

INSTITUT DES PARCS NATIONAUX
DU CONGO BELGE

INSTITUUT DER NATIONALE PARKEN
VAN BELGISCH CONGO

Exploration du Parc National Albert

(DEUXIÈME SÉRIE)

FASCICULE 1

Exploratie van het Nationaal Albert Park

(TWEEDE REEKS)

AFLEVERING 1

LES STADES DE RÉCESSION
DU
GLACIER STANLEY OCCIDENTAL
(RUWENZORI, CONGO BELGE)

PAR

JEAN DE HEINZELIN DE BRAUCOURT (Bruxelles)



BRUXELLES
1953

BRUSSEL
1953

LES STADES DE RÉCESSION
DU
GLACIER STANLEY OCCIDENTAL
(Ruwenzori, Congo belge)

PAR

JEAN DE HEINZELIN DE BRAUCOURT (Bruxelles).

BUTS ET MÉTHODES D'ÉTUDE.

Les divisions majeures du Quaternaire sont principalement basées sur la succession de fluctuations climatiques de grande amplitude : périodes glaciaires et interglaciaires dans les régions tempérées et circumpolaires, d'une part, périodes pluviales et interpluviales dans les régions subtropicales et équatoriales, d'autre part. La démonstration rigoureuse, sous l'angle de la climatologie, du parallélisme de ces fluctuations anciennes, de leurs connexions lointaines, reste un problème qui, faute d'être résolu, laisse celui des corrélations stratigraphiques dans l'imprécision.

Il faut à présent, en première analyse, rassembler de partout les données d'observation qui constituent l'enregistrement direct, matérialisé, de ces connexions climatiques. Les modifications de forme que subissent les glaciers et particulièrement les fronts des langues glaciaires sont, on le sait, de bons indicateurs des fluctuations climatiques régionales. Aussi la comparaison exhaustive des glaciers mondiaux et de leur histoire est-elle une voie d'approche au problème de la corrélation des divisions majeures du Quaternaire.

Peu d'auteurs jusqu'à présent se sont attachés à la chronologie relative des stades glaciaires des régions équatoriales et, pour l'Afrique en particulier, on ne peut citer que l'œuvre de E. NILSSON, outre un petit nombre d'observations plus localisées ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ NILSSON, E., 1932 à 1949.

E. NILSSON a comparé les extensions glaciaires pléistocènes et épipléistocènes de l'Est-Africain avec celles de l'Hémisphère Nord. Il a ainsi pu mettre en évidence des analogies d'ensemble entre ces différentes aires, suggérant principalement qu'à chaque stade glaciaire des régions boréales correspondait un stade glaciaire et pluvial synchronique en Afrique équatoriale. Ce synchronisme supposé n'a toutefois pas encore reçu de démonstration définitive; il lui manque essentiellement l'appui d'une chronologie absolue ou, au moins, des points de repère équivalents.

On pourra aborder plus aisément le problème du synchronisme des fluctuations climatiques entre aires géographiques éloignées en s'adressant à des traces plus récentes, en l'occurrence les derniers stades de retrait des glaciers, holocènes et modernes. Certaines données géochronologiques existent déjà à leur propos.

C'est avec le souci de ces perspectives que j'ai tenté d'analyser l'histoire récente d'un glacier centre-africain typique, le glacier Stanley occidental, situé à moins de 1° au nord de l'Équateur.

On ne peut malheureusement se baser sur aucune donnée météorologique ferme en rapport avec l'activité du glacier, car il n'existe pas de station d'observation sur le massif du Ruwenzori. Ce qu'on sait du régime de précipitations a été résumé par F. BULTOT (1) : « Les pentes au vent et sous le vent connaissent d'abondantes précipitations de nature souvent orageuse. Par contre, les flancs latéraux touchés tangentiellement soit par l'alizé nord-est, soit par l'alizé sud-est, soumis à une direction sud-ouest—nord-est, ne reçoivent que peu de pluies. Cela explique la forme elliptique allongée de l'isohyète de 2.000 mm quienserre la montagne ». Les précipitations neigeuses commencent vers 4.000 m. En 1932, P. MICHOT situait la firn-line vers 4.450 m, mais elle est actuellement beaucoup plus élevée (vers 4.750 m ?).

POSITION GÉOGRAPHIQUE DU GLACIER STANLEY OCCIDENTAL.

Ce glacier est nourri par la calotte du plateau Stanley (col à 4.854 m) et descend de manière assez raide le long du flanc occidental du Massif Stanley jusque vers 4.360 m d'altitude. Ses eaux de fonte, qui correspondent au débit modeste d'un ruisseau, rejoignent d'abord d'anciens lacs glaciaires, successivement lac Blanc (4.354 m), lac Gris (4.316 m), lac Vert (4.180 m), lac Noir (3.767 m), puis descendent par la Kamusoso et la Butahu vers la Semliki, au fond du fossé tectonique des grands lacs. Les moraines anciennes, présumées pléistocènes, descendent jusque vers 3.600 m d'altitude.

(1) BULTOT, F., 1950.

Le profil schématique figure 1 situe les principaux éléments morphologiques de ce flanc de montagne. Les failles observables au bas du massif sont vraisemblablement toutes d'âge quaternaire ou fin-tertiaire.

On peut admettre en première approximation que la surface des formations rubéfiées, qui descend de 1.900 m à Kalonge, à 1.400 m au premier front d'escarpement, est d'âge pléistocène moyen. En avant du massif cette surface est à présent enfouie sous des cônes de déjection et des alluvions postérieurs aux failles F 4, d'âge pléistocène supérieur à holocène.

Au cours du Pléistocène, cette portion du massif du Ruwenzori a subi, par rapport à la plaine de la Semliki actuelle, une élévation relative de plus de mille mètres. Cette élévation relative représente à peu de chose près l'élévation absolue du massif, car on peut présumer que l'altitude de la plaine a peu varié, étant plus ou moins stabilisée par ses lacs et son colmatage sédimentaire progressif. Ces décalages tectoniques ont dû influencer singulièrement le développement des glaciers et ils sont même probablement la cause directe de l'établissement de ceux-ci au Pléistocène (1).

CARTE DES MORAINES LES PLUS RÉCENTES.

Cette carte a été réalisée au théodolite et à la boussole à partir de la base AB et des stations auxiliaires CDE. Les altitudes absolues sont reprises des données de J. ELISSEN. La région cartographiée, située en amont du lac Vert, est comprise entre 4.180 et 4.600 m d'altitude.

Le lac Vert résulte d'un surcreusement profond du bed-rock (non sondé). Il se déverse au sud, par-dessus une barre rocheuse, vers le fond d'un couloir glaciaire plus ancien. Sur tout le pourtour du lac, sauf aux extrémités, où sont accumulés des débris morainiques, s'élèvent des roches aux contours adoucis, abrasées et polies par la glace. Les falaises de la rive Nord atteignent une cinquantaine de mètres de hauteur.

Le plus ancien des arcs morainiques cartographiés, celui du stade (1), se situe déjà entre 60 et 70 m au-dessus du lac Vert. Cet arc, relativement irrégulier, contient des blocs rocheux de plus de 10 m³. En son point le plus élevé il porte un peuplement dense et homogène de seneçons de très grande taille, 7-8 m de hauteur, taille maximum observée dans la région. Le peuplement végétal est moins homogène ailleurs sur la moraine, mais le sol reste un sol de seneçons développé à maturité. En marge du bord occidental se situe une zone d'épandage plus ou moins large remplie de touffes de carex (hummocks).

Un ancien bassin lacustre niché contre le bord interne de cet arc morai-

(1) Analogies avec interprétation de HEIM A., 1951, pour la glaciation de l'Amérique du Sud.

nique a été colmaté, asséché, colonisé par les touffes de carex et enfin découpé par un chenal de drainage. Les parois de ce chenal montrent la coupe suivante :

Zone humique, végétation à carex	1 m env.
Sol réduit à taches de rouille	1 m env.
Vase gris-bleu avec traces de varves	2 m env. accessibles.

L'arc morainique du stade (2) résulte de la convergence de deux langues glaciaires : celle qui descendait du Stanley occidental et celle qui descendait de l'extrémité Sud-Ouest du plateau Stanley. Cet arc contient, bien en évidence, d'énormes quartiers de roches de plusieurs dizaines de m³. Les seneçons les plus élevés ne dépassent guère 5 m et n'ont jamais 6 m de haut. Disons tout de suite que l'observation de la taille des seneçons ne semble significative qu'à l'écart des régions basses très humides; près du petit cours d'eau qui descend du lac Gris se maintiennent des seneçons d'un port différent, quasiment uniformes depuis tout en haut près de l'exutoire du lac Gris. L'emplacement du Camp II, en marge du bord occidental de l'arc, était une petite zone d'épandage, aujourd'hui remplie de carex, d'immortelles et de seneçons. Au plus bas du bord interne de l'arc morainique s'étend une aire très humide, semi-noyée, colonisée par les touffes de carex. On y voit une petite levée pierreuse d'importance secondaire.

L'arc morainique du stade (3) est peu large, mais très régulier. Ses blocs sont tous d'un volume relativement médiocre, inférieur à 10 m³. Les seneçons qu'il porte atteignent au maximum 3-4 m de haut. A partir de ce stade apparaissent deux autres différences dans la répartition du tapis végétal, par rapport aux stades antérieurs et aux rochers qui sont en bordure. En premier lieu les plaques de lichens ont une teinte générale brune tachée de noir, mais non plus uniformément noire. En second lieu, la population des lobélies est réduite à presque rien. On voit aussi le profil pédologique diminuer de puissance : il est immature. Derrière le bord interne et dans le bas de l'arc morainique s'étend à nouveau une aire très humide, semi-noyée, peuplée de carex.

La formation morainique numérotée (4) descend comme un glaciais depuis l'altitude du lac Gris, avec près de 50 m de dénivellation. Les blocs rocheux sont irréguliers et du matériel fin affleure en certains points. Les seneçons atteignent 2-3 m de haut, rarement plus. Les lichens sont bruns et les lobélies ont pratiquement disparu. Le sol n'est plus qu'une mince zone humique, localement absente.

Le stade morainique (5) est un cirque très frais, d'une régularité et d'une beauté de lignes incomparables. Il empiète sur le glaciais (4), qu'il a probablement contribué à former. Dans la dépression assez plate du fond de ce cirque est logé le lac Gris, barré à l'aval par un front morainique peu élevé, formé de quelques levées parallèles. Un ressaut du bed-rock porte le point d'observation B. De part et d'autre du lac Gris, environ 10 m plus haut que

lui s'allongent deux banquettes morainiques, sorte de « side-bench », puis les parois du cirque s'élèvent assez raides jusqu'aux arêtes culminantes latérales. Des blocs rocheux gros et petits, des plages de gravats, des boues fines affleurent avec un certain désordre, bien qu'on devine trois bandes transversales d'accumulations plus grossières, passant d'une arête culminante latérale à l'autre. Immédiatement à l'aval du lac Gris, au point d'observation A, les seneçons ont 50 cm à 1 m au maximum et souvent moins. Immédiatement à l'amont du lac Gris, à l'emplacement du Camp I, les seneçons ne dépassent pas 50 cm de haut. Il n'y a nulle part d'horizon pédologique. Les colonies de lichens, toujours de teinte brune, couvrent déjà un bon pourcentage de la surface des blocs.

A l'amont du lac Gris, un verrou rocheux est marqué, à l'ouest par une large surface rocheuse polie et striée par le mouvement du glacier et, à l'est, par le ressaut du bed-rock qui porte le point d'observation C.

On peut dessiner aisément sur le terrain la ligne 6, en aval de laquelle la roche nue est déjà très légèrement patinée par de petites colonies végétales, tandis qu'en amont la roche est parfaitement propre et comme lavée. La ligne (6) est l'extrême bord d'un séjour récent du glacier.

Plus haut encore, le lac Blanc remplit de petites dépressions du bed-rock.

Ses entours sont parsemés de blocs rocheux. Beaucoup de ceux-ci furent charriés par la glace et portent des stries glaciaires, mais d'autres ont été amenés là par la chute récente des séracs. Il semble qu'à l'aval du lac Blanc se dessine une bande où la densité des blocs est plus grande, formant le stade d'accumulation (7), d'importance mineure. De-ci de-là dans ce domaine on voit apparaître de petites plantes de seneçons et d'immortelles, surtout dans le couloir qui relie lac Gris et lac Blanc. La colonisation des lichens a débuté elle aussi.

En approchant du glacier, on traverse successivement les anciennes lignes de front de 1932, 1941, etc., qui sont connues par une série de photographies (1). La ligne (8) marque la position du bord du glacier en 1932-1935.

Plus au nord, dépassant le ressaut du bed-rock qui fait face au glacier, on aborde un imposant amphithéâtre de moraines anciennes empilées en escalier jusqu'à l'altitude de 4.500 m environ, à la crête de la moraine (Baraque de la Moraine, pt. M.). Cet empilement de moraines est résulté de la conjonction des poussées des deux glaciers voisins au moment d'un plus grand développement : le glacier Stanley occidental au sud et le glacier Alexandra au nord.

(1) Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.

COMPORTEMENT DU GLACIER DURANT LES DERNIÈRES DÉCADES.

Le glacier fut atteint et photographié pour la première fois en juillet 1932, par l'expédition DE GRUNNE (1). Il recouvrait encore à ce moment l'emplacement du lac Blanc, débordait largement le ressaut du bed-rock marqué F sur la carte et venait lécher le bord de la paroi occidentale de l'auge glaciaire. Son profil était beaucoup moins raide qu'aujourd'hui.

Les archives iconographiques de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge contiennent des photographies prises en 1935, 1939, 1940, 1950, qui permettent de repérer exactement le retrait graduel du glacier (2). De 1950 à 1952, le glacier a subi un amincissement visible, son profil est devenu de plus en plus raide et la couverture de glace vive s'est amincie jusqu'à découvrir la roche par places; pendant ces deux mêmes années, le front du glacier, quoique creusé de cavernes, ne s'est pas modifié de façon frappante.

On peut estimer que le volume de glace qui a disparu au cours des vingt dernières années est de l'ordre de 1.10^6 m³ ou plus. La langue glaciaire actuelle occupe un volume à peu près égal entre son point le plus bas et la ligne où elle rejoint le plateau Stanley, vers l'altitude de 4.600 m.

Le bord sud-ouest du plateau Stanley et le glacier descendant du pic Moebius figurent sur la photographie prise par STUHLMANN à partir du Campi ya Tschupa en 1891 (3). Les photographies prises du même point en 1932 témoignent qu'une régression importante des langues glaciaires eut lieu entre ces deux dates.

Concernant le glacier Hélène occidental, P. MICHOT notait, en 1932 déjà, les signes évidents d'une régression récente.

Une tendance à la déglaciation persiste donc depuis bien avant 1932. On peut estimer qu'elle a progressé à peu près de la manière suivante :

De 1932 à 1952 : régression continue, accélérée en 1940 et pendant ces dernières années.

Stade (7), blocs rocheux = légère accumulation, à peu près au moment des premières photos de DE GRUNNE (1932).

Stade (6), limite des rochers très fraîchement érodés, pratiquement pas colonisés par la végétation = stationnement et peut-être petite crue passagère, de peu antérieure au stade (7) (vers 1920 ?).

Stade (5), cirque morainique du lac Gris = crue la plus récente, langue glaciaire très épaisse. Age de l'ordre de la centaine d'années. Arguments : faible patine des roches, pas de réajustement des pentes, végétation faiblement développée, état des rives du lac Gris.

Régression, fusion considérable de la langue glaciaire.

(1) DE GRUNNE, X., etc., 1937; DE LA VALLÉE-POUSSIN, J., 1933; MICHOT, P., 1933.

(2) L'influence saisonnière est très faible.

(3) DE FILIPPI, F., 1909; STUHLMANN, F., 1894.

**LA COLONISATION
VÉGÉTALE ET LE DÉVELOPPEMENT DES SOLS.
PRINCIPES D'UNE CHRONOLOGIE ABSOLUE.**

Ainsi qu'on l'a souligné dans le commentaire de la carte, chacune des moraines possède un couvert végétal quelque peu différent. Il semble bien que le facteur en cause soit le temps, la durée de la colonisation végétale.

En effet :

1. Les différences d'altitudes sont minimales, de l'ordre de 150 m; le climat local est le même partout et les différences écologiques dépendent surtout de l'implantation : roches, moraines ou boue. Un même arc morainique, tel que le (3), présente 150 m de dénivellation entre ses points extrêmes, sans que le couvert végétal varie d'aspect.

2. Des différences écologiques suffisamment importantes entraînent l'apparition d'autres espèces végétales, plutôt qu'une différence de taille et de croissance. Par exemple, les seneçons des bords humides du ruisseau diffèrent de ceux colonisant les moraines.

Les principaux végétaux qui participent à la colonisation sont les lichens, les immortelles, les seneçons et les lobélies.

A. — Lichens.

Observation : virage de la coloration des colonies du brun au noir entre stades (2) et (3). Pas de mesure du diamètre des colonies (1).

B. — Immortelles.

En 1932, leur colonisation débutait à hauteur de la ligne (6). En 1952, elle atteint la région du lac Blanc. Pas de mesures de croissance.

C. — Seneçons (2).

Les seneçons qui peuplent les crêtes morainiques et sur lesquels portent les estimations d'âge suivantes sont, selon toute probabilité, *S. friesorum*.

Estimation d'âge :

1. On sait que le cycle saisonnier annuel est marqué par deux saisons relativement moins brumeuses, plus ensoleillées, l'une en mai-juin et l'autre en décembre, la première étant probablement un peu plus marquée que la seconde (3). La structure du glacier en porte l'empreinte, sous forme de

(1) Détermination cf. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., 1936; comparer avec BESCHER, R., 1950.

(2) HAUMAN, L., 1935.

(3) Les données numériques font défaut. BULTOT, F., 1950.

surfaces de fonte successives, remblayées chaque fois par de la neige fraîche. Ces surfaces sont couvertes de poussières et apparaissent comme des bandes parallèles noires dans les coupes verticales ⁽²⁾. Il est donc possible que certains végétaux au moins subissent un rythme de croissance saisonnier, semi-annuel. Les vieux troncs de seneçons portent sur leurs crêtes subéreuses une moyenne de 165 anneaux par mètre de hauteur. Si ces anneaux résultent bien de l'influence des variations saisonnières sur la pousse des feuilles, ils sont semi-annuels. Un seneçon de 8 m aurait 650 ans.

2. L. HAUMAN estime qu'une feuille apparaît tous les 20 jours; il y a environ 15.000 feuilles sur un seneçon de 8 m, qui aurait alors 800 ans. Toutefois, L. HAUMAN n'accorde que 200 ans d'âge aux plus grands seneçons.

La pousse des seneçons paraissant continue jusqu'à leur taille maximum de 8 m en colonies touffues, on peut admettre provisoirement qu'ils croissent d'un peu plus de 1 m en 1 siècle. Cette estimation donnerait les dates suivantes pour la colonisation des différents stades morainiques :

Stade (5)	amont camp I : environ 50 ans.
		aval A — B : moins de 100 ans.
Glacis (4)	environ 250 ans.
Stade (3)	environ 350 ans.
Stade (2)	environ 500 ans.
Stade (1)	plus de 700 ans.

Le développement des profils des sols se poursuit parallèlement à la croissance des seneçons.

D. — Lobélies ⁽²⁾.

Elles apparaissent tardivement dans le cycle de la colonisation végétale, probablement en fonction du développement du profil pédologique.

Les approximations d'âge auxquelles on arrive ainsi peuvent être mises en doute sur deux points, dont les botanistes auront à débattre. D'abord elles ne reposent sur aucun comptage statistique vrai. Ensuite il n'est pas assuré que les végétaux présents sur chaque moraine soient réellement les premiers implantés. Il se peut, par exemple, que le stationnement récent du glacier au stade (5) ait influencé le climat local de telle sorte que le couvert végétal voisin ait été partiellement détruit, donnant place à une recolonisation secondaire.

Plusieurs auteurs ont, voici peu, tenté de dater des oscillations glaciaires récentes d'après la croissance des arbres, notamment en Scandinavie et

(1) Analogie avec les dépôts de « kryokonite ». Il s'agit vraisemblablement ici de poussières « continentales » arrachées au sol par le vent et tenues en suspension jusqu'à ce qu'elles se fixent sur la glace vive.

(2) HAUMAN, L., 1933.

Groenland ⁽¹⁾, en Alaska ⁽²⁾, en Colombie britannique ⁽³⁾ et en Patagonie ⁽⁴⁾, mais leurs techniques ne s'appliquent pas à la végétation si spéciale des hauts sommets africains ⁽⁵⁾. D'autre part, quelques essais ont été tentés en vue de déterminer la vitesse de développement de certains profils pédologiques ⁽⁶⁾; on peut en retenir que la maturité d'un sol du genre de ceux qui nous concernent ici exige une durée de l'ordre du millier d'années, ce qui n'est pas en désaccord avec les estimations botaniques hasardées.

LA DÉGLACIATION DU LAC VERT.

Les formations morainiques qui viennent d'être décrites sont un groupe jeune bien cohérent; elles sont proches l'une de l'autre dans le temps et dans l'espace, au triple point de vue de leur morphologie, de leur colonisation végétale et du développement des sols.

En aval, les hautes falaises et les barres rocheuses qui entourent le lac Vert appartiennent à un paysage tout différent, qui a été enfoui, bien longtemps auparavant, sous d'énormes masses de glace dévalant vers le lac Noir. On peut attribuer ce relief au dernier Pluvial du Pléistocène.

L'hiatus de temps considérable qui semble séparer la morphologie du dernier Pluvial des extensions glaciaires récentes doit correspondre à un retrait considérable du glacier, pendant une partie des temps holocènes. La cuvette du lac Vert peut avoir conservé quelque temps une masse de glace morte, résiduelle.

(1) AHLMANN, A. W. son, 1941, 1948; FAEGRI, K., 1934; HUSTICH, I., 1949.

(2) LAWRENCE, D. B., 1950.

(3) MATHEWS, W. H., 1951.

(4) NICHOLS, R. L., et MILLER, M. M., 1951.

(5) Concernant la croissance des lichens, voir l'article cité de R. BESCHEL

(6) JENNY, H., 1941; RAESIDE, J. D., 1948.

**VUE D'ENSEMBLE
DE L'HISTOIRE DU GLACIER STANLEY OCCIDENTAL
ET COMPARAISON
AVEC LES AUTRES GLACIERS CENTRE-AFRICAINS.**

L'histoire du glacier Stanley occidental peut, d'après ces premières estimations, se résumer dans le tableau suivant :

Chronologie	Évolution du glacier
1932-1952	Régression considérable, accélérée en 1940 et pendant ces dernières années.
Vers 1932	Front à hauteur du lac Blanc (7) (8).
Vers 1920	Petite crue à hauteur de la ligne (6).
Milieu XIX ^e à début XX ^e siècle	Régression considérable.
Milieu XIX ^e siècle	Dernière grande extension, occupant tout le cirque du lac Gris (5).
Plusieurs siècles au moins	Régression, puis avancée glaciaire, accumulation du glaciis (4).
Longue période postpluviale	Extension des stades (2) et (3).
Fin-Pluvial	Stade (1), extension maximum des moraines post-pluviales.
Pluvial	Régression considérable allant peut-être au delà de la situation actuelle.
	Régression libérant le lac Vert. Stagnation probable de glace résiduelle dans la dépression.
	Plusieurs stades ? Glaciers descendant sur lac Noir et plus bas.

Le comportement des autres glaciers centre-africains pendant les dernières décades est parallèle à celui du glacier Stanley; les preuves d'une récession accélérée sont abondantes pour d'autres glaciers (1) du Ruwenzori (2), le Kilimanjaro (3) et le Kenya (4). Toutefois, les formations morai-

(1) KLEBELSBERG, R. VON, 1949; SPINK, P. C., 1947, 1949, 1952.

(2) DE GRUNNE, X., HAUMAN, L., BURGEON, L., MICHOT, P., 1937; DE HEINZELIN, J., 1952; DE LA VALLÉE-POUSSIN, J., 1933; HUMPHREYS, N., 1933; MENZIES, I. R., 1951; MICHOT, P., 1933. Ouvrage reçu en cours d'impression : BERGSTRÖM, E., Som glaciolog på Ruwenzori (*Meddelande f. Geogr. Inst. Stockholms Högskola*, n° 85, Ymer, h. 1, 1953).

(3) GEILINGER, W., 1936; JAEGER, F., 1931; SALT, G., 1951; SPINK, P. C., 1945, 1948; TROLL, C et WIEN, K., 1949; X., 1952.

(4) D'ERMAN, M., 1949; GREGORY, J. W., 1894; NILSSON, E., 1931-1949.

niques récentes qui doivent y exister n'ont fait l'objet d'aucune description précise et l'on est dépourvu de données de comparaison de ce côté.

F. E. ZEUNER a signalé au mont Kenya les indices d'une modification climatique récente (1).

RAPPORTS AVEC L'ÉVOLUTION CLIMATIQUE GÉNÉRALE DES TEMPS HOLOCÈNES.

S. THORARINSSON (2) a montré que le globe subit en ce moment une déglaciation générale. Cette thèse a été commentée et élargie par H. W. SON AHLMANN et F. E. MATTHES (3) principalement; toutes les observations recueillies depuis lors n'ont fait que la confirmer, à de rares exceptions locales près (4).

Cette tendance à la déglaciation a débuté dans l'ensemble au milieu du XIX^e siècle. Elle a succédé à toute une série d'oscillations des fronts glaciaires qui ont eu lieu entre le XVI^e siècle et la première moitié du XIX^e.

(1) ZEUNER, F. E., 1948.

(2) THORARINSSON, S., 1940.

(3) AHLMANN, H. W. son, 1949; MATTHES, F. E., 1942, 1946 (résumé *Nature*, July 20, 1946).

(4) Arctique, Groenland, Jan Mayen, Spitzberg : AHLMANN, H. W. son, 1941, 1948; GROISSMAYR, F. B., 1945; JENNINGS, J. N., 1939, 1948; JENSEN, A. S. et FRISTRUP, B., 1950; KLEBER, W., 1949.

Islande : AHLMANN, H. W. son, 1948; 1949; EYTHORSSON, J., 1935, 1949, 1950; THORARINSSON, S., 1943.

Scandinavie : AHLMANN, H. W. son, 1948; FAEGRI, K., 1934, 1948; MANNERFELT, C., 1945.

Alpes et Apennins : DESIO, A., 1951; JOST, W., 1949; KLEBELSBERG, R. VON, 1948, pp. 671-677, 1949; MERCANTON, P. L., 1939-1952; MORAWETZ, S., 1941; PASCHINGER, V., 1948 (résumé KLEBELSBERG, R., 1950, *Zeitschr. f. Gletscherkunde*), 1949; RENAUD, A.; RICHTER, 1891; VANNI, M., 1948, 1950, 1951.

Alaska : FIELD, W. O., 1947; LAWRENCE, D. B., 1950.

Canada : FIELD, W. O., 1949; MATHEWS, W. H., 1951; MEEK, V., 1948; WEBB, C. E., 1948.

U. S. A. : DYSON, J. L., 1948; MATTHES, F. E., 1946.

Colombie : OPPENHEIM, 1948.

Pérou : BROGGI, J. A., 1943 (résumé MATTHES, F. E., 1946), 1945; HEIM, A., 1948 (résumé KLEBELSBERG, R., 1950, *Zeitschr. f. Gletscherkunde*); KINZL, H., 1942, 1949; SPANN, H. J., 1948.

Argentine : HEIM, A., 1946, 1947; LLIBOUTRY, L., 1953; NICHOLS, R. L. et MILLER, M. M., 1951; ROHMEDER, W., 1940; TROLL, C., 1942 (exceptions en Patagonie).

Asie : BOBEK, H., 1941; TROLL, C., 1942.

Nouvelle-Zélande : GAGE, M., 1951; HARRINGTON, H. J., 1952; RUSSELL, R. J., 1937; SPEIGHT, R., 1940, 1941; SUGGATE, R. P., 1951.

Les renseignements nouveaux sont déficients pour l'Asie et l'Antarctique. Pour l'Afrique, on verra les citations pages précédentes et WYSS-DUNANT, 1937.

Ce furent les avancées glaciaires les plus considérables qui aient eu lieu depuis longtemps, probablement de toute la période postglaciaire.

Cette « petite glaciation historique » a d'abord été mise en évidence en Europe par H. KINZL, K. FAEGRI, J. EYTHORSSON ⁽¹⁾, puis son évidence a été généralisée par F. E. MATTHES, H. W. SON AHLMANN ⁽²⁾ et enfin intégrée aux problèmes actuels de la climatologie dans les travaux de C. E. P. BROOKS, G. MANLEY, H. C. WILLETT ⁽³⁾. De nombreuses observations récentes, recueillies dans des régions éloignées ⁽⁴⁾ de plusieurs continents, corroborent de façon relativement précise le parallélisme chronologique général des moraines récentes de la « petite glaciation historique » ⁽⁵⁾.

La longue évolution climatique qui prit place entre l'aube du Postglaciaire et le XV^e siècle de notre ère s'exposera plus aisément selon l'ordre chronologique.

Rappelons d'abord que durant le dernier glaciaire wurmien, la limite des neiges s'abaissa de façon analogue dans les deux hémisphères et qu'elle fluctua en plusieurs stades présumés synchroniques ⁽⁶⁾.

Jusque vers —8000 se sont succédé les dernières phases de retrait et de réexpansion momentanées des grandes masses glaciaires ⁽⁷⁾. De —8000 à —6500 environ, les fronts glaciaires reculèrent rapidement, tout au moins dans les zones circumpolaire et tempérée boréales. De —6500 à —4000 dans ces mêmes régions, une amélioration climatique graduelle conduisit

(1) EYTHORSSON, J., 1935; FAEGRI, K., 1934; KINZL, H., 1932.

(2) AHLMANN, H. W. son, 1941, 1948, 1949; MATTHES, F. E., 1942, 1945, 1946.

(3) BROOKS, C. E. P., 1949, p. 395; MANLEY, G., 1948; WILLETT, H. C., 1949.

(4) Arctique, Islande et Scandinavie : AHLMANN, A. W. son, 1941, 1948, 1949; MANNERFELT, C., 1945.

Alpes : LICHTENECKER, V., 1941; MORAWETZ, S., 1949.

Alaska : LAWRENCE, D. B., 1950.

Canada : MATHEWS, W. H., 1951.

Patagonie : NICHOLS, R. L. et MILLER, M. M., 1951.

Kurdistan, Turquie : BOBEK, H., 1941; ERİNG, S., 1952.

(5) C'est le « Little Ice Age » de F. E. MATTHES (cf aussi BROOKS, C. E. P., 1949, p. 395, et SCHOVE, D. J., in HOYLE, F. et assoc., 1949) et le « pseudo Zweite Schlusseiszeit » de S. MORAWETZ, 1949.

(6) KLUTE, F., 1928; PENCK, A., 1937. Voir aussi, entre autres, BOBEK, H., 1951; BUDEL, J., 1949; MANLEY, G., 1951.

(7) Dont l'oscillation d'Alleröd, voir BROUWER, A., 1951.

Voir notamment la question du « Schlusseiszeit », extension fin pléistocène qui, dans les Alpes, aurait été séparée du vrai Wurm par une récession de valeur interglaciaire, position défendue par AMPFERER, O., 1936, et REITHOFER, O., 1931, et à laquelle se sont opposés définitivement KLEBELSBERG, R. VON, 1942, 1949, pp. 708-709; MORAWETZ, S., 1949; PASCHINGER, H., 1952; PENCK, A., 1947.

à la période relativement chaude et sèche de l'« Optimum climatique du Néolithique », qui culmina entre —4000 et —2000. Cet « Optimum climatique » (1), repéré d'abord en Europe occidentale, fut vraisemblablement d'extension universelle (2). En Europe, la température moyenne devait être de 2° à 3° plus élevée qu'actuellement; à ce moment, la déglaciation générale devait avoir fait reculer bien loin le front des glaciers. Certains de ceux-ci ont disparu et se sont reformés depuis.

Concernant la période qui s'étend des deux premiers millénaires avant J.-C. au XIII^e siècle de notre ère, on ne possède de bons renseignements que pour l'Europe et le domaine de l'Atlantique Nord-Océan Arctique (3). Les analyses polliniques révèlent le retour progressif de conditions climatiques plus froides et plus humides vers —850 à —500 (1^{er} âge du fer); une petite crise climatique froide correspond sans doute à l'établissement d'un nouvel équilibre des calottes glaciaires. Des glaciers précédemment disparus se sont reformés à ce moment.

Entre +800 et +1300 de notre ère, les conditions climatiques dans le domaine de l'Atlantique Nord étaient nettement meilleures qu'à présent (4). La « petite glaciation historique » y succéda et culmina avec l'avancée maximum des glaciers.

On voit, d'après les informations qui précèdent, qu'on ne connaît qu'une faible part de l'histoire des glaciers mondiaux. On peut à peine parler d'une vue d'ensemble pour la dernière centaine d'années écoulée. Plus avant, pour l'Holocène, les moyens d'appréciation sont à peine suffisants pour la région la mieux connue, l'Europe occidentale. Mais puisqu'ici comme souvent, l'histoire naturelle ne peut avancer que par tâtonnements grossiers au début, on peut admettre conjecturalement la thèse de la « petite glaciation historique » d'extension mondiale.

L'évolution du glacier Stanley occidental, typiquement centre-africain et équatorial, s'inscrit dans la même perspective qu'on peut résumer comme suit : stades pléistocènes avancés; déglaciation très poussée; reglaciation progressive; avancées maxima de l'époque historique; déglaciation en cours depuis le milieu du XIX^e siècle.

Ceci constitue une vérification à petite échelle, dans les temps récents, de la thèse de NILSSON concernant le parallélisme d'ensemble des stades

(1) « Postglaziale Warmezeit » des auteurs allemands et nordiques. Voir notamment FIRBAS, F., 1947, 1949 (résultats de nombreuses analyses polliniques); KLUTE, F., 1952; TAILLANTIRE, P. et WALTER, S. M., 1947.

(2) BROOKS, C. E. P., 1949; FLOHN, H., 1952; RAESIDE, J. D., 1948; SCHWARZBACH, M., 1950, p. 153 (nombreuses citations).

(3) De laborieuses recherches ont permis à C. E. P. BROOKS d'établir des courbes climatiques pour d'autres régions du globe, mais leur résultat est plus aléatoire (BROOKS, C. E. P., 1949).

(4) AHLMANN, H. W. son, 1941, 1948, 1949; PETERSSON, O 1914; RICHTER, G., 1952.

glaciaires européens et centre-africain. C'est une vraisemblance de plus en faveur de la correspondance supposée entre périodes glaciaires aux hautes et moyennes latitudes et périodes pluviales aux basses latitudes pendant le Pléistocène, suivant les vues du même auteur.

THÉORIES ET CONCLUSIONS.

Théories explicatives : Que démontre sous l'angle de la climatologie globale le parallélisme général des oscillations glaciaires ? Le bilan d'accumulation et d'ablation d'un glacier est fonction de tant de facteurs, variables d'une région à une autre et d'ordres de grandeurs si différents, qu'on s'étonne qu'une loi aussi simple qu'un parallélisme général au moins approché en résulte ⁽¹⁾. On en conclura en toute logique qu'un facteur l'emporte sur les autres dans ses effets et subit des variations d'amplitude mondiale. C'est, semble-t-il, le facteur thermique ⁽²⁾. La température moyenne de la surface du globe peut, on le sait, fluctuer pour des causes d'origine interne, atmosphériques ou astronomiques.

Il ne m'appartient pas de prendre ici position dans le débat qui oppose les différentes théories explicatives des fluctuations climatiques, mais il convient toutefois de mettre en évidence que le parallélisme général observé s'oppose aux conséquences des théories astronomiques du type de celles de MILANKOVITCH, qui postulent que les fluctuations de la température moyenne sont de sens opposés dans les deux hémisphères ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Quelques essais sur l'analyse des connexions climatiques lointaines : ANGSTRÖM, A., 1935; DE GEER, G., 1934; LYSGAARD, L., 1948; SPINK, P. C., 1947. On rappellera la règle B de WILLETT, H. C., 1949B, sur le caractère mondial de toutes les fluctuations climatiques de longue période (commentaires de FAEGRI, K., 1950).

⁽²⁾ « So long as the precipitation exceeds a certain value, which doubtless varies inversely as the latitude, the degree of glaciation appears to depend almost entirely on the temperature » (KIDSON, E., 1946, *Discussions of observations at Adelie Land, Queen Mary Land and Macquarie Island*, Austr. Antarct. Exped. 1911-1914, *Sc. Rept.*, Ser. B. 6, Sydney; cité par R. F. FLINT, *Amer. Journ. Sc.*, vol. 244, 1946, pp. 861-862).

« Les tentatives faites pour expliquer les fluctuations climatiques du Quaternaire par les seules variations de l'orbite terrestre doivent être définitivement rejetées... La réponse (à la question de l'origine des glaciations) réside dans de réelles variations de la température moyenne de la terre » (ÖPIK, E. J., 1953).

Quelques observations concernant les variations de la température moyenne : AHLMANN, H. W. son, 1949; EYTHORSSON, J., 1949; FAEGRI, K., 1948; HUNTINGTON, E., 1941; LABRIJN, A., 1945; LYSGAARD, L., 1948, 1950; MANLEY, G., 1948-1952; NILSSON, E., 1947; SCHÖVE, J. 1950; WILLETT, H. C., 1949, 1950.

⁽³⁾ Quelques revues récentes des théories explicatives : AHLMANN, H. W. son, 1948; BROOKS, C. E. P., 1949A et B; FLOHN, H., 1952, 1953; HESS, H., 1941; HOYLE, F. et assoc., 1949; LJUNGER, E., 1949; MANLEY, G., 1950, 1951; MORAWETZ, S., 1949; ÖPIK, E. J., 1953; SHARP, R. P., 1949; WILLETT, H. C., 1949; *Glaciers and climate*, *Geografiska Annaler*, 31, 1949.

Conclusions générales. — L'étude des stades de récession du glacier Stanley occidental, typiquement centre-africain et équatorial, fournit un nouvel appoint aux thèses de S. THORARINSSON et F. MATTHES concernant le parallélisme mondial (au moins approché) des fluctuations glaciaires et l'existence de la « petite glaciation historique ». Les conclusions de ces auteurs peuvent donc être étendues sur les points suivants :

a) La variation climatique moderne qui conditionne le retrait mondial des glaciers depuis le milieu du XIX^e siècle affecte simultanément les deux hémisphères et les régions équatoriales.

b) Il est probable que les autres variations climatiques de plus grande amplitude, du Pléistocène et de l'Holocène, furent aussi synchroniques et de même sens sur tout le globe. Ceci concerne plus spécialement, durant l'Holocène, la phase de déglaciation du dernier glaciaire, l'optimum climatique du Néolithique et les altérations climatiques qui conduisirent à l'avancée des glaciers de la « petite glaciation historique » (« Little Ice Age »).

c) Le synchronisme des fluctuations glaciaires fait croire à la correspondance suivante : Période glaciaire des hautes et moyennes latitudes = Période pluviale des basses latitudes.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- AHLMANN, H. W. son, 1941, Studies in North-East Greenland (*Geografiska Annaler*, Arg. XXIII, pp. 145-209).
- 1948, Glaciological research on the North Atlantic coasts (*Royal Geogr. Soc.*, London, Research Series, n° 1, 83 p.).
- 1949, The present climatic fluctuation (*Geographical Journ.*, vol. CXII, pp. 165-195).
- AHLMANN, H. W. son et THORARINSSON, S., 1939, Scientific results of the Swedish-Icelandic investigations 1936-1937-1938 (*Geografiska Annaler*, Arg. XXI).
- AMPFERER, O., 1936, Waren die Alpen zwischen Würmeiszeit und Schlussvereisung unvergletschert? (*Sitzber. Akad. d. Wissenschaften in Wien*, Math.-Naturw. Kl., Abt. I, Bd CXLV, pp. 201-208).
- AMPFERER, O. et KLEBELSBERG, R., 1929, « Rückzugstadien » oder « Schlusseiszeit »? (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XVII).
- ANGSTRÖM, A., 1935, Teleconnections of climatic changes in present time (*Geografiska Annaler*, Arg. XIII, pp. 242-258).
- ANTEVS, C., 1952, Cenozoic climates of the Great Basin (*Geologische Rundschau*, XI, 1, pp. 94-108).
- BESCHEL, R., 1950, Flechten als Altersmasstab rezenter Moränen (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 2, pp. 152-161).
- BOBEK, H., 1941, Die Gegenwärtige und eiszeitliche Vergletscherung im Zentral Kurdischen Hochgebirge (Osttaurus, Ostanatolien) (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVII, pp. 50-87).
- BROGGI, J. A., 1943, La desglaciación actual de los Andes del Peru (*Soc. Geol. Peru*, Bull. 14-15, pp. 59-90; cité dans *Journal of Geology*, vol. I, n° 2, p. 88).
- 1945, La desglaciación andina y sus consecuencias (*Rev. Cienc. Lima*, n° 444, pp. 159-173; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 3, p. 152).
- BROOKS, C. E. P., 1931, The correlation of pluvial periods in Africa with climatic changes in Europe (in LEAKEY, L. S. B., *Stone age cultures of Kenya Colony*, Cambridge).
- 1932, A study of the atmospheric circulation over tropical Africa (*Meteorological Office, Geographical Memoirs*, n° 55, 5th nr., vol. VI, London).
- 1949A, Climate through the ages (revised edition, Ernest Benn Ltd, London).
- 1949B, Post-glacial climatic changes in the light of recent glaciological research (Glaciers and Climate) (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXI, pp. 21-24).
- 1950, Selective annotated bibliography on climatic changes (*American Meteorological Society, Meteorological Abstracts and Bibliography*, vol. I, n° 7, July 1950).
- BROUWER, A., 1951, Enige beschouwingen bij de absolute ouderdomsbepalingen van pleistocene afzettingen (*Geologie en Mijnbouw*, XIII, n° 12, pp. 403-414).
- BRUET, E., 1947, Glaciations pléistocènes et terrasses climatiques en Equateur (*Bull. Assoc. Geogr. Français*, n° 188-189, pp. 90-99).

- BÜDEL, J., 1919, Rie räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas (*Die Naturwissenschaften*, Jahrg. 36, pp. 105-112).
- BULTOT, F., 1950A, Régimes normaux et cartes des précipitations dans l'Est du Congo Belge (*Publ. I.N.E.A.C.*, Bruxelles, Bureau climatologique, comm. n° 1).
- 1950B, Carte des régions climatiques du Congo Belge (*Publ. I.N.E.A.C.*, Bruxelles, Bureau climatologique, comm. n° 2).
- DE GEER, G., 1934, Equatorial palæolithic varves in East Africa (*Geografiska Annaler*, Arg. XVI, pp. 75-96 et pl.).
- DE GRUNNE, X., HAUMAN, L., BURGEON, L., MICHOT, P., 1937, Vers les glaciers de l'Équateur. Le Ruwenzori (*Mission scientifique belge*, R. Dupriez, Bruxelles).
- DE HEINZELIN, J., 1951, Le retrait des glaciers du flanc Ouest du Massif Stanley (Ruwenzori) (*Union Geod. et Geoph. Inst.*, Ass. Gén. Bruxelles, t. I, pp. 203-205).
- 1952, Glacier recession and periglacial phenomena in the Ruwenzori Range (Belgian Congo) (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 12, pp. 137-140).
- DE LA VALLÉE-POUSSIN, J., 1933, Les glaciers du Ruwenzori (*Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, t. LIII, pp. 45-47).
- D'ERMAN, M., 1949, Osservazioni su recenti fenomeni di ritiro nei ghiacciai del Monte Kenia (*Atti del XIV Congresso geografico italiano tenuto a Bologna*, 8-12 Aprile 1947, pp. 354-356; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 11, p. 73).
- DESIO, A., 1951, Recent fluctuations of the Italian glaciers (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 8, p. 421).
- DYSON, J. L., 1948, Shrinkage of Sperry and Grinnel Glaciers, Glacier National Park, Montana (*Geographical Review*, vol. XXXVIII, pp. 95-103; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 5, p. 297).
- ERINÇ, S., 1952, Glacial evidences of the climatic variations in Turkey (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXIV, H. 1-2, pp. 89-97).
- EYTHORSSON, J., 1935, On the variations of glaciers in Iceland (*Geografiska Annaler*, Arg. XVII, pp. 121-137).
- 1949A, Variations of glaciers in Iceland, 1930-1947 (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 5, pp. 250-252).
- 1949B, Temperature variations in Iceland (Glaciers and Climate) (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXI, pp. 36-55).
- 1950, Rückgang der isländischen Gletscher in den Jahren 1930-1947 (*Polarforschung*, Bd II, Jahrg. 20, p. 375).
- FAEGRI, K., 1934, Ueber Längenvariationen einiger Gletscher des Jostedalubre und die dadurch bedingten Pflanzensukzessionen (*Bergens Museums Arbok*, Naturv. rekke, n° 7, Bergen).
- 1948A, On the variations of western norwegian glaciers during the last 200 years (*Union Geod. et Geophys. Int.*, Ass. Gén. Oslo, t. II, pp. 293-303).
- 1948B, Brevariajoner i Vestnorge i de siste 200 ar (*Naturen*, vol. LXXII, Berg, pp. 230-243).
- 1950, On the value of palæoclimatological evidence (*Centenary Proceed. Royal Meteorol. Soc.*, pp. 188-195).
- FIELD, W. O., 1947, Glacier recession in Muir Inlet, Glacier Bay, Alaska (*Geographical Review*, vol. XXXVII, pp. 369-399, 1 carte).
- FIELD, W. O. Jr., 1949, Glacier observations in the Canadian Rockies (*Canadian Alpine Journal*, vol. XXXII, pp. 99-114; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 7, p. 398).

- DE FILIPPI, F., 1909, S. A. R. le Prince Louis-Amédée de Savoie, duc des Abruzzes, Le Ruwenzori. Voyage d'exploration, illustré par V. SELLA; traduit par A. POIZAT (Plon, Paris).
- FIRBAS, F., 1947, Ueber die späteiszeitlichen Verschiebungen der Waldgrenze (*Die Naturwissenschaften*, Jahrg. 34, Heft 4, pp. 114-118).
- 1949, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen (Gustav Fisher, Iena).
- FLINT, R. F., 1947, Glacial geology and the Pleistocene epoch (John Wiley and Sons, Inc., n° 7).
- FLOHN, H., 1952, Allgemeine atmosphärische Zirkulation und Paläoklimatologie (*Geologische Rundschau*, XL, 1, pp. 153-178).
- 1953, Zur Didaktik der allgemeine Zirkulation der Atmosphäre (*Geographische Rundschau*, Jahrg. 5, n° 2).
- GAGE, M., 1951A, The dwindling glaciers of the Upper Rakaia Valley, Canterbury, New Zealand (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 9, pp. 504-507).
- 1951B, The Cameron Glacier, New Zealand (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 10, p. 583).
- GEILINGER, W., 1936, Retreat of the Kilimanjaro glaciers (*Tanganyika Notes and Records*, octobre 1936; référence dans *Geographical Journal*, avril 1937).
- GREGORY, J. W., 1894, The glacial geology of Mount Kenya (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. L, pp. 515-530).
- GROSSMAYR, F. B., 1945, Weltwetter und Klimaschwankung im Nordpolargebiet (*Polarforschung*, Jahrg. 15, Heft 1-2, pp. 5-9; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 6, p. 349).
- HARRINGTON, H. J., 1952, Glacier wasting and retreat in the Southern Alps of New Zealand (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 12, pp. 140-145).
- HAUMAN, L., 1933, Les « Lobelia » géants des Montagnes du Congo Belge (*Mém. Inst. R. Colonial Belge*, sect. Sc. nat. et méd., coll. in-8°, t. II).
- 1935, Les « Senecio » arborescents du Congo (*Revue de Zoologie et de Botanique africaines*, vol. XXVIII, fasc. 1).
- 1942, Les Bryophytes des hautes altitudes du Ruwenzori (*Bull. Jardin Botanique de l'Etat*, Bruxelles, vol. XVI, fasc. 4, pp. 311-353).
- HAURWITZ, B. et AUSTIN, J. M., 1944, Climatology (MacGraw-Hill Book Co°).
- HEIM, A., 1946, Informe sobre un estudio glaciológico en el Parque Nacional los Glaciares (*Administr. General de Parques Nacionales y Turismo Rep. Argentina*, Buenos Aires, 1946, 10 pp.; résumé dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glacialgeologie*, Bd I, Heft 2, p. 289).
- 1947, Estudio glaciológico en el Parque Nacional los Glaciares (*Mem. Obras Publ. Adm. Gen. Parques Nac. y Turismo*, Buenos Aires, Memoria general, 1946; résumé dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glacialgeologie*, Bd I, Heft 2, p. 289).
- 1948, Wunderland Peru (Bern, Hans Huber, 301 p.). Analyse des observations glaciologiques par R. VON KLEBELSBERG dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glacialgeologie*, Bd I, Heft 2, pp. 231-233).
- 1951, On the glaciation of South America as related to tectonics (*Eclogæ Geologicae Helveticae*, vol. XLIV, pp. 171-182).
- HELBLING, R., 1935, The origin of the Rio Plomo ice-dam (*Geographical Journal*, vol. LXXXV, pp. 41-49).
- HESS, H., 1941, Klimaschwankungen (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVII, pp. 214-245, fig. 7).

- HOYLE, F. et assoc., 1949, Post-glacial climatic change (*Quart. Journ. R. Meteorol. Soc.*, vol. LXXV, pp. 161-185).
- HUMPHREYS, N., 1933, Ruwenzori; flights and further explorations (*Geographical Journal*, vol. LXXXII, pp. 481-514).
- HUNTINGTON, E., 1941, Climatic pulsations, in conservation of renewable resources (*Univ. of Pennsylvania Press*).
- HUSTICH, I., 1949, On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXI, pp. 90-105).
- JAEGER, F., 1931, Veränderungen der Kilimanjaro-gletscher (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XVIII).
- 1943, Klimaschwankungen und Krusten bewegungen in Afrika nach Werner Beetz (*Zeitschrift f. Geomorphologie*, XI, pp. 337-345).
- JENNINGS, J. N., 1939, The glaciers of Jan Mayen (*Geographical Journal*, vol. XCIV, pp. 128-131; in KING, A., 1939, The Imperial College expedition to Jan Mayen Island, *Geogr. Journ.*, XCIV, 115-134).
- 1948, Glacier retreat in Jan Mayen (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 4, pp. 167-181).
- JENNY, H., 1941, Factors of soil formation (MacGraw-Hill Book Co).
- JENSEN, A. S. et FRISTRUP, B., 1950, Den arktiske klimatforandring og dens betydning searling for Grønland (*Geografisk Tidsskrift*, Bd L, pp. 20-47; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 11, p. 74).
- JOST, W., 1949, Variations des glaciers (*Die Alpen*, Berne, XXV, 12, pp. 441-446; cité dans *Geologische Rundschau*, XXXIX, 1, p. 243).
- KINZL, H., 1929, Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XVII).
- 1932, Die grössten nacheiszeitlichen Gletschervorstosse in der Schweizer Alpen und in der Mont-Blanc Gruppe (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XX, pp. 269-397).
- 1942, Gletscherkundliche Begleitworte zur Karte der Cordillera Blanca (Peru) (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVIII, Heft 1-2).
- 1949, Die Vergletscherung in der Südhälfte der Cordillera Blanca (Peru) (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 1-28).
- KLEBELSBERG, R. VON, 1942, Von der alpinen « Schlussvereisung » (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVIII, pp. 60-66).
- 1948, Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie (Springer-Verlag, Wien).
- 1949, Die Gletscher der österreichischen Alpen 1942 bis 1946 (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 84-97).
- KLEBER, W., 1949, Klimaänderung im Polargebiet (*Geografische Rundschau*, Bd I, Heft 6, pp. 228-229; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 11, p. 74).
- KLUTE, F., 1928, Die Bedeutung der Depression der Schneegrenze für eiszeitliche Probleme (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XVI, pp. 70-93).
- 1951, Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmeszeit und die Änderungen bis zu Jetztzeit (*Erdkunde*, Bd V, pp. 273-283).
- LABRIJN, A., 1945, The climate of the Netherlands over the past 2 ½ centuries (*Med. en Verh. Kon. Ned. Met. Inst.*, t. XLIX, n° 102).
- LAWRENCE, D. B., 1950A, Glacier fluctuation for six centuries in Southeastern Alaska and its relation to solar activity (*Geographical Review*, vol. XL, pp. 191-223).
- 1950B, Estimating dates of recent glacier advances and recession rates by studying tree growth layers (*Trans. Amer. Geophys. Union*, vol. XXXI, n° 2, pp. 243-248; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 9, p. 531).

- LICHTENECKER, N., 1941, Die tiefstgelegenen Gletscher der Alpen (Ein morphologischer Beweis für die postglacial Wärmezeit in den Alpen) (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVII, pp. 29-35).
- LJUNGER, E., 1949, East-West balance of the quaternary ice caps in Patagonia and Scandinavia (*Bull. Geol. Institut. Univ. Upsala*, vol. XXXIII, pp. 11-36; cité dans *Journal of Geology*, vol. I, n° 8, p. 474).
- LLIBOUTRY, L., 1953, More about advancing and retreating glaciers in Patagonia (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 13, pp. 168-172).
- LASGAARD, L., 1948, Recent climatic fluctuations (*Nature*, vol. CLXI, n° 4090, pp. 442-443; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 4, p. 218).
- 1949, Recent climatic fluctuations (*Folia Geogr. Danica*, vol. V, Kong. Danske Geogr. Selskab, Copenhagen).
- 1950, On the present climatic variation (*Centenary Proceed. R. Meteorol. Soc.*, pp. 206-210).
- MANLEY, G., 1948, Glacier variations and climatic fluctuations in Britain (*Union Geod. et Geophys. Inst.*, Ass. Gén. Oslo, t. II, pp. 304-305).
- 1950, Some consequences of the relation between glacier variations and climatic fluctuations in Britain (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 7, pp. 352-356).
- 1951, The range of variation of the Britain climate (*Geographical Journal*, vol. CXVII, pp. 43-68).
- 1952, Variations in the mean temperature of Britain since glacial times (*Geologische Rundschau*, Bd XL, pp. 125-127).
- MANNERFELT, C., 1945, Några glacialmorfologiska fornelement och deras vittnesbörd om inlandsisens avsmälthingsmekanik i svensk och norsk fjällterräng (*Geografiska Annaler*, Arg. XVII, Heft 1-2, pp. 1-239 et pl.).
- MASON, K., 1935, The study of threatening glaciers (*Geographical Journal*, vol. IXXXV, pp. 24-41).
- MATHEWS, W. H., 1951, Historic and prehistoric fluctuations of alpine glaciers in the Garibaldi map-area, south-western British Columbia (*Journal of Geology*, vol. LIX, pp. 337-380).
- MATTHES, F. E., 1942, Glaciers (in *Hydrology Physics of the Earth*, vol. IX, éd. O. E. MEINZER, MacGraw-Hill, New York and London, pp. 149-219).
- 1945, Post-Pleistocene deglaciation and reglaciation (*Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. LVI, p. 1181).
- 1946, Report of Committee on Glaciers, 1945 (*Trans. Amer. Geophys. Union*, vol. XXVII, pp. 219-233).
- MEEK, V., 1948, Glacier observations in the canadian cordillera (*Union Geod. et Geophys. Int.*, Ass. Gén. Oslo, 1948, t. II, pp. 264-275).
- MENZIES, I. R., 1951A, Some observations on the glaciology of the Ruwenzori range (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 9, pp. 511-512).
- 1951B, The glaciers of Ruwenzori (*The Uganda Journal*, vol. XV, n° 2, pp. 177-181).
- MERCANTON, P.-L., 1939, Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses (*Les Alpes*, n° 5, rapport 59).
- 1949, Schweizer Gletschermessungen, 1941-1946 (*Die Alpen*; résumé dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 97-99).
- 1951-1952, Glacier fluctuation in the Swiss Alps, 1950-1951 (*Journal of Glaciology*, vol. I, p. 538; vol. II, p. 110).
- 1952, European glacier fluctuation, 1947-1950 (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 1, p. 64).

- MICHOT, P., 1933A, Les traits caractéristiques de la morphologie du Ruwenzori dans leurs relations avec la tectonique du massif (*Soc. roy. Belge de Géographie*, 57, pp. 5-13).
- 1933B, Les grandes lignes de l'évolution géologique du Ruwenzori (*Revue Universelle des Mines*, série 8, t. IX, n° 13).
- MORAWETZ, S., 1941, Zur Frage der letzten Gletscherschwankungen in den Ostalpen (*Zeitschrift f. Gletscherkunde*, Bd XXVII, pp. 36-49).
- 1949A, Die postglaziale Wärmezeit und die Vergletscherung der zentralen Ostalpen (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 63-69).
- 1949B, Gletschergang und Klimafaktoren (*Petermans Geographische Mitteilungen*, Jahrg. 93, Heft 4, pp. 164-168; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 9, p. 533).
- NICHOLS, R. L. et MILLER, M. M., 1951, Glacial geology of Ameghino Valley, Lago Argentino, Patagonia (*Geographical Review*, vol. XLI, pp. 274-294; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 10, p. 593).
- NILSSON, E., 1931, Quaternary glaciation and pluvial lakes in British East Africa (*Geografiska Annaler*, Arg. XIII, pp. 249-348, 4 pl.).
- 1935, Traces of ancient changes of climate in East Africa (*Geografiska Annaler*, Arg. XVII, pp. 1-21).
- 1940, Ancien! changes of climate in British East Africa and Abyssinia (*Geografiska Annaler*, Arg. XXII, pp. 1-79).
- 1947, Den nutida klimatförändringen i Ostafrika (*Ymer*, Stockholm, 1947, pp. 161-172).
- 1949, The pluvials of East Africa (*Glaciers and Climate*, *Geografiska Annaler*, Arg. XXXI, pp. 204-211).
- ÖPIK, E. J., 1953, On the causes of palæoclimatic variations and of the Ice Ages in particular (*Journal of Glaciology*, vol. II, n° 13, pp. 213-217).
- OPPENHEIM, 1948, Deglaciation in Columbia (*Union Geod. et Geophys. Int.*, Ass. Gén. Oslo, t. II, p. 285).
- PASCHINGER, V., 1948, Pasterzenstudien (*Festschr. z. 100 j. Bestand d. Naturwissenschaftlichen Vereins f. Kärnten*, Carinthia II, Sonderheft 11, Klagenfurt, Kleinmayr, 119 p.; analysé par R. VON KLEBELSBERG, dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 2, pp. 233-235).
- 1949, Profiländerungen der Pasterze (Glocknergruppe) 1848-1942 (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 39-55).
- 1952, Die spätglazialen Gletscher des Geschnitztales (*Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd II, Heft 1, pp. 35-57).
- PENCK, A., 1937, Die Ausbreitung des Menschengeschlechtes (*Mitteilungen der Gesellschaft f. Erdkunde zu Leipzig*, 1934-1936).
- 1947, Rückzug der letzten Vergletscherung (*Erdkunde*, Bd I, pp. 182-184).
- PETTERSSON, O., 1914, Climatic variations in historic and prehistoric time (*Svenska Hydrogr.-Biol. Komm. Skrifter*, 5).
- RAESIDE, J. D., 1948, Some post-glacial climatic changes in Canterbury (New Zealand) and their effect on soil formation (*Transact. R. Society of New Zealand*, vol. LXXVII, pp. 153-177; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 10, p. 593).
- REITHOFER, O., 1931, Ueber den Nachweis von Interglazialablagerungen zwischen Würmezeit und der Schlussvereisung im Ferwall- und Schönferwalltal (*Jahrb. des Geol. B.-A. Wien*, Bd LXXXI, pp. 217-236).
- RENAUD, A., s.d., Nos glaciers (*Cahiers d'Enseignement pratique*, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 44 p.).

- RICHTER, E., 1891, Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher (*Zeitschrift d. Deutsche und Osterreichischen Alpenvereins*, Bd XXII, pp. 1-74; cité par MATTHES, F. E., 1946).
- RICHTER, G., 1952, Klimaschwankungen und Wüstungsvorgänge im Mittelalter (*Petermanns Geographische Mitteilungen*, Jahrg. 96, pp. 249-254).
- ROHMEDEK, W., 1940, Gletschervorstoß in Patagonien (*Zeitschrift f. Erdkunde*, 1940, pp. 612-614).
- RUSSELL, R. S., 1937, Note on glacier recession in the Landsborough and Twain Valleys, South Westland (New Zealand) (*Trans. Roy. Soc. New Zealand*, vol. LXVI, pp. 78-79).
- SALT, G., 1951, The Shira plateau of Kilimanjaro (*Geographical Journal*, vol. CXVII, pp. 150-166).
- SCHWARZBACH, M., 1950, Das Klima der Vorzeit (*Ferd. Enke Verlag*, Stuttgart).
- SHARP, R. P., 1949, Glacier, historian of the weather (*Research Review*, Office of Naval Research Washington, July 1949; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 11, p. 77).
- SPANX, H. J., 1948, Report on glacier recession in Peru (*Union Geod. et Géoph. Int.*, Ass. Gén. Oslo, t. II, pp. 283-284).
- SPEIGHT, R., 1940, Ice wasting and glacier retreat in New Zealand (*Journal of Geomorphology*, t. III, pp. 131-143).
- 1941, Note on the Franz Josef Glacier, December 1930 (*Trans. Roy. Soc. New Zealand*, vol. LXXI, part 2, pp. 128-138).
- SPINK, P. C., 1945, Further notes on the Kibo Inner Crater and Glaciers of Kilimanjaro and Mount Kenya (*Geographical Journal*, vol. CVI, pp. 210-216).
- 1947, World-wide climate and the glaciers and lake levels of East Africa (*Weather*, vol. II, pp. 329-337; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 4, p. 218).
- 1948, Ice on Kilimanjaro and Mount Kenya (*Weather*, vol. III, n° 7).
- 1949, Equatorial glaciers of East Africa (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 5, pp. 277-280).
- 1952, Recession of the African glaciers (*Journal of Glaciology*, vol. II, November 1952, n° 12, pp. 149-150).
- STANLEY, H. M., 1879, A travers le continent mystérieux (trad. H. Loreau-Hachette, Paris).
- 1885, Cinq années au Congo, 1879-1884 (trad. G. Harry, Inst. Nat. de Géographie, Bruxelles).
- 1890, Dans les ténèbres de l'Afrique (trad. Libr. Hachette, Paris).
- STUHLMANN, 1894, Mit Emin Pascha im Herz von Afrika (Dietrich Reimer, Berlin).
- SUGGATE, R. P., 1951, Franz Joseph and other Glaciers of the Southern Alps, New Zealand (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 8, pp. 422-429).
- TALLANTIRE, P. and WALTERS, S. M., 1947, The late-glacial period (*Nature*, vol. CLIX, n° 4043, pp. 556-559).
- THORARINSSON, S., 1940, Present glacier shrinkage, and eustatic changes of sea-level (*Geografiska Annaler*, Arg. XXII, pp. 131-159).
- 1943, Vatnajökull. Scientific results of the Icelandic investigations 1936-1937-1938. Chap. X. Oscillations of the Iceland glaciers in the last 250 years (*Geografiska Annaler*, Arg. XXV, pp. 1-54; cité dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 3, p. 154).
- 1951, Some facts and conclusions regarding the recession of the last inland ice and the late glacial and postglacial land uplift in Northern Iceland (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXIII, pp. 74-88).

- TROLL, C., 1942, Neue Gletscherforschungen in den Subtropen der Alten und der Neuen Welt (Karakorum und Argentinische Anden) (*Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde*, Berlin, 1942, pp. 54-65).
- TROLL, C. et WIEN, K., 1949, Der Lewisgletscher am Mount Kenya (*Geografiska Annaler, Glaciers and Climate*, Arg. XXXI, pp. 257-274).
- VANNI, M., 1948, Le variazioni frontali dei ghiacciai italiani negli ultimi venticinque anni e l'opera del Comitato Glaciologico Italiano (*Bolletino del Comitato Glaciologico Italiano*, Turin, n° 25, pp. 87-90; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 5, p. 275).
- 1950A, Le variazioni recenti dei ghiacciai italiani ed i loro fattori meteorologici (*Geofisica pura e applicata*, vol. XVII, pp. 230-233).
- 1950B, Il glacialismo attuale. Distribuzione e variazioni (*Bolletino del Comitato Glaciologico Italiano*, Turin, sér. 2, n° 1, pp. 39-75; résumé dans *Journal of Glaciology*, n° 10, p. 589).
- 1951, Fluctuations of the italian glaciers, 1950 (*Journal of Glaciology*, vol. I, n° 10, p. 563).
- VIETE, G., 1951, Zum Klima der Vorzeit (*Zeitschrift f. Meteorologie*, Bd V, Heft 4, April 1951, pp. 102-110).
- VON DRYGALSKI, E. et MACHATSCHKEK, F., 1942, Gletscherkunde (*Enzyklopaedie der Erdkunde*, Wien; analyse dans *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd I, Heft 1, pp. 102-108, et dans *Geografiska Annaler*, Arg. XXV, pp. 132-133).
- WEBB, C. E., 1948, Investigations of glaciers in British Columbia (*Canadian alpine Journal*, vol. XXXI, pp. 107-117; résumé dans *Journal of Glaciology*, vol. I, n° 5, pp. 275-276).
- WILLETT, H. C., 1949A, Long-period fluctuations of the general circulation of the atmosphere (*Journal of Meteorology*, vol. VI, n° 1, February 1948, pp. 34-50).
- 1949B, Solar variability as a factor in the fluctuation of climate during geological time (*Geografiska Annaler*, Arg. XXXI, pp. 295-315).
- 1950, Temperature trends of the past century (*Centenary Proceed. R. Meteorol. Soc.*, pp. 195-260); cité dans *Journal of Glaciology*, vol. II, n° 10, p. 594).
- WYSS-DUNANT, E., 1937, De la glaciation comparée des trois massifs montagneux de l'Est Africain (*Actes Soc. Helv. Sc. Nat.*, 1937, pp. 205-206).
- X., 1952, Views of Kilimanjaro (*The Illustrated London News*, November 15, 1952, p. 817).
- ZAHLEBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., 1936, Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori (*Mém. Inst. R. Colonial Belge*, sect. Sc. nat. et méd., coll. in-8°, t. V).
- ZEUNER, F. E., 1945, The Pleistocene period (Ray Society, London).
- 1948, Climate and early man in Kenya (*Man*, vol. XLVIII, p. 14).

EXPLICATION DES FIGURES.

Situation générale de l'auge glaciaire du Stanley occidental.

a) Le cirque du lac Gris vu du col de la piste de Kitandara. Direction : N-N-W.

Photo: J. DE HEINZELIN, juillet 1952.

b) Le glacier Stanley, le cirque du lac Gris, le lac Vert et le lac Noir vus des pentes de l'Alexandra. Direction : S-W.

Photo: Mission scientifique 1932.

c) L'auge glaciaire vue en enfilade. Direction : N.

Photo: Mission scientifique 1932.

d) Le glacier Stanley occidental en 1950, vu d'un emplacement qu'occupait encore le glacier en 1932. Direction : N-E.

Photo: J. DE HEINZELIN, juillet 1950.

e) L'auge glaciaire entre le glacier et le lac Vert, vue de la pointe Maria du Wusuwameso. La tente situe l'emplacement du camp II. Vue composée d'une mosaïque de six photos. Angle de vue environ 130°, de N-E à S-S-W.

Photo: J. DE HEINZELIN, juillet 1952.

Coll. Inst. Parcs Nat. Congo Belge.



Les Stades de Récession du Glacier Stanley occidental.

EXPLICATION DES FIGURES.

Moins de vingt ans séparent ces deux aspects du glacier.

a) En avril 1933.

Photo: J. ELISSEN.

b) En juillet 1952.

Photo: J. DE HEINZELIN (infra-rouge).

Coll. Inst. Parcs Nat. Congo Belge.



a)



b)

Les Stades de Récession du Glacier Stanley occidental.

EXPLICATION DES FIGURES.

L'évolution du glacier en quinze ans, de 1935 à 1950.

a) En juillet 1935.

Photo: H. J. BREDO.

b) En juillet 1939. Vue composée.

Photo: A. GILLIARD.

c) En septembre 1940.

Photo : H. PHILIPS.

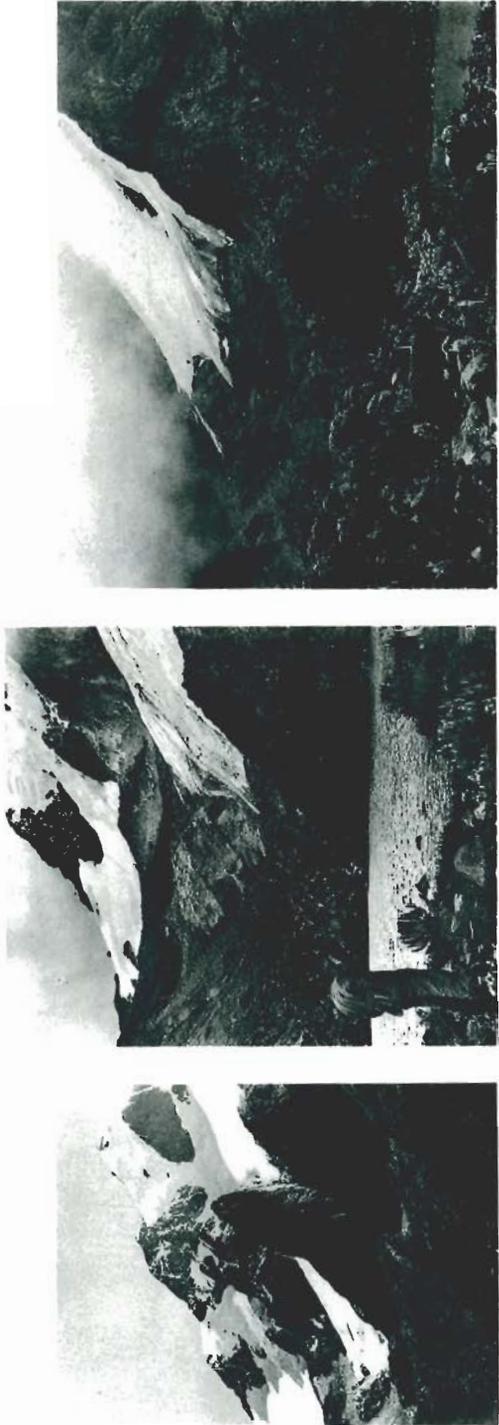
d) En septembre 1940.

Photo : H. PHILIPS.

e) En juillet 1950.

Photo: J. DE HEINZELIN.

Coll. Inst. Parcs Nat. Congo Belge.



Les Stades de Récession du Glacier Stanley occidental.