

La moraine frontale de Sakami, Québec subarctique
The Sakami Moraine. Subarctic Québec
Сакамская морена. Субарктический Квебек

Léon Hardy

Volume 36, numéro 1-2, 1982

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032469ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032469ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Hardy, L. (1982). La moraine frontale de Sakami, Québec subarctique.

Géographie physique et Quaternaire, 36(1-2), 51-61.

<https://doi.org/10.7202/032469ar>

Résumé de l'article

Avec ses quelque 630 km de longueur, la moraine frontale de Sakami constitue la forme glaciaire la plus importante du Québec subarctique. Elle s'étire entre le sud du lac Mistassini et l'embouchure de la grande rivière de la Baleine en décrivant un arc de cercle dont le point central est situé au centre du Québec. Elle se compose de matériaux fluvio-glaciaires et proglaciaires qui forment le plus souvent de vastes plaines deltaïques ou de longues crêtes dissymétriques dont les dimensions peuvent atteindre 8 km x 6 km x 40 m. La moraine de Sakami constitue une unité morpho-stratigraphique de première importance dans l'histoire de la déglaciation du bassin hydrographique de la baie James. Elle localise la position occupée par le glacier du Nouveau-Québec, qui se retirait vers l'est, lors du drainage du lac glaciaire Ojibway et de l'invasion de la mer de Tyrrell. Par cette position, elle sépare deux styles de déglaciation, l'un au contact d'une profonde masse d'eau lacustre où le recul rapide du front se réalisait principalement par le vèlage d'icebergs à partir d'une marge glaciaire localement flottante, l'autre dans un milieu subaérien ou au contact d'une nappe d'eau marine moins profonde, où l'ablation progressait plus lentement par la fonte d'une marge glaciaire appuyée sur son lit. La moraine de Sakami était en voie d'édification il y a 7900 ans.

LA MORAINÉ FRONTALE DE SAKAMI, QUÉBÉC SUBARCTIQUE

Léon HARDY, Les Consultants SOGEAM Inc., 460, rue Saint-Charles ouest, bureau 303, Longueuil, Québec J4H 1G4.

RÉSUMÉ Avec ses quelque 630 km de longueur, la moraine frontale de Sakami constitue la forme glaciaire la plus importante du Québec subarctique. Elle s'étire entre le sud du lac Mistassini et l'embouchure de la grande rivière de la Baleine en décrivant un arc de cercle dont le point central est situé au centre du Québec. Elle se compose de matériaux fluvio-glaciaires et proglaciaires qui forment le plus souvent de vastes plaines deltaïques ou de longues crêtes dissymétriques dont les dimensions peuvent atteindre 8 km × 6 km × 40 m. La moraine de Sakami constitue une unité morpho-stratigraphique de première importance dans l'histoire de la déglaciation du bassin hydrographique de la baie James. Elle localise la position occupée par le glacier du Nouveau-Québec, qui se retirait vers l'est, lors du drainage du lac glaciaire Ojibway et de l'invasion de la mer de Tyrrell. Par cette position, elle sépare deux styles de déglaciation, l'un au contact d'une profonde masse d'eau lacustre où le recul rapide du front se réalisait principalement par le vèlage d'icebergs à partir d'une marge glaciaire localement flottante, l'autre dans un milieu subaérien ou au contact d'une nappe d'eau marine moins profonde, où l'ablation progressait plus lentement par la fonte d'une marge glaciaire appuyée sur son lit. La moraine de Sakami était en voie d'édification il y a 7900 ans.

ABSTRACT *The Sakami Moraine. Subarctic Québec.* The Sakami Moraine, 630 km long, forms the largest accumulation of unconsolidated material in subarctic Québec. It stretches between the southern tip of Lake Mistassini and the mouth of the Great Whale River, forming a semicircular arc centered in the middle of Québec. It is composed of glaciofluvial and proglacial materials usually forming vast deltaic plains or large asymmetric ridges 8 km × 6 km × 40 m thick. The Sakami Moraine is a morpho-stratigraphic unit of prime importance in the deglaciation history of the James Bay hydrographic basin. It shows the position occupied by the eastward retreating New-Québec glacier when glacial Lake Ojibway drained and the Tyrrell Sea invaded the lowlands. It also demarcates two styles of ice retreat, one in contact with a deep lacustrine water body where a rapid ice front retreat was occurring mostly by icebergs calving from a locally floating ice margin, the other one in a subaerial environment or in contact with a shallower marine body where the melting of an ice margin resting on its bed was resulting in slower ablation. The Sakami Moraine was in its building phase 7900 ¹⁴C years ago.

РЕЗЮМЕ *Сакамская морена. Субарктический Квебек.* Сакамская морена длиной 630 км образует крупнейшие скопления незатвердевшего грунта в субарктическом Квебеке. Она тянется между южным концом озера Мистассини и устьем реки Грейт Уейл, образуя полукруглую арку с центром в середине Квебека. Морена состоит из флювиогляциальных и прогляциальных материалов, обычно образующих огромные дельтообразные равнины или крупные асимметричные хребты 8 км × 6 км × 40 м толщиной. Сакамская морена — это морфостратиграфическая единица первостепенной важности в истории отступления ледника гидрографического бассейна залива Джеймс. Она показывает положение, которое занимал отступавший на восток ледник Нового Квебека, когда произошел дренаж ледникового озера Одживвей, а Тиррельское море затопило низменности. Она также разграничивает два типа отступления ледника: один в контакте с глубокими массами озерной воды, в которой быстрое отступление ледяного края происходило большей частью отрывом айсбергов от плавающего участка ледяного края; другой в субаэральной среде или в контакте с более мелкой массой морской воды, в которой таяние края ледника, лежащего на своем ложе, сопровождалось медленным разрушением под действием воды. Фаза создания сакамской морены происходила 7900 лет тому назад.

INTRODUCTION

Lors de la déglaciation du bassin hydrographique de la baie James, une pause dans le retrait du glacier résiduel centré sur le Nouveau-Québec a commandé la mise en place d'une moraine frontale qui s'étend sur quelque 630 km entre le sud-ouest du lac Mistassini et Poste-de-la-Baleine (fig. 1). Cette forme de terrain, appelée moraine de Sakami, représente une construction glaciaire de première importance tant par ses dimensions et sa signification dans l'histoire de la déglaciation que par son utilisation intensive dans les travaux de mise en valeur du potentiel hydro-électrique du territoire.

Un segment de la moraine a été cartographié par LEE *et al.* (1960) qui interprètent les accumulations sablo-graveleuses comme des crêtes de plage incluant quelques dépôts fluvio-glaciaires. VINCENT (1974) a cartographié à grande échelle la section comprise dans la zone du complexe hydro-électrique de la Grande Rivière et HARDY (1976 et 1977) a décrit la portion qui s'étend aux basses terres de la baie James. Le tracé et l'extension de la moraine apparaissent sur la *Carte glaciaire du Canada* (PREST *et al.*, 1970).

La présente étude complète la cartographie détaillée des différentes accumulations associées à cette pause du front glaciaire et analyse leurs faciès en relation avec les conditions locales et régionales de mise en place. Elle discute également l'origine de la moraine et sa signification dans le cadre de la phase finale de la désagrégation du glacier des Laurentides.

La cartographie est basée sur l'interprétation des photographies aériennes aux échelles de 1/31 000 et 1/60 000. La section comprise entre la rivière de Rupert et la Grande Rivière a été étudiée à peu près systématiquement sur le terrain, alors que les prolongements vers le nord-nord-ouest et le sud-est n'ont été visités qu'à quelques endroits seulement. La plupart des données ont été recueillies par l'auteur au cours de travaux effectués sur le territoire depuis 1972.

CADRE PHYSIOGRAPHIQUE

Le territoire parcouru par la moraine de Sakami s'étend entre les latitudes 50°38' et 55°15' N et les longitudes 74°10' et 78°05' O. Ce quadrilatère se situe dans la province tectonique du Supérieur du Bouclier canadien caractérisée par des directions structurales de

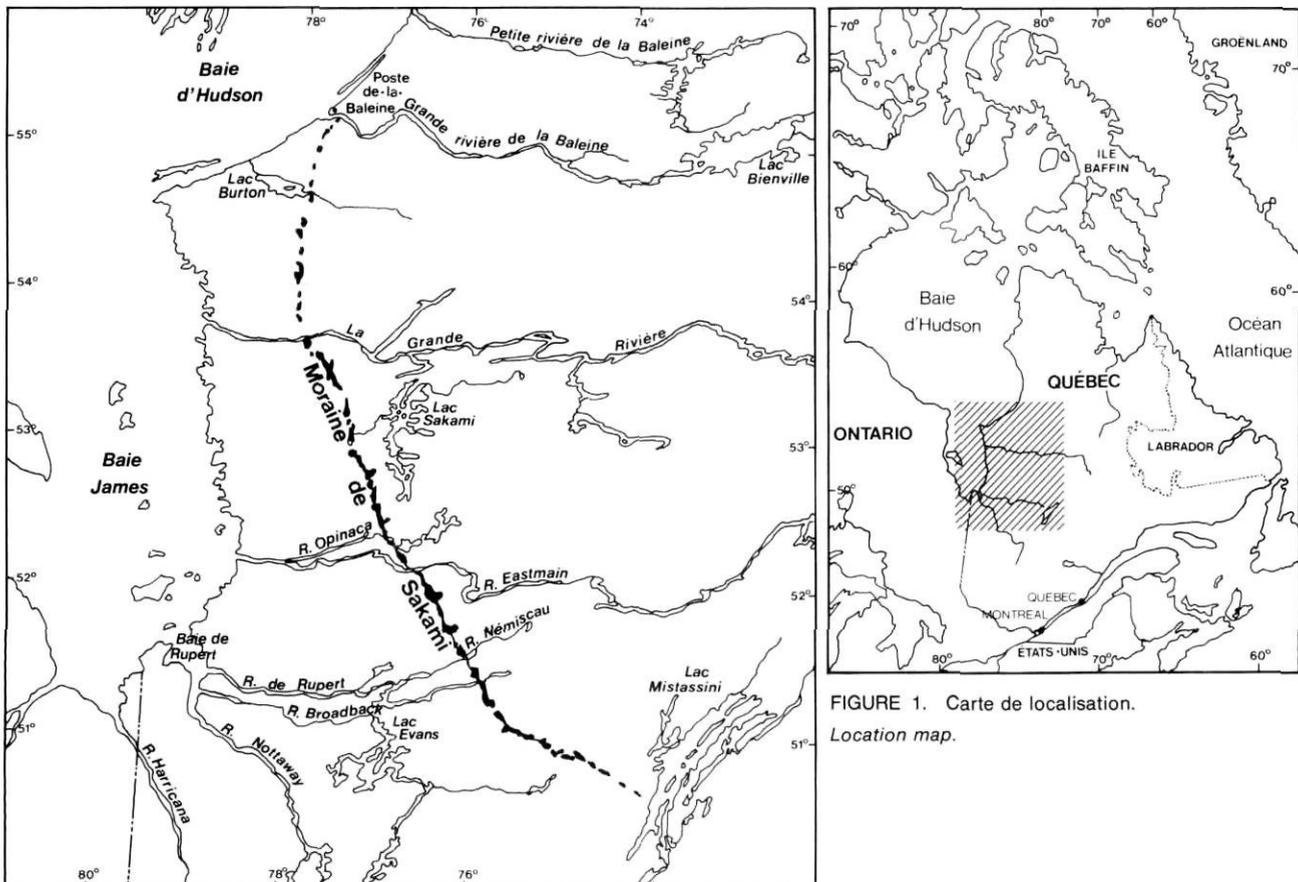


FIGURE 1. Carte de localisation.
Location map.

composante est-ouest. Les traits structuraux se manifestent notamment par des alignements préférentiels de dépressions et de crêtes rocheuses qui ont commandé l'arrangement des réseaux hydrographiques. Le substratum est dominé par les formations volcano-sédimentaires et les roches plutoniques de l'Archéen.

Le tracé de la moraine décrit un arc de cercle qui traverse tout le versant oriental de la baie James. Le territoire se partage en deux grandes unités physiographiques qui se distinguent par la topographie et l'altitude de la surface de même que par la composition de la couverture meuble. Les basses terres s'étendent sur une bande de terrain de 90 à 150 km de largeur sur le pourtour de la baie. Elles se caractérisent par une altitude faible, une topographie d'ensemble légèrement ondulée et une importante couverture de dépôts meubles dont la composition varie de fin à grossier. Les hautes terres succèdent aux basses terres par une étroite transition et elles occupent tout l'intérieur du territoire. En plus de leur altitude plus élevée, elles se distinguent par une topographie généralement plus accidentée et une couverture meuble discontinue faite surtout de matériaux glaciaires grossiers.

Partant du rivage actuel, la surface des basses terres se relève progressivement vers l'est suivant une pente généralement continue, d'allure convexe, dont l'inclinaison varie de quelques cm/km à 2,6 m/km pour une moyenne de 1,7 m/km. Le relief local y est déterminé à la fois par le modelé des dépôts meubles et par la topographie de la roche en place. Le fond des vallées est partiellement colmaté de silt argileux, d'origine glacio-lacustre ou marine, et les interfluves portent généralement des crêtes de till grossier, elles-mêmes séparées par de minces accumulations argileuses recouvertes de tourbe. Les constructions glaciaires commandent un relief de l'ordre de 5 à 15 m, alors que les collines rocheuses dominent localement de 20 à 30 m la surface générale du terrain. Les dénivelées du socle atteignent 70-80 m aux limites est des basses terres de même qu'au nord de la Grande Rivière. Dans ce dernier cas, la topographie est accidentée jusqu'à proximité de la côte actuelle, et la couverture meuble est mince ou inexistante, sauf dans les dépressions où des sédiments d'eau profonde ont été mis en place.

La limite d'altitude entre les basses et les hautes terres se situe aux environs de la cote 250-275 m, laquelle est généralement franchie entre les longitudes ouest de 76°00' et 77°00'. L'enveloppe des sommets qui constituent les hautes terres se raccorde à un plan qui se relève vers l'est à un rythme variant de 1,5 à 2,5 m/km. L'altitude des sommets passe ainsi à 300 m, puis à 400 m pour atteindre 580 m près de la limite sud-est de la moraine de Sakami. Les hautes terres sont fortement disséquées et elles sont faites de collines rocheuses

séparées de dépressions dont la largeur varie de quelques centaines de mètres à plus de 10 km. Le relief local passe graduellement à 100 m, à 150 m, et à plus de 200 m vers l'intérieur des terres. L'altitude du fond des longues vallées et des larges terrains en dépression n'excède 360 m qu'à proximité du lac Mistassini. Ces fonds, ainsi que le rebord inférieur des collines, portent souvent des dépôts mis en place par la glace ou ses eaux de fusion. Le roc affleure, ou est recouvert de minces dépôts de till, sur la partie supérieure des versants et sur le sommet des collines.

La moraine de Sakami recoupe obliquement ces deux unités physiographiques (fig. 2, en pochette). Elle passe de l'une à l'autre à 45 km au sud de la rivière Eastmain (lat. 51°52' N, long. 76°12' O). Au sud-est de cette limite, c'est-à-dire sur les hautes terres, la bande de terrain occupée par la moraine se relève progressivement pour atteindre environ l'altitude de 380 m aux limites sud-est de son extension. Le tracé de la moraine ne recoupe aucune colline qui aurait commandé le développement de lobes ou d'effluents glaciaires. Le relief local y est plutôt faible et n'excède qu'exceptionnellement 50 m le long du tracé. Dans la section des basses terres, le tracé de la moraine devient finalement presque parallèle aux courbes de niveau, et le terrain chevauché ne s'abaisse que très lentement pour atteindre l'altitude de 150 m, à la latitude du lac Burton (lat. 54°45' N), et d'environ 100 m, dans les derniers segments facilement reconnus, lesquels sont observés à 3 km au sud de la grande rivière de la Baleine.

EXTENSION, MORPHOLOGIE ET COMPOSITION

Les dépôts associés à la moraine de Sakami sont facilement reconnus sur une distance de 630 km entre le sud-ouest du lac Mistassini et Poste-de-la-Baleine (fig. 2, en pochette). L'examen attentif des photographies aériennes ne permet pas de percevoir de prolongement vers le sud-est, au sud et à l'est du lac Mistassini, ni vers le nord, au-delà de la grande rivière de la Baleine. Dans ce dernier cas cependant, la moraine pourrait théoriquement se poursuivre à travers des accumulations mal articulées, facilement confondues avec des dépôts littoraux ou deltaïques, et plonger sous les eaux de la baie d'Hudson à une dizaine de kilomètres au nord de la grande rivière de la Baleine.

La moraine de Sakami est faite principalement de gigantesques accumulations fluvio-glaciaires qui s'alignent perpendiculairement aux eskers et aux marques d'écoulement glaciaire. Les dimensions d'un même segment atteignent parfois une longueur de 8 km, une largeur de 4 à 6 km, et une hauteur de 30 à 50 m. Des épaisseurs de 80 m ont été observées localement dans des forages.

La composition de la moraine est nettement dominée par des matériaux mis en place par les eaux de fusion glaciaire, soit des sables et des graviers bien triés. Des proportions variables de cailloux s'ajoutent dans certains segments ou dans certaines couches, alors que des lits de silt apparaissent localement dans les accumulations mises en place aux basses altitudes. Le till ne se retrouve que dans deux faciès particuliers de dépôts.

Les dépôts associés à la moraine de Sakami forment un alignement de crêtes appartenant à un même axe et non pas une série de formes diversifiées qui seraient éparpillées à l'intérieur d'un large corridor. Les alignements de dépôts présentent leur plus grande dimension et une continuité plus soutenue dans le secteur des rivières Eastmain et Opinaca à une altitude de 280-300 m. Inversement, les segments de la moraine deviennent plus réduits et plus discontinus au nord du lac Burton où l'altitude du terrain se maintient sous la cote de 150 m. Les quelque 60 derniers kilomètres de l'extrémité sud-est de la moraine, près du lac Mistassini, sont également faits de segments espacés qui n'apparaissent que dans les vallées. L'espacement des dépôts y atteint 5 km. La longueur totale des segments que l'on abouterait les uns aux autres est de 440 km, ce qui donne un coefficient de continuité de 0,7 pour l'ensemble de cette forme de terrain.

Les différentes constituantes de la moraine de Sakami montrent une morphologie d'épandages ressemblant à des deltas, ou de crêtes qui se distinguent surtout par leur profil transversal. Les accumulations se présentent sous quatre principaux faciès désignés comme suit : épandages, crêtes dissymétriques, crêtes évasées et étroites crêtes de till (fig. 2, en pochette). Les descriptions qui suivent sont basées sur des observations effectuées sur les 150 km au sud de la Grande Rivière, qui sont empruntés par la route reliant la ville de Matagami à la centrale de LG-2, et dans le secteur des rivières Eastmain et Opinaca où plusieurs dépôts ont été utilisés pour la construction des ouvrages qui

ont permis la dérivation de ces deux rivières vers le réservoir de LG-2, sur la Grande Rivière.

A. FACIÈS D'ÉPANDAGES (SUBAÉRIENS OU SUBAQUATIQUES)

Les accumulations en épandages se retrouvent essentiellement au point d'aboutissement des eskers et des autres formes associées au réseau d'eau de fusion (fig. 2, en pochette). Ces accumulations présentent généralement un versant proximal très raide et elles se poursuivent sur le côté distal par une large plaine d'épandage dont la pente est de l'ordre de 1° (fig. 3a, 4a et 4b). Dans quelques cas, la limite distale du dépôt est marquée par une rupture de pente (fig. 4c et 5). Les dimensions de ces accumulations atteignent $8 \text{ km} \times 6 \text{ km} \times 40 \text{ m}$. Les kettles ne percent la surface des dépôts que dans les segments mis en place au-dessus de l'altitude de 225 m. Les chenaux formés par les eaux de fusion recoupent la surface au-dessus de la cote approximative de 280-285 m.

Le faciès d'épandages n'a été observé que dans un seul dépôt sous l'altitude de 190 m (fig. 2, en pochette). Il est cependant fréquent au-dessus de la cote de 200 m tant sur les basses terres que dans les hautes terres. Dans ce dernier cas cependant, les eaux de fusion étaient canalisées dans les vallées et conséquemment les épandages ne débordent pas les dépressions.

Les matériaux sont composés de sable, gravier et cailloux stratifiés, et le pourcentage de silt est inférieur à 2%. La distribution de ces composantes granulométriques à l'intérieur des dépôts est complexe et changeante. D'une façon générale, la plus grande concentration d'éléments grossiers se retrouve dans le prolongement de l'esker sous l'épandage et près de son versant proximal (fig. 6). La moitié distale des dépôts est généralement sableuse.

Dans les coupes examinées, qui sont toutes situées sous la limite marine, les matériaux présentent parfois une structure typiquement deltaïque, mais plus souvent

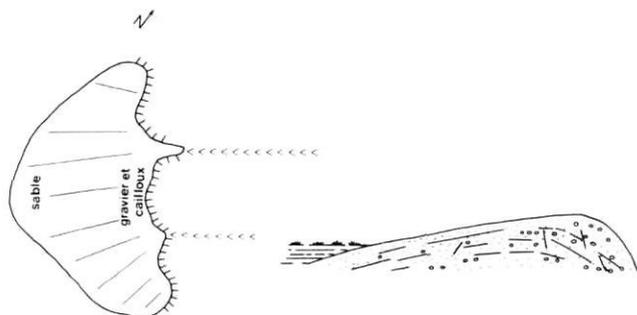


FIGURE 3a. Vue en plan et en coupe d'un épandage subaérien ou subaquatique.

Plan view and cross-section of a subaerial or subaqueous outwash.

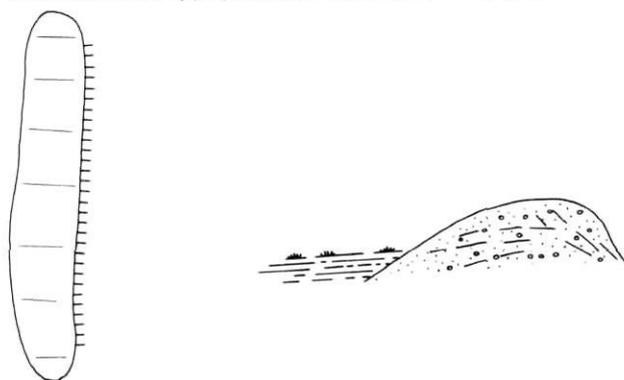


FIGURE 3b. Vue en plan et en coupe d'une crête dissymétrique.

Plan view and cross-section of an asymmetric ridge.

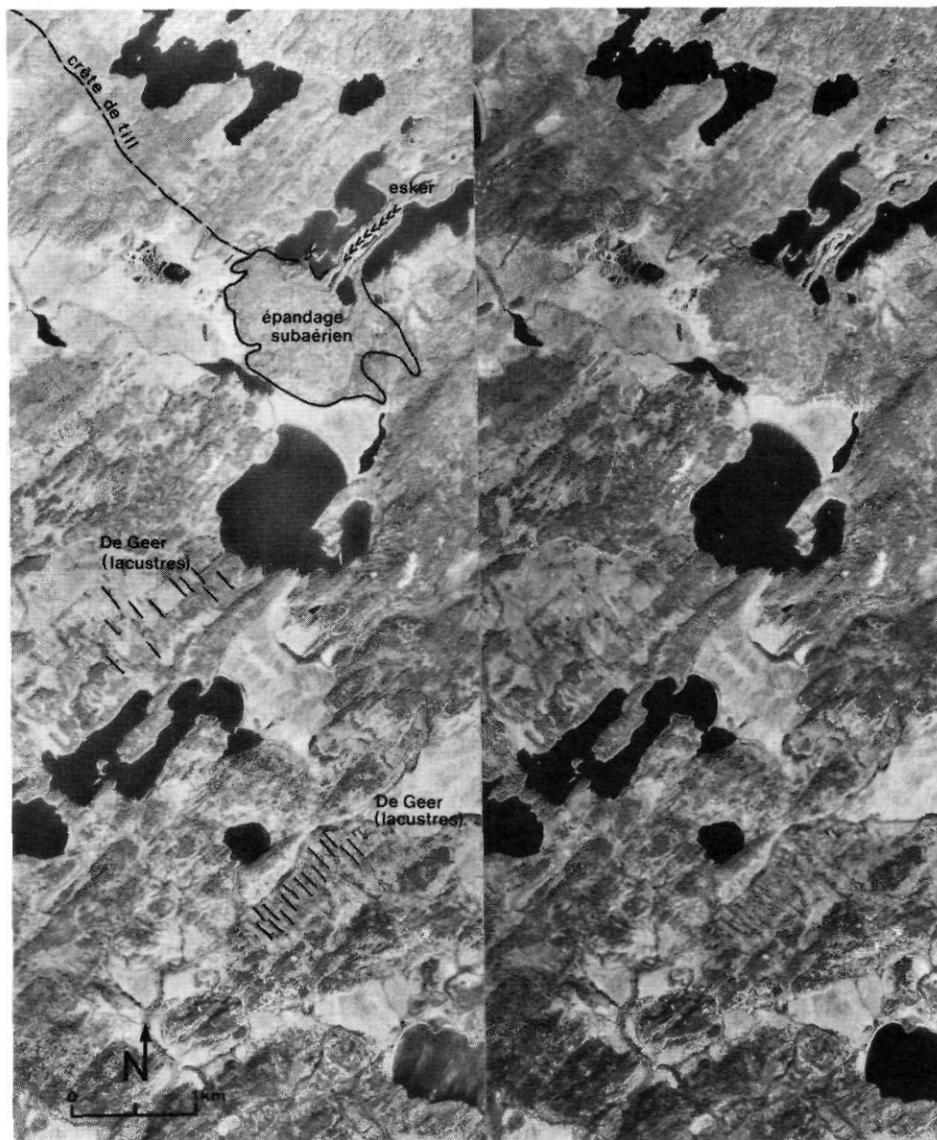


FIGURE 4a. Stéréogramme montrant les faciès de crête de till et d'épandage subaérien. À noter les moraines de DeGeer (milieu lacustre) au sud-ouest de la moraine. Altitude: 290 à 320 m; 8 km au nord de la rivière de Rupert; lat. 51°33' N, long. 75°51' O. Bibliothèque nationale de l'Air, photos A-15072 — 71 et 72.

Stereopair showing subaerial outwash and till ridge facies. Notice south-west of the moraine, DeGeer moraines (lacustrine environment). Altitude: 290 to 320 m; 8 km north of the Rupert River; lat. 51°33' N, long. 75°51' W. National Air Photo Library, photos A-15072 — 71 and 72.

un enchevêtrement de lits entrecroisés, mêlés aux rides de courant apparaissant en couches faiblement inclinées vers l'ouest ou basculées dans plusieurs directions. Il semble donc que le rôle des eaux de fusion glaciaire, ajouté à la proximité de la glace, ait dominé celui de la masse d'eau calme qui baignait le front glaciaire.

La morphologie et la composition des dépôts indiquent une mise en place au contact d'un front glaciaire appuyé sur son lit et relativement stable. Les rivières sous-glaciaires importantes étaient le principal agent d'approvisionnement en matériaux. La répartition des épandages au-dessus et au-dessous de la limite supérieure de la submersion marine, qui varie entre 280 et 290 m le long de la moraine, montre que la mer n'a pas joué un rôle déterminant dans leur mise en place.

Leur rareté sous l'altitude de 190 m et l'absence de kettles sous 225 m et de chenaux d'eau de fusion sous la cote de 285 m suggèrent cependant une certaine influence de la profondeur de la nappe d'eau sur la morphologie de ces accumulations.

B. FACIÈS DE CRÊTES DISSYMMÉTRIQUES

Les crêtes dissymétriques présentent une pente proximale inclinée de 15° à 25° et une pente distale généralement inclinée de 2° à 5°, mais pouvant atteindre localement 15° (fig. 3b). Les dimensions d'un même segment atteignent 12 km × 800 m × 30 m. Ce faciès a été observé entre l'altitude approximative de 150 m et la limite supérieure de submersion marine. Comme pour les épandages, les kettles n'apparaissent qu'au-dessus de la cote de 225 m et ils y sont peu abondants.

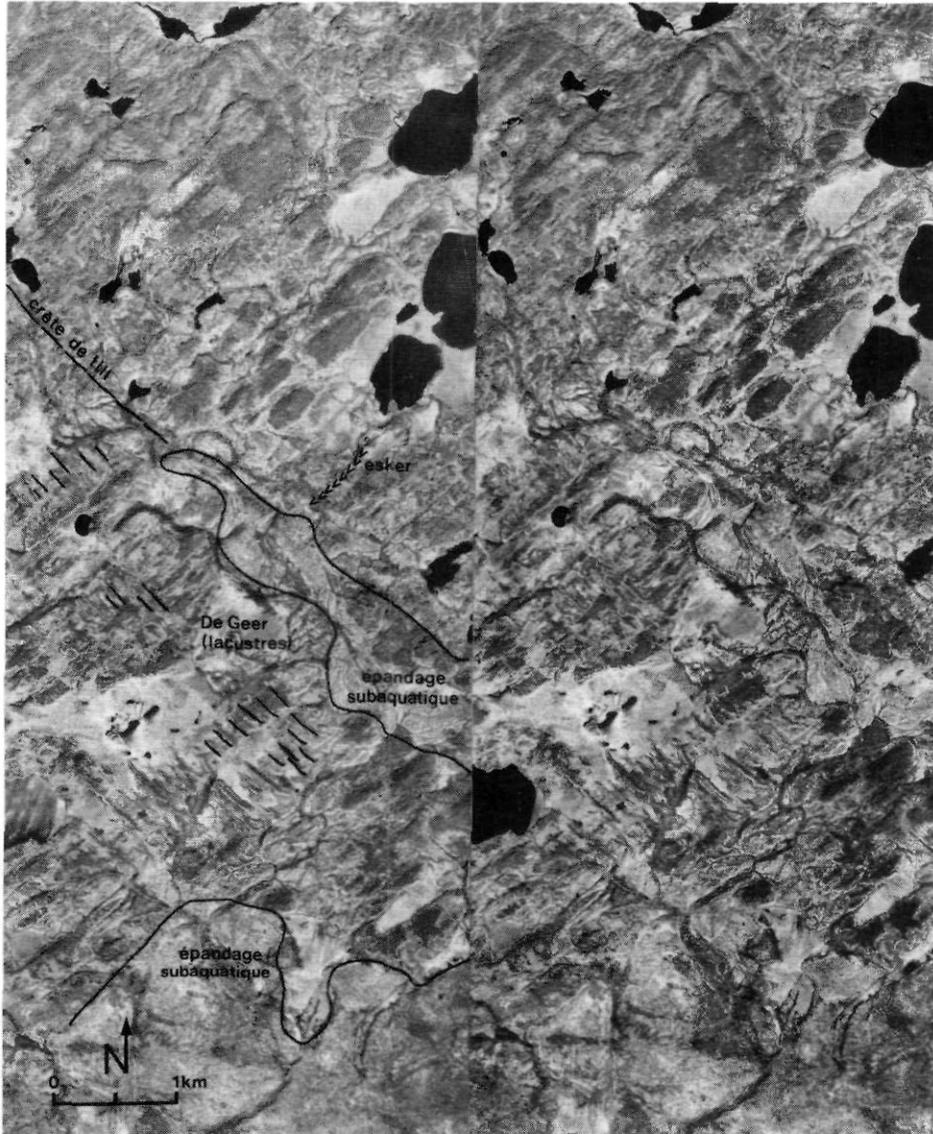


FIGURE 4b. Stéréogramme montrant les faciès de crête de till et d'épannage subaquatique, ainsi que les moraines de DeGeer (milieu lacustre) qui se poursuivent jusqu'à la limite distale de la moraine. Altitude 275 à 290 m; 4 km au nord de la rivière de Rupert; lat. 51°31' N, long. 75°47' O. Bibliothèque nationale de l'Air, photos A-15072 — 71 et 72.

Stereopair showing till ridge and subaqueous outwash facies as well as DeGeer moraines (lacustrine environment) that extend as far as the moraine distal boundary. Altitude 275 to 290 m; 4 km north of the Rupert River; lat. 51°31' N, long. 75°47' W. National Air Photo Library, photos A-15072 — 71 and 72.

Les matériaux sont généralement composés de sable graveleux près du versant proximal et de sable dans le reste du dépôt. Contrairement aux épannages, les sections composées de gravier et de cailloux sont petites et peu nombreuses. Cependant, la structure des couches s'apparente dans ces deux faciès.

Les dépôts montrant ce modèle ont probablement été mis en place au contact d'un front glaciaire stable et appuyé sur son lit. L'absence d'eskers et de concentrations de matériaux grossiers associés à des conditions de forte énergie suggère une mise en place par les eaux de fusion locales, qui s'écoulaient à la bordure même du glacier. Comme la répartition des crêtes dissymétriques se limite à l'aire de submersion marine, il semble bien que leur construction exigeait le contact d'une masse d'eau calme. Il est probable que

l'inertie de cette masse d'eau favorisait une mise en place immédiate des matériaux, sans transport et épannage, par l'écoulement des eaux de fusion loin du front glaciaire.

C. FACIÈS DE CRÊTES ÉVASÉES

Au-dessous de 190 m, et plus fréquemment de 150 m, les dépôts associés à la moraine de Sakami se présentent dans des crêtes basses, très évasées, souvent informes, dont la surface est subhorizontale ou ondulée, et qui sont bordées par des pentes de 1° à 5° (fig. 7). Ces crêtes s'allongent généralement dans l'axe de la moraine, mais il arrive qu'elles s'étirent vers l'ouest dans le fond ou sur les rebords des vallées. Les accumulations sont continues sur une distance de 1 à 3 km, et leur largeur varie de 300 à 1 000 m. La surface n'est jamais

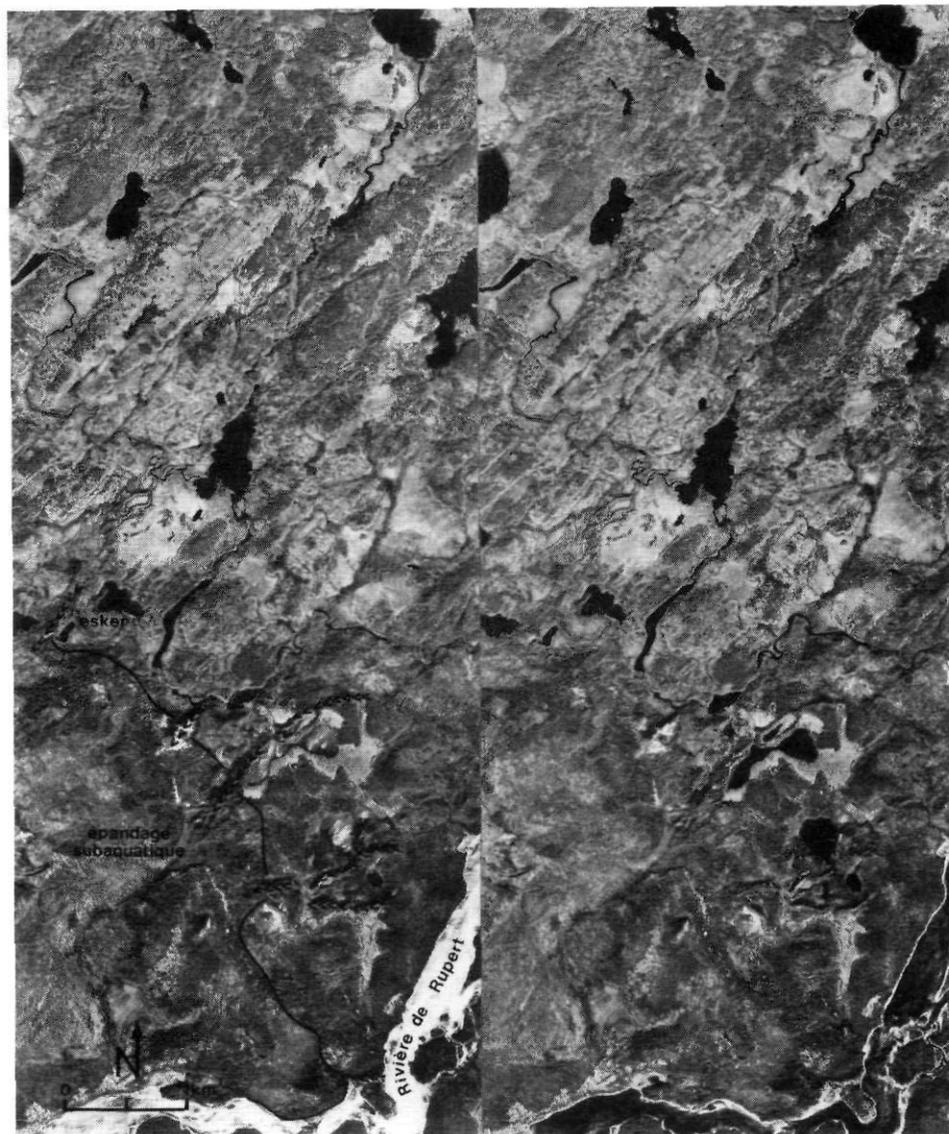


FIGURE 4c. Stéréogramme montrant un vaste épandage subaquatique et l'augmentation correspondante du nombre d'eskers indiquant l'abondance des eaux de fusion sur le versant proximal. Altitude 275 à 305 m; nord de la rivière de Rupert; lat. 51°30' N, long. 75°45' O. Bibliothèque nationale de l'Air, photos A-15072 — 70 et 71.

Stereopair showing a large subaqueous outwash and the corresponding increase in number of eskers indicating a profusion of melt waters on the proximal slope. Altitude 275 to 305 m; north of the Rupert River; lat. 51°30' N, long. 75°45' W. National Air Photo Library, photos A-15072 — 70 and 71.

percée de kettles. Ce faciès est présent surtout au nord de la Grande Rivière (fig. 2, en pochette).

Les matériaux sont composés de silt, de sable et de gravier interstratifiés et contiennent de nombreuses inclusions de till. Les changements granulométriques sont fréquents et très brusques. Aucun granoclassement n'a été observé. La structure des matériaux montre souvent des failles inverses avec un plan de cisaillement incliné vers l'amont.

L'absence de pente de contact glaciaire et de granoclassement, les inclusions de till disséminées n'importe où dans les dépôts et les failles inverses suggèrent une mise en place sous-glaciaire. Les dépôts montrant un tel modelé se retrouvent sur les terrains bas qui étaient inondés sous plus de 100 m d'eau au moment de la déglaciation. La mer a donc joué un rôle

majeur dans leur formation, probablement en soulevant partiellement le front glaciaire et en commandant la mise en place des matériaux sans aucun transport. Soulignons que tous les dépôts fluvio-glaciaires mis en place dans les basses terres, à l'ouest de la moraine de Sakami, c'est-à-dire au contact des eaux profondes du lac glaciaire Ojibway, montrent ce même faciès.

D. FACIÈS D'ÉTROITES CRÊTES DE TILL

Les crêtes de till associées à la moraine de Sakami ont une largeur de 50 à 100 m et une hauteur de 10 à 15 m (fig. 4a et 4b). Il s'agit d'une seule crête, plutôt que d'une série de crêtes parallèles, qui est continue sur des distances atteignant 8 km. Ce modelé a été observé très localement sous la limite marine et d'une façon plus soutenue sur l'interfluve Némiscau-Rupert, et

jusqu'à une distance de 15 km au sud-est de la rivière de Rupert. Les crêtes de till occupent généralement les interfluvés dans la région des hautes terres, et elles relient entre eux les épandages qui se localisent plutôt dans les vallées.

La répartition des eskers et des autres dépôts mis en place par les eaux de fusion montre nettement que les eaux étaient concentrées dans les vallées et ne participaient pas à la formation des dépôts sur les interfluvés. Les crêtes de till auraient donc été formées directement par la glace. Leur morphologie suggère que la position du front glaciaire était stable et que la glace était peu active.

Les dépôts situés à l'intérieur de la limite marine ont subi un remaniement dont l'intensité est fonction du



FIGURE 5. Vue aérienne montrant un épandage subaquatique recoupé par la ligne de transport d'énergie hydro-électrique en provenance de LG-2. Ce dépôt a fourni les matériaux pour la construction du barrage sur la petite rivière Opinaca située à l'arrière plan. Lat. 52°22' N, long. 76°45' O. Vue vers le NNO.

Aerial view showing subaqueous outwash intersected by the power line coming from LG-2. This deposit supplied the material to build the dam on the Little Opinaca River located in the background. Lat. 52°22' N, long. 76°45' W. Looking NNW.



FIGURE 6. Les matériaux grossiers du versant proximal d'un épandage subaquatique au sud de la Grande Rivière. Lat. 53°36' N, long. 77°42' O.

Coarse material from the proximal slope of a subaqueous outwash south of the Grande Rivière. Lat. 53°36' N, long. 77°42' W.

degré d'exposition à l'action des vagues. Dans les sites peu exposés, c'est-à-dire les terrains en dépression ou protégés contre les vagues générées par les vents du nord-ouest, de l'ouest et du sud-ouest, le remaniement affecte une couche d'environ 1 m d'épaisseur. Il est marqué par le triage des éléments et un plan de discontinuité dans les structures sédimentaires.

Dans les sites particulièrement bien exposés, les vagues et les courants de dérive ont commandé la formation de crêtes de plage et de flèches sableuses ou sablo-graveleuses qui s'étirent parfois jusque sur les dépôts argileux avoisinants. L'épaisseur de ces accumulations peut atteindre de 4 à 6 m. La surface porte également de nombreux champs de dunes qui témoignent de l'activité éolienne au cours de l'Holocène.

MILIEU DE FORMATION

Plusieurs observations effectuées dans l'aire d'extension du lac glaciaire Ojibway indiquent de façon concluante que les eaux lacustres se sont drainées immédiatement avant l'édification de la moraine de Sakami (HARDY, 1976). Ainsi, le nombre de varves dans les argiles glacio-lacustres diminue progressivement vers l'est, et les dernières séquences examinées à moins de 10 km de la moraine ne comptent plus que 5 à 10 unités. De même, les dépôts fluvio-glaciaires dont le modèle est relié à la profonde nappe d'eau lacustre se poursuivent jusqu'à la position de la moraine, mais disparaissent à l'est de celle-ci. Sur les hautes terres, les moraines de DeGeer formées en milieu lacustre s'interrompent à l'emplacement même de la moraine (fig. 4a et 4b). Notons qu'elles deviennent rares et mal développées



FIGURE 7. Vue aérienne des derniers segments facilement reconnus à l'extrémité nord de la moraine de Sakami; faciès de crêtes évasées; l'embouchure de la grande rivière de la Baleine et le village de Poste-de-la-Baleine à l'arrière-plan. Lat. 55°13' N, long. 77°45' O. Vue vers le NO.

Aerial view of the last easily recognized segments at the northern end of the Sakami Moraine; flat-topped ridge facies; mouth of the Great Whale River and Poste-de-la-Baleine village in the background. Lat. 55°13' N, long. 77°45' W. Looking NW.

pées dans les 50 derniers kilomètres près du lac Mistassini (fig. 2, en pochette). La profondeur de l'eau au front du glacier immédiatement avant la vidange du lac variait entre environ 60 m et 170 m sur les hautes terres, et entre 170 m et 450 m sur les basses terres.

Le plan d'eau lacustre s'est tout de même étendu jusqu'à la position occupée par la moraine de Sakami, même près de son extrémité sud-est. Dans ce secteur, BOUCHARD (1980) a décrit une position du front glaciaire à une distance variant entre 20 et 45 km au sud-ouest de la moraine de Sakami qu'il suppose être la limite d'extension du lac glaciaire Ojibway. Il soumet comme arguments l'absence de moraines de DeGeer bien développées et de plages lacustres à proximité de la moraine de Sakami. L'examen attentif des photographies aériennes révèle cependant la présence de petites séries de moraines de DeGeer et de très évidentes plages lacustres notamment à 3 km au sud-ouest de la moraine, au nord du lac Robineau, (lat. 51°02' N, long. 75°06' O) (fig. 2, en pochette). D'autres lignes de rivages ceinturent le sommet des collines vers le sud-ouest entre la moraine de Sakami et ce que BOUCHARD (1980) a appelé la position frontale d'Opataca. Ces lignes de rivage atteignent l'altitude de 450 m et se raccordent parfaitement aux niveaux du lac Ojibway décrits par VINCENT et HARDY (1979). Il apparaît donc que le lac glaciaire Ojibway s'est étendu jusqu'à la position glaciaire marquée par la moraine de Sakami, mais il s'est drainé avant sa mise en place.

Comme les eaux marines ont inondé les basses terres immédiatement après la vidange du lac Ojibway, toute la section de la moraine qui s'étend aux basses terres a été mise en place dans un milieu de contact glace-mer. Le niveau des eaux marines s'établissait alors à 280-290 m et celles-ci se sont étendues dans quelques vallées des hautes terres.

La profondeur des eaux marines au front du glacier était donc inférieure à 75 m au sud de la latitude 53°00' N, et variait de 75 m à 140 m dans la large dépression du socle qui s'étend entre le lac Yasinski et la Grande Rivière. Plus au nord, l'épaisseur moyenne de la tranche d'eau variait de 100 à 140 m, avec des minima d'environ 80 m au droit des collines et des maxima de 200 m à la latitude du lac Burton (54°45' N) et à proximité de la grande rivière de la Baleine.

Dans le secteur du lac Mistassini, la marge glaciaire barrait plusieurs vallées qui se drainent vers le nord-est, et il est probable que certains segments de la moraine de Sakami ont été formés dans de petits lacs glaciaires. Comme la ligne de partage des eaux se situe généralement entre 390 et 415 m et que les zones les plus basses sont à l'altitude de 385-390 m, il semble que ces nappes d'eau temporaires aient eu une faible profondeur.

ORIGINE ET SIGNIFICATION

La dominance des matériaux fluvio-glaciaires dans la moraine de Sakami constitue un caractère original pour ce type de formes de terrain. Quelques autres cas sont cependant bien connus, notamment les moraines Salpausselka qui recourent le sud de la Finlande et la moraine Galtrim en Irlande (SYNGE, 1950).

La présence d'une masse d'eau au contact du front glaciaire a pu influencer le modelé des accumulations, mais elle n'a pu commander le lessivage des particules fines du till et la mise en place d'épaisses accumulations sablo-graveleuses. La quantité de sable et de gravier bien triés doit plutôt être mise en relation avec la quantité d'eau de fonte. La dimension des eskers et leur densité qui s'accroît en atteignant le versant proximal de la moraine confirment la très grande quantité d'eau de fonte qui s'écoulait au front du glacier lors de sa mise en place.

L'extension de la moraine, qui se limite à l'aire d'inondation du lac Ojibway, et son édification, qui suit immédiatement la vidange des eaux lacustres, indiquent certainement une causalité. L'accroissement de la quantité d'eau de fonte pourrait être lié à la disparition ou à l'abaissement d'environ 170 m de plan d'eau au front du glacier. Ce changement aurait entraîné une réduction de l'influence du vèlage d'icebergs dans l'ablation de la marge glaciaire et une augmentation correspondante de la quantité d'eau de fusion. De plus, il est probable que la vidange du lac a commandé des réajustements de la marge glaciaire qui retenait les eaux, ce qui se serait traduit par un arrêt dans le recul du front. Cette hypothèse a été proposée récemment par HILLAIRE-MARCEL *et al.* (1981).

Les dimensions et la continuité des segments de la moraine varient en rapport avec le degré de changements de conditions imposés par le drainage du lac Ojibway. Ainsi les segments sont petits et très discontinus à l'ouest du lac Mistassini, où le lac glaciaire était si peu profond que la vidange a eu peu d'effets. Dans les régions basses, près de la grande rivière de la Baleine, à l'extrémité nord de la moraine, les dépôts sont également petits et dispersés parce que la profondeur des eaux marines était telle que l'ablation par vèlage a prédominé même après la vidange du lac. Les accumulations associées à la pause de Sakami atteignent leurs dimensions maximales entre les cotes d'altitude de 225 m et 300 m, c'est-à-dire là où les changements ont été majeurs par suite de la vidange du lac.

Ces considérations soutiennent l'hypothèse d'un réajustement du front qui pourrait expliquer une pause relativement courte. Il est également possible que la vidange du lac et l'introduction de la mer de Tyrrell aient été suivies d'une disparition catastrophique du glacier d'Hudson (HARDY, 1976 et 1977) déjà aminci par les réavancées de Cochrane, et l'étendue de la masse

d'eau marine aurait pu favoriser une augmentation des précipitations sur le glacier qui occupait le Nouveau-Québec. Ces nouvelles conditions climatiques auraient commandé un réajustement dans le rythme de recul, lequel se serait manifesté par une pause plus longue du front.

Deux datations au radiocarbone obtenues sur des coquillages marins, prélevés dans des argiles marines près du contact des graviers fluvio-glaciaires sur le versant distal de la moraine, ont fourni respectivement des valeurs de 7880 ± 160 (Qu-122) et 7750 ± 180 (Qu-124) ans BP, ce qui indique un âge d'environ 7800-7900 ans pour le début de sa formation. Un âge de 7290 ± 90 ans (GSC-2239) a été obtenu sur des coquillages marins prélevés dans une couche d'argile marine intercalée dans des graviers fluvio-glaciaires à 13 km à l'est de la moraine. En tenant compte du temps requis pour le recul du front glaciaire et la mise en place de cette couche d'argile, les datations obtenues suggèrent que la construction de la moraine de Sakami s'est étalée sur quelques centaines d'années, probablement de 200 à 400 ans. Le nombre limité de datations ne permet pas d'éliminer la suggestion de HILLAIRE-MARCEL *et al.* (1981) à l'effet que cette pause ne représente que quelques dizaines d'années.

La moraine de Sakami constitue une unité morpho-stratigraphique de première importance dans l'histoire de la déglaciation. D'abord, elle indique le contour de tout le rebord sud-ouest du glacier centré sur le Québec et elle établit le synchronisme de la déglaciation sur une distance de 630 km, soit entre Poste-de-la-Baleine et le sud-ouest du lac Mistassini. La mise en place de la moraine de Sakami et la pénétration synchrone des eaux marines dans les basses terres marquent la fin du glacier des Laurentides comme entité glaciaire. En effet, le glacier ou le dôme glaciaire centré sur le Québec devait être nécessairement séparé du complexe glaciaire Foxe-Baffin et de la partie nord du glacier du Keewatin pour que les eaux de l'Atlantique pénètrent dans les basses terres de la baie James. De plus, le tracé de la moraine de Sakami montre de façon évidente que le glacier qui l'a mise en place était également séparé de la partie sud du glacier résiduel d'Hudson qui occupait l'ouest de la baie James. La calotte glaciaire centrée sur le Québec, qui n'était plus le glacier du Labrador dans sa désignation originale (TYRRELL, 1898), a été appelée glacier du Nouveau-Québec (HARDY, 1976).

La moraine de Sakami sépare deux styles de déglaciation, l'un au contact d'une profonde masse d'eau lacustre où le vélage d'icebergs constituait probablement le principal mode d'ablation du glacier, l'autre dans un milieu subaérien ou au contact d'une nappe d'eau marine moins profonde, où l'abondance des eaux de fusion est perceptible à travers les nombreux eskers. Ces

deux styles ont commandé l'élaboration de modèles glaciaires ou fluvio-glaciaires différents de part et d'autre. À l'ouest de la moraine, sous l'altitude de 250-275 m, les moraines de DeGeer et les constructions fluvio-glaciaires telles que les eskers sont absentes, alors qu'elles sont abondantes au-dessus de cette cote d'altitude. À l'est de la moraine, les moraines de DeGeer sont abondantes sur les basses terres, et les eskers sont nombreux sur les hautes terres.

En localisant les limites d'extension vers l'est et le nord-est du lac Ojibway, la moraine de Sakami marque également la fin de la sédimentation glacio-lacustre. Elle peut donc servir d'unité morpho-stratigraphique de référence dans l'interprétation des séquences varvées pour établir le rythme de déglaciation et la chronologie relative des événements glaciaires des basses terres.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Ce long cordon de matériaux meubles orienté NNO-SSE et les gigantesques dépôts de matériaux propices à la construction ont été abondamment utilisés pour les aménagements hydro-électriques en voie de réalisation sur le territoire de la Baie-James. La moraine de Sakami est chevauchée notamment par la route de Matagami — LG-2 sur une longueur de 110 km au sud du barrage LG-2. Elle est également empruntée par certaines lignes de transport d'énergie en provenance de la Grande Rivière sur une distance totale de quelques centaines de kilomètres.

Avec les eskers qui y sont associés, elle a fourni les matériaux granulaires (sable et gravier) pour la construction du barrage LG-2 et des digues connexes, et pour les ouvrages de dérivation des rivières Eastmain et Opinaca. La principale variante d'aménagement intégré pour la mise en valeur des rivières Nottaway, Broadback et de Rupert prévoit un réservoir de tête (réservoir Mesgouez) situé immédiatement à l'est de la moraine de Sakami, et la plupart des digues seraient accolées ou chevaucheraient cette importante source de matériaux de construction.

Enfin, les accumulations fluvio-glaciaires qui colmatent les vallées principales ont été reprises par les rivières lors de l'émersion du terrain. Les alluvions ont été mises en place dans des deltas, à l'embouchure des rivières qui se déversaient dans la mer de Tyrrell. Ceux-ci forment maintenant les hautes terrasses qui bordent le lit actuel des rivières. Ces matériaux sableux ont également été utilisés pour la construction d'ouvrages, et les terrasses qu'ils constituent représentent des sites de choix pour des aménagements ponctuels. L'agglomération de Poste-de-la-Baleine, à l'embouchure de la grande rivière de la Baleine, est notamment construite sur un delta sableux de 30 m d'épaisseur formé

à partir des matériaux fluvio-glaciaires de la moraine de Sakami (données de forage d'Hydro-Québec, juin 1977; J.F. Rougerie, communication personnelle).

DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

La moraine de Sakami indique une position stable occupée par le rebord sud-ouest du glacier du Nouveau-Québec pendant la déglaciation du bassin de la baie James. Elle décrit un arc de cercle très continu, avec la même courbure tant sur les basses terres que sur les hautes terres. Elle est perpendiculaire aux marques d'écoulement de la glace et de ses eaux de fusion, dont la direction aurait été commandée par la pente maximale à la surface de la glace. Les marques d'écoulement sont radiales à partir du centre du Québec, ce qui tend à montrer la position du centre de dispersion glaciaire responsable de la mise en place de la moraine.

La moraine de Sakami est faite d'un alignement d'accumulations sablo-graveleuses bien triées par les eaux de fusion glaciaire et de quelques courtes crêtes de till. La morphologie des dépôts indique une mise en place le long d'un front glaciaire stable, et aucune marque d'oscillations n'a été relevée. La concentration des dépôts le long d'un même axe, dans un étroit corridor, tend également à montrer que les changements de conditions qui ont commandé leur mise en place furent relativement subits. La composition sablo-graveleuse de la moraine indique que ces changements ont provoqué un accroissement de la quantité d'eau de fusion, en plus d'un arrêt dans le recul du front glaciaire.

Il est acquis que la mise en place de la moraine a suivi immédiatement la vidange du lac Ojibway et que son extension correspond à celle de ce plan d'eau (HARDY, 1976; VINCENT et HARDY, 1979). Le changement du milieu lacustre au milieu marin, dans la section des basses terres, a entraîné un abaissement du niveau d'eau estimé à 170 m; sur les hautes terres, les conditions subaériennes ont suivi une inondation sous une tranche d'eau variant entre des extrêmes de 0 à 170 m.

Les considérations qui précèdent suggèrent fortement que la mise en place de la moraine de Sakami a été déterminée par l'abaissement ou la disparition du niveau de la masse d'eau au front du glacier. Dans cette optique, la pause du front serait liée à un réajustement du profil d'équilibre dans la pente de la marge glaciaire. La réduction de l'ablation par vélage aurait été compensée par une augmentation proportionnelle de l'ablation par fonte de la glace, et ces eaux de fusion auraient accru d'autant la quantité de matériaux fluvio-glaciaires.

L'hypothèse de la ré-équilibration déjà proposée par HILLAIRE-MARCEL *et al.* (1981) apparaît donc la plus plausible. Ces auteurs font état d'une très courte période de mise en place, de l'ordre de 20 ans. Cepen-

dant, les dimensions des accumulations fluvio-glaciaires et les quelques datations au ^{14}C suggèrent une période beaucoup plus longue, de l'ordre de 200 ans. Il est possible, et proposé à titre de discussions, que la vidange du lac Ojibway et l'incursion des eaux marines aient commandé une disparition catastrophique du glacier très aminci qui avait soutenu les réavancées de Cochrane (glacier d'Hudson) et que l'inondation de ce territoire nouvellement déglacé ait modifié temporairement les précipitations sur la marge sud-ouest du glacier du Nouveau-Québec. L'augmentation des précipitations sur le glacier aurait favorisé un certain retard dans le réajustement du profil de la surface glaciaire et conséquemment, un arrêt plus prolongé du front, compatible avec la taille des accumulations de la moraine et les données du ^{14}C .

Cette dernière supposition ne modifie pas le caractère régional des changements de conditions qui ont entraîné la mise en place de la moraine de Sakami. Cette forme de terrain ne saurait donc être mise en relation avec les événements glaciaires éloignés. Sa mise en place marque cependant la fin du glacier des Laurentides comme entité glaciaire aux dépens de dômes isolés. Ceci se passait il y a environ 7900 ans.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHARD, M. (1980): *Late Quaternary Geology of the Temiscamie Area, central Quebec*, thèse de doctorat non publiée, McGill Univ., Montréal, 284 p.
- HARDY, L. (1976): *Contribution à l'étude géomorphologique de la portion québécoise des basses terres de la baie de James*, thèse de doctorat non publiée, McGill Univ., Montréal, 264 p.
- (1977): La déglaciation et les épisodes lacustre et marin sur le versant québécois des basses terres de la baie de James, *Géogr. phys. Quat.*, vol. XXXI, nos 3-4, p. 261-273.
- HILLAIRE-MARCEL, C., OCCHIETTI, S. et VINCENT, J.-S. (1981): Sakami moraine, Québec: A 500-km-long moraine without climatic control, *Geology*, 9, p. 210-214.
- LEE, H.A., EADE, E. et HEYWOOD, W.W. (1960): *Superficial geology, Sakami Lake (Fort-George — Great Whale area), New-Québec*, Geol. Surv. Can., Map 52-1959.
- PREST, V.K., GRANT, D.R. et RAMPTON, V.N. (1970): *Carte glaciaire du Canada*, Comm. géol. Can., Carte 1253-A.
- SYNGE, F.M. (1950): The glacial deposits around Trim, County Meath, *Proc. Roy. Ir. Acad.*, 53 (B), p. 99-110.
- TYRRELL, J.B. (1898): The glaciation of north central Canada, *J. Geol.*, 6, p. 147-160.
- VINCENT, J.-S. (1974): *Géologie du Quaternaire: cartes 33E/19, 33E/16, 33F/12 et 33F/13*, Comm. géol. Can., Dossier public 198.
- VINCENT, J.-S. et HARDY, L. (1979): *The evolution of Glacial Lakes Barlow and Ojibway, Quebec and Ontario*, Geol. Surv. Can., Bull. 316, 18 p.

