servir de liant aux éléments rocheux. À l'argile plastique, absente ou presque des matériaux glaciaires, se substituent diverses matières colloïdales permettant la formation de sols structuraux. C'est le cas de la tourbe qui, à l'état remanié, donne des boues fréquemment mélangées aux graviers de surface. La diatomite joue un rôle analogue. On sait que celle-ci se rencontre souvent mélangée à la tourbe, ainsi qu'en intercalations pures au milieu de cette dernière. Des quantités importantes de diatomite sont libérées lors de la destruction des tourbières mortes par les effets de déflation du vent. De minuscules fragments de ponce trachytique, formant un peu partout des dépôts d'origine éolienne, sont également présents parmi les matériaux des moraines.

Mlle S. CAILLÈRE, sous-directrice du Laboratoire de Minéralogie du Muséum, a eu l'obligeance d'examiner une dizaine d'échantillons que j'avais prélevés parmi des sols affectés par des phénomènes périglaciaires. Elle m'a signalé l'absence d'argile kaolinique dans la totalité d'entre eux et la présence, dans quelques échantillons seulement, de montmorillonite. Cette substance, privée de toute qualité plastique, indique un stade d'altération chimique très peu avancé des roches de l'archipel.

#### PIPEKRAGES (KAMMEIS)

Le rôle de la glace fibreuse, que l'on a coutume de désigner par le terme anglais de *pipekrages*, se formant par exsudation sur les terrains très humides, s'élevant verticalement par les interstices du sol, comme si ces minces éléments juxtaposés sortaient d'une filière, intervient dans la genèse de nombreux phénomènes périglaciaires. Son rôle m'a semblé

prépondérant dans certains d'entre eux. Cette glace fibreuse se forme principalement, aux Kerguelen, sur la tourbe compacte, là où elle est privée de végétation, sur les amas éoliens sableux et ponceux, sur les limons glaciaires et les graviers morainiques.

En montagne, les *pipekrakes* apparaissent très souvent la nuit, en toute saison, à partir de quelques centaines de mètres d'altitude, mais ils fondent en été dans le courant de la matinée suivante. Lorsqu'ils ont disparu et que le temps est calme et beau, leur trace demeure reconnaissable aux rides humides et friables de matériaux fins et sablonneux qu'ils ont soulevés pendant la nuit précédente. Il n'est pas exceptionnel de voir se produire de la glace fibreuse pendant les nuits froides de l'été, même à de très faibles altitudes. J'ai constaté le fait dans diverses vallées à partir de la cote 100.

Normalement, les *pipekrakes* des parties basses et ceux d'été en montagne, mesurent de 4 à 5 cm de haut. Les plus longs rencontrés en hiver, le 12 août 1952, au cours d'une reconnaissance dans le massif du Crozier, entre 400 et 500 m, parmi des espaces pierreux libres de neige, mesuraient de 8 à 10 cm.

La glace fibreuse ne peut se former là où existe une végétation un peu fournie, comme les prairies d'*Acaena* et les étendues de tussock (*Poa Cookii*), mais elle l'empêche de se reconstituer là où des déchirures accidentelles se produisent. Celles-ci ont habituellement pour origine des terriers de Pétrels et de Lapins, rapidement agrandis par le vent. Cette forme de glace, liée aux sols humides, participe donc activement à leur émiettement. On ne saurait sous-estimer, dans un territoire comme les Kerguelen, l'importance de ce facteur d'érosion. La quantité de matériaux que les *pipekrakes* désagrègent et soulèvent est considérable. Ils facilitent les effets de déflation du vent et lui fournissent une quantité notable des matériaux fins qu'il transporte. Quelques chiffres en donneront une idée.

En hiver, à 1 km au Sud de Port-aux-Français, sur un amas éolien de petites ponces assez fortement agglutinées par l'humidité, j'ai décapé une surface horizontale de 20 cm de côté, afin d'éliminer tous les matériaux précédemment soulevés qui pouvaient subsister. Après une nuit de gel de  $-3^{\circ}$  sous abri (environ  $-5^{\circ}$  au sol), j'ai recueilli tous les *pipekrakes* formés sur cette surface pour en extraire les particules pierreuses et terreuses soulevées. Une fois séchées, le poids de celles-ci correspondait à un total de 9 kg 395 par mètre carré. Une autre mesure a été faite sur les pentes de la presqu'île du Prince de Galles, en hiver également, à la suite d'une gelée modérée. Elle intéressait des dépôts morainiques, mais en choisissant une surface libre de grosses roches, formée de menus graviers. La quantité de ceux-ci, soulevés et pris dans des *pipekrakes* de 4 à 6 cm de haut, équivalait, une fois séchés, à un poids de 13 kg 500 par mètre carré.

L'effet de la glace fibreuse ne se limite pas aux matériaux fins. Elle peut également déchausser et soulever (d'une hauteur de 2 cm en une nuit) des blocs de roche de plusieurs kilos. On conçoit que sur des terrains inclinés de tels soulèvements peuvent, répétés, largement participer à la formation des éboulis.

## GÉLIVATION

Les laves des Kerguelen sont pour la plupart très gélives, aussi bien les basaltes que les andésites, trachytes et phonolites. Elles le sont d'autant plus qu'elles sont plus vitreuses et ont une structure plus compacte. Indépendamment du gel, mais favorisant son action, la fissuration de beaucoup de ces laves est très grande. Elle tient à des causes diverses telles que l'aplatissement et l'orientation des cristaux de feldspath chez certaines andésites au débit feuilleté, à la présence de fissures de retrait chez les basaltes prismés (Ile Suhm, Roches Jumelles, etc.), à de grandes diaclases parallèles, communiquant à la roche une structure un peu schisteuse et qui semble provenir d'efforts dynamiques secondaires (trachytes du Dôme Rouge, basaltes de Port-aux-Français, etc.).

Contrairement aux laves homogènes et compactes, les types finement vacuolaires, scoriacés, les tufs et brèches volcaniques, ne donnent pas de fragments anguleux, mais se désagrègent et s'effritent sous l'action du gel, donnant des graviers et des sables grossiers.

La gélivation des roches se produit à toutes les altitudes. Dans les parties basses, de relief moins accidenté, la couverture morainique et les tourbières assurent aux roches du substratum une certaine protection, mais les pointements rocheux et les escarpements du littoral sont habituellement éclatés et environnés d'amoncellement de débris (Pl. I, fig. B). Avec l'altitude, les effets de la gélivation ne font que s'accroître et au-dessus de 500 à 600 m, ce qui correspond, nous l'avons vu, à peu près à la limite supérieure de la moraine de fond, la surface des gradins et des plateaux basaltiques est réduite à des étendues de roches anguleuses, chaotiques et instables, que l'on a souvent beaucoup de difficulté à traverser. Les sommets des montagnes ne sont, eux-mêmes, le plus souvent, que des accumulations croulantes de blocs extrêmement fragmentés et l'effritement extrême des laves dont sont faits les sommets escarpés libres de neige rend parfois délicate l'ascension de montagnes d'une altitude pourtant modérée. De fréquents reliefs pyramidaux, provenant du morcellement, par le jeu des failles et de l'érosion, de puissants entablements d'innombrables nappes basaltiques, offrent, dans l'ensemble, une plus grande résistance à la démolition par le gel que beaucoup de pitons trachytiques et phonolitiques, qui peuvent être littéralement enfouis sous leurs propres débris.

Cette fragmentation des surfaces rocheuses s'accompagne d'une augmentation de volume sensible, mais inégale, suivant la nature des laves. Les unes ont tendance, en éclatant, à donner de gros blocs anguleux, d'autres des fragments plus petits. Ce fait s'observe avec netteté vers le haut des Montagnes Vertes (Péninsule Courbet), entre 650 et 700 m, où des filons verticaux de trachyte blanc qui ont environ 1 m d'épaisseur, recoupent des basaltes d'une série ancienne. Les deux types de roches sont inégalement fragmentés et sur les espaces plats les débris des filons trachytiques se montrent en saillie par rapport au basalte, formant comme de grands tas très allongés (Fig. 1).

L'éclatement et l'exfoliation de certaines laves massives, sous l'influence du gel, a lieu parfois suivant des directions privilégiées. L'agencement des écailles rocheuses produites peut offrir, localement, sur des surfaces réduites, de curieux groupements concentriques. Ces figures, connues sous le nom de *roses de pierre*, ont été observées sur un filon de basanite de la face nord du mont Wyville Thomson, vers la cote 800 (Pl. IX, fig. B).

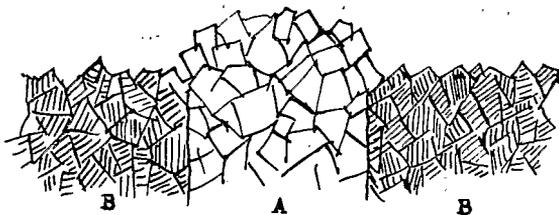


FIG. 1. — Éclatement de roches par gélivation et soulèvement inégal des fragments suivant la nature de la lave. Crête des Montagnes Vertes (Cote 650). — A. Filon de Trachyte; B. Basalte ancien.

Le gel intervient également dans la formation de nombreuses grottes et abris sous roche, où son action se combine avec celle, très énergique, du vent chargé de pluie ou de neige. Des laves d'une structure poreuse, que l'on rencontre aussi bien parmi les basaltes que les trachytes, mais plus spécialement chez leurs tufs, donnent lieu, du fait du gel, à des phénomènes de desquamation. Ceux-ci se produisent sur les parois internes des excavations naturelles, comme il en existe de nombreuses sur les pentes des vallées, dans les parties les plus directement exposées aux intempéries. Le sol de ces grottes est souvent jonché d'écailles de roche détachées par le gel, les parties les plus fines étant rapidement emportées par le vent. Telle est l'origine de nombreux abris sous roche.

D'une façon générale, tous les matériaux fins et légers, libérés par les phénomènes de gélivation et provenant de la démolition rapide des montagnes, sont entraînés par les eaux de ruissellement et par le vent pour une large part, comme le montre l'aspect souillé que prennent les champs de neige tardifs vers la fin de l'été.

La facilité avec laquelle se désagrègent les surfaces rocheuses exposées aux intempéries, principalement du fait du gel, explique la difficulté qu'il y a de rencontrer dans ces îles des surfaces montrant un poli glaciaire et des stries bien conservés. Ceux-ci n'existent que là où les roches moutonnées ont été préservées des actions atmosphériques par une couverture de *till*.

#### SOLS STRUCTURAUX A FIGURES GÉOMÉTRIQUES

Il s'agit des sols polygonaux et striés, communs dans tout l'archipel. Leur perfection et leur extension dépendent de la nature et de l'horizon-

talité du terrain. Ces sols sont étroitement associés à la présence de matériaux morainiques d'une relativement petite dimension, dont les parties pierreuses sont accompagnées d'une proportion notable de matériel fin, consistant d'ordinaire en un mélange de graviers et de limons glaciaires.

J'ai observé de tels sols un peu à toutes les altitudes, entre le niveau de la mer et 1.000 m, les plus élevés étant situés sur quelques surfaces plates restreintes proches du sommet du mont Werth (960 m) et du mont Crozier (1.040 m). D'une façon générale, ces sols à figures géométriques sont rares à proximité immédiate du littoral, même s'il existe là des terrains dénudés propices à leur développement. La zone des drumlins et les grandes étendues de moraines des plaines de l'Est (péninsule Courbet) en sont à peu près privées. Cette absence est assez inexplicable. C'est principalement entre les cotes 100 et 600 que le phénomène paraît être le plus fréquent.

### *Sols polygonaux*

Dans le cas de ce type de sol, le diamètre des cellules peut varier entre 0,20 m et 1,50 m, mais il est plus habituellement compris entre 0,30 m et 0,80 m. Les polygones de petite taille dominent aux basses altitudes et les plus grands apparaissent surtout en montagne, ce qui est conforme aux observations faites en d'autres contrées, les petits polygones étant considérés comme caractéristiques des régions à faible amplitude thermique.

La plupart des polygones examinés sont d'un type hétérogène, avec du matériel fin au centre et des débris rocheux plus grossiers à la périphérie, par suite du triage naturel s'opérant sous l'action à peu près incessante des *pipekrakes*, qui se forment dans les parties fines et soulèvent les éléments rocheux avec une tendance à les repousser progressivement vers l'extérieur. Il est en effet, habituel d'observer de tels *pipekrakes*, dont la fonte matinale laisse persister au centre des polygones une zone plus humide, légèrement bombée, due au soulèvement des matériaux qui n'ont pas encore eu le temps de se retasser.

De larges polygones, bien dessinés, sont visibles à la cote 500, dans la trouée séparant les monts Werth et Crozier, autour du lac du Col. D'autres, d'un diamètre supérieur, atteignant au maximum 1,20 m, affectent la moraine de fond sur le plateau (alt. 350 m) compris entre la rivière du Château et le Val Studer. Dans ce secteur apparaissent du reste des formes intermédiaires entre les cercles de pierre, à éléments assez grossiers, disposés en larges anneaux entourant une zone centrale de gravier (Pl. VII, fig. B) et des polygones caractéristiques. Au pied et juste à l'Est des Montagnes Vertes, autour de la cote 400, existent de grands polygones (1,50 m) qui, sur des pentes de 5° à 10°, n'ont subi aucune déformation.

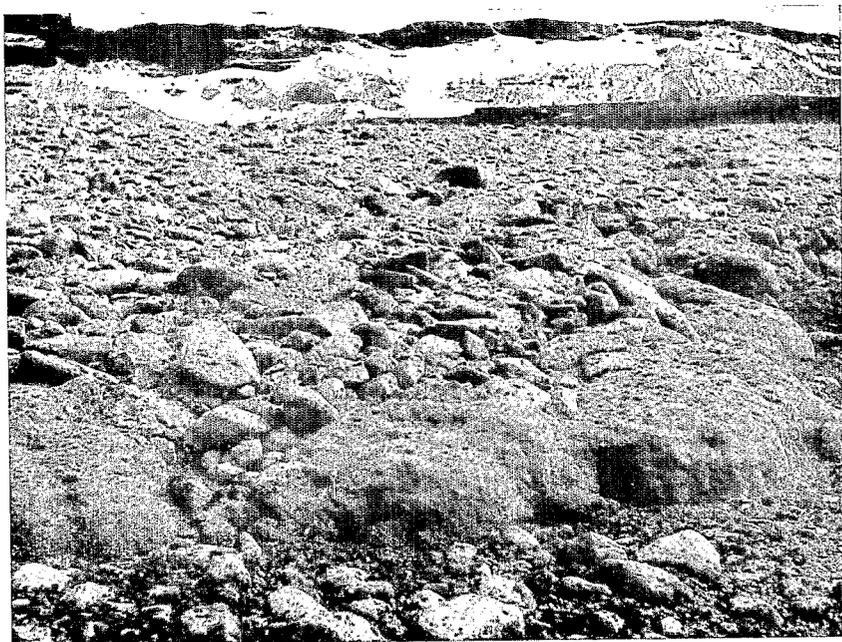
Jusqu'à présent, les sols polygonaux les plus parfaits ont été rencontrés sur les hauteurs dominant au Nord le lac d'Asté, dans les parties déprimées des roches moutonnées, où un mince placage morainique, très



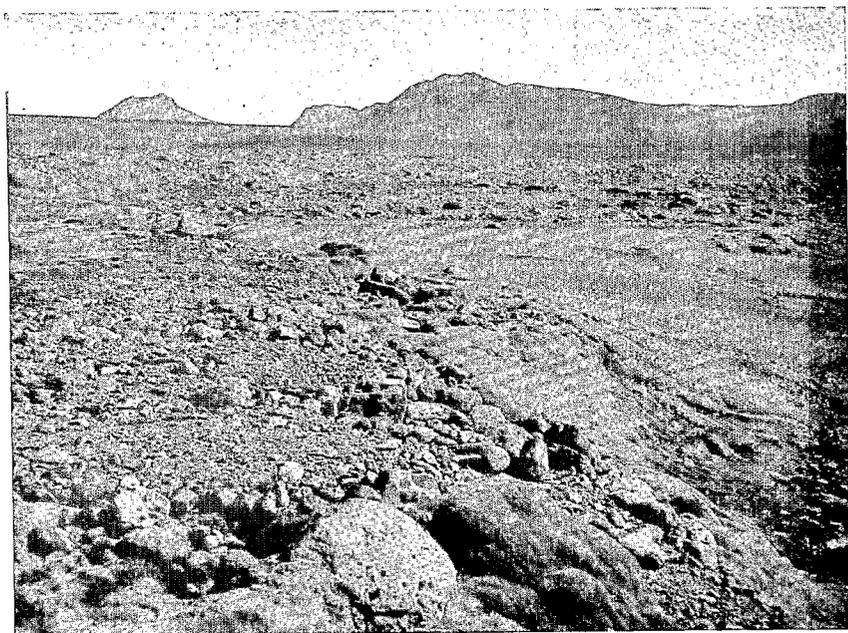
A. — A l'altitude de 900 m, au sommet du Mont Amery, surface basaltique tabulaire désagrégée par le gel, avec sol strié. Au fond : le Mont Crozier (1.050 m).



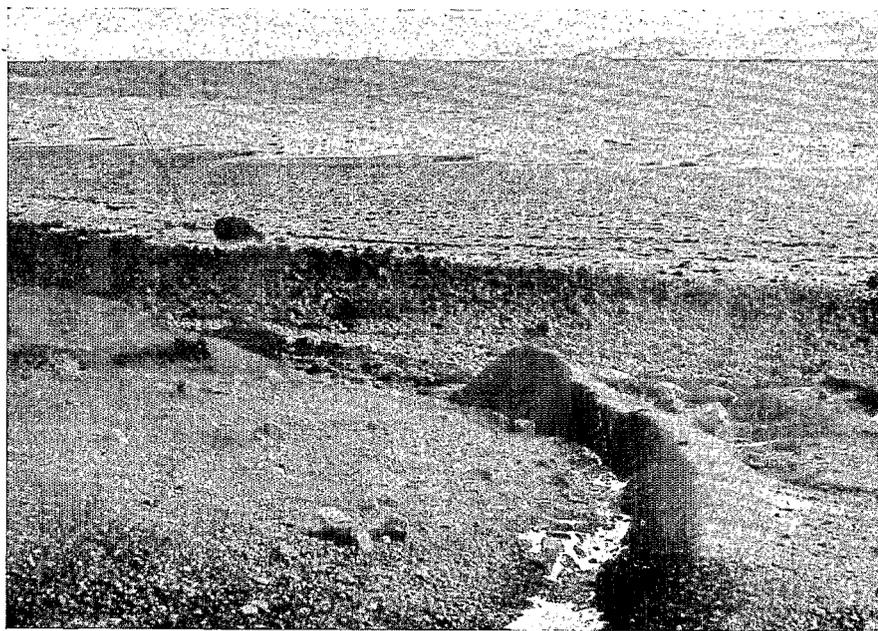
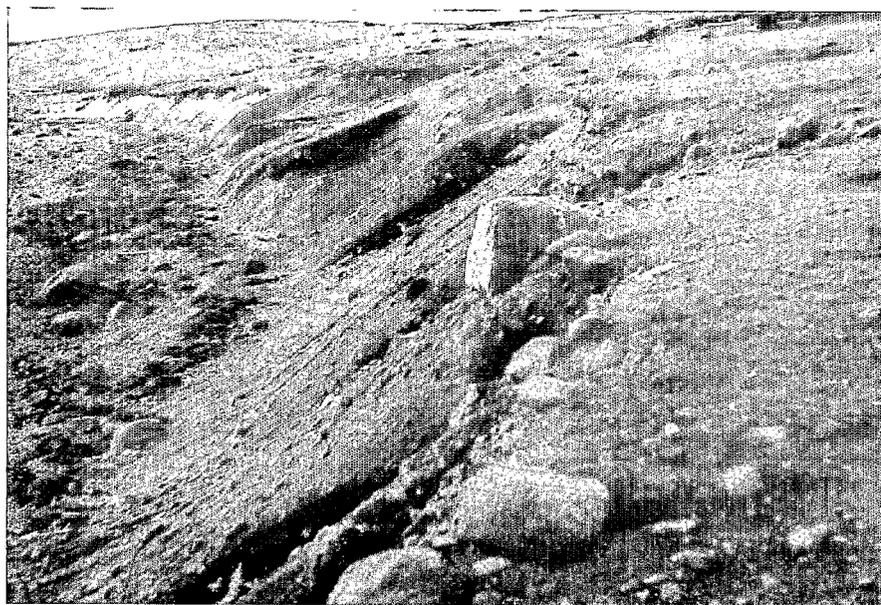
B. — Eclatement par le gel de basaltes fissuraux compacts, à l'altitude de 200 m environ, à l'Est de la Rivière des Cataractes.



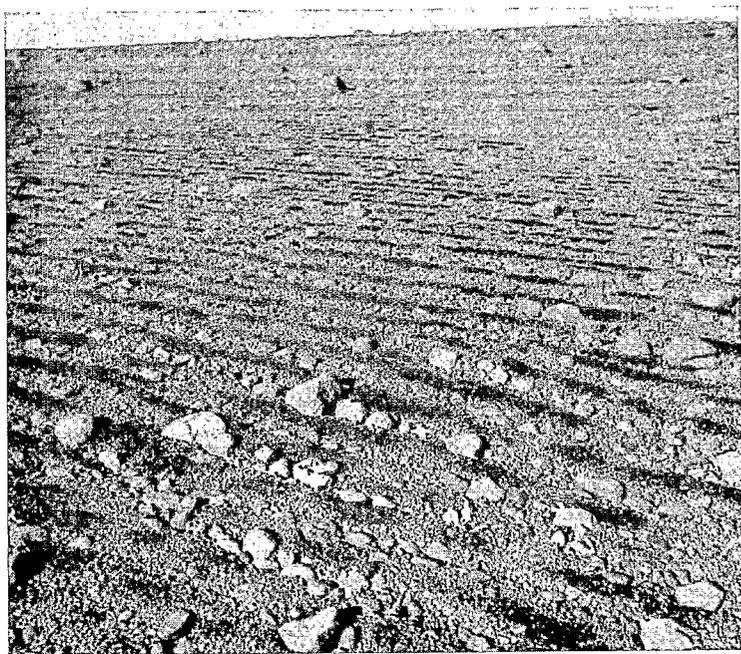
A. — Bourrelets de solifluxion, dus à l'écoulement lent de la moraine de fond, retenus par des touffes d'*Azorella selago*. Cirque du Château (Alt. 350 m).



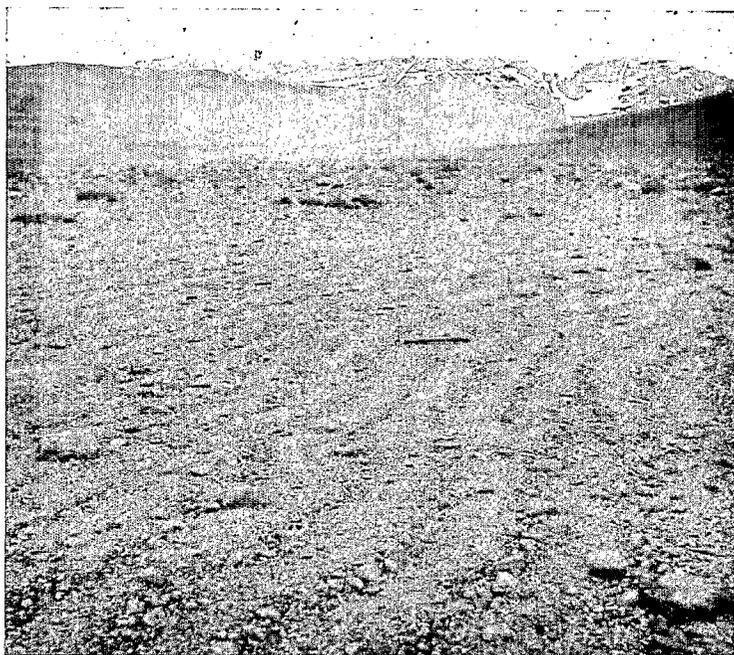
B. — Terrassette de solifluxion produite par l'écoulement de la moraine de fond, avec touffes d'*Azorella* à l'aval. Pentcs orientales du Mont Amery (Alt. 400 m).



A et B. — Coulées boueuses sur le bord de l'ancienne moraine de fond. Rive Ouest de l'Isthme Bas.



A et B. — Deux aspects de sols striés sur la surface sensiblement horizontale d'un drumlin.  
Pointe de l'Épave.



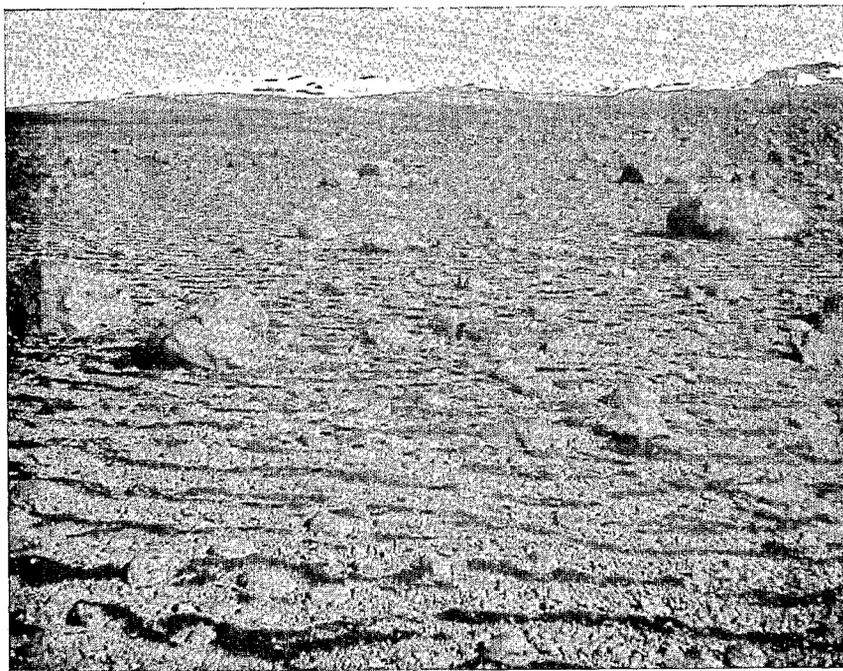
A. — Sol strié légèrement divagant sur une surface horizontale de la vallée des Glaciers (Alt. 200 m). Au loin, le Mont Werth (960 m).



B. — Sol strié à la cote 100, dans le val Suder.



A. — Rides de boue parallèles, dues à des *pipekrakes* et disposées perpendiculairement à la pente, sur des matériaux morainiques fins. Au pied du Pouce, cote 200.



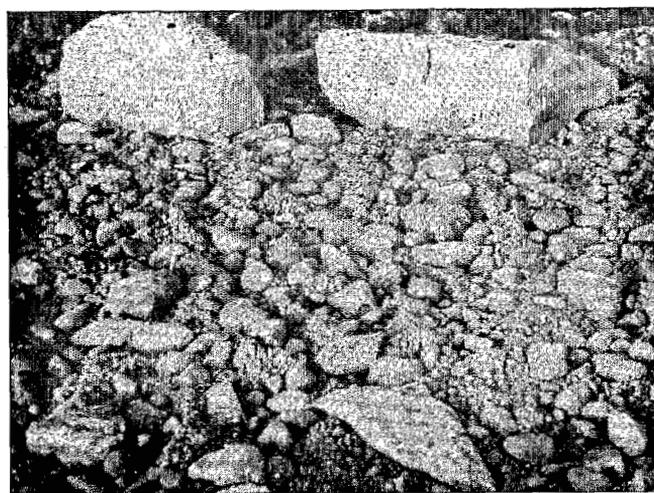
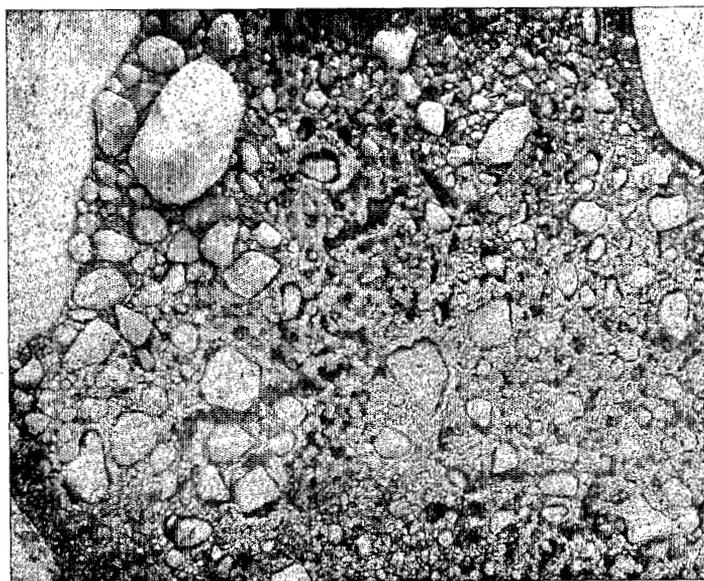
B. — Rides de boue produites par des *pipekrakes* sur la moraine de fond à peu près horizontale. Plaines de l'Est, à la cote 100. Au loin, le massif du Crozier (1.050 m).



A. — Sol polygonal sur un plateau basaltique (cote 150), au Nord du lac d'Asté.



B. — Cercles de pierres à l'altitude de 350 m sur le plateau séparant la rivière du Château du Val Studer.



A et B. — Sol gelé d'un drumlin à Port-aux-Français (cote 40). Les éléments les plus fins, entre les blocs, sont soulevés de plusieurs centimètres par des pipecrakes (La surface de chaque photographie correspond à environ 1 m carré).

fluide, repose sur des basaltes compacts et qui semblent imperméables (Pl. VII, fig. 1).

On peut également citer de bons exemples de tels sols réticulés au-dessus de Port-Jeanne d'Arc, dans un vallon suspendu à l'Ouest du lac Margot (cote 370) et à l'isthme du Lac (cote 450). Sur le rebord du plateau dominant la vallée du Radioléine (cote 875), vis-à-vis du mont Ross, les polygones affectent une disposition un peu spéciale, comme il arrive souvent en montagne, où l'on est en présence de roches éclatées exemptes d'éléments fins, ceux-ci étant rapidement entraînés par le vent et le ruissellement. Les polygones, mesurant de 50 à 80 cm, sont ici entièrement formés de débris anguleux, mais bien individualisés grâce à la présence d'un léger sillon périphérique, au lieu de l'habituel bourrelet de pierres plus grossières.

On vient de voir que la rareté relative des sols polygonaux dans l'ensemble du pays était sans doute dû au manque d'argile plastique et à la nature surtout sableuse des matériaux fins des moraines. En Islande, M. DERRUAU a fait une constatation semblable dans la partie centrale de l'île, sous la latitude de 65° N environ (Les formes périglaciaires du Labrador-Ungava. *Revue de Géomorphologie*, t. VII, p. 11-16, janvier-février 1956) et voit dans la granulométrie très sableuse des limons glaciaires, l'origine probable de la rareté des sols polygonaux en cet endroit.

#### Sols striés

Les sols striés m'ont semblés plus fréquents que le type précédent, bien qu'ils soient habituellement localisés, de préférence, dans les parties basses du pays. Contrairement à ce qui a lieu en d'autres contrées, où ces sols sont normalement associés à des terrains en pente modérée, ils semblent cantonnés ici sur des surfaces planes ou faiblement inclinées. Ceci peut expliquer leur localisation fréquente dans les fonds de vallée.

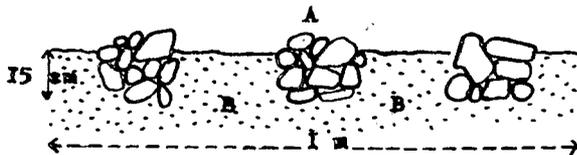


FIG. 2. — Coupe d'un sol strié à l'Ouest de la rivière du Château (Cote 225). — A. Bourrelet de fragments rocheux; B. Gravier argilo-sableux fin avec tourbe remaniée.

Cette forme de terrain consiste en alignements réguliers de matériaux triés, les uns fins, les autres grossiers, disposés en bandes alternantes. Celles-ci sont étroites et allongées, parfaitement rectilignes le plus souvent, mais à l'occasion un peu ondulantes et même assez sinueuses. Les bandes de matériaux fins sont normalement plus larges que les lisières de débris grossiers, mais ce n'est pas une règle absolue. L'inverse se remarque d'ailleurs et il peut y avoir aussi égalité entre les deux. D'une façon courante, les bandes de fragments rocheux sont toujours fortement en saillie par rapport aux parties fines. La zone médiane fine a de 20 à 30 cm de large, ses bords plus grossiers n'ayant guère plus de 5 à 10 cm.

Ce sont donc des dimensions sensiblement inférieures à celles des polygones. Pas plus que ceux-ci, les sols striés n'exigent de sous-sol gelé pour se former. Des blocs plus ou moins volumineux persistent çà et là parmi ces sols sans participer à leur structure. Les bandes contournent parfois certains d'entre eux, alors que d'autres sont indifféremment posés sur les zones fines ou grossières, comme s'ils avaient été apportés après l'élaboration de ces sols structuraux, ce qui n'est évidemment pas le cas.

Il est admis, dans les régions périglaciaires boréales, où les sols structuraux ont été beaucoup plus étudiés que dans le domaine subantarctique, que les sols striés dérivent de polygones et apparaissent lorsque la pente s'accroît. On les observe en général sur des pentes de 2°5 à 7°5, où ils prennent naissance par étirement des polygones sous l'effet de la pesanteur. Or, aux îles Kerguelen, il ne manque pas d'exemples où des sols striés sont situés sur des surfaces parfaitement horizontales; alors que, d'autre part, des polygones persistent, sans déformation, sur des pentes de 5° à 10°. Je pense que ceci tient à la faible plasticité du matériel, dû à la rareté de l'argile contenue dans les moraines. Une autre constatation intéressante, également en opposition à ce que l'on a noté dans les régions arctiques, est qu'ici les sols striés ne dérivent pas nécessairement de polygones. On peut parfaitement en voir se former sur des surfaces sensiblement horizontales, ainsi juste à l'Est de la pointe de l'Epave (Anse de l'Aurore Australe), à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, qui sont parmi les plus caractéristiques de l'archipel (Pl. IV, fig. A et B). D'une régularité surprenante, ils ne sont associés à aucune forme polygonale. Les bandes médianes de matériel fin ont ici environ 18 cm de large et celles, plus grossières, qui les encadrent, 8 cm.

De beaux sols striés se trouvent au pied des escarpements nord-est du mont Werth, à la cote 500, le long de la rive ouest du lac de la Source, sur un terrain rigoureusement horizontal. Plus haut encore, j'en ai observés, d'assez grossiers il est vrai, sur le sommet sensiblement tabulaire du mont Amery, à l'altitude de 900 m (Pl. I, fig. A).

L'origine de ces sols striés, souvent si réguliers et dont une partie au moins ne semblent pas provenir de polygones déformés, demeure obscure et je ne peux, pour l'instant, fournir aucune explication valable à leur sujet. Il y a peut-être lieu d'envisager l'intervention du vent. D'autres (Val Studer, vallée des Glaciers, etc.) appartiennent au type normal (Pl. V, fig. A et B).

Je dois m'étendre maintenant sur un type de sol strié franchement différent des précédents, dont les bandes offrent cette particularité d'être disposées transversalement par rapport à l'inclinaison du terrain. Ces sols consistent en d'étroits bourrelets de matériel fin, larges de 3 à 5 cm, qui apparaissent toujours en relief et peuvent mesurer environ 2 cm de hauteur. Ils sont de nature sableuse, assez régulièrement parallèles, espacés de 20 cm environ et n'ont pas plus de quelques mètres d'extension. D'autres bandes, identiques, les relaient à leurs deux extrémités, avec une légère interruption et souvent aussi un léger décalage. L'apparition en saillie des particules fines du sol est incontestablement le fait de *pipekrakes*. Ces bandes, légèrement sinueuses ou arquées me rappellent, à une

échelle très réduite, certaines rides de sable des régions désertiques, disposées perpendiculairement à la direction des vents régnants. Peut-être y a-t-il lieu, dans le cas de ces rides de cryoturbation alignées, de faire intervenir également le vent dans leur genèse ? Quant aux fragments rocheux un peu volumineux éparpillés sur ces sols, ils n'accusent aucune sorte de classement et leur présence ne paraît influencer que faiblement la disposition des rides qui tendent simplement à contourner les plus volumineux d'entre eux.

Afin de les distinguer des sols striés du type habituel, je suggère de donner à cette forme particulière et d'une genèse certainement différente, le nom de *sols ridés*, mieux adapté car ils ne présentent aucun sillon (Pl. VI, fig. A et B).

Je les ai observés pour la première fois en décembre 1949, vers la cote 250, sur les pentes inférieures Nord du Pouce. En 1952, j'ai revu des rides identiques sur de vastes étendues morainiques dans la partie ouest des Plaines de l'Est (péninsule Courbet), là où celles-ci se raccordent à la zone montagneuse, entre les rivières du Château et des Albatros. En cet endroit, la pente du terrain est plus faible qu'au Pouce, mais néanmoins sensible et les rides y sont disposées de la même façon transversale. Elles sont formées par une boue sablonneuse et leur nature humide les fait paraître plus foncées que les cailloutis environnants. Ces rides sont des formations assez éphémères, susceptibles d'être dispersées par un vent violent lorsqu'elles sont sèches ou par une pluie diluvienne, comme il en tombe fréquemment sur l'archipel. Elles réapparaissent toutefois aux premières gelées.

Sans doute doit-on rapprocher de la disposition de ces sols ridés, l'allure que prennent parfois les *pipekrakes* dans les trous de vent. Dans le fond plat, d'une large excavation naturelle, ouverte par le vent dans un amas éolien de petites ponces, à 1 km au Sud de Port-aux-Français, j'ai observé, pendant l'hiver 1952, des *pipekrakes* en bandes un peu ondulantes, très rapprochées, à surface terreuse, qui faisaient penser par leur allure à des ripplemarks. Leur orientation générale était N 25° W, donc perpendiculaire à un fort vent de Sud-Ouest qui venait de souffler sans interruption plusieurs jours durant.

#### REGS PÉRIGLACIAIRES

Il faut entendre par là des surfaces caillouteuses, uniformes et régulières, relativement plates, comme on en rencontre dans les endroits peu accidentés où s'étale la moraine de fond. On les retrouve également sur les parties planes ou doucement ondulées des drumlins et dans ces curieuses dépressions, très unies, peu profondes, qui paraissent dériver d'anciens étangs, asséchés pour une raison ou une autre. Une rare végétation, réduite à des touffes éparses de *Poa kerguelensis* et de *Colobanthus kerguelensis*, avec éventuellement, çà et là, des coussinets d'*Azorella selago*, recouvre ces étendues monotones de cailloutis.

Ces regs périglaciaires se distinguent par la dimension relativement

petite et homogène des fragments de roche juxtaposés qui les composent, de l'aspect que revêt normalement la moraine de fond, formée le plus souvent d'éléments grossiers, chaotiques et non classés. On ne peut les confondre non plus avec les champs de lave éclatée, car même lorsque les fragments sont uniformes, leur surface est beaucoup plus hérissée, avec de nombreuses aspérités. Une proportion variable de limons glaciaires accompagnent les *regs*, mais ces parties fines sont peu apparentes.

Le Plateau des Drumlins, à l'Est de l'anse de l'Aurore Australe (Pl. VIII, fig. A et B), les Plaines de l'Est, l'Isthme Bas offrent, par endroits, des *regs* périglaciaires d'une grande régularité. On peut en voir également dans la partie axiale de la presqu'île du Prince de Galles et sur l'isthme du Lac, endroits situés l'un et l'autre à l'altitude de 250 m, la plus élevée où de tels dépôts ont été observés. Plus haut, les champs de pierre sont partout trop inégaux et chaotiques, semble-t-il, pour que ce genre de phénomène puisse se produire.

Les éléments de ces *regs* ne sont jamais des galets bien roulés, d'origine fluviale ou marine, mais des éléments anguleux, vaguement arrondis parfois, provenant de dépôts morainiques. Suivant les endroits leur diamètre oscille généralement entre 5, 10 et 20 cm. Ce qui frappe, à première vue, c'est leur calibrage très homogène. Dans le détail, on remarque évidemment des exceptions, tels que des graviers ou des roches un peu plus grandes, mais l'ensemble produit une impression de grande régularité.

Il ne saurait être question d'expliquer, dans ces îles, le nivellement des *regs*, comme on a tenté de le faire ailleurs, par la surcharge de la couche hivernale de neige. Elle est beaucoup trop mince et inconstante pour avoir une influence quelconque. Il semble qu'on les rencontre de préférence dans les endroits où les dépôts meubles superficiels contiennent la plus forte proportion de matériaux fins (limon sableux d'origine glaciaire). A la moindre pluie un peu violente, le sol devient si détrempé en ces points que l'on y enfonce parfois jusqu'à la cheville et même plus profondément, dans une boue extraordinairement fluide, à laquelle les fragments rocheux superficiels donnent une impression trompeuse de fermeté. Le gel, les *pipekrakes* et le vent paraissent conjuguer leur action dans l'élaboration de ces sols pierreux qui rappellent beaucoup, par leur apparence, les *regs* des zones arides, d'où le nom donné à ce type de formation périglaciaire. Le gel paraît être responsable de la fragmentation assez uniforme des roches. Les *pipekrakes* élèvent et déchaussent progressivement ces éléments rocheux pris dans le sol et le vent emporte constamment au loin les particules fines formées ou soulevées par la glace fibreuse. C'est là une tentative d'explication imparfaite et provisoire de ce curieux type de sol.

Les *paysages périglaciaires* ressemblent aux *regs*, mais en plus parfaits. Leur origine est toutefois plus obscure encore. Je dois me borner à citer leur présence en quelques points limités et à décrire le plus typique de ceux observés, sans pouvoir donner d'explication valable quant à leur mode de formation. Ces paysages ont été observés sur le fond de petites dépressions humides et dans des étangs temporaires dus à une déchirure de la couverture de tourbe et faisant apparaître la moraine sous-jacente.

De beaux pavages naturels sont également visibles, çà et là, à la périphérie de certains étangs permanents, dans leur zone de débordement. Un exemple particulièrement frappant a été noté sur une partie dénudée d'une prairie d'*Acaena* de l'Isthme Bas (Fig. 3). Il n'y a pas ici de classement véritable et l'on remarque que ce n'est pas nécessairement la plus grande surface plate de la roche qui est visible, disposée horizontalement. Les fragments rocheux, de formes et de tailles diverses, sont pris ici dans un gravier mélangé de particules tourbeuses et ne forment qu'un revêtement superficiel.

#### TERRASSETTES OU BOURRELETS DE SOLIFLUXION

Le phénomène périglaciaire qui atteint dans l'archipel le développement le plus remarquable correspond aux terrassettes de solifluxion, se réduisant, lorsque diminue leur largeur, à une succession de gros bourrelets étagés. Ces formes de terrain, également connues ailleurs, sont désignées parfois sous les noms de *terrasses de cryoplanation* ou de *replats de cryoturbation* (1). Elles sont ici le résultat de l'extension considérable du manteau de débris (roches éclatées et moraine de fond) s'étendant sur toutes les pentes dont l'inclinaison est assez modérée pour qu'il puisse se maintenir sans donner lieu à des talus d'éboulis. La zone altitudinale où ce phénomène de solifluxion atteint son maximum d'ampleur se situe entre les cotes 100 et 500. On peut éventuellement observer de telles terrassettes plus bas, et plus haut également, mais guère au-dessus de 700 m.

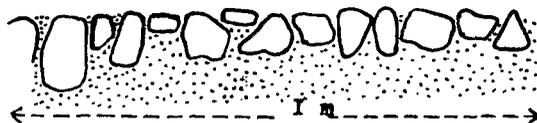


FIG. 3. — Pavage naturel de fragments rocheux sur le fond d'un trou de déflation de l'Isthme Bas. Les roches sont encastrées dans du gravier mélangé de tourbe.

L'écoulement lent vers l'aval de la moraine de fond, augmentée des débris rocheux résultant de la fragmentation par le gel des affleurements qui percent celle-ci, revêt des aspects quelque peu différents suivant la nature et le calibrage des matériaux dont elle est constituée. Lorsque ces derniers contiennent une proportion notable de parties fines et de boue, ils forment dans leur mouvement de reptation une succession de bourrelets parallèles plus ou moins rapprochés, légèrement arqués, dont la convexité est toujours tournée dans le sens de la pente. Ces bourrelets ont généralement de 0,40 m à 0,50 m de hauteur et correspondent à des temps d'arrêt dans le mouvement de descente de la masse rocheuse. Le talus aval, raide, est habituellement formé par de grosses roches. Des matériaux, souvent

(1) J. TRICART. — Cours de Géomorphologie, II<sup>e</sup> partie. Géomorphologie climatique Fasc. 1 : Le modelé des pays froids. — Centre de Documentation Universitaire, Paris.

tout aussi hétérogènes et chaotiques, s'accumulent en amont de l'obstacle, mais il n'est pas rare qu'ils soient dissimulés par des graviers et des boues étalés à leur surface. Ces matériaux fins constituent, dans certains cas, la majeure partie de la terrasse et deviennent, pour peu qu'ils soient saturés d'eau, des fondrières inconsistantes, où l'on peut s'enfoncer assez profondément, d'autant plus que rien ne trahit leur nature très mouvante. Ces terrassettes peuvent être très étendues dans le sens de leur longueur, mais leur largeur, d'ailleurs variable suivant la pente du terrain, est d'habitude relativement étroite.

Ces bourrelets rocailleux sont souvent maintenus et momentanément consolidés par des touffes et même des tapis continus d'*Azorella selago*, Ombellifère qui affectionne les pentes pierreuses très humides (P. II, fig. A et B). Grâce à cette végétation, l'écoulement des matériaux est sérieusement ralenti. Il serait intéressant de procéder à des mesures, qui n'ont pu être faites jusqu'à présent, sur la vitesse de ces écoulements rocheux.

Beaucoup de pentes présentent ainsi, sur toute leur hauteur, des successions de rides parallèles, horizontales ou légèrement arquées vers l'aval. De bons exemples de ce phénomène sont visibles au Sud de la Passe Royale, sur le flanc nord du plateau dominant Port-Navalo, au-dessus de la rive méridionale du Chenal de Buenos-Aires, sur les contreforts orientaux du mont Werth, vers la cote 400, etc.

En ouvrant, dans le grand cirque du massif du Château, certaines de ces terrassettes qui étaient recouvertes de graviers et de blocs inégaux, j'ai été surpris de trouver au-dessous, à partir de 15 cm de profondeur, une masse humide, d'apparence argilo-tourbeuse, exempte de fragments rocheux. Il n'y a pas lieu de généraliser cette observation et d'en conclure que la partie interne des terrassettes et des bourrelets de solifluxion est ainsi couramment formée par des matériaux fins. Ailleurs, en effet, des terrassettes éventrées, par suite d'une rupture accidentelle de leur talus aval, m'ont semblées surtout rocheuses. Il serait intéressant de procéder à une série d'observations méthodiques afin de voir dans quelle mesure la structure interne de cette forme de terrain obéit à une règle quelconque.

Si la pente s'accroît ou que l'apport des matériaux augmente localement, la gélivation libérant en un point de fortes quantités de fragments rocheux, le talus qui maintient en aval les bourrelets et les terrassettes peut céder brusquement. La brèche, ainsi ouverte, livre passage à des coulées de blocs, qui n'ont généralement pas une très grande importance, chevauchant tout au plus quelques bourrelets successifs. Lorsqu'elles sont nombreuses, elles finissent cependant par rompre, en certains endroits, le bel ordonnancement des rides horizontales qui affectent les pentes.

Des terrassettes d'une dimension réduite, moins continues également dans le sens horizontal, parent les flancs du mont Peeper, petit cône de projections surgissant dans les plaines de l'Est. Les matériaux affectés ici par la solifluxion sont à peu près uniquement des lapilli et des scories basaltiques rubéfiées, sans liant d'aucune sorte. La disposition des touffes

d'*Azorella* semble seule responsable ici de la formation des bourrelets, en maintenant des matériaux volcaniques légers que le ruissellement et la gravité ont tendance à entraîner vers l'aval.

#### COULÉES DE BLOCAILLES

Echappant au type d'écoulement très lent qui vient d'être décrit, des coulées boueuses ou pierreuses, mixtes le plus souvent, se produisent assez fréquemment (Pl. III, fig. A et B). Elles sont ordinairement localisées et d'un faible volume. Certaines prennent naissance sur les hauteurs et sont alors souvent canalisées dans leur descente, lente ou assez rapide, dans d'étroits couloirs rocheux, parfois fort raides, qui les conduisent au pied des montagnes, dans les vallées où elles s'étalent en cônes d'éboulis plus ou moins réguliers, donnant lieu aussi à des traînées et à des amas de roches chaotiques. Aucune de ces coulées de blocaille n'a une ampleur suffisante pour que l'on puisse les comparer aux *glaciers rocheux* du genre de ceux des îles Falkland.

D'une façon habituelle, les coulées boueuses ou de blocs que j'ai observées sont des phénomènes assez lents, procédant par à-coups lors de fortes pluies. Des glissements de terrains beaucoup plus importants surviennent à l'occasion. L'un des plus considérables s'est produit sur les pentes méridionales du mont Werth, le long du bras Karl Luyken, où il a été provoqué par le décollement de la moraine de fond sur une surface considérable. Cet éboulement a affecté une masse énorme de roches qui ont glissé jusque dans le fjord en édifiant un delta assez accusé. Les lichens incrustant ces roches indiquent qu'il s'agit là d'un accident déjà relativement ancien.

#### NICHES DE NIVATION

Les montagnes abondent en niches de nivation dont un grand nombre ont été récemment libérées du lobe de glace résiduel ou du névé qui s'y maintenait, à la suite de l'adoucissement du climat depuis quelques dizaines d'années. Ces niches s'observent surtout au-dessus de 500 m d'altitude. Il leur arrive d'être si profondes et accusées, que l'on peut être tenté, à distance du moins, de les prendre parfois pour des cratères latéraux égueulés. Le fond de ces cavités est souvent occupé par un étang qu'entourent des roches éclatées par le gel.

Etant donné le régime dominant des vents d'Ouest, on pouvait penser que ces niches sont plus nombreuses sur les versants orientaux des montagnes, où la neige s'amasse en plus grande quantité. Il ne semble pas que ce soit le cas et leur orientation apparaît très diverse, sans qu'il soit encore possible d'émettre une règle générale.

#### LES ACTIONS ÉOLIENNES

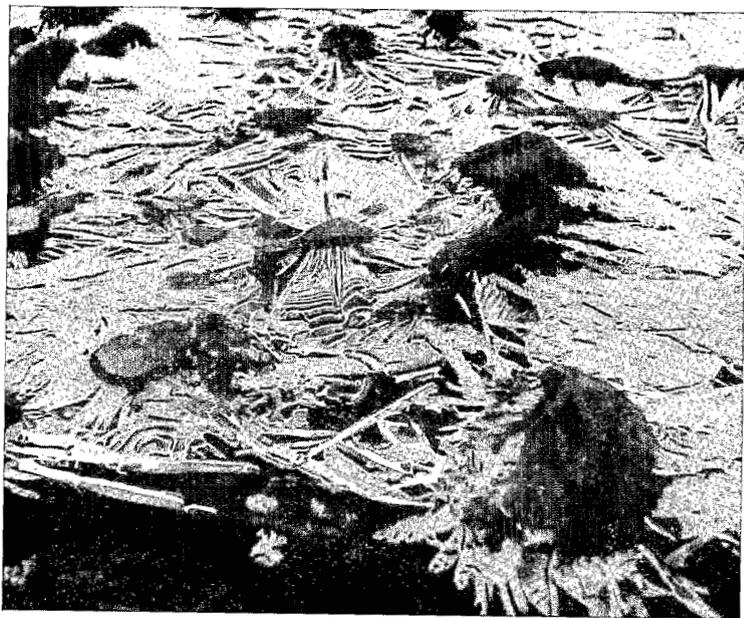
Malgré l'humidité considérable du climat, le vent joue un rôle certain dans le modelé superficiel du pays. Ses effets de déflation sont du

reste facilités, dans une large mesure, par cette humidité propice à l'action du gel. Les lapins apportent au vent, d'autre part, un précieux concours, car ces rongeurs, malencontreusement introduits en 1874, se sont multipliés de façon telle, qu'ils sont responsables de la dégradation du tapis végétal sur de grandes surfaces et de la disparition à peu près totale du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) et du tussock (*Poa Cookii*) en de nombreux points.

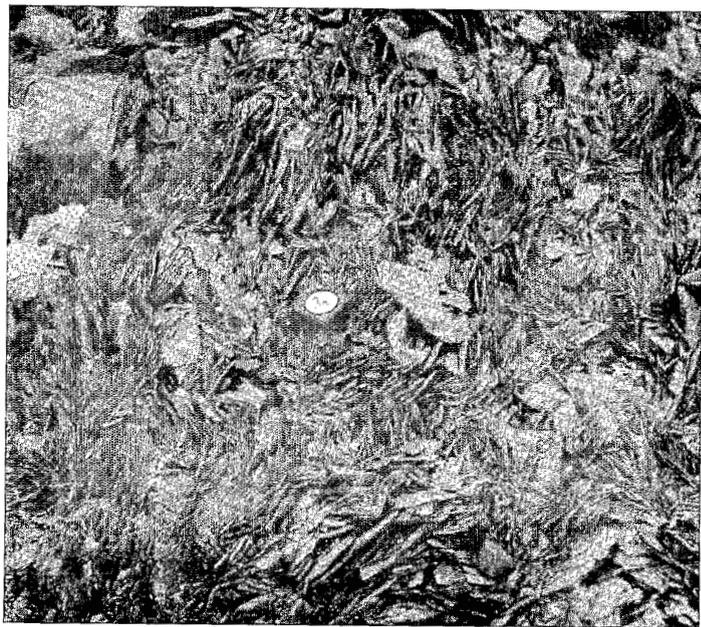
Le rôle de la glace fibreuse, dans l'érosion du sol, est essentiel aux îles Kerguelen. Il favorise son émiettement et l'enlèvement consécutif par le vent des parties fines et légères, dispersées au loin, jusque dans la mer qui, grâce aux fjords, s'insinue partout assez profondément au cœur du pays. Des chiffres ont été cités plus haut, qui donnent une idée de la quantité de matériaux, en moyenne une dizaine de kilos par mètre carré, enlevés au sol en une nuit de gel et susceptibles d'être dispersés par le vent, à l'exception de quelques éclats de roche un peu trop pesants. Cette action érosive des *pipekrakes* et du vent s'exerce sur tous les dépôts tendres et peu cohérents, tels que les amas éoliens de ponces fines, les anciennes tourbières et les moraines, là où leur surface n'est pas uniquement rocheuse.

La plupart des dunes actuelles sont mortes, après avoir été fixées naturellement par cette Rosacée rampante qu'est l'*Acaena*, dont les racines forment un épais feutrage. Il semble bien qu'elles se sont modifiées à une époque légèrement antérieure à la nôtre, lorsque l'*Acaena*, qui se propage rapidement du fait de la multiplication des Lapins, transportant un peu partout ses graines très adhérentes était, encore loin d'avoir l'extension qu'il a pris de nos jours. Il y a lieu de distinguer deux types de dunes : celles du littoral et les amas éoliens de l'intérieur. Les premières sont de sable gris, formé d'éléments volcaniques résultant de la destruction mécanique des laves. Ce sable provient des plages voisines et les dunes qu'il a construites, assez informes en général, malgré la constance des vents d'Ouest, peuvent avoir au maximum 5 à 7 m de haut. Elles s'appuient d'habitude sur une terrasse de galets, correspondant à un ancien rivage soulevé de quelques mètres, ou sur les moraines légèrement en retrait du littoral. De telles dunes sont communes entre la baie Norvégienne et le cap Digby, dans la partie orientale de la Grande Terre (Pl. X, fig. B).

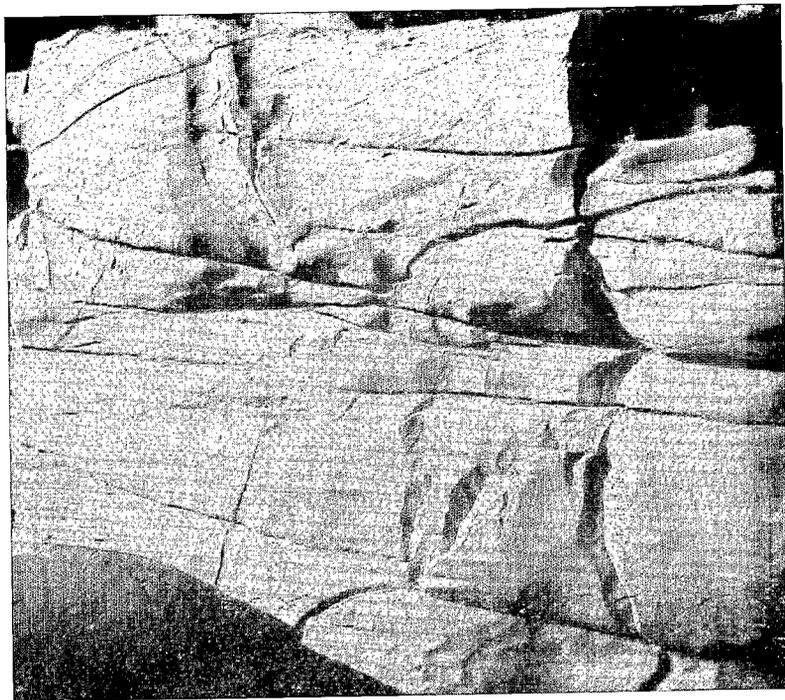
L'autre type de dépôts éoliens est présent un peu partout, aussi bien au voisinage des côtes que dans les vallées intérieures et sur les pentes inférieures des montagnes, ne s'élevant toutefois guère au-dessus de la cote 150. Il s'agit là de minuscules ponces à sanidine, jaunâtres ou un peu rougies parfois par de l'hydroxyde de fer, imprégnées d'eau et faiblement agglutinées. Sèches, ces ponces ont peu de cohésion et sont très légères. J'ai discuté autrefois l'origine probable de ces ponces, en relation avec d'anciennes éruptions trachytiques. Sans doute ont-elles été projetées par un appareil situé dans l'Ouest du pays, car elles ont là un caractère beaucoup plus grossier, et qui devait être en activité antérieurement à la glaciation pléistocène. Dans la baie de la Mouche, en effet, des blocs erratiques de syénite et autres roches reposent à la surface de ces accumulations de ponce. Dans la partie orientale de l'archipel, celles-ci



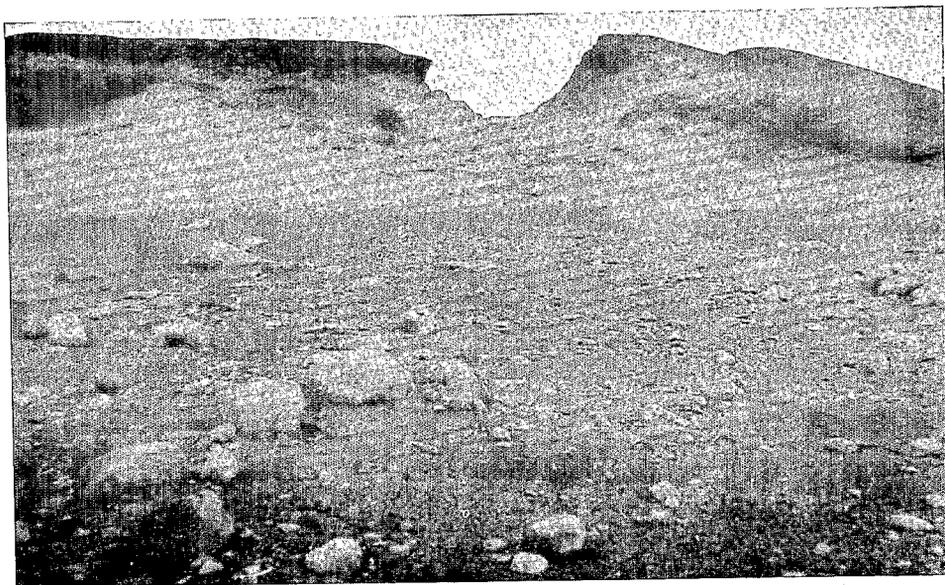
A. — Effet d'une forte gelée sur la rivière du Château. La brusque baisse de niveau fait apparaître les roches du lit, qui sont autant de points de congélation.



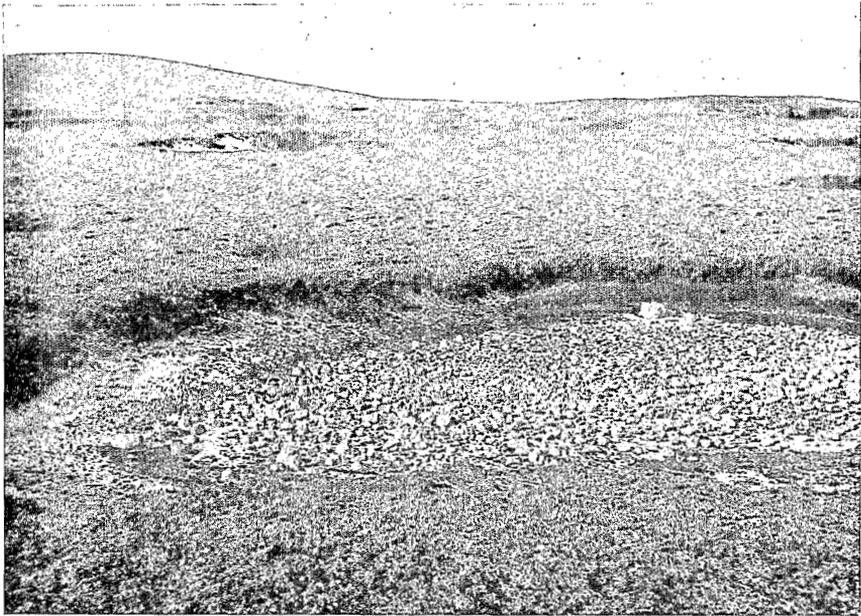
B. — Exfoliation d'un filon de basanite sous l'effet des gelées, avec tendance à la formation de roses de pierre. Mont Wyville Thomson (cote 800).



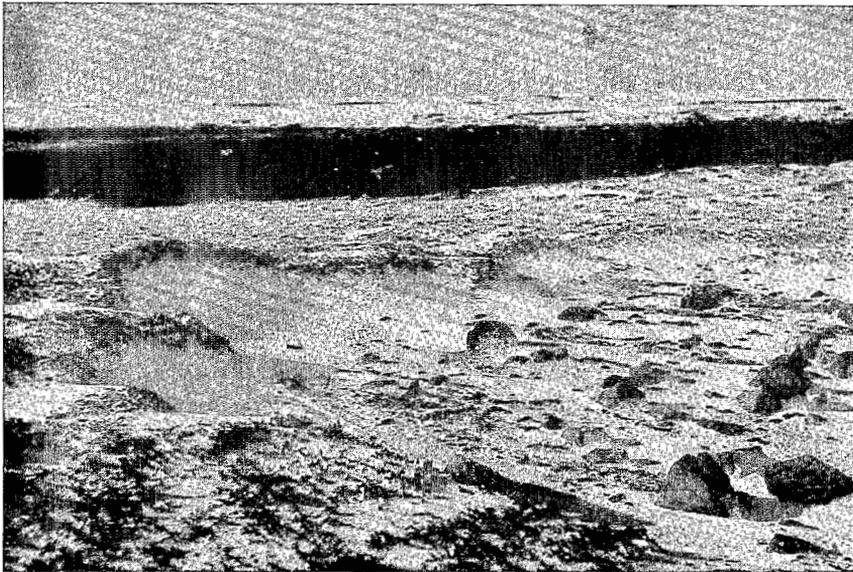
A. — Effet de burinage exercé par le vent chargé de sable sur un affleurement de basalte.  
Anse de l'Aurore Australe.



B. — Destruction par le vent d'une dune morte, haute de 5 m, édifiée sur une moraine.  
Rive sud-ouest de la baie Norvégienne.



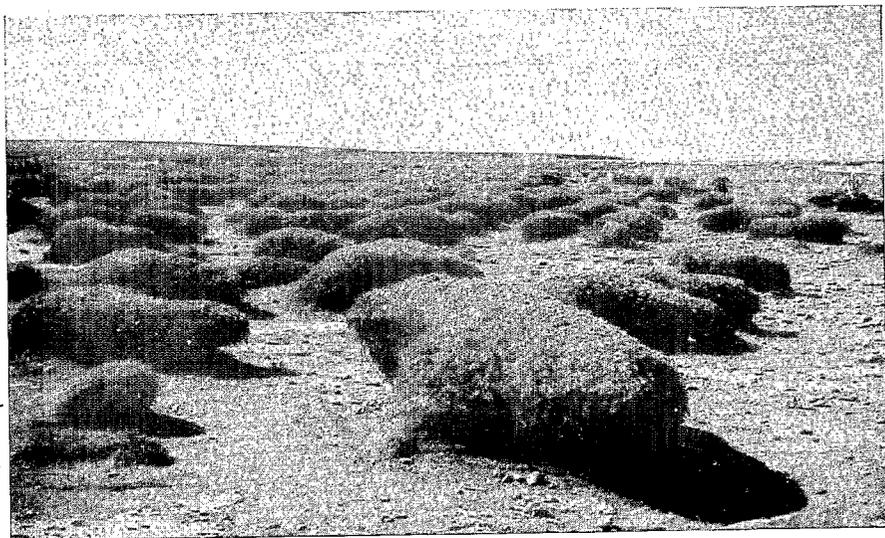
A. — Trou de vent pouvant devenir une mare temporaire, dû aux effets de déflation du vent sur une tourbière sèche. La déchirure initiale du tapis végétal étant le fait des terriers de Lapins. Zone des drumlins de Port-aux-Français.



B. — Déchirure du tapis d'*Acaena* sur une moraine. Effets conjugués du vent et des terriers de Lapins. Port-aux-Français.



A. — Alternances de rides et de sillons orientés dans le sens du vent dominant. Tourbière marécageuse de l'Isthme Bas.



B. — Désagrégation par les terriers de Lapins et le vent d'une tourbière morte, reposant sur une ancienne terrasse marine. Pointe Charlotte (Cote 2,50).

forment des dépôts très inégaux qui n'excèdent pas quelques mètres d'épaisseur au maximum. Le plus considérable qu'il a été possible de mesurer avait six mètres. Ces amas de ponces sont absolument informes et souvent peu décelables lorsqu'ils sont uniformément recouverts par l'*Acaena*. Toutefois, les déprédations des lapins sont devenues telles et les déchirures de la végétation si nombreuses, qu'ils se signalent souvent par la présence de grandes taches jaunes caractéristiques.

Le remaniement de ces dépôts éoliens, actuellement dans une certaine mesure, mais surtout à une époque un peu antérieure, lorsqu'ils n'étaient pas recouverts d'*Acaena*, est sans doute à l'origine des intercalations de ponces que l'on observe fréquemment dans la tourbe.

#### EOLISATION DES REGS PÉRIGLACIAIRES

Le vent exerce une action énergique sur les *regs* et tend à régulariser leur surface en enlevant les menus débris que les *pipekrakes* soulèvent continuellement. Le frottement de ces matériaux fins polit les éléments rocheux des *regs* et y grave de fines vermiculations. Il se produit là, en plus atténué, ce qui est fréquent le long des parties sablonneuses du littoral, où s'observent des cailloux à facettes (*Dreikanter*), identiques à ceux des régions désertiques, et un burinage sérieux des affleurements rocheux (Pl. X, fig. A).

#### TROUS DE VENT

(Trous de déflation, cuvettes éoliennes)

Dans la plupart des endroits plats ou modérément inclinés, qui ne sont pas détremés d'une façon permanente, les prairies d'*Acaena* sont criblées de déchirures, les unes d'un contour capricieux, les autres plus ou moins circulaires ou elliptiques. Leurs dimensions sont extrêmement variables et, de même que leur forme, n'obéit à aucune règle. Ces cuvettes, à fond généralement plat, ont de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de long ou de large et une profondeur de 1 à 2 m, davantage à l'occasion. Les unes sont isolées, d'autres groupées et souvent coalescentes. Ce sont ces ensembles qui montrent les contours les plus sinueux. L'eau ne séjourne guère dans ces excavations ouvertes et sculptées par le vent dans de vieilles tourbières et dans les amas de ponce qui viennent d'être décrits. L'origine éolienne de ces cuvettes ne fait aucun doute, car les dépôts où elles s'ouvrent sont peu consistants et aisés à affouiller par le vent. D'ailleurs, la position qu'elles occupent, souvent sur de légères éminences, ne permet pas d'invoquer le ruissellement. Il semble, une fois de plus, qu'il faille attribuer aux lapins la responsabilité de la déchirure initiale du tapis d'*Acaena*, par laquelle le vent peut agir. Le creusement se poursuit ensuite rapidement, jusqu'à la rencontre d'un niveau résistant, correspondant le plus souvent à la moraine de fond, quelquefois aussi au substratum rocheux.

Le nombre considérable des trous de vent ouverts sur les flancs des collines et dans le fond des vallées, est responsable, pour une large part,

de la physionomie lépreuse qui caractérise les parties basses de l'archipel (Pl. XI, fig. A et B).

#### ORIGINE ÉOLIENNE PROBABLE DE NOMBREUX ÉTANGS

Le paysage des îles Kerguelen est marqué par une profusion de lacs et d'étangs d'origines très diverses. Il semble que l'on puisse attribuer au vent la formation d'un grand nombre de mares et d'étangs, en majorité localisés parmi les vastes espaces plats de l'Est de la péninsule Courbet. Ce sont des nappes d'eau de dimensions variables, allant de simples flaques à des étangs de plusieurs centaines de mètres de long, mais d'une profondeur insignifiante, ne semblant guère excéder 0,50 m à 2 m. Leur forme est assez changeante, les uns étant circulaires ou un peu allongés, les autres ayant au contraire un contour très capricieux. Certains étangs sont susceptibles de s'assécher partiellement, ou même en totalité, lorsque survient accidentellement, de loin en loin, une période d'une quinzaine de jours sans précipitations notables. Leur fond correspond d'ordinaire à des dépôts glaciaires recouverts par une couche plus ou moins épaisse de vase à Diatomées.

Le point de départ de chacun de ces étangs doit vraisemblablement correspondre à un trou de vent, mais on s'explique difficilement, à première vue, que ces trous de déflation se forment dans les mêmes conditions aient donné, les uns des cuvettes imperméables, et les autres des excavations où l'eau ne séjourne guère. Des observations que j'ai pu faire, il semble résulter que les trous de vent ouverts essentiellement dans la tourbe, qui est très imperméable, dans les parties plates ou légèrement déprimées, normalement humides et marécageuses, évoluent vers des étangs. Au contraire, les excavations creusées dans de la tourbe surmontant des dépôts relativement épais de ponce, qui sont d'une nature très perméable, demeurent sèches, surtout si elles se trouvent sur des terrains légèrement surélevés ou en pente.

Dès que les petites mares formées prirent un caractère permanent, leurs cuvettes eurent rapidement tendance à s'agrandir et à se creuser sous l'action du clapotis soulevé par un vent d'Ouest à peu près incessant.

Ainsi, le vent qui est à l'origine de ces étangs, continuant à exercer son effet, le ressac produit par l'agitation de l'eau sape leurs berges tourbeuses qui reculent suivant des directions opposées, c'est-à-dire entre le Nord-Est et le Sud-Est. Cette progression se poursuit tant que la nappe d'eau ne rencontre pas de résistance, mais il suffit d'un affleurement rocheux ou même d'un amas morainique pour immobiliser la berge mobile. Impuissant à vaincre l'obstacle, le ressac s'efforce alors de le contourner s'il n'est pas trop étendu, d'où ces singulières sinuosités, en forme de festons, que dessine souvent la rive instable de ces étangs.

Leur cuvette, continuellement rongée, libère une boue tourbeuse qui, mélangée de vase à Diatomées et de débris d'*Acaena*, se trouve rejetée par le clapotis le long de la rive mobile opposée au vent. Ceci a pour résultat de l'exhausser et la différence de hauteur avec les autres côtés peut atteindre 0,50 m.

Les tourbières où sont situés ces étangs contiennent souvent, disséminées dans leur masse ou en intercalations bien délimitées de 10 à 40 cm d'épaisseur, des ponces éoliennes remaniées. Des quantités importantes de ces ponces peuvent être libérées à mesure que les étangs s'agrandissent. Rejetées hors du bassin, car elles flottent, et reprises à nouveau par le vent, elles tendent à former non loin de là, sous le vent, des accumulations informes et très étalées. Ainsi s'expliquent la présence de ces amas dunaires au voisinage des étangs de quelque importance. Ils subissent l'évolution habituelle des dépôts de ce genre : fixation par l'*Acaena*, déchirure de cette végétation par les lapins, désagrégation des surfaces dénudées par les *pipekraks* et déflation éolienne qui finit par les éventrer.

Sans doute doit-on attribuer également au vent l'allure très particulière de diverses tourbières marécageuses (Pl. XII, fig. A) qui se montrent curieusement découpées par des sillons, noyés lors des pluies, disposés parallèlement et d'une grande régularité. De telles tourbières ne sont pas rares sur l'Isthme Bas où leurs parties déprimées tendent à s'étendre vers l'Est, à l'opposé des vents régnants.

#### SILLONS DE DÉFLATION

Cette forme de terrain est très voisine, par sa genèse, des trous de vent, mais s'en distingue par son allure rectiligne et allongée et par les groupements assez réguliers, parallèles, auxquels elle donne lieu. Ces sillons sont dus à la facilité avec laquelle les agents atmosphériques, aidés par les déprédations des lapins, qui ont leur part de responsabilité dans toutes les dégradations superficielles, malmènent l'*Acaena*. Le vent est capable, à l'issue de certaines vallées resserrées, où il se fait sentir avec une force redoublée, de décoller et d'arracher le tapis d'*Acaena* vivant. Cette médiocre résistance de l'*Acaena* aux vents violents, favorisée par la présence d'innombrables terriers de lapins, dans une certaine mesure aussi ceux des Pétrels, que les tourbillons élargissent démesurément en peu de temps, est à l'origine des sillons de déflation qui ravagent de grandes étendues de tourbières d'une faible épaisseur, en faisant apparaître un peu partout le *till* sous-jacent. Dans le massif du Château, la hauteur de ces entailles est comprise entre 1 m et 1,50 m. Des mesures précises seraient à faire en des endroits différents afin d'observer le rapport qui peut exister entre le sens de leur allongement et la direction du vent. Selon les quelques observations que j'ai faites, ces sillons seraient généralement Nord-Sud, donc perpendiculaires au vent. On doit toutefois se rappeler que, dans les vallées, le sens du vent au sol peut être considérablement dévié et différent de ce qu'il est sur les plaines dégagées ou en altitude.

#### MORCELEMENT DES TOURBIÈRES COTIÈRES

La destruction des tourbières, du fait du vent, se poursuit à une cadence rapide sur de grandes étendues du littoral, aussi bien au niveau de la mer qu'assez en retrait et à plusieurs dizaines de mètres au-dessus de celle-ci. Il ne s'agit plus ici de déchirures nombreuses et éparses abou-

tissant à la formation de trous de vent et de sillons de déflation, mais d'un morcellement parfois très régulier du manteau de tourbe sèche, d'une épaisseur très variable, car il oscille entre 1 et 10 m, cette dernière valeur ayant été observée entre le cap Cotter et la baie Accessible. Cette érosion affecte des tourbières sub-fossiles, dans la formation desquelles l'*Azorella* a joué un rôle important. Certains points restent d'ailleurs à éclaircir, entre autres la raison qui a entraîné le dessèchement de tant de tourbières littorales en de nombreux points, alors que d'autres, tout à côté, demeurent intactes et toujours vivantes. Parmi les tourbières examinées, beaucoup ne sont plus représentées que par de minces lambeaux reliques, entièrement déchiquetés, que le vent achève de disperser. D'autres lambeaux, souvent réduits à l'état de gros champignons, régulièrement espacés et de taille identique, doivent d'être encore épargnés à l'*Acaena* vivant qui les recouvre.

Il se peut que la destruction si active de nombreuses tourbières littorales, suivant un processus inconnu dans l'intérieur du pays, même à partir de quelques centaines de mètres en retrait du rivage, soit favorisée par la présence du sable, emprunté aux plages voisines et accentuant fortement les effets de déflation du vent. La section plate du littoral, comprise entre le cap Sandwich et la pointe Morne, est très remarquable par l'existence de vestiges de tourbières découpées en plaques ou en boules multiples et régulièrement espacées (Pl. XII, fig. B).

#### CONCLUSIONS

Les différentes formes d'érosion décrites, attribuées les unes au gel, les autres au vent, certaines à l'action conjuguée de ces deux facteurs, sont caractéristiques des domaines périglaciaires, tout en offrant quelques particularités en rapport avec les conditions locales. En ce qui concerne les phénomènes de cryoturbation et de solifluxion, insistons sur l'absence de sous-sol gelé, sur la fréquence des alternances de gel et de dégel et le peu de pénétration du gel dans le sol. Il y a lieu de souligner l'absence ou la rareté de l'argile plastique parmi les matériaux d'origine glaciaire sur lesquels s'exercent principalement les phénomènes cités. Ceci tient au mode d'altération des roches, résultant surtout d'une trituration exercée par les glaciers, donc mécanique beaucoup plus que chimique. Ce fait restreint notablement leur extension, que le climat et l'humidité du sol tendraient au contraire à favoriser.

Cet inventaire des formes périglaciaires, observées dans l'archipel de Kerguelen, laisse encore inexplicables de nombreux faits qui ne concordent pas toujours avec les observations réalisées en d'autres contrées. Des recherches restent à poursuivre sur le terrain en vue d'éclaircir ces contradictions.

Le rôle néfaste des lapins, sur lequel il a été beaucoup insisté dans cette note, et qui se sont multipliés d'une façon catastrophique depuis leur introduction en 1874, facilite grandement les phénomènes d'érosion décrits, tout au moins certains d'entre eux. Il tend ainsi, par son ampleur, à oblitérer la part exacte de ce qui revient exclusivement au vent. D'utiles

observations pourraient être faites, à cet égard, dans certaines îles encore préservées de ces rongeurs, sur lesquelles je n'ai pas eu l'opportunité de me rendre au cours de mes derniers séjours. Sur une bonne partie de la Grande Terre, il est devenu difficile, dans l'état actuel des choses, de dissocier la part de responsabilité incombant respectivement au vent, au gel et aux lapins dans l'évolution de certains phénomènes. Dans bien des cas, ces trois facteurs peuvent agir concurremment et modifient, en la détériorant rapidement, la physionomie de l'archipel, au moins dans ses parties inférieures, entre le niveau de la mer et l'altitude de 500 m. Les blessures sans nombre qu'ils ont occasionnées à la couverture végétale du groupe, fragile et réduite, en ouvrant la voie à des dégradations plus profondes, renforcent l'impression de désolation, déjà grande, qui émane de ces îles australes.