Document généré le 23 avr. 2024 21:40

Géographie physique et Quaternaire

# Notes sur la minéralogie des sédiments fins du lac Ojibway, en particulier ceux de la région de Matagami, Québec
# Notes on the Mineralogy of Lake Ojibway Fine-Grained Sediments Particularly Those of the Matagami Area, Québec
# Bemerkungen zur Minëralogie der feinen Sedimente des Barlow-Ojibway Sees, insbesondere im Gebiet von Matagami, Québec

Jacques Locat, Gérard Ballivy et Guy Lefebvre

Volume 38, numéro 1, 1984

URI : https://id.erudit.org/iderudit/032535ar
DOI : https://doi.org/10.7202/032535ar

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

Locat, J., Ballivy, G. & Lefebvre, G. (1984). Notes sur la minéralogie des sédiments fins du lac Ojibway, en particulier ceux de la région de Matagami, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, *38*(1), 49–57. https://doi.org/10.7202/032535ar

Résumé de l'article

La minéralogie des sédiments fins glacio-lacustres du lac Ojibway est revue et commentée à partir d'un certain nombre d'analyses récentes. On constate que la minéralogie de la fraction argileuse est dominée par les minéraux felsiques tels que le feldspath et le quartz. L'illite et la chlorite prédominent parmi les phyllosilicates qui comprennent aussi des minéraux interstratifiés et des traces de vermiculite. La prédominance des minéraux felsiques dans la fraction argileuse traduit le caractère détritique de ces sédiments d'origine glaciaire. En outre, des données tirées des analyses chimiques totales et des amorphes sont aussi compilées. Deux minéraux peuvent être utilisés comme traceurs minéralogiques: la kaolinite et les carbonates. La teneur en carbonates des sédiments est mis en corrélation avec les épisodes glaciaires du Nouveau-Québec et les récurrences de Cochrane I et II. L'étude en microscopie électronique a révélé l'existence d'une structure floculée dans la fraction fine. Les carbonates et le calcium, en particulier, seraient responsables du type de microstructure observée dans les sédiments : le calcium comme agent de floculation et les carbonates comme ciment entre les particules.

Tous droits réservés © Les Presses de l'Université de Montréal, 1984

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche.

https://www.erudit.org/fr/

*Géographie physique et Quaternaire,* 1984, vol. XXXVIII, n° 1, p. 49-57, 6 fig., 5 tabl.

# NOTES SUR LA MINÉROLOGIE DES SÉDIMENTS FINS DU LAC OJIBWAY, EN PARTICULIER CEUX DE LA RÉGION DE MATAGAMI, QUÉBEC

Jacques LOCAT, Gérard BALLIVY et Guy LEFEBVRE, 1er auteur, Groupe de géologie de l'ingénieur, Département de géologie, université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4; 2e et 3e auteurs, Département de génie civil, université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec J1K 2R1.

RÉSUMÉ *La minéralogie des sédiments fins* glacio-lacustres du lac Ojibway est revue et commentée à partir d'un certain nombre *d'analyses récentes. On constate que la* minéralogie de la fraction argileuse est dominée par les minéraux felsiques tels que le feldspath et le quartz. L'illite et la chlorite prédominent parmi les phyllosilicates qui comprennent aussi des minéraux interstratifiés et des traces de vermiculite. La prédominance des minéraux felsiques dans la fraction argileuse traduit le caractère détritique de ces sédiments d'origine glaciaire. En outre, des données tirées des analyses chimiques totales et des amorphes sont aussi compilées. Deux minéraux peuvent être utilisés comme traceurs minéralogiques: la kaolinite et les carbonates. La teneur en carbonates des sédiments est mis en corrélation avec les épisodes glaciaires du Nouveau-Québec et *les récurrences de Cochrane I et II. L'étude* en microscopie électronique a révélé l'existence d'une structure floculée dans la fraction *fine. Les carbonates et le calcium, en parti*culier, seraient responsables du type de microstructure observée dans les sédiments: le calcium comme agent de floculation et les carbonates comme ciment entre les particules.

ABSTRACT *Notes on the mineralogy of Lake Ojibway fine-grained sediments particularly those of the Matagami area, Québec. The mineralogy of Lake Ojibway fine-grained* sediments is reviewed and discussed from recent analyses. The mineralogy of the clay fraction is dominated by felsic minerals such as feldspath and quartz. Illite and chlorite are the most abundant clay minerals which are also represented by traces of mixed-layer clay minerals and vermiculite. The dominance of felsic minerals even in the clay fraction reflects the detritic nature of these glacial sediments. Data on total chemical analysis and amorphous material are also compiled. Two minerals can be used as tracers: kaolinite and carbonates. The amount of carbonates has been correlated to glacial episodes of Nouveau-Québec and the Cochrane I and II readvances. Electron microscopic studies *have confirmed the existence of a flocculated* structure in the fine fraction of the varves. Carbonates and calcium in particular have *affected the microstructure of the sediment.* Calcium has acted as a flocculating ion and the carbonates as cementing agent between the particles.

ZUSAMMENFASSUNG *Bemerkungen zur Mineralogie der feinen Sedimente des Barlow-Ojibway Sees, insbesondere im Gebiet von Matagami, Québec.* Ausgehend von einer gewissen Anzahl neuer Analysen wird die Mineralogie der feinen glazialen Seesedimente des Ojibway Sees neu interpretiert und kommentiert. Es wird festgestellt, daß die Mineralogie der Lehmschicht von den felsitischen Mineralien dominiert wird wie Feldspat und Quarz. Illit und Chlorit sind vor allem unter den phillosilikatischen Mineralien zu finden, die auch zwischengeschichtete Mineralien und Spuren von Vermikulit enthalten. Das Vorherrschen felsitischer Mineralien in der Lehmschicht bezeugt den Trümmer-Charakter dieser Sedimente eiszeitlichen Ursprungs. Außerdem wurden die Ergebnisse totaler chemischer Analysen und des amorphen Materials kompiliert. Zwei Minerale *können benutzt werden zum Aufspüren von* Mineralen: Kaolinit und die Karbonate. Der Karbonatgehalt der Sedimente wird in Bezie*hung zu den Eiszeitperioden von Neu-Québec* gebracht und zu den Rückläufigkeiten von Cochrane I und II. Die Untersuchung mit dem Elektronenmikroskop hat eine ausgeflockte Struktur inder Feinstruktur der Warwen aufgezeigt. Die Karbonate und insbesondere das Kalzium könnten verantwortlich für den Mikrostrukturentypus, der in den Sedimenten beobachtet wurde: das Kalzium wirkt als Flockungs-Ion und die Karbonate wirken als Bindemittel zwischen den Teilchen.

## INTRODUCTION

L'exploitation récente des ressources hydrauliques des terres entourant la baie de James a nécessité plusieurs études d'inventaire comme la cartographie des dépôts meubles et des études géotechniques et environnementales. Une partie de ces travaux a porté sur des sédiments glacio-lacustres du lac Ojibway entre Matagami et Fort-Rupert. Les données présentées ci-après résultent de travaux géotechniques auxquels se sont ajoutées quelques études sur la minéralogie et la physico-chimie des sédiments fins du lac Ojibway, afin d'expliquer leur forte compressibilité et leur faible résistance au cisaillement. Par ailleurs, ces caractéristiques mécaniques particulières ont suscité le besoin d'une meilleure compréhension de l'origine, de la nature et de la microstructure des sédiments argileux de cette région.

Cet article présente la synthèse des connaissances sur la minéralogie des dépôts du lac Ojibway et les résultats d'analyses minéralogiques et d'études microstructurales des sédiments argileux de la région de Matagami. Ces données permettent d'établir les relations entre le milieu sédimentaire et les propriétés des argiles. Enfin, loin de clore le sujet, l'article fait ressortir les possibilités des méthodes utilisées et propose quelques avenues de recherche.

## TRAVAUX ANTÉRIEURS

Depuis les travaux d'ANTEVS (1925) sur la chronologie des varves du lac Ojibway, peu de chercheurs se sont attardés à en étudier la minéralogie, malgré l'application des rayons-X à l'étude des argiles il y a quelques décennies. SODERMAN et QUIGLEY (1965) sont les premiers à présenter une analyse détaillée de la minéralogie d'argiles glacio-lacustres Ojibway au site de New Liskard (fig. 1). Les données de SODERMAN et QUIGLEY (1965) de même que celles de QUIGLEY et OGUNBADEJO (1972) sont résumées au tableau I. D'après les résultats, l'argile glacio-lacustre de New Liskard serait principalement composée d'illite, de chlorite, dans les couches argileuses, et de l'ensemble carbonate-quartz-feldspath, dans la fraction limoneuse. Sauf pour l'illite, mesurée à partir d'un dosage de potassium, les autres éléments ne sont que des estimations. BALLIVY (1970) et BALLIVY *et al.* (1971) présentent les résultats d'analyses d'argiles glacio-lacustres provenant de la région de Matagami (fig. 1). BALLIVY (1970) considère comme représentatives des argiles de cette région les proportions des différents minéraux compilés au tableau I, soit 65% de phyllosilicates et 34% de minéraux felsiques. Les résultats de BALLIVY (1970), comme ceux de QUIGLEY et OGUNBADEJO (1972), font ressortir la prédominance des minéraux phylliteux. De plus, BALLIVY (1970) indique que les argiles peuvent contenir jusqu'à 5% de minéraux divers tels que: hornblende, microcline, ilménite, minéraux lourds, allophanes et quelques traces de kaolinite. Récemment, QUIGLEY *et al.* (1982), en étudiant la teneur en carbonates de l'argile d'Olga, ont pu y retrouver des indices de la récurrence de Cochrane.

En 1976, FOSCAL-MELLA présente une méthode d'analyse quantitative de la minéralogie des sédiments argileux d'origine glaciaire. Il analyse onze échantillons de la région de Matagami (tabl. II) et démontre la variabilité de la composition minéralogique. À l'encontre de ses prédécesseurs, il prouve que même la minéralogie de la fraction argileuse est dominée par les minéraux felsiques. Cette démonstration est importante puisqu'elle va permettre l'explication de certains comportements physico-chimiques comme la plasticité. POULIOT (1978) et LOCAT (1982) analysent, selon la méthode de FOSCAL-MELLA (1976), quelques échantillons provenant aussi de la région de Matagami (fig. 1). Les résultats de FOSCAL-MELLA (1976), POULIOT (1978) et LOCAT (1982) forment la base des données présentées ci-après pour décrire la minéralogie de l'argile de Matagami (tabl. II) et, indirectement, celle des argiles glacio-lacustres de la zone nord-est de l'ancien lac Ojibway.

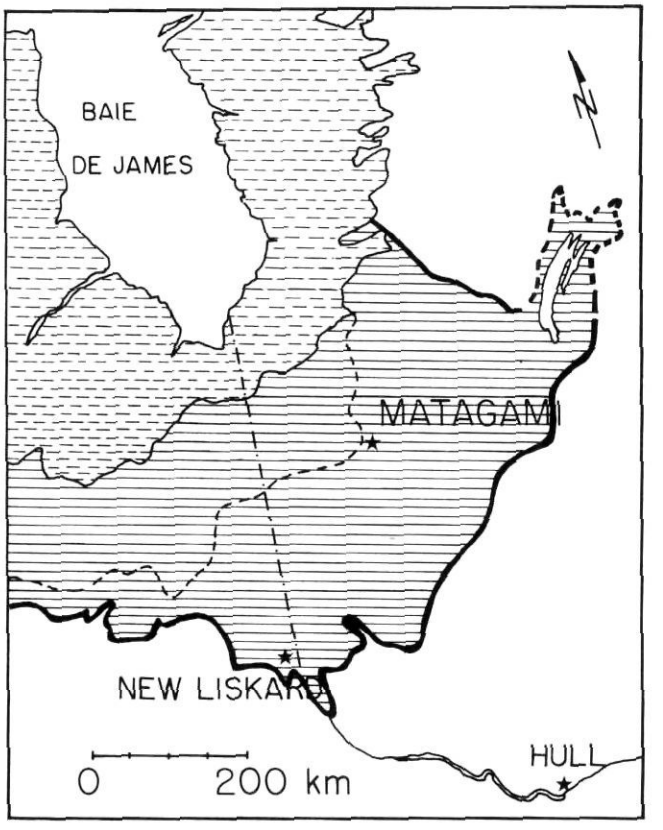



FIGURE 1. Localisation du lac Ojibway et des sites étudiés (les traits discontinus représentent les sédiments marins de la mer de Tyrrell et les traits continus, ceux du lac Ojibway).

*Lake Ojibway and the study sites (dashed lines represent marine Tyrrell sediments and the full lines the Lake Ojibway sediments).*

## LE SITE D'OLGA

Le site d'Olga, près de Matagami, a déjà été décrit dans un article antérieur (LOCAT et LEFEBVRE, 1981). Le site d'Olga (77°32′ long. O, 49°16′ lat. N) se situe à moins de 10 km au nord-est de Matagami (fig. 1). Le site est à une altitude de 262 m à l'intérieur de la plaine glacio-lacustre, parsemée de tourbières. Les échantillons ont été recueillis dans cette région à proximité des digues d'essais qui furent érigées afin d'évaluer les caractéristiques mécaniques des sédiments argileux (DASCAL *et al.*, 1972).

TABLEAU I

*Résultats d'analyses minéralogiques qualitatives des argiles du lac Ojibway*

| | Soderman et Quigley, 1965 (New Liskard) | Quigley et Ogunbadejo, 1972 (New Liskard) | Ballivy, 1970 (Matagami) | |
|---|---|---|---|---|
| Fraction < 2 nm | | | | |
| Illite | 50-60 | 30-35 | Très abondant | 60 ± 5 |
| Chlorite | 20-30 | 30-35 | Abondant | |
| Vermiculite | 5-10 | 5 | Traces | |
| *Kaolinite* | | | *Traces* | |
| Montmorillonite | 3 | 3 | — | |
| Quartz et feldspath | 10 | 17 | 31 | |
| Carbonates | Traces | 14 | 3 | |

TABLEAU II

*Résultats d'analyses minéralogiques quantitatives d'argiles du lac Ojibway de la région de Matagami*

| | *Foscal-Mella (1976)* | | | | | | | | | | *Pouliot (1978)* | | | | Locat (1982) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minéral (%) | 1 GB4 | 2 GB5 | 3 GB6 | 4 GB7 | 5 GB8 | 6 GB9 | 7 GB10 F | 8 GB11 C | 9 GB12 F | 10 GB13 C | 11 P12 | 12 P2 | 13 P3 | 14 P6 | 15 CO5B | 16 BO4B |
| Plagioclase | 49,7 | 49,8 | 46,7 | 48,5 | 55,7 | 44,6 | 46,7 | 44,2 | 50,0 | 46,8 | 43,5 | 36,2 | 40,0 | 38,5 | 33,1 | 29,1 |
| Quartz | 16,3 | 22,7 | 16,5 | 15,1 | 18,5 | 13,2 | 15,2 | 21,7 | 14,3 | 24,8 | 30,7 | 19,2 | 13,4 | 10,8 | 13,0 | 11,4 |
| Microcline | 15,9 | 16,2 | 15,3 | 15,6 | 19,0 | 14,8 | 13,9 | 13,0 | 17,2 | 14,3 | 13,7 | 11,8 | 10,5 | 11,0 | 10,8 | 9,6 |
| Amphibole (Hb) | 12,8 | 10,5 | 10,3 | 12,6 | 8,1 | 11,0 | 10,5 | 9,7 | 9,1 | 8,5 | 11,4 | 7,4 | 7,3 | 8,3 | 8,6 | 9,4 |
| *Dolomie* | *2,8* | *5,0* | *2,0* | *3,0* | *4,9* | *4,9* | *4,5* | *2,2* | *3,3* | *2,3* | *3,1* | *2,0* | *2,8* | *3,0* | *2,5* | *3,7* |
| Calcite | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,7 | 0,3 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 2,3 |
| Total détritique | 98,0 | 104,6 | 91,5 | 95,8 | 106,7 | 89,2 | 91,1 | 92,0 | 94,6 | 97,4 | 102,7 | 102,7 | 75,0 | 72,6 | 68,7 | 65,5 |
| P + A | 2,0 | ~0 | 8,5 | 4,2 | ~0 | 10,8 | 9,9 | 8,0 | 5,4 | 2,6 | | 22,4 | 25,0 | 27,4 | 31,3 | 34,5 |
| Prof. (m) | 7,0 | 7,0 | 8,7 | 6,3 | 1,6 | 2,8 | 5,7 | 5,7 | 6,6 | 6,6 – | | 2,8 | 4,8 | 7,2 | 4,3 | 3,5 |
| *< 2 nm* | — | — | — | *70* | *80* | *93* | *78* | *50* | *87* | *46* | *74,2* | *82* | *85* | *43* | *88* | *94* |
| Illite | — | 5,7 | 13,1 | — | 7,5 | — | 10,0 | — | 13,8 | 4,5 | 5,4 | 13,3 | 21,0 | 24,6 | 8,6 | 9,4 |

Les échantillons, du site d'Olga, analysés par FOSCAL-MELLA (1976) proviennent de diverses profondeurs. Les échantillons P2(12), P3(13) et P6(14) de POULIOT (1978) ont été pris à 2,8, 4,8 et 7,2 m de profondeur. Ceux qui ont été étudiés par LOCAT (1982), c'est-à-dire CO5B(15) et BO4B(16), proviennent de 4,3 et 3,5 m de profondeur.

## MÉTHODES D'ANALYSES

L'étude minéralogique a été effectuée selon la méthode élaborée par FOSCAL-MELLA (1976). Cette méthode consiste à assurer le rapport de la hauteur du pic d'un minéral donné (fig. 2), au pic de 0,512 nm (CuK$\alpha$) du métapériodate de potassium ($KIO_4$). Ce rapport, transcrit sur une courbe de calibration préalablement établie, permet d'évaluer la quantité d'un minéral donné. Les rapports ne sont mesurés que pour les minéraux non phyllosilicatés d'un échantillon global de sol en poudre et de compaction contrôlée. L'illite est dosée par le potassium ($K_2O$) avec une correction pour la contribution en potassium provenant de la microcline. Les minéraux dosés sont les suivants: plagioclase, quartz, microcline, hornblende, dolomie, calcite, illite (tabl. II).

L'étude qualitative des minéraux argileux a été effectuée selon la technique habituelle, c'est-à-dire à l'état naturel (film orienté), glycolé, saturé au magnésium et traité à l'HCl (fig. 3).

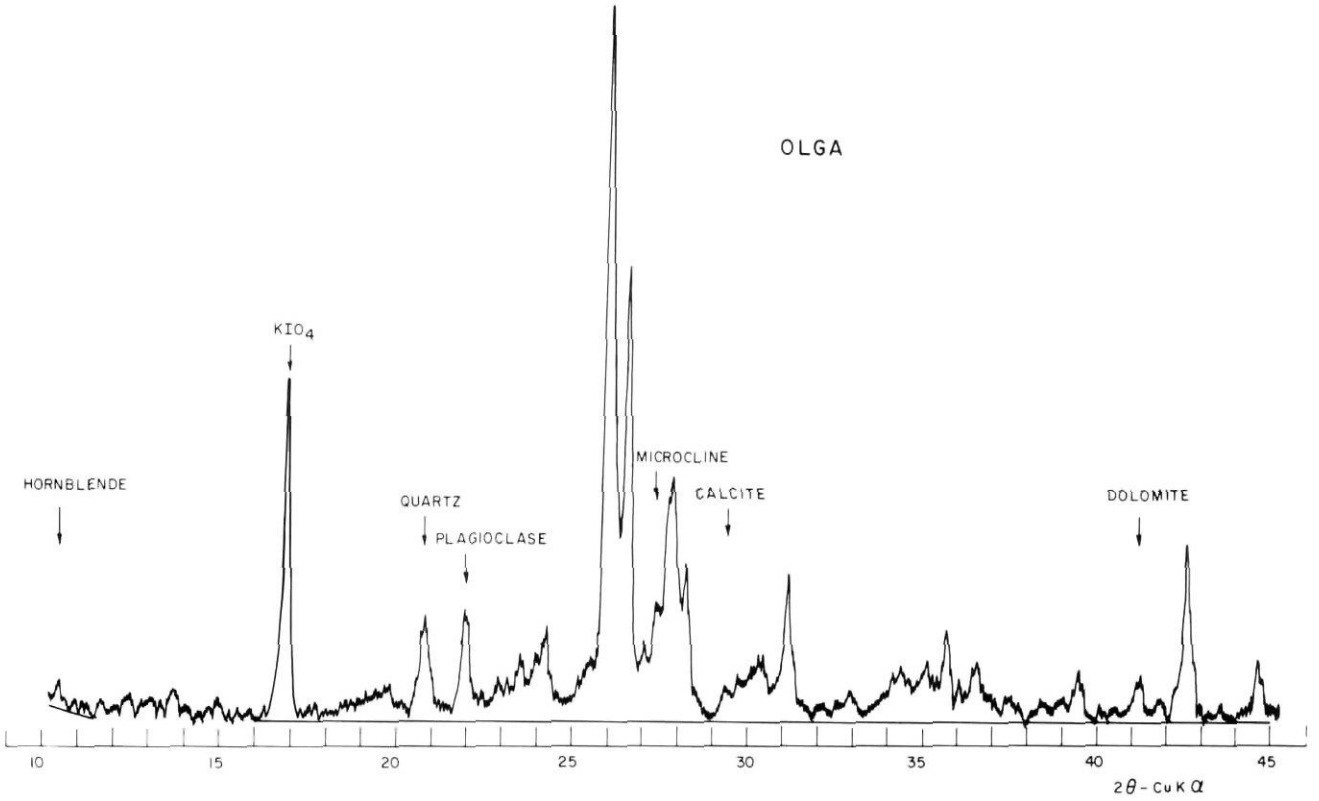



FIGURE 2. Exemple d'un diffractogramme d'un échantillon de Matagami (Olga) réalisé selon la méthode de FOSCAL-MELLA (1976).

*Example of an X-ray diffractogram for a sample from Matagami (Olga) using the method of FOSCAL-MELLA (1976).*

L'étude des amorphes a été réalisée à l'Institut national des sciences appliquées de Rennes (France), selon la méthode de SÉGALEN (1968). Cette méthode comprend huit cycles d'extraction par des attaques alternées à l'HCl 8N et au NaOH 0,5 N sur une quantité initiale de 1 g de matériel sec. Les dosages sont effectués par spectrophotométrie. Le cumul successif (exprimé en % du poids sec) de chacun des cycles d'extraction est transposé sur graphique, et la projection sur l'axe des «Y» du segment de droite, qui correspond à la partie linéaire de la courbe des extractions, donne le pourcentage du poids du minéral amorphe dosé. Les résultats (tabl. III, fig. 4) portent sur la silice ($SiO_2$), le fer ($Fe_2O_3$) et l'alumine ($Al_2O_3$). Le même tableau montre aussi les résultats obtenus par BALLIVY (1970), selon la méthode de JACKSON (1956). La microstructure (fig. 5) de l'argile d'Olga a été étudiée selon la méthode décrite par DELAGE (1979). L'aspect particulier de cette méthode consiste en l'utilisation du fréon liquide comme milieu préliminaire de congélation, avant la congélation finale dans l'azote liquide.

Les analyses chimiques globales (tabl. IV) ont été réalisées au Centre de recherches minérales du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (analyses n$^{os}$ 1 à 3) et au Laboratoire d'analyses minérales de l'École polytechnique de Montréal.

## CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'ARGILE DU SITE D'OLGA

Depuis une dizaine d'années, le site d'Olga a fait l'objet d'études géologiques et géotechniques diverses (BALLIVY,

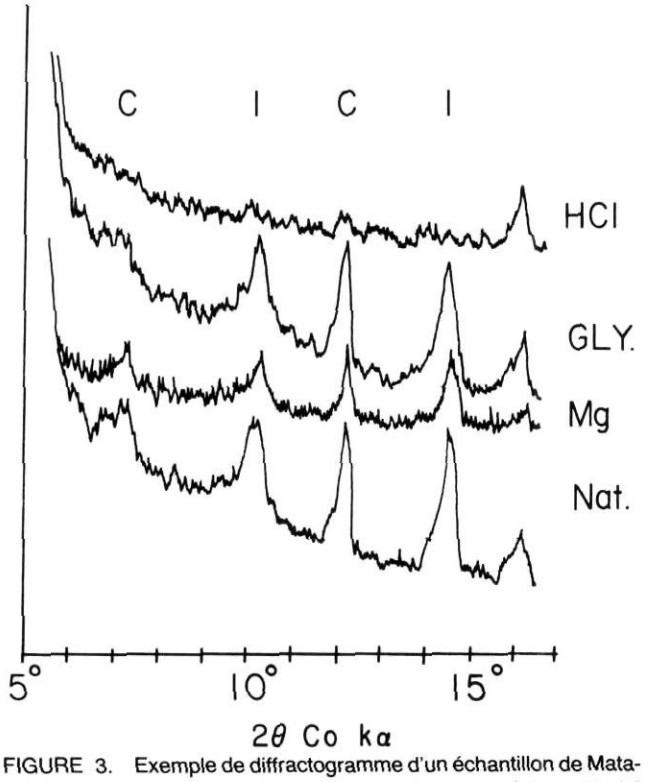



FIGURE 3. Exemple de diffractogramme d'un échantillon de Matagami à l'état naturel (orienté), glycolé, saturé au magnésium et traité à l'HCl.

*Example of an X-ray diffractogram of a sample from Matagami in various states: oriented, glycolated, saturated with magnesium, and treated with HCl.*

TABLEAU III

*Analyses de constituants amorphes d'argiles du lac Barlow-Ojibway*

| | | Silice ($SiO_2$) % | Alumine ($Al_2O_3$) % | Fer ($Fe_2O_3$) % | Total % | Méthode |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ballivy *et al.* (1971) | | | | | | |
| Sondage 0-12-2 | | | | | | |
| 8 | 270 m | 3,11 | 1,32 | 0,33 | 4,76 | Jackson (1956) |
| 9 | 269 m | 3,10 | 1,20 | 0,37 | 4,67 | |
| 10 | 266 C.F. | 3,15 | 1,06 | 0,33 | 4,54 | |
| 11 | 266 C.P. | 1,60 | 0,60 | 0,24 | 2,44 | |
| 12 | 265 C.F. | 3,40 | 1,10 | 0,42 | 4,92 | |
| 13 | 265 C.P. | 1,40 | 0,54 | 0,23 | 2,17 | |
| Locat (1981) | | | | | | |
| Éch. CO5B | | 5,6 | 3,3 | 1,7 | 10,6 | Ségalen (1968) |

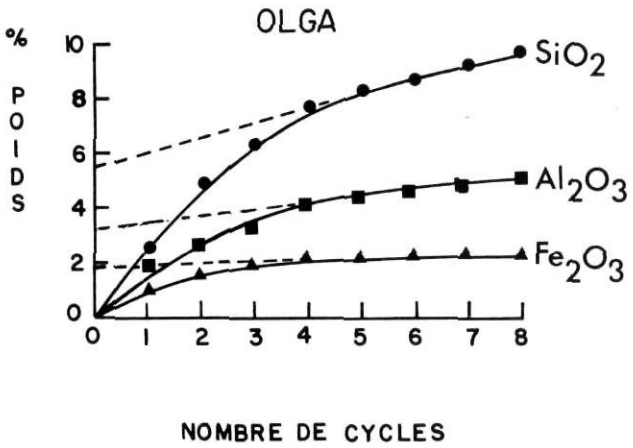



FIGURE 4. Dosage des amorphes d'un échantillon de Matagami selon la méthode de SÉGALEN (1968).

*Determination of amorphous content by the method of SÉGALEN (1968).*

1970; DASCAL *et al.*, 1972; LEFEBVRE *et al.*, 1974). Plus récemment, une campagne d'échantillonnage effectuée par le Département de génie civil de l'université de Sherbrooke (LEFEBVRE *et al.*, 1979) a permis de recueillir des cylindres d'argile de 25 cm de diamètre et d'environ 40 cm de hauteur (LEFEBVRE et POULIN, 1979). Les échantillons ont ensuite été analysés tant du point de vue mécanique (LEFEBVRE *et al*, 1979; LOCAT, 1982) que géologique (LOCAT et LEFEBVRE, 1981).

Les données rassemblées au tableau V résument les caractéristiques physico-chimiques de l'argile d'Olga. Le sédiment, varvé, se trouve à des profondeurs inférieures à 6 m; les couches pâles sont beaucoup plus silteuses et leur teneur en eau d'autant plus faible. L'épaisseur moyenne des varves varie de 2 cm environ à la base à moins de 1 cm au sommet de la couche compressible de sédiments glacio-lacustres qui fait environ 6 m d'épaisseur.

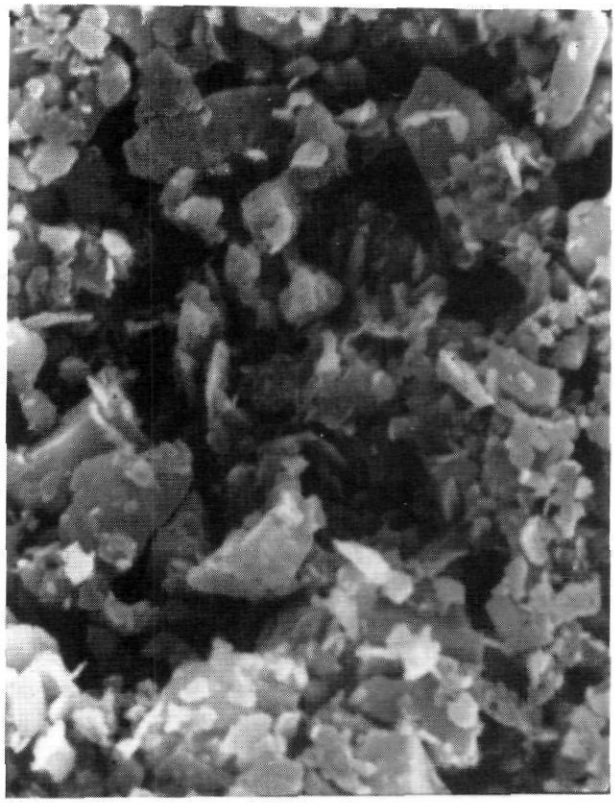
Étant donné le milieu glacio-lacustre et les varves qui en résultent, la variation des propriétés physico-chimiques s'explique en partie par des changements granulométriques. L'argile d'Olga est plastique et les couches foncées peuvent être très fines (plus de 95% de particules argileuses). La salinité de l'eau interstitielle, mesurée par conductivité électrique, est inférieure à 0,5 g/L et le cation dominant est le calcium.

L'étude par microscopie électronique du dépôt intact a été effectuée dans les couches pâles (fig. 5a) et les couches foncées (fig. 5b). Les couches pâles silteuses ont une structure plutôt dispersée avec plusieurs particules ayant à peu près la même orientation. Dans les couches foncées, la structure, floculée, est beaucoup plus ouverte: la teneur en eau peut atteindre 120% (LOCAT et LEFEBVRE, 1981). Si la densité du sol sec est d'environ 2,7, le volume occupé par l'eau sera d'autant supérieur à celui des particules solides. On y observe surtout des contacts arêtes-arêtes ou arêtes-faces entre les particules, ce qui s'apparente au modèle du type «château de cartes» jusqu'ici proposé pour les sédiments argileux déposés en milieu marin. À titre de comparaison, nous avons inclu une photographie de la microstructure de l'argile marine de Saint-Marcel-de-Yamaska (fig. 5c), elle aussi floculée.

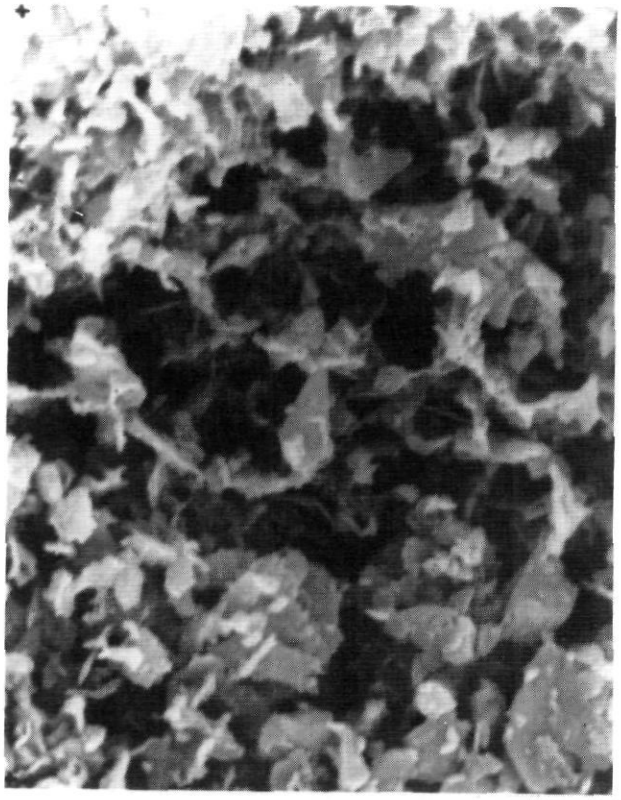
## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES ET AMORPHES

L'analyse chimique globale des argiles étudiées montre que la silice ($SiO_2$) est l'oxyde dominant (53 à 65%), suivi de l'alumine ($Al_2O_3$), comprenant de 13 à 18% des oxydes, et de l'oxyde ferrique ($Fe_2O_3$; de 2 à 7%). Le rapport $MgO/Al_2O_3$ moyen est de 0,22, indice, d'après FOSCAL-MELLA (1976), de la prédominance des minéraux felsiques.

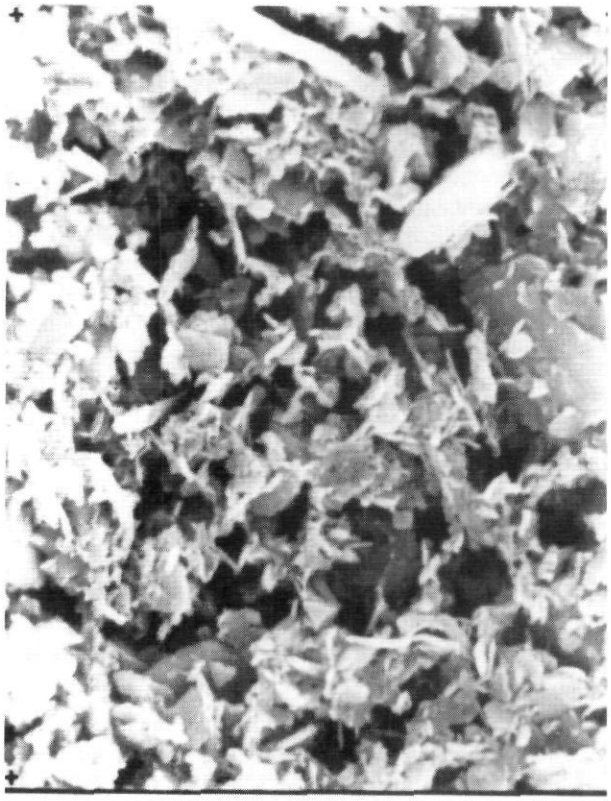
L'étude du contenu en matières amorphes par la méthode de SÉGALEN (1968) indique une prédominance de la silice sur l'alumine et l'oxyde de fer. BENTLEY (1980) a indiqué que la méthode de Ségalen dissout aussi certains minéraux comme la biotite, ce qui amène une surévaluation de la teneur en amorphes. La méthode de Jackson utilisée par BALLIVY *et al.* (1971) est considérée comme plus douce



a



b



c

FIGURE 5. Microstructure de l'argile d'Olga comparée à celle de Saint-Marcel-de-Yamaska (vallée du Saint-Laurent) : a) couche silteuse-Olga; b) couche argileuse -Olga; c) argile de Saint-Marcel (floculée).

*Microstructure of the Matagami clay (Olga) compared with a sample from Saint-Marcel-de-Yamaska (St. Lawrence Valley): a) silty layer-Olga; b) clayey layer -Olga; c) Saint-Marcel clay (flocculated).*

et donne des résultats environ deux fois plus faibles (tabl. III).

## MINÉRALOGIE

L'examen du tableau II révèle que le plagioclase serait le minéral dominant, avec une teneur d'au moins 30% en poids (sauf BO4B(16)). Vient ensuite le quartz qui constitue entre 10 et 31% de la masse sèche du sol, suivi de la microcline (10 à 19%), la hornblende (7 à 13%), la dolomie (2 à 5%) et la calcite (0 à 2%). Au total, la somme des minéraux détritiques (excluant les phyllosilicates et les amorphes) peut atteindre 100% du poids total du sol (minimum de 66%). Les études faites sur les couches foncées et claires (n$^{os}$ 7, 8, 9 et 10) montrent aussi une nette prédominance des minéraux détritiques, même dans la couche foncée. Les matériaux étudiés présentent une fraction argileuse qui varie de 43 à 94%, les valeurs les plus faibles correspondant aux couches pâles. La quantité de phyllosilicates varie de 0 à 35%. Dans le cas des deux échantillons analysés dans toutes les couches par FOS-CAL-MELLA (1976), on note une proportion légèrement supérieure de phyllosilicates dans les couches foncées. L'illite

TABLEAU IV

*Analyse chimique globale des échantillons de la région de Matagami (les numéros correspondent à ceux du tableau III)*

| OXYDES % | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 56,74 | 60,80 | 56,24 | 57,07 | 58,30 | 54,96 | 56,67 | 61,05 | 54,66 | 63,74 | 66,85 | 56,7 | 52,83 |
| $Al_2O_3$ | 17,85 | 16,15 | 17,10 | 16,63 | 17,72 | 17,73 | 16,70 | 14,67 | 18,05 | 14,76 | 13,35 | 16,6 | 17,05 |
| $Fe_2O_3$ | 6,77 | 1,74 | 2,42 | 6,30 | 6,07 | 2,84 | 2,68 | 4,82 | 6,90 | 4,60 | 1,40 | 3,6 | 3,42 |
| FeO | 3,61 | 3,12 | 3,74 | 3,55 | 2,63 | 3,57 | 3,64 | 2,89 | 3,96 | 2,86 | 2,05 | 2,81 | 2,99 |
| MgO | 4,12 | 3,28 | 3,76 | 4,29 | 3,56 | 4,26 | 3,96 | 3,57 | 3,82 | 3,00 | 2,10 | 3,58 | 4,06 |
| CaO | 1,62 | 3,43 | 3,43 | 2,80 | 1,67 | 2,74 | 2,90 | 3,71 | 2,14 | 3,10 | 3,50 | 3,56 | 4,41 |
| $Na_2O$ | 3,3 | 3,4 | 3,1 | 3,0 | 3,4 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 3,4 | 3,50 | 3,09 | 2,47 |
| $K_2O$ | 3,5 | 3,0 | 3,6 | 3,0 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 3,4 | 3,6 | 3,0 | 2,70 | 3,37 | 3,72 |
| $H_2O^-$ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,08 | — |
| $H_2O^+$ | 4,71 | 3,48 | 4,88 | 4,62 | 4,71 | 5,24 | 4,72 | 2,87 | 5,26 | 2,54 | 1,95 | 3,71 | — |
| $H_2O_T$ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3,79 | 4,15 |
| $TiO_2$ | 0,18 | 0,44 | 0,46 | 0,32 | 0,36 | 0,52 | 0,50 | 0,32 | 0,36 | 0,28 | 0,45 | 0,53 | 0,61 |
| $P_2O_5$ | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,16 | — | 0,16 | 0,20 |
| MnO | 0,13 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,08 |
| $CO_2$ | 0,33 | 0,80 | 0,77 | 1,31 | 0,31 | 0,57 | 0,83 | 2,15 | 1,28 | 1,37 | 1,40 | 0,40 | 3,74 |
| Total | 103,13 | 99,87 | 99,76 | 103,16 | 102,58 | 99,41 | 99,87 | 102,80 | 103,28 | 102,89 | 99,32 | 98,10 | 99,73 |

TABLEAU V

*Caractéristiques physico-chimiques de l'argile d'Olga*

| | |
|---|---|
| % < 2 nm: | 40-95 |
| Limite de liquidité, $w_l$ (%): | 50-70 |
| Indice de plasticité, $I_p$ (%): | 15-40 |
| Teneur en eau, w (%): | 44-110 |
| Surface spécifique, SS ($m^2/g$): | 48-81 |
| Bases échangeables (m.e./100 g): | 15-60 |
| K: | 0-1 |
| Ca: | 10-52 |
| Mg: | 2-5 |
| Na: | 0-3 |
| C.E.C.: | 10-44 |

serait le phyllosilicate dominant, avec une concentration variant de 4,5 à 24,6% et, comme nous le verrons plus loin, ce minéral est aussi associé à la chlorite, qui n'est pas dosée quantitativement.

Les carbonates dosés par la méthode de FOSCAL-MELLA (1976) sont dominés par la dolomie. Les valeurs globales des carbonates (calcite + dolomie) varient entre 2 et 5%. Ceci correspond à des valeurs obtenues par QUIGLEY et al. (1982) pour les varves pauvres en carbonates du site de Matagami.

FOSCAL-MELLA (1976) souligne que les résultats tirés de trois analyses successives sont affectés d'une erreur relative de 8%. De plus, dans son cas, il a estimé que le bruit de fond observé sur le diffractogramme, causé par les autres minéraux comme les minéraux lourds, entraînait une surestimation de 10% environ de la concentration des phases minérales ainsi dosées. Dans le cas des études de POULIOT (1978) et LOCAT (1982), une telle correction ne semble pas nécessaire. Ceci s'explique, en partie du moins, par une diminution de 10% environ entre l'intensité du pic de $KIO_4$ mesurée par LOCAT (1982) et celle mesurée par FOSCAL-MELLA (1976).

Les travaux menés par BALLIVY et al. (1971) révèlent la présence de kaolinite, mais les récents travaux réalisés par LOCAT (1982) n'en indiquent pas. Par contre, tous les auteurs s'accordent pour dire que les minéraux prédominants trouvés dans les argiles sont l'illite et la chlorite, et que des minéraux interstratifiés à partir d'illite et de chlorite sont également présents. Les pics observés entre 1,4 et 1,8 nm dénotent aussi la présence de vermiculite. La montmorillonite observée par SODERMAN et QUIGLEY (1965) n'a pas été retrouvée ailleurs et peut, de ce fait, représenter un apport local. Toutefois, QUIGLEY et al., (1982) notent la présence de smectite et d'interstratifiés dans les argiles de Matagami.

## DISCUSSION

La discussion qui suit se limite à trois points: (1) la minéralogie de la fraction argileuse, (2) les traceurs minéralogiques et (3) la microstructure.

### MINÉRALOGIE DE LA FRACTION ARGILEUSE

LOCAT et al. (1984) ont présenté les résultats d'analyses minéralogiques et mécaniques de quelques argiles du Québec. Ces données nous permettent de comparer la nature de l'argile de Matagami avec celle d'autres sites. La quantité de phyllosilicates et la surface spécifique des argiles de la région de Matagami sont les plus élevées parmi les sédiments argileux étudiées à ce jour au Québec (fig. 6). L'argile de Matagami est de la même composition que la plupart des argiles du Québec (FOSCAL-MELLA, 1976; LOCAT et al., 1984). Ce sont surtout les proportions relatives des minéraux qui changent. La fraction argileuse des argiles de Matagami est souvent de 95% et pourtant, même dans cette fraction granulométrique,

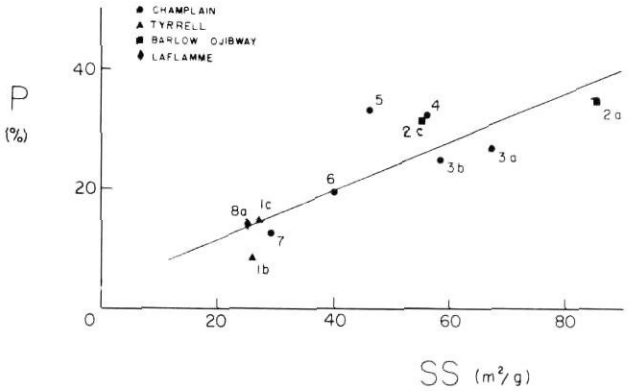



FIGURE 6. Relation entre la quantité de phyllosilicates et d'amorphes et la surface spécifique de certains échantillons d'argile de l'est du Canada (LOCAT *et al.*, 1984); provenance des échantillons: 1) Grande rivière de la Baleine; 2) Olga; 3) Saint-Marcel-de-Yamaska; 4) Saint-Léon-de-Maskinongé; 5) Saint-Alban; 6) Saint-Barnabé; 7) Shawinigan; 8) Chicoutimi.

*Relationship between the amount of phyllosilicates and amorphous material, and the specific surface area for some clay samples from Eastern Canada (LOCAT* et al., *1984); provenance of samples; 1) Grande rivière de la Baleine; 2) Olga; 3) Saint-Marcel-de-Yamaska; 4) Saint-Léon-de-Maskinongé; 5) Saint-Alban; 6) Saint-Barnabé; 7) Shawinigan; 8) Chicoutimi.*

les felsiques dominent les phyllosilicates. Cela illustre le caractère détritique des sédiments argileux glacio-lacustres provenant de l'abrasion glaciaire et résultant d'une dilution des dépôts glaciaires de la région.

Bien que les sédiments argileux aient une composition relativement homogène, les concentrations différentes leur confèrent des propriétés mécaniques et physico-chimiques sensiblement différentes (*cf.* LOCAT *et al.*, 1984). Bien peu de données sont disponibles sur la minéralogie des sédiments Ojibway. C'est aussi le cas de la plupart des sédiments quaternaires. La méthode de FOSCAL-MELLA (1976) permet une évaluation rapide de la minéralogie (environ 10 échantillons par semaine), et est reproductible. L'application systématique de cette méthode aux sédiments argileux devrait permettre d'augmenter sensiblement le nombre d'analyses de la minéralogie de ces sédiments, conduisant ainsi à des comparaisons utiles de leurs propriétés mécaniques ou contribuant à leur corrélation stratigraphique.

## TRACEURS MINÉRALOGIQUES

La source de la kaolinite se situerait dans la formation de Matagami, en Ontario (Crétacé inférieur, VOS, 1982; BALLIVY, 1970). Il serait intéressant de suivre la dispersion de ce minéral à partir de la source, ce qui pourrait fournir un traceur minéralogique.

En ce qui a trait aux carbonates, BALLIVY (1970) indique qu'ils reflètent la réavancée de l'inlandsis (Cochrane II) sur des roches carbonatées des basses terres de la baie d'Hudson. QUIGLEY *et al.* (1982) analysent les résultats du dosage des carbonates à l'aide des observations de HARDY (1976). Ainsi, ils rapportent des valeurs en carbonates (dolomie et calcite) de 1 à 5% pour les couches dites non carbonatées, associées à des sédiments provenant du glacier du Nouveau-Québec. Ils obtiennent des valeurs atteignant entre 14 et 29% pour des varves correspondant aux récurrences de Cochrane I et II. HARDY (1976), par une étude semblable, à obtenu des valeurs comprises entre 0 et 2% pour les varves associées du glacier du Nouveau-Québec et des valeurs de 7 et 9% pour les récurrences de Cochrane I et II respectivement. Bien que les valeurs absolues varient sensiblement d'un auteur à l'autre, les teneurs en carbonates reflètent bien les événements glaciologiques. Une telle approche serait intéressante pour d'autres régions comme le Lac-Saint-Jean et la vallée du Saint-Laurent. Ainsi, pour cette dernière région, les carbonates pourraient permettre de mieux distinguer les sédiments provenant du Bouclier de ceux provenant des basses terres ou des Appalaches.

## MICROSTRUCTURE

L'étude microstructurale confirme l'existence d'une structure floculée, souvent présumée par certains auteurs (BALLIVY *et al.*, 1971; QUIGLEY et OGUNBADEJO, 1972). On ne peut donc simplement déduire la structure du sol à partir de son milieu de sédimentation (lacustre = dispersé; marin = floculé). L'exemple d'Olga infirme la relation qui veut que seules les argiles lacustres puissent être dispersées ou floculées, alors que les argiles marines ne peuvent être que floculés. K. Torrance (communication personnelle, 1981) propose que, dans certains cas, la floculation résulte de la présence de quantités suffisantes de calcium dans l'eau, permettant ainsi aux particules très fines d'être floculées (le calcium est souvent le cation dominant dans un milieu lacustre, le sodium l'étant en milieu marin).

La microstructure ne comprend pas seulement l'orientation des particules, mais aussi les forces qui les retiennent ensemble. Ces forces sont variées: liaisons ioniques, par covalence ou de van der Wall. L'argile de Matagami offre une occasion unique d'étudier les effets des carbonates comme agents de liaison entre les particules par le biais de la cimentation. LEFEBVRE *et al.* (1979), LOCAT (1982) et QUIGLEY *et al.* (1982) invoquent la cimentation du sédiment par les carbonates pour expliquer le fait que la résistance du sol est à peu près constante, quelle que soit la profondeur sous la croûte d'oxydation. Ici, la détermination des carbonates déborde l'intérêt purement stratigraphique étant donné son rôle important sur les propriétés mécaniques du sédiment. La minéralogie du sédiment, de par sa teneur en carbonates, permet d'expliquer sa résistance ainsi que les liens dominants dans sa microstructure.

## REMERCIEMENTS

La majeure partie des informations contenues dans cet article a été présentés au Colloque sur les lac proglaciaires tenu à Sherbrooke, en 1981 (LOCAT *et al.*, 1981). Ces travaux ont été rendus possibles grâce à la collaboration de la Société d'énergie de la Baie James et d'une bourse d'étude du ministère de l'Éducation du Québec (F.C.A.C.) octroyée à l'auteur principal. Nous voudrions aussi remercier MM. G. Pouliot pour son aide dans la réalisation des analyses minéralogiques et J. Estéoule en ce qui a trait à l'étude des amorphes. MM.

Michel Bouchard (Département de géologie, université de Montréal) et Jean Veillette (Division de la science des terrains, Commission géologique du Canada) ont bien voulu commenter une première version du manuscrit.

## BIBLIOGRAPHIE

ANTEVS, E. (1925): *Retreat of the last ice sheet in Eastern Canada*, Commission géologique du Canada, Mémoire 146, 142 p.

BALLIVY, G. (1970): *Contribution à l'étude des caractéristiques géologiques et géotechniques des dépôts d'argiles du nord-ouest du Québec (région de Matagami-Rupert)*, Thèse M. Sc. A., École polytechnique, Montréal, 222 p.

BALLIVY, G., POULIOT, G. et LOISELLE, A.A. (1971): Quelques caractéristiques géologiques et minéralogiques des dépôts d'argiles du nord-ouest du Québec, *Journal canadien des Sciences de la Terre*, vol. 8, p. 1525-1541.

BENTLEY, S.P. (1980): Significance of amorphous material relative to sensitivity in some Champlain clays — Discussion, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 17, p. 632-634.

DASCAL, O., TOURNIER, J.-P., TAVENAS, F. et LAROCHELLE, F. (1972): Failure of a test embankment on sensitive clay, Comptes Rendus de: *Performance of Earth and Earth-supported structures*, American Society of Civil Enginering, vol. 1, part 1, p. 129-158.

DELAGE, P. (1979): *Étude du milieu poreux et de la texture des argiles sensibles du Québec*, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 133 p.

FOSCAL-MELLA, G. (1976): *Analyse minéralogique des argiles glaciaires*, Mémoire M. Sc. A., École polytechnique, Montréal, 148 p.

JACKSON, M.L. (1958): *Soil chemical analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

LEFEBVRE, G., LEFEBVRE, L.M. et ROSENBERG, P. (1974): Behavior of a cemented plastic clay as an embankment foundation, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 11, p. 46-58.

LEFEBVRE, G., LOCAT, J., PARÉ, J.-J. et DASCAL, O. (1979): A detailed study of the compressibility of a varved clay deposit as related to foundation settlement, *Comptes rendus de la 32e Conférence canadienne de géotechnique*, Québec, p. 3.128-3.147.

LEFEBVRE G. et POULIN,C. (1979): A new method of sampling in sensitive clay, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 16, p. 226-233.

LOCAT, J. (1982): *Étude de la structuration des argiles sensibles de l'est du Canada*, Thèse Ph D., Département de génie civil, Université de Sherbrooke, 512 p.

LOCAT, J., BALLIVY, G. et LEFEBVRE, G. (1981): La minéralogie des sédiments fins Barlow-Ojibway et principalement ceux de la région de Matagami, in: *Résumés du Colloque sur les lacs proglaciaires, 49e Congrès de l'ACFAS*, Sherbrooke, Québec.

LOCAT, J. et LEFEBVRE, G. (1981): Étude de la formation des sédiments fins glacio-lacustres du lac Barlow-Ojibway: le site de Matagami, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 35, p. 93-103.

LOCAT, J., LEFEBVRE, G. et BALLIVY, G. (1984): Mineralogy, chemistry and physical properties inter-relationship of some sensitive clays from Eastern Canada, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 21, nº 3.

POULIOT, G. (1978): *Argiles Olga 404 et Rupert-7, analyses minéralogiques et essais chimiques*, Département de génie minéral, École polytechnique, Montréal, 11 p.

QUIGLEY, R.M. (1980): Geology, mineralogy, and geochemistry of Canadian soft clays: a geotechnical perspective, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 17, p. 261-285.

QUIGLEY, R.M. et OGUNBADEJO, T.A. (1972): Clay layer fabric and oedometer consolidation of a soft varved clay, *Revue canadienne de Géotechnique*, vol. 9, p. 165-175.

QUIGLEY, R.M., SETHI, A.J., BOONSINSUK, P., SHEERAN, D.E. et YONG, R.N. (1982): Geology control on soil composition and properties, Lake Barlow-Ojibway clays plain, Matagami, Québec, *Comptes rendus de la 35e Conférence canadienne de géotechnique*, Montréal, p. 461-479.

SÉGALEN, P. (1968): Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux, *Cahiers ORSTOM*, Série Pédologie, vol. 6, p. 105-126.

VOS, M.A. (1982): Quartz and kaolinite clay of the James Bay Lowlands, Ontario, *Canadian Institute of Mining and Metallurgical Bulletin*, vol. 75, p. 90-98.

# ERRATA

I regret that an uncorrected drafting error appeared in Figure 6 (p. 182) of my paper: "Postglacial vegetational history of the Eastern Avalon Peninsula, Newfoundland, and Holocene climatic change along the Eastern Canadian seaboard" *(Géographie physique et Quaternaire*, 1982, vol. XXXVI, n$^{os}$ 1-2, p. 175-196). 4.6% *Populus* pollen was shown in the surface sample in the Sugarloaf Pond pollen profile, but in fact no *Populus* pollen was counted in this sample. Consequently the comment concerning *Populus* pollen on page 191 is also erroneous, and should be deleted. While trembling aspen is common in the vicinity of St. John's it does not occur in sufficient abundance for its pollen to be represented in the modern pollen spectrum Sugarloaf Pond.

Joyce BROWN MACPHERSON