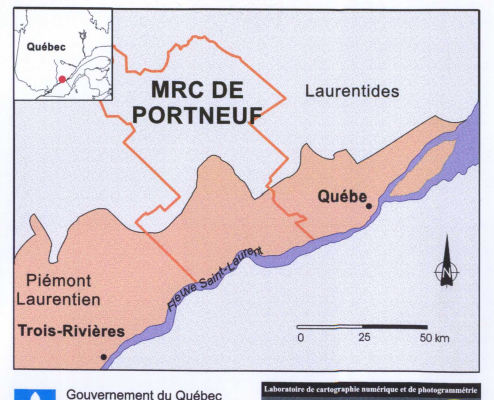
centre géoscientifique de québec
Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique
INRS-Géoressources

Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf: géologie et stratigraphie des formations superficielles

Parent, M., Michaud, Y., Boisvert, É., Bolduc, A. M., Fagnan N., Fortier, R.[1], Cloutier, M.[2] et Doiron, A.
1 Département de géologie et génie géologique, Université Laval - 2 COGÉO Consultants Inc.

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement et de la Faune

Laboratoire de cartographie numérique et de photogrammétrie
LCNP Centre géoscientifique de Québec

MRC DE PORTNEUF

UNIVERSITÉ LAVAL

Dossier Public
Open File
3664-a
Commission Géologique du Canada
Geological Survey of Canada
1998

Où obtenir une publication:
Librairie de la Commission géologique du Canada
601, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E8
Tél.: (613) 995-4342, fax.: (613) 943-0646
Sans frais (Canada et É.-U): 1-888-252-4301
Internet: gsc_bookstore@gsc.nrcan.gc.ca

Centre géoscientifique de Québec
2535, boulevard Laurier, C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec), G1V 4C7
Téléphone: (418) 654-2677
Télécopie: (418) 654-2615

Notation bibliographique conseillée:
Parent, M., Michaud, Y., Boisvert, É., Bolduc, A. M., Fagnan, N., Fortier, R., Cloutier, M. et Doiron, A.
1998: Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : géologie et stratigraphie des formations superficielles. Commission géologique du Canada, Dossier public # 3664-a.

Canada

INTRODUCTION

Des travaux de cartographie hydrogéologique dans la MRC de Portneuf ont mené à la réalisation de trois planches cartographiques regroupant l'essentiel de l'information géoscientifique pertinente à la cartographie et à la caractérisation des aquifères. Les thématiques abordées par les différentes planches sont: le contexte géologique (*Géologie et stratigraphie des formations superficielles* (Parent et al., 1998)), la délimitation des aquifères de surface (*Hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface* (Fagnan *et al.*, 1998)) et la qualité des eaux souterraines (*Hydrogéochimie des eaux souterraines* (Bourque *et al.*, 1998). Ces documents représentent, à l'aide de cartes thématiques, de coupes stratigraphiques et de tableaux, une bonne partie des données géoscientifiques requises pour la gestion des eaux souterraines et l'aménagement du territoire. Ces planches cartographiques sont des produits issus du projet-pilote de cartographie des aquifères du piémont laurentien (Michaud *et al.*, 1997a), réalisé conjointement par le CGQ (INRS-Géoressources et Commission géologique du Canada), le Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, l'Université Laval et la MRC de Portneuf. Ce projet-pilote a pour objectifs de développer une méthodologie pour effectuer la cartographie des ressources en eaux souterraines à l'échelle régionale et d'évaluer des méthodes et techniques pour l'acquisition et l'intégration d'informations géoscientifiques.

Les travaux de cartographie hydrogéologique ont été réalisés à l'échelle du 1:50 000 et se sont majoritairement déroulés dans le secteur sud de la MRC de Portneuf, sur un territoire d'approximativement 3000 km². Le choix de cette région d'étude est basé sur le fait qu'elle est représentative des aquifères du piémont laurentien, des besoins en eau souterraine des populations rurales et urbaines ainsi que des conditions d'utilisation du sol généralement rencontrées sur la rive nord du Saint-Laurent, de Charlevoix jusqu'à l'Outaouais. La MRC de Portneuf est située sur la rive nord du Saint-Laurent entre Québec et Trois-Rivières.

UTILISATION DE LA PLANCHE GÉOLOGIQUE

Les cartes thématiques présentées sur cette planche regroupent essentiellement des informations sur la répartition et la nature du substratum rocheux et des sédiments quaternaires de la région. La planche géologique est composée d'une carte centrale qui présente la géologie des formations superficielles (carte 2) (1:100 000) et des cartes satellites (1:250 000) présentant la géologie du substratum (carte 1), la localisation des données de forage et de levés stratigraphiques et géophysiques disponibles dans la région (carte 3), la distribution de l'épaisseur totale de sédiments quaternaires sur le socle rocheux (carte 4) ainsi que le contexte stratigraphique des formations superficielles (carte 5).

Les cartes géologiques montrent bien la répartition des différentes unités lithologiques en surface alors que la carte d'épaisseur et les coupes stratigraphiques donnent un aperçu de la puissance et de l'architecture des unités quaternaires.

REMERCIEMENTS

Cette contribution a été financée par le programme d'hydrogéologie de la Commission géologique du Canada et a été réalisée conjointement avec l'INRS-Géoressources, le Ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF), la MRC de Portneuf et l'Université Laval. Les auteurs aimeraient remercier Ruth Boivin, Luce Dubé et Marco Boutin pour l'infographie, Richard Martel et Renald McCormack pour leur lecture critique, ainsi que la population et les intervenants des municipalités et de la MRC de Portneuf pour leur collaboration et l'intérêt qu'ils ont manifesté pour cette étude. Ce projet a aussi bénéficié d'une étroite collaboration de Messieurs Henri Sain-Martin, Michel Ouellet, Luc Champagne et Raymond Perron du MEF et de M. Jacques Landry de la MRC de Portneuf.

RÉFÉRENCES

Bourque, É., Michaud, Y., Lefebvre, R. et Boisvert, É.
1998: Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrogéochimie des eaux souterraines. Commission géologique du Canada, Dossier public # 3664-c.

Cloutier, M., Parent, M. et Bolduc, A. M..
1997: Géologie des formations superficielles, Région de St-Marc-des-Carrières. Commission géologique du Canada, Dossier public # 3544.

Fagnan, N., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, É., Parent, M. Martel, R. ,Paradis, D. et Larose-Charette, D.
1998: Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface . Commission géologique Canada, Dossier public # 3664-b.

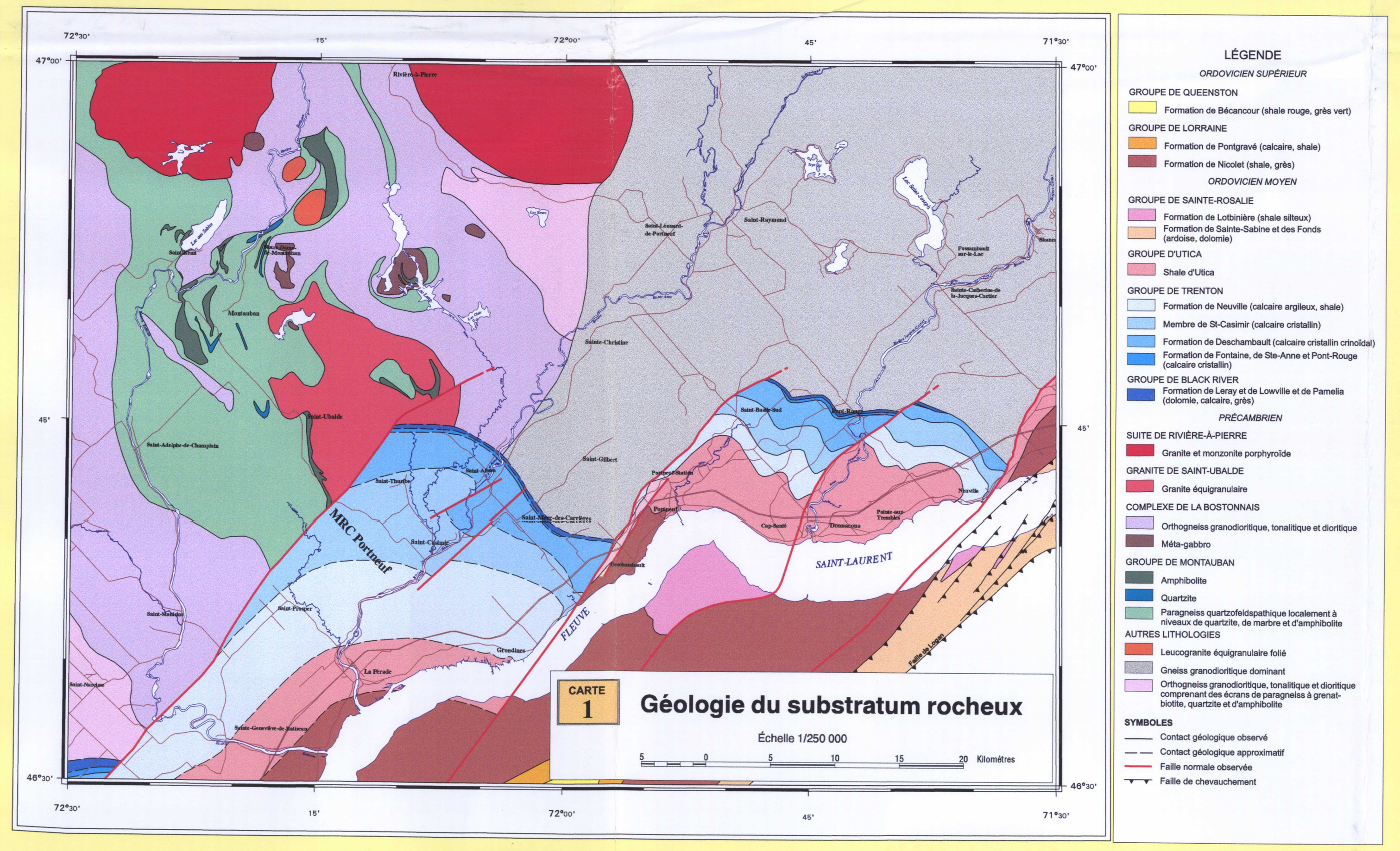
Globensky, Y.
1987: Géologie des basses-terres du Saint-Laurent. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec. Rapport MM 85-02, carte 1999.

Michaud, Y., Lefebvre, R., Martel, R., Parent, M., Bolduc, A. M., Boisvert, É., Bourque, É., Fagnan, N., et Paradis, D.
1997a: Le projet piémont laurentien - Application de la cartographie hydrogéologique régionale à la gestion de la ressource en eaux souterraines. Vecteur Environnement - Vol.30, no.4, août 1997, p. 22-23.

Michaud, Y., Fortier, R., Parent, M. et Pilon, J.,
1997b: L'utilisation du géoradar et des méthodes électriques pour la cartographie des formations aquifères du piémont laurentien, Québec; *dans* Recherches en cours 1997-E; Commission géologique du Canada, p. 73-82.

Nadeau, L. et Brouillette, P.
1995: Carte structurale de la région de Trois-Rivières (SNRC 31I), Province de Grenville, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public #3012, échelle 1/250 000.

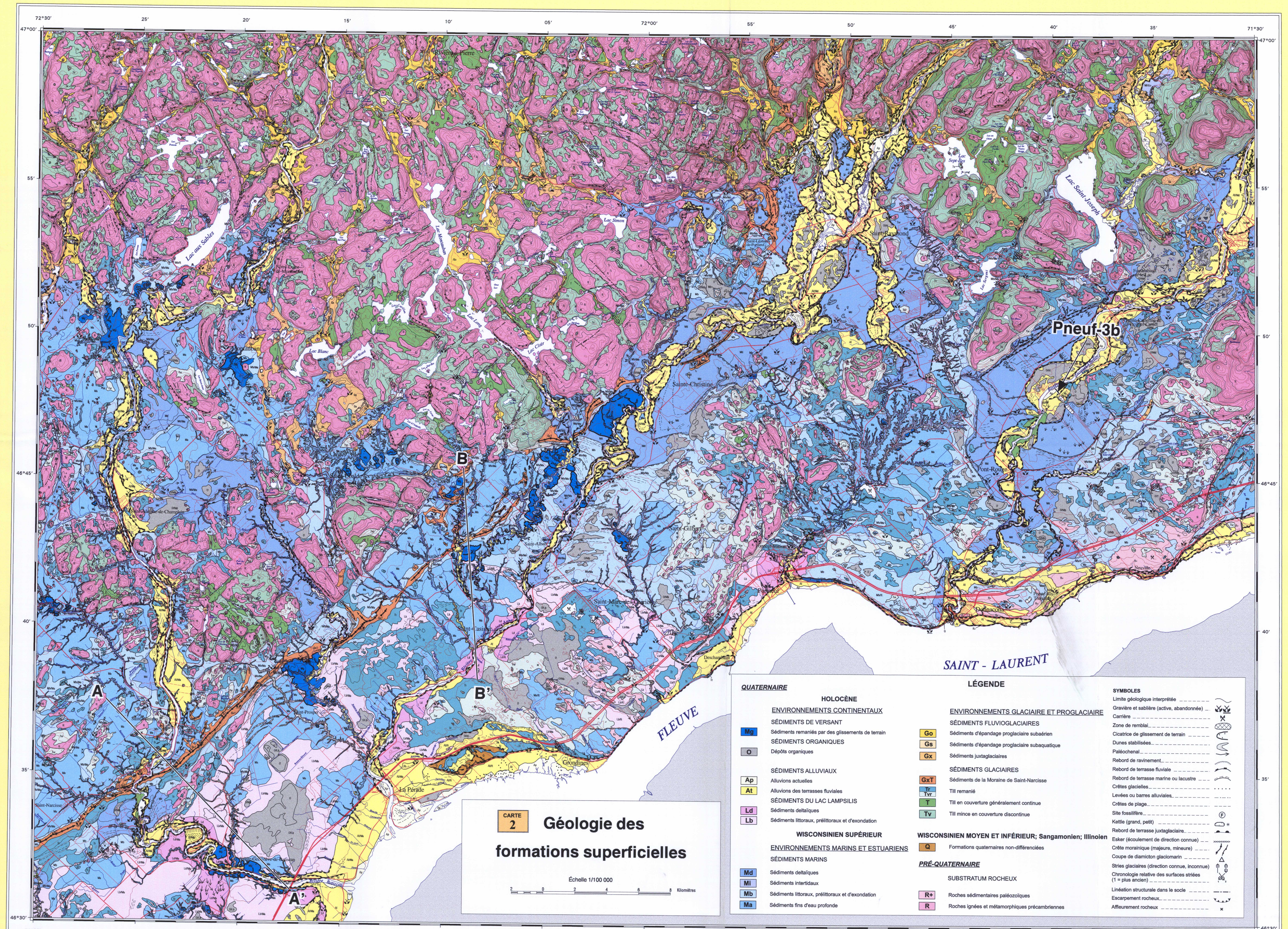
Parent, M., Michaud, Y., Boisvert, É., Bolduc, A. M., Fagnan, N., Fortier, R., Cloutier, M. et Doiron, A.
1998: Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : géologie et stratigraphie des formations superficielles. Commission géologique du Canada, Dossier public # 3664-a.



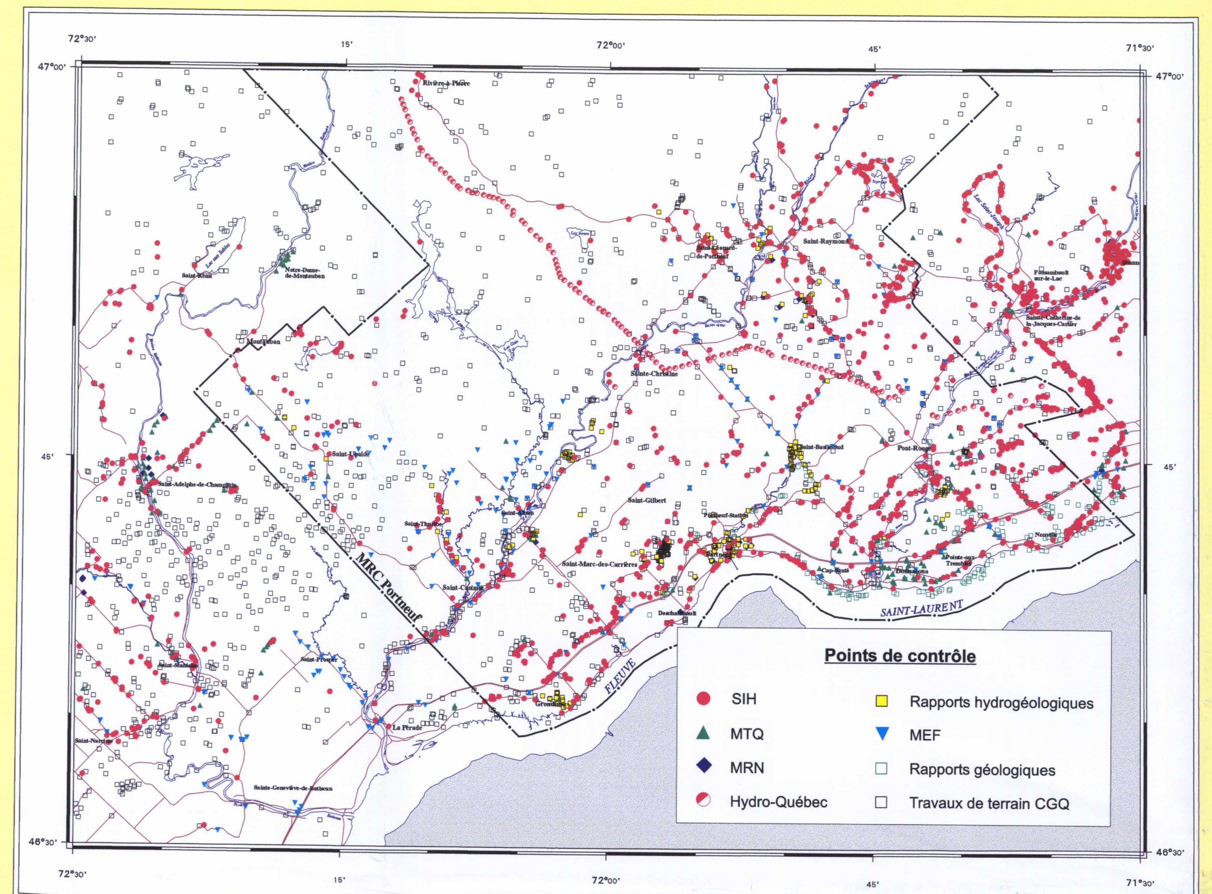
CARTE 1 — GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM ROCHEUX

La carte géologique présente essentiellement la répartition géographique des unités lithologiques qui composent le socle rocheux. Cette carte est, en fait, une compilation des travaux de Globensky (1987) dans les Basses-Terres et de Nadeau et Brouillette (1995) pour ce qui est de la province géologique de Grenville. La MRC de Portneuf chevauche deux grands ensembles géologiques: dans sa partie nord, le socle cristallin de la province géologique de Grenville et, dans sa partie sud, les roches de la plateforme sédimentaire de la province géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent. Ces deux ensembles qui sont délimités par une série de failles normales en échelon, présentent des caractéristiques physico-chimiques et structurales qui exercent un contrôle important sur la quantité et la qualité de l'eau souterraine.

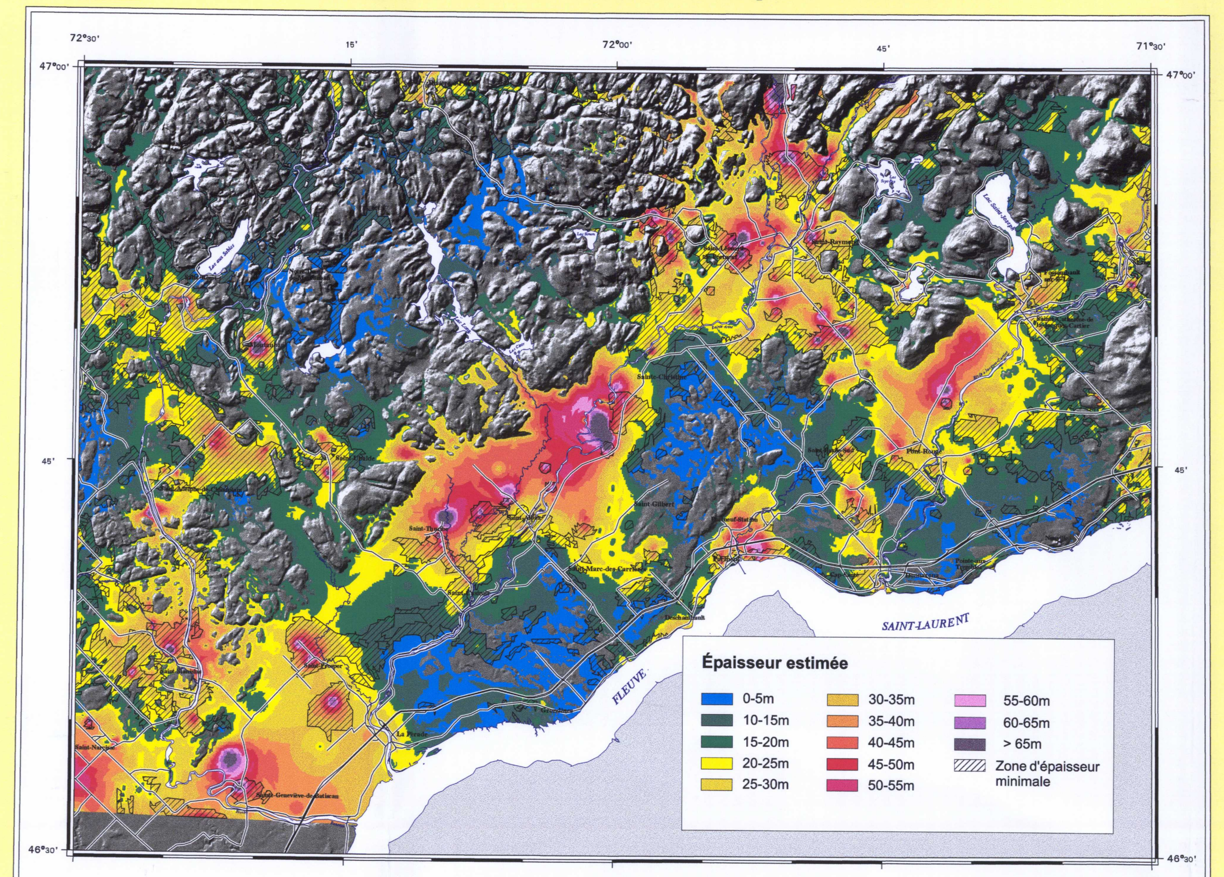
Les roches qui composent le socle précambrien sont principalement des gneiss, des granites et des migmatites avec la présence de gabbro et de calcaires cristallins. Ces formations rocheuses sont massives, peu fissurées et présentent un relief de collines localement accidenté. Pour ce qui est des roches paléozoïques de la plateforme sédimentaire, elles sont composées principalement de calcaires du Groupe de Trenton ainsi que de shales (schistes argileux) du Groupe d'Utica. Ces roches sédimentaires marines n'ont été que peu déformées par l'orogénèse taconique qui est à l'origine des Appalaches. Le pendage régional de ces roches est de 1° à 2° vers le sud et des plis très ouverts tel que le synclinal de Portneuf et l'anticlinal de Cap-Santé marquent la région. Ce sont des roches fortement fissurées, très friables dans le cas des shales, et passablement affectées par les processus de dissolution qui ont engendré un début de karstification dans les calcaires des secteurs de Saint-Casimir, Saint-Marc-des-Carrières et Pont-Rouge.



CARTE 3 — Localisation des données ponctuelles



CARTE 4 — Isopaques des formations superficielles



CARTE 2 — GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Le piémont laurentien recèle de grands systèmes aquifères de surface dont la distribution, l'épaisseur et l'étendue sont contrôlées par la stratigraphie et l'architecture des formations superficielles. Quoique le contexte lithostratigraphique quaternaire soit relativement complexe et qu'il couvre quelque 200 000 ans, ce sont les unités formées lors de la déglaciation et du bref épisode marin subséquent (2000 ans) qui constituent l'essentiel des corps sédimentaires recouvrant le socle rocheux de la région.

La principale unité hydrostratigraphique dont les caractéristiques et le potentiel hydrogéologique ont été étudiés sont les sables marins de couverture. Ces sables supérieurs sont constitués de plusieurs unités:

1) les principales sont les sables des grands deltas supérieurs (Md: altitude de 130 m et plus) dont l'épaisseur atteint communément de 20 à 30 m et qui prolongent souvent de grandes nappes d'épandage proglaciaire dans les vallées;
2) les sables déposés dans les deltas inférieurs de la Mer de Champlain (Md) et de son bassin successeur, le Lac Lampsilis (Ld);
3) les sables et graviers formant des cordons littoraux et des plages en bordure des paléo-deltas (Mb et Lb);
4) les sables et graviers sous-jacents aux terrasses alluviales (At) formées lors de l'encaissement du système fluvial qui a accompagné la régression marine.

Cet encaissement a donné lieu à deux séries de phénomènes caractéristiques dans la vallée du Saint-Laurent et de sa bordure nord:

1) la fragmentation des aquifères en sous-ensembles d'étendue plus faible: ainsi le delta supérieur de la rivière Sainte-Anne est fragmenté en six aquifères principaux alors que celui de la Jacques-Cartier est fragmenté en trois grands aquifères (voir Fagnan et *al.* 1998);
2) l'existence de glissements de terrain de divers types et de toutes tailles affectant les massifs argileux le long des cours d'eau, en particulier aux abords de plusieurs des grands complexes deltaïques et au voisinage de la Moraine de Saint-Narcisse.

La plupart des aquifères productifs de la MRC de Portneuf se trouvent dans des sables et graviers de surface localisés le long des rivières Saint-Anne et Jacques-Cartier. Ces sédiments deltaïques, littoraux et alluviaux peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. La connaissance de la distribution des épaisseurs des sables supérieurs représente la première étape menant à l'identification du potentiel aquifère dans les matériaux granulaires de surface. En effet, les débits d'extraction disponibles pour une formation donnée sont fonction de l'épaisseur saturée et la conductivité hydraulique de la formation. L'épaisseur saturée est généralement proportionnelle à l'épaisseur totale de sable.

Un autre élément important de cet ensemble régional est la Moraine de Saint-Narcisse (GxT), laquelle surmonte des sédiments glaciomarins et marins déposés auparavant dans la Mer de Champlain. Comme le montrent les coupes stratigraphiques, aux endroits où la moraine est sous la limite marine (~205 m), elle est en bonne partie enfouie sous les silts argileux (coupe B-B') ou encore sous les sables deltaïques mis en place lors de l'exondation (Fagnan *et al.*, 1998: coupe A-A'). En raison de ces recouvrements, son intérêt hydrogéologique est relativement élevé dans certains secteurs. Dans d'autres secteurs, celui de la rivière Batiscan par exemple (coupe A-A'), la moraine est en fort relief et son potentiel hydrogéologique est beaucoup moindre.

CARTE 3 — LOCALISATION DES DONNÉES PONCTUELLES

Afin de connaître la distribution en profondeur des formations superficielles, des données lithologiques et stratigraphiques de sources variées sont colligées dans une base de données relationnelle. Ces données proviennent généralement de levés stratigraphiques, de descriptions de forages et de l'interprétation de données géophysiques. Le système d'information hydrogéologique (SIH) du MEF (i.e. annuaire des puits et forages) a constitué la principale source d'information et a fourni plus de 80% de l'ensemble des forages compilés dans le cadre de ce projet (2380/2975). La banque de données géotechniques du Ministère des Transports (5%), les rapports publics ou privés d'études hydrogéologiques soumis au MEF et aux municipalités (8%), les rapports de forages effectués par Hydro-Québec (4%) ainsi que certaines études locales effectuées par le MEF et le MRN (3%) complètent l'ensemble des forages compilés. Ces trois types d'information réunis permettent de caractériser en trois dimensions la géométrie des formations superficielles et de comprendre la distribution des systèmes aquifères dans la région de Portneuf. Malgré l'abondance des informations de surface et en profondeur, certains secteurs de la MRC n'étaient pas couverts adéquatement par l'information disponible. Les travaux de terrain du CGQ ont donc été entrepris afin de décrire systématiquement toutes les coupes naturelles et d'effectuer des levés géophysiques. Le résultat de ces travaux a permis d'établir le cadre géologique des informations stratigraphiques ponctuelles.

CARTE 4 — CARTE DE L'ÉPAISSEUR TOTALE DES SÉDIMENTS

La carte de l'épaisseur totale des sédiments représente la distribution de l'épaisseur totale des formations superficielles qui recouvrent le roc. Celle-ci a été réalisée à l'aide de la carte des formations superficielles (Cloutier, Parent et Bolduc, 1997) et de 2951 forages couvrant une aire débordant légèrement la zone d'étude. Les contours des isopaques ont été générés par une méthode d'interpolation qui utilise la proximité des zones de roc affleurant. À cette fin, les aires couvertes de till mince (< 1 m) ont été considérées comme des zones de roc affleurant. L'interpolation est effectuée en deux phases: 1) la première consiste à extraire les zones d'affleurements rocheux et de till mince à partir des cartes géologiques et de formations superficielles et à calculer une profondeur au roc en n'utilisant que les forages qui ont atteint le roc alors que 2) la deuxième phase consiste à refaire les calculs de la profondeur au roc en utilisant tous les forages disponibles.

Dans la phase 1, on calcule en tous points la distance linéaire de l'affleurement rocheux le plus rapproché. Le rapport épaisseur / distance (la pente) est calculé au droit de chaque forage; en utilisant le logarithme en base 10 de la distance à l'affleurement, on obtient un modèle plus réaliste (minimise l'influence des très grandes distances). Le résultat est une carte dont la distance calculée augmente graduellement vers le centre des vallées. Les valeurs d'indice d'épaisseur sont donc calculées à l'aide de l'équation suivante:

$$I_i = E_i / LOG_{10}(D_i)$$

I_i : indice d'épaisseur pour le forage i
E_i : épaisseur de sédiments rencontrée dans le forage i
D_i : distance du forage i de l'affleurement le plus rapproché.

Ces valeurs sont ensuite interpolées sur l'ensemble de la zone d'étude à l'aide de la méthode des moindres carrés pour produire une carte d'indice |I| (matrice de I). Cette matrice est, ensuite, multipliée par la matrice |LOG(D)| (carte des distances log) pour produire une carte d'épaisseur |E|, où:

$$|E| = |I| * |LOG(D)|,$$

Cette carte d'épaisseur se base uniquement sur les forages ayant atteint le roc. Toutefois, certains forages qui n'ont pas atteint le roc sont assez profonds pour contribuer utilement à établir une profondeur minimale au roc.

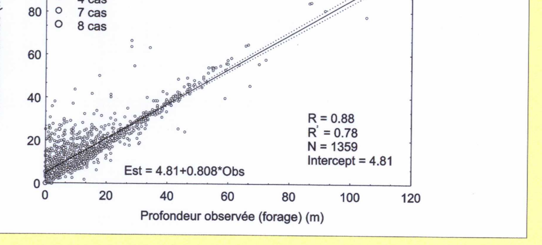
Dans la deuxième phase, une nouvelle carte d'épaisseur est réalisée en utilisant toutes les données de forage (forages au roc et profondeur maximale des forages n'ayant pas atteint le roc). Cette nouvelle carte donne en général des profondeurs plus grandes dans les régions comportant des forages profonds qui n'ont pas atteint le roc. Par ailleurs, les forages n'atteignant pas le roc dans les régions où existent des données de profondeur au roc ont tendance à diminuer localement l'épaisseur de matériel. On utilise donc la valeur maximale rencontrée dans les deux cartes d'épaisseur comme étant l'épaisseur probable. Les faibles valeurs de profondeur causées par les forages courts n'atteignant pas le roc sont donc masquées par les épaisseurs établies par les forages au roc. Les forages profonds n'atteignant pas le roc sont, quant à eux, intégrés dans l'estimation de l'épaisseur comme étant des valeurs minimales de profondeur au roc. Les zones où l'épaisseur estimée par tous les forages est plus grande que celle estimée par les forages au roc seuls sont représentées sur la carte par des zones hachurées.

Présentation des résultats

Étant donné que l'estimation est contrôlée par la proximité du roc, l'épaisseur de matériel progresse régulièrement depuis une épaisseur nulle près des zones d'affleurement vers une épaisseur maximale vers le centre des vallées, sauf si des points de contrôle près du centre des vallées influencent l'interpolation. Dans les cas où il n'y a que peu ou pas de données, l'estimation de l'épaisseur de matériel sera basée sur les indices estimés à partir des points plus distaux. Cette estimation est la meilleure qui puisse être produite en l'absence de données. Le graphique montre la corrélation entre les épaisseurs estimées et les épaisseurs observées (par forage). L'épaisseur totale de sédiments est principalement comprise entre 0 et 60 m (une proportion très faible se trouve entre 60 et 134 m) et la moyenne se situe entre 15 et 20 m. Les résultats de cette interpolation concordent assez bien avec les observations de terrain.

Utilisation des résultats

La carte d'épaisseur totale de sédiments donne un aperçu régional et préliminaire du potentiel aquifère dans les formations granulaires, ce dernier étant généralement proportionnel à l'épaisseur de sable supérieur. Pour utiliser adéquatement cette carte, il faut examiner la distribution et la provenance des valeurs ponctuelles utilisées. Tous les points de contrôle ont été reportés afin que l'utilisateur puisse juger du degré de confiance qu'il peut allouer à la carte en fonction de la problématique envisagée et des secteurs d'intérêt. Le cas échéant, cette carte doit être suivie d'études hydrogéologiques locales approfondies pour la localisation et la conception de systèmes de captage. Elle n'indique pas non plus l'épaisseur saturée en eau souterraine des sédiments sablo-graveleux.

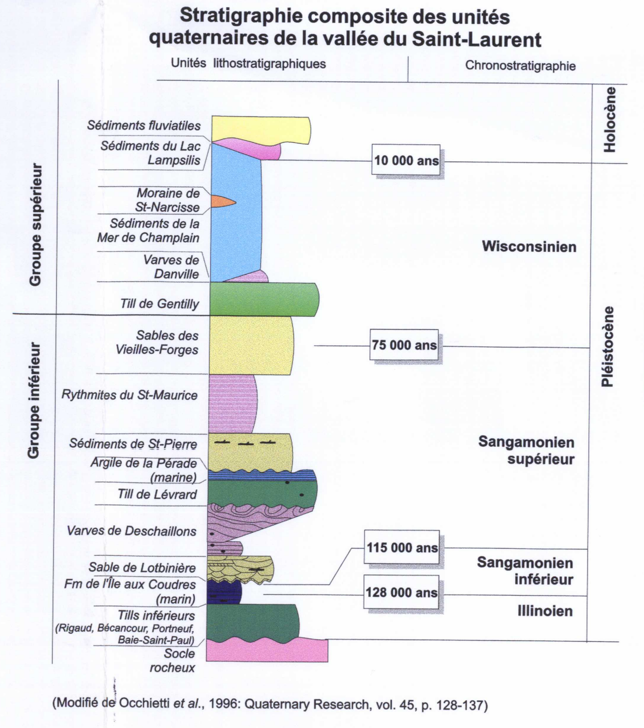


CARTE 5 — CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE

Une colonne stratigraphique composite des unités quaternaires de la vallée du Saint-Laurent ainsi que deux coupes stratigraphiques recoupant la Moraine de Saint-Narcisse et les bassins argileux de Saint-Thuribe et de Batiscan sont présentées ci-contre. Alors que les formations appartenant au groupe inférieur couvrent un long intervalle temporel, elles n'occupent que des aires discontinues d'étendue limitée en sous-surface. Ainsi, les formations du groupe inférieur, notamment les Sables des Vieilles-Forges, les Sédiments de St-Pierre et le Sable de Lotbinière, peuvent former d'excellents réservoirs aquifères localement, mais leur étendue en sous-surface est mal connue. Par contre, les unités du groupe supérieur, déposées principalement lors du dernier cycle glaciaire, sont celles qui définissent l'essentiel du cadre hydrostratigraphique régional. Ces coupes, ainsi que les deux autres présentées dans Fagnan et *al.* (1998), illustrent bien le contexte stratigraphique et l'architecture des sédiments quaternaires du groupe supérieur dans la région et permettent de mieux comprendre leur incidence sur l'hydrogéologie et la géotechnique régionales.

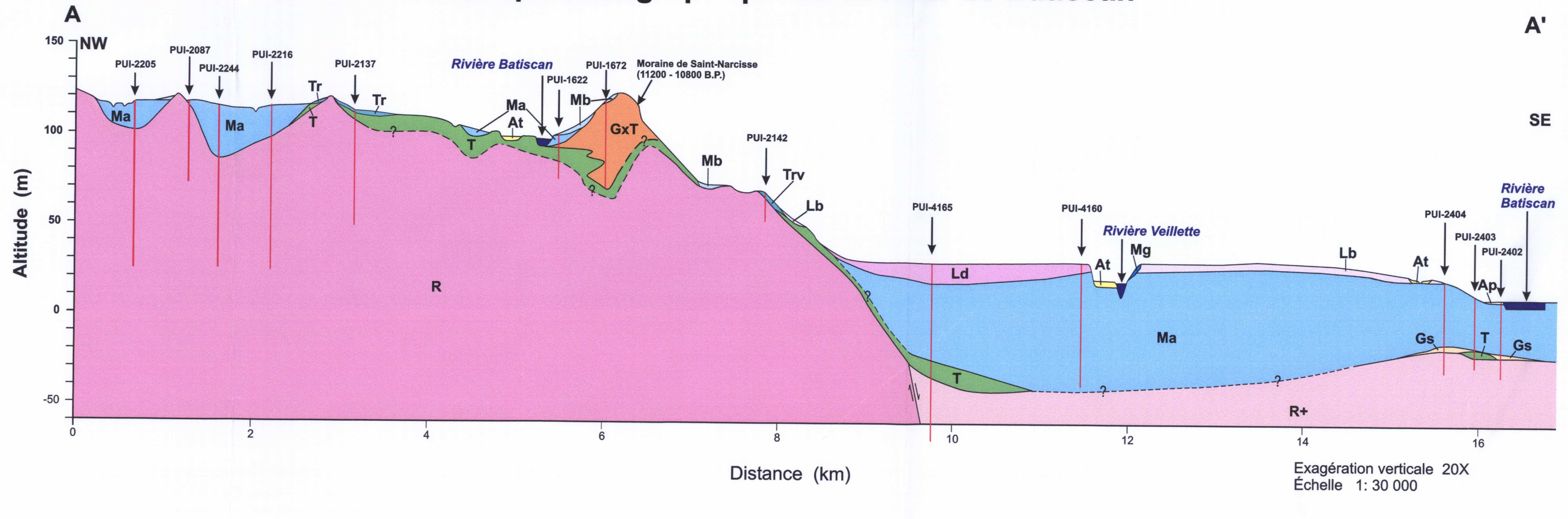
Les deux coupes stratigraphiques ci-contre montrent que les sédiments marins silto-argileux sont d'épaisseur beaucoup plus importante dans les bassins situés au sud-est de la Moraine de Saint-Narcisse que dans les bassins situés au nord-ouest, ceci pouvant être expliqué à la fois par des taux de sédimentation plus élevés et par une plus longue durée des bassins marins situés en aval (sud-est) de la moraine. Dans la coupe du secteur de Batiscan (A-A'), la Moraine de Saint-Narcisse est située sur le socle grenvillien au sommet d'un escarpement de faille régional où elle domine les bassins silto-argileux environnants. À une vingtaine de kilomètres plus à l'est, aux environs de Saint-Thuribe et Saint-Casimir (coupe B-B'), la moraine est située au pied du même escarpement de faille, sur la plate-forme sédimentaire où elle est largement enfouie sous les sédiments silto-argileux de la Mer de Champlain. Ces coupes montrent également que les bassins argileux situés en amont (nord-ouest) de la Moraine de Saint-Narcisse sont relativement discontinus, alors que ceux situés en aval de la moraine forment des aquitards beaucoup plus continus. La présence de nombreux glissements de terrain dans les sédiments marins au voisinage de la Moraine de Saint-Narcisse (carte 2 et coupe B-B') indique qu'il s'agit d'une zone à risque plus élevée, peut-être en raison de pressions interstitielles élevées ou de pentes plus fortes. L'architecture complexe des sédiments glaciaires, fluvioglaciaires et marins commande donc la géométrie et la continuité des systèmes aquifères et aquitards sur le piémont laurentien et elle semble aussi avoir une incidence importante sur la stabilité des terrains.

Stratigraphie composite des unités quaternaires de la vallée du Saint-Laurent

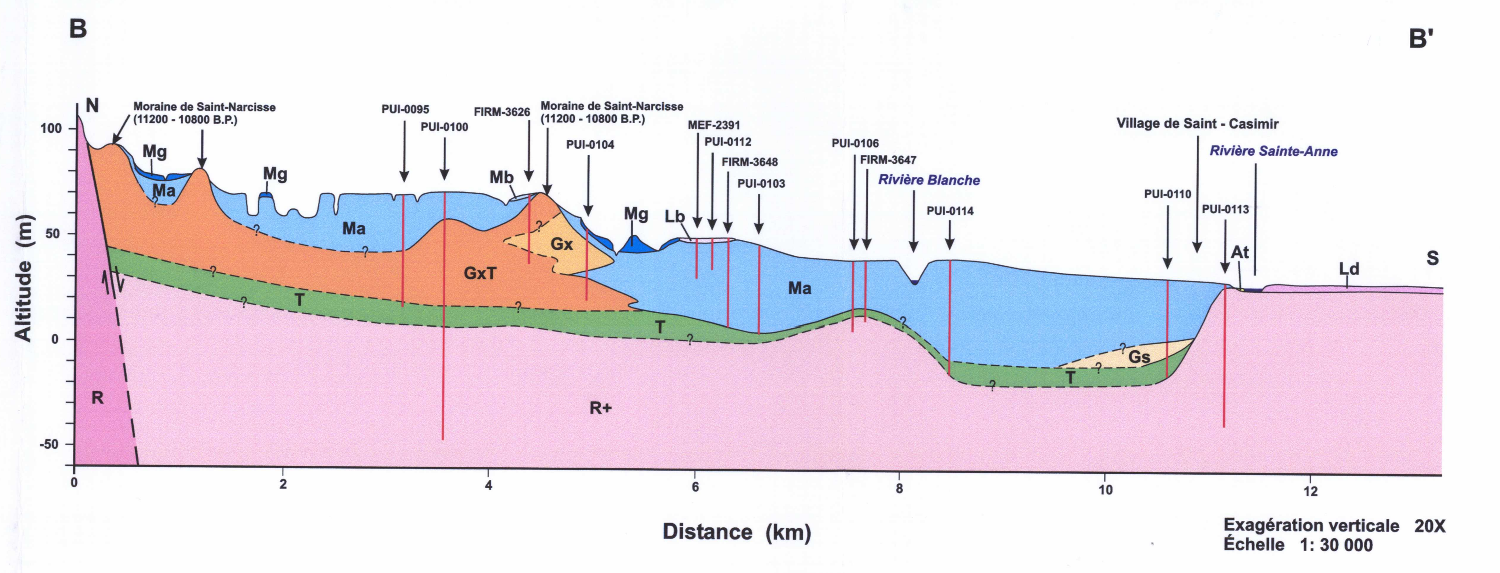


(Modifié de Occhietti *et al.*, 1996: Quaternary Research, vol. 45, p. 128-137)

Coupe stratigraphique du secteur de Batiscan



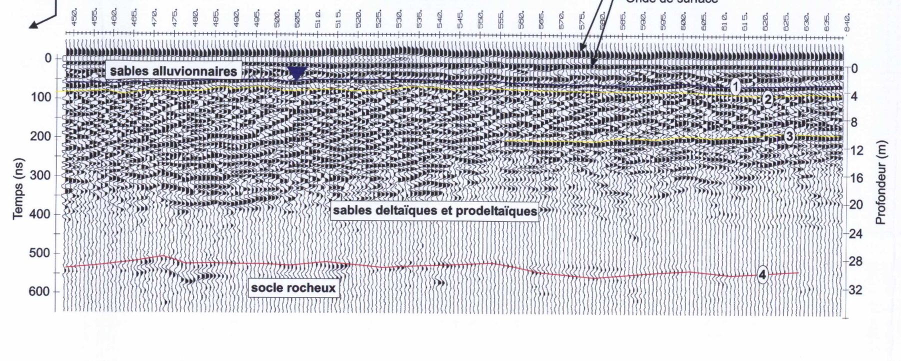
Coupe stratigraphique du secteur Saint-Thuribe - Saint-Casimir



PROFIL GÉORADAR

Le géoradar est l'une des techniques géophysiques utilisées pour l'acquisition de données hydrostratigraphiques en profondeur, surtout dans les matériaux sableux. C'est un moyen efficace et rapide pour obtenir en deux dimensions une image de l'épaisseur des unités quaternaires, de la structure interne des sédiments et du niveau de la nappe phréatique (Michaud *et al.*, 1997b). Le profil ci-contre (Pneuf 3-b), effectué près de la rivière Jacques-Cartier dans la région de Pont-Rouge, montre des sédiments faiblement inclinés vers la rivière qui reposent, à environ 10 m de profondeur, sur des sédiments un peu plus fins et massifs (réflecteur 3) vraisemblablement des sédiments prodeltaïques. Ces deux unités font partie d'un complexe deltaïque reposant sur le socle rocheux sous-jacent (réflecteur 4) à environ 30 m de profondeur et surmonté par des alluvions (réflecteur 2) mis en place par la rivière lors de son encaissement. Finalement, on note la présence de la nappe phréatique à environ 4 m de profondeur (réflecteur 1).

Delta de la rivière Jacques-Cartier, Pont-Rouge (Pneuf 3-b)



This map has been produced from a scanned version of the original map
Reproduction par numérisation d'une carte sur papier