Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface

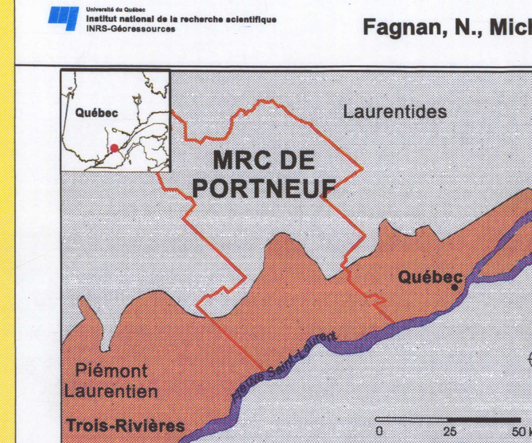
cgq centre géoscientifique de québec

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

Fagnan, N., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, É., Parent, M., Martel, R. Paradis, D. et Larose-Charette, D.

Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada

Geological Survey – Commission géologique Canada 1842



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-b
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 :
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.

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, coupes stratigraphiques et de tableaux, une bonne partie des données géoscientifiques de base nécessaires à la gestion des eaux souterraines et à l'aménagement du territoire. Ces planches cartographiques sont des produits issus du projet-pilote de cartographie des aquifères du piémont laurentien (Michaud *et al.*, 1997), réalisé conjointement par le CGQ (INRS-Géoressources et Commission géologique du Canada), le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF), 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'information géoscientifique.

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 eaux souterraines 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.

MÉTHODOLOGIE

Hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface

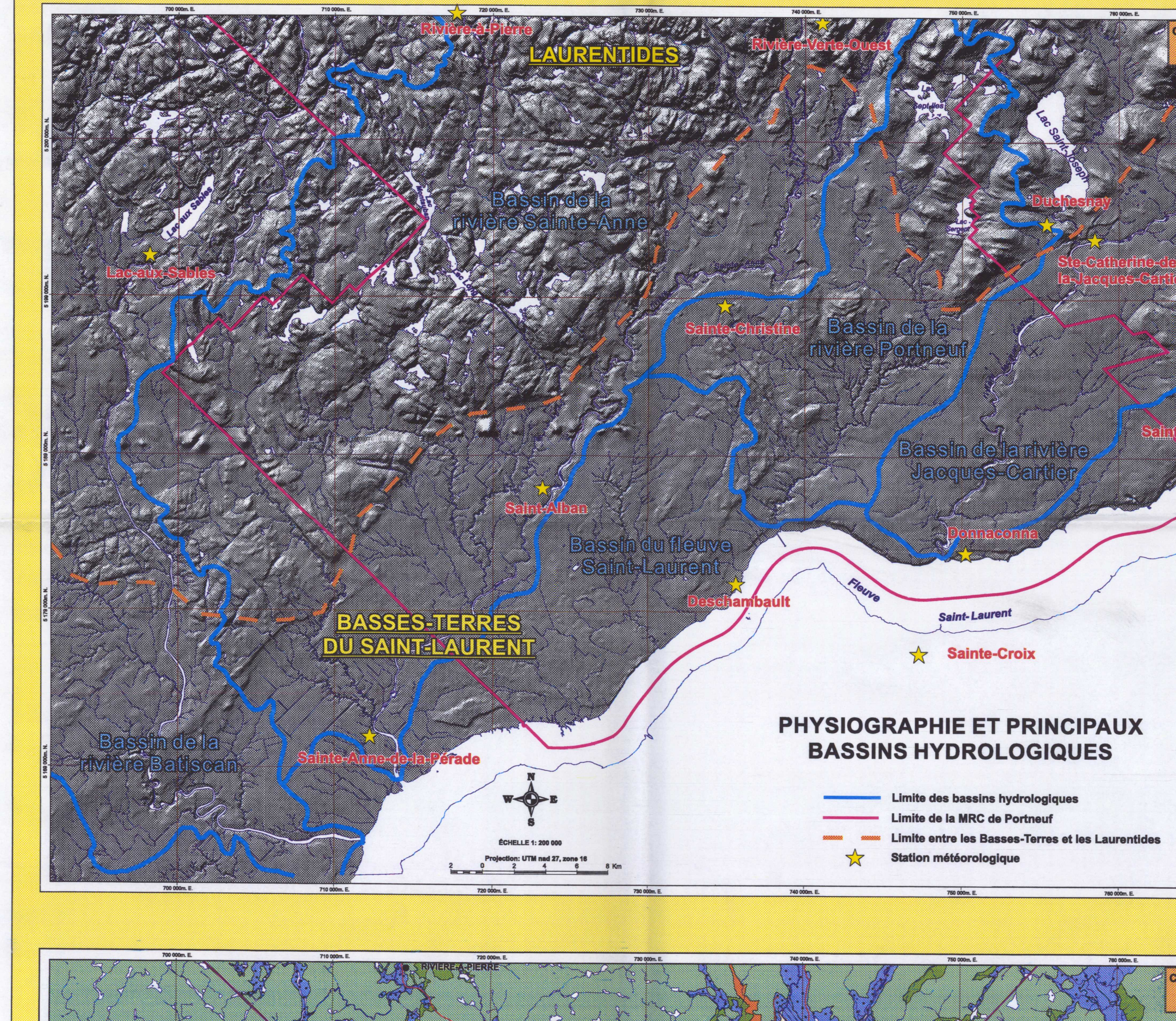
Les travaux de cartographie hydrogéologique ont débuté par la compilation des données disponibles et se sont poursuivis par des travaux de terrain. Les documents cartographiques tels que les cartes de la géologie du socle rocheux et des formations superficielles, la topographie, l'hydrographie et la pédologie ont initialement été compilés. Ces cartes nous permettent de déduire la géométrie et l'étendue en surface des diverses formations aquifères et aquitards ainsi que le type de limites hydrauliques qui les séparent. Les données de forages sont cependant nécessaires pour connaître la distribution en profondeur des formations géologiques. Les sources de données de forages qui ont été compilées dans le cadre de ce projet sont nombreuses. Le système d'informations hydrogéologiques (SIH) du MEF (i.e. annuaire des puits et forages) a constitué la principale source d'information en fournissant plus de 80% de l'ensemble des données de forages compilées (2380 forages sur un total de 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 (2.5%) complètent l'ensemble des données de forages compilées. Les informations cartographiques combinées aux données de forages permettent de caractériser en trois dimensions la géométrie des formations géologiques et, par le fait même, aide à la compréhension des systèmes aquifères compris dans la région de Portneuf. Malgré l'abondance des informations de surface et en profondeur, certains secteurs de la MRC ne sont pas couverts par l'information disponible. Des travaux de terrain ont donc été entrepris durant les étés 1995 et 1996 pour compléter l'information stratigraphique et pour fournir des niveaux d'eau additionnels dans les formations granulaires de surface.

UTILISATION DE LA PLANCHE HYDROGÉOLOGIQUE

Les cartes thématiques présentées sur cette planche regroupent essentiellement les informations concernant la répartition, la nature et le potentiel aquifère des formations de sables et graviers de surface de la région.

La planche est composée d'une carte centrale qui présente les informations piézométriques (carte 3) (1:100 000) et de cartes satellites présentant la physiographie et les bassins hydrologiques (carte 1), les unités hydrogéologiques accompagnées de blocs diagrammes et coupes stratigraphiques (carte 2), la distribution de l'épaisseur (isopaque) de sables et graviers de surface (carte 4) ainsi que la délimitation des aquifères granulaires de surface (carte 5). La carte piézométrique montre les contours d'altitude de la surface libre (surface de la nappe phréatique) et la direction de l'écoulement de l'eau souterraine dans les principaux aquifères de sables et graviers de surface. Les informations concernant les prises d'eau municipales et les réseaux d'aqueducs y sont aussi présentées. La connaissance de la direction d'écoulement de l'eau souterraine ainsi que les limites des bassins hydrogéologiques permettent d'évaluer l'impact possible d'une activité potentiellement polluante sur une prise d'eau municipale. Les coupes hydrostratigraphiques mettent les aquifères dans leur contexte géologique en montrant leur prolongement en profondeur et les relations entre les unités. D'autre part, la carte isopaque de sables et graviers de surface et la carte des formations aquifères donnent une appréciation du potentiel aquifère des unités de sables et graviers de surface et permettent de connaître la limite de chacun des 14 aquifères identifiés dans la région d'étude.

CARTE 1



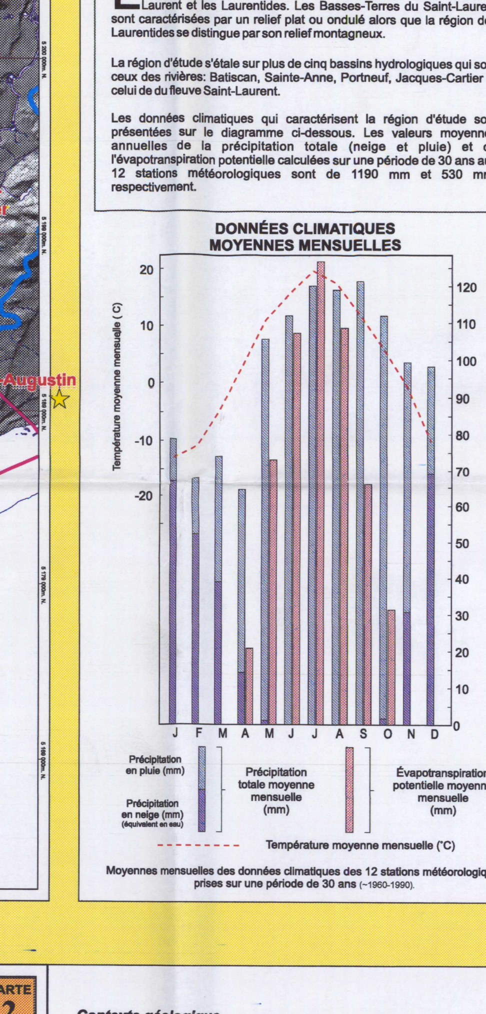
PHYSIOGRAPHIE ET BASSINS VERSANTS

Le territoire de la MRC de Portneuf occupe deux régions physiographiques distinctes qui sont les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Laurentides. Les Basses-Terres du Saint-Laurent sont caractérisées par un relief plat ou ondulé alors que la région des Laurentides se distingue par son relief montagneux.

La région d'étude s'étale sur plus de cinq bassins hydrologiques qui sont ceux des rivières: Batiscan, Sainte-Anne, Portneuf, Jacques-Cartier et celui de du fleuve Saint-Laurent.

Les données climatiques qui caractérisent la région d'étude sont présentées sur le diagramme ci-dessous. Les valeurs moyennes annuelles de la précipitation totale (neige et pluie) et de l'évapotranspiration potentielle calculées sur une période de 30 ans aux 12 stations météorologiques sont de 1190 mm et 530 mm, respectivement.

DONNÉES CLIMATIQUES MOYENNES MENSUELLES



Moyennes mensuelles des données climatiques des 12 stations météorologiques prises sur une période de 30 ans (~1960-1990).

CARTE 3 — PIÉZOMÉTRIE DES FORMATIONS AQUIFÈRES COMPRISES DANS LES SABLES ET GRAVIERS DE SURFACE

Dans la MRC de Portneuf se trouvent d'importants dépôts de sables et graviers de surface le long des rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier. Ces dépôts, qui regroupent des sables et graviers d'origine deltaïque, littorale, fluvioglaciaire et fluviatile renferment les principaux aquifères granulaires de surface de la MRC. Les travaux de cartographie hydrogéologique ont, par conséquent, porté sur la caractérisation de ces dépôts. Nous présentons ici la carte piézométrique de ces dépôts.

Levés et sources d'information

La carte piézométrique des formations granulaires et perméables de surface a été générée à l'aide de 226 points de mesures de niveaux d'eau provenant de nos propres levés de terrain, ainsi que de 177 autres mesures obtenues à partir des différentes banques de données disponibles (Système d'informations hydrogéologiques (SIH) du MEF, ministère des Transports, ministère des Ressources naturelles, Hydro-Québec, rapports de consultants). De plus, une série de points de contrôle d'altitude a été ajoutée le long des principales rivières.

Les 226 points de mesure de terrain comprennent des mesures de niveaux d'eau dans des puits de résidents (puits de surface fonctionnels), dans des puits d'observation appartenant au MEF, dans le fond des sablières où la nappe phréatique affleurait, et à partir de sondages faits à la tarière en bordure des fossés et des champs. L'altitude du sol à ces divers endroits a été déterminée à l'aide d'une station totale (théodolite électronique Leica, modèle TC 600). La sélection des autres données de niveaux d'eau à partir du SIH ou des autres sources de données a été basée sur la description stratigraphique des forages; tous les forages, dont la description stratigraphique correspondait à des sables et graviers se terminant dans ces mêmes matériaux sans avoir rencontré une formation aquitard, ont été sélectionnés. L'altitude de l'eau dans ces puits ou forages a été déterminée à partir des données d'altitude provenant du modèle numérique de terrain (MNT, (Paquette, 1996)). L'ajout des points de contrôle pour tenir compte du réseau hydrographique a été fait à partir du MNT de la façon suivante: lorsque les formations poreuses avaient un lien hydraulique direct avec les rivières, les valeurs d'altitude de la surface piézométrique le long de ces segments ont été supposées égales aux valeurs de l'altitude tirées du MNT. Aux endroits où il n'y avait pas de lien hydraulique entre les formations poreuses de surface et le réseau hydrographique, une estimation de l'altitude de la nappe phréatique a été effectuée.

Traitement des données

La carte finale a été préparée en contournant à l'aide d'isolignes et de façon automatique tous les points de mesures. Les isolignes ont été générées par triangulation à partir du logiciel Vertical Mapper (Northwood Geoscience, Ltd, 1995).

Représentation des résultats

La carte piézométrique montre le tracé de l'élévation de la surface libre (surface de la nappe phréatique) dans les aquifères granulaires de surface à l'aide d'isopièzes exprimées en mètres au-dessus du niveau de la mer. Les valeurs d'altitude des isolignes vont du niveau du fleuve jusqu'à 210 mètres. Une échelle de couleur passant du bleu au rouge a été choisie pour illustrer cette gradation de l'altitude de la surface libre. Afin de connaître la direction de l'écoulement de l'eau à l'aide de cette carte, il suffit de tracer des droites perpendiculaires aux isolignes. L'écoulement s'effectue des valeurs d'altitude les plus élevées vers les plus basses. Des flèches montrant la direction de l'écoulement ont été tracées à différents endroits afin de mieux illustrer ce principe. Les traits pointillés représentent les lignes de partage des bassins hydrogéologiques (lignes de partage des eaux souterraines). Ces endroits correspondent aux régions topographiques élevées par rapport aux rivières qui les bordent. Les isopièzes sont généralement tracés aux endroits occupés par les unités de sables et graviers de surface (voir carte 2). La piézométrie n'a pas été déterminée dans les autres secteurs (en gris), étant donné l'absence de dépôts importants de sables et graviers et la faible perméabilité des formations qu'on y retrouve. L'eau contenue dans ces formations géologiques circule très lentement et est peu ou pas impliquée dans les processus d'écoulement souterrain que l'on observe dans les milieux granulaires perméables de surface. Il est à noter toutefois qu'en-dessous des unités granulaires peu perméables peuvent se trouver des unités à fort potentiel aquifère tels que des sables et graviers. Ainsi, la couleur grise ne signifie pas l'absence d'aquifères profonds mais plutôt le faible potentiel aquifère des formations de surface.

La localisation des levés de terrain est aussi indiquée sur la carte à l'aide de symboles triangulaires. L'endroit des mesures (i.e., puits domestiques, puits d'observation, sondage à la tarière, etc.) est indiqué à l'aide d'un chiffre positionné au-dessus du triangle, l'altitude de la nappe phréatique est indiquée à droite du symbole, la profondeur de la nappe se retrouve en bas, et la profondeur de l'excavation (sablière, gravière), lorsque pertinente, est indiquée à gauche.

Le type de lien hydraulique entre les formations aquifères de sables et graviers de surface et les principales rivières qui les drainent (Sainte-Anne et Jacques-Cartier) est indiqué sur la carte à l'aide de segments colorés le long de ces mêmes rivières. Les segments verts indiquent un lien direct entre la rivière et la formation aquifère, c'est-à-dire que la rivière coule sur le matériel aquifère qui est composé de sables et graviers. Dans certains cas, l'épaisseur de sables et graviers sous la rivière peut être très mince, laissant apparaître ici et là des affleurements rocheux. Il n'en demeure pas moins que le lien hydraulique entre l'aquifère et la rivière, même dans ces conditions, reste ininterrompu. Les segments bleus indiquent que l'eau souterraine suinte le long des berges composées de silts et d'argiles. Dans ces cas, le lit de la rivière repose soit sur les unités silto-argileuses soit sur le socle rocheux. Lorsque le roc est présent, des segments de couleur orangée sont alors utilisés. Les segments roses correspondent à des zones où l'eau souterraine suinte le long des berges composées de silts et d'argiles ou de roc. L'épaisseur des séquences silto-argileuses, lorsque présentes, est généralement moindre que celle que l'on retrouve dans le cas des segments bleus. Dans ce cas, le lit de la rivière repose principalement sur les formations rocheuses du Paléozoïque composées de calcaires et de shales.

D'autres informations jugées pertinentes sont ajoutées à la carte piézométrique: les prises d'eau municipales et privées, les réseaux d'aqueduc hors des périmètres urbains, le réseau routier ainsi que les limites municipales et de la MRC. Les types de captage (sources captées, puits au roc ou dans les dépôts meubles, eau de surface) sont identifiés à l'aide de cercles de différentes couleurs dont la dimension est proportionnelle aux débits moyens pompés (source des informations: MRC de Portneuf).

Portée et limitations des résultats

La carte piézométrique des formations aquifères comprises dans les sables et graviers de surface indique les directions générales de l'écoulement des eaux souterraines dans ces formations. La direction de l'écoulement des eaux souterraines est une donnée importante des études hydrogéologiques. À l'échelle régionale, les cartes piézométriques peuvent être utiles pour la localisation de systèmes de captage, pour les études préliminaires portant sur la propagation des contaminants ainsi que pour la gestion conséquente de la ressource.

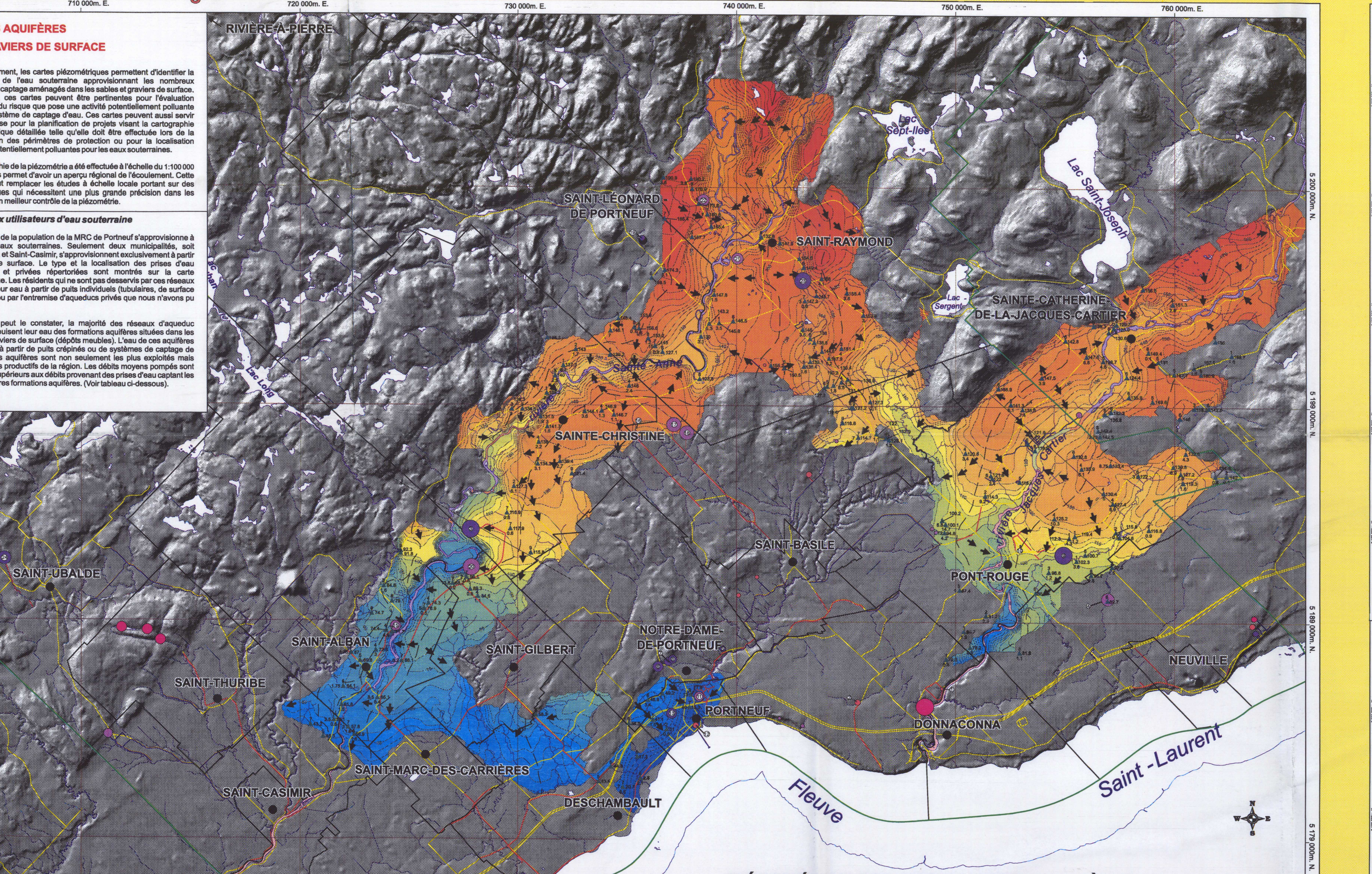
Plus précisément, les cartes piézométriques permettent d'identifier la provenance de l'eau souterraine approvisionnant les nombreux systèmes de captage aménagés dans les sables et graviers de surface. En ce sens, ces cartes peuvent être pertinentes pour l'évaluation préliminaire du risque que pose une activité potentiellement polluante face à un système de captage d'eau. Ces cartes peuvent aussi servir d'outil de base pour la planification de projets visant la cartographie hydrogéologique détaillée telle qu'elle doit être effectuée lors de la détermination des périmètres de protection ou pour la localisation d'activités potentiellement polluantes pour les eaux souterraines.

La cartographie de la piézométrie a été effectuée à l'échelle du 1:100 000 et en ce sens permet d'avoir un aperçu régional de l'écoulement. Cette carte ne peut remplacer les études à échelle locale portant sur des problématiques qui nécessitent une plus grande précision dans les résultats et un meilleur contrôle de la piézométrie.

Principaux utilisateurs d'eau souterraine

Plus de 85% de la population de la MRC de Portneuf s'approvisionne à partir des eaux souterraines. Seulement deux municipalités, soit Donnaconna et Saint-Casimir, s'approvisionnent exclusivement à partir des eaux de surface. Le type et la localisation des prises d'eau municipales et privées répertoriées sont montrés sur la carte piézométrique. Les résidents qui ne sont pas desservis par ces réseaux obtiennent leur eau à partir de puits individuels (tubulaires, de surface ou pointes) ou par l'entremise d'aqueducs privés que nous n'avons pu répertorier.

Comme on peut le constater, la majorité des réseaux d'aqueduc municipaux puisent leur eau des formations aquifères situées dans les sables et graviers de surface (dépôts meubles). L'eau de ces aquifères est pompée à partir de puits crépinés ou de systèmes de captage de sources. Ces aquifères sont non seulement les plus exploités mais aussi les plus productifs de la région. Les débits moyens pompés sont en général supérieurs aux débits provenant des prises d'eau captant les eaux des autres formations aquifères. (Voir tableau ci-dessous).



Municipalités utilisant les eaux souterraines comme source d'eau potable (*)

Municipalité	Population	Superficie (km²)	# Id / Prises d'eau municipales Nom	Matériel aquifère	Type de captage	Débit moyen pompé (m³/j)	%de la municipalité qui est desservie
Cap-Santé	2,563	54	1 - Puits Julien	SA	1 Puits tubulaire (10 m)	40	6
			2 - Puits Bertrand	SA	1 Puits tubulaire (20m)	575	75
Deschambault	1,213	56	3 - Prise d'eau Sainte-Christine	Md	2 Puits tubulaires (45 m)	1,800	75
Neuville et Pointes-aux-Trembles	2,976	72	4 - Prise d'eau Pointe-aux-Trembles	Mb / Ca	Bassin de captage installé au contact des sables et du calcaire	700	40
Notre-Dame-de-Portneuf	1,676	102	5 - Maurice Hudon	Mb / Al	Source captée	70	34
			6 - Puits no 1, Prise Gauthier & Julien	S	Puits de 28 m dans horizon sableux, crépiné	360	60
			7 - Puits no 3, Prise Gauthier & Julien	S	Puits de 26 m dans horizon sableux, crépiné	170	
			8 - Puits no 2, Prise Gauthier & Julien	S	Puits de 26 m dans horizon sableux, crépiné	170	
Pont-Rouge et Sainte-Jeanne-de-Pont-Rouge	6,099	121	9 - Source Paquet	Md	20 pointes filtrantes à une profondeur de 6m	2,690	67
			10 - Source Dansereau	Md	Source captée, eau utilisée en cas de feu ou pénurie	0	0
Portneuf	1,393	9	11 - Prise d'eau les Sources	Md	Plusieurs sources captées	270	80
			12 - Puits Provencher	SA	1 Puits tubulaire (23 m)	55	
			13 - Prise d'eau Puits Thibodeau	Md	1 Puits tubulaire (35 m)	320	
Rivière-à-Pierre	672	521	14 - Rivière-à-Pierre	IM	1 Puits tubulaire (30 m)	330	100
Saint-Alban	1,176	151	15 - Prise d'eau Saint-Alban	Md	2 Puits de 2.5 m captent des sources par gravité	440	50
Saint-Basile et Saint-Basile-Sud	2,556	98	16 - Source Saint-Joseph	Md	Source captée / non utilisée	0	68
			17 - Source Sainte-Anne 2	Md	Source captée	530	
			18 - Source Sainte-Anne 1	Md	Source captée	530	
Saint-Léonard-de-Portneuf	997	139	19 - Prise d'eau Pettigrow	GxT	1 Puits tubulaire (21 m)	45	53
Saint-Marc-des-Carrières	2,844	17	20 - Les Sources / Saint-Marc-des-Carrières	Md	4 Sources captées	1680	100
Saint-Raymond	8,126	684	21 - Chute Panet	Md	Source captée	490	50
			22 - Source Sainte-Croix	Md	Source captée	535	
			23 - Prise d'eau rue Pelletier (Grand remous)	Md	3 Puits tubulaires (21 m)	1770	
Saint-Ubalde	1,552	141	24 - Prise d'eau aqueduc rang Saint-Paul	Gx	1 Puits tubulaire (16 m)	750	70

Légende du matériel aquifère: SA Schiste argileux; Md Sables et graviers deltaïques; Mb / Ca Sables sur calcaire; Mb / Al Sables et alluvions; GxT Moraine de Saint-Narcisse; S Aquifère de sable confiné; IM Roches ignées et métamorphiques; Gx Sables fluvioglaciaires

Points de mesures des niveaux d'eau
(Mesures nivelées (station totale) entre juin et août 1996)

1 puits de surface utilisés
2 puits de surface abandonnés
3 puits de surface / ? utilisation
4 piézomètres
5 fossés
6 rivières / ruisseaux
7 sablières
8 trous à la tarière ou piorjir
9 résurgences

Endroits des mesures; profondeur de l'excavation (m); Altitude de la surface libre (surface de la nappe phréatique) (m); Profondeur à la nappe (m)

Limite entre les principaux bassins hydrogéologiques

Direction de l'écoulement de l'eau souterraine

Lien hydraulique entre les formations poreuses de surface et les rivières principales

- Lien direct : Le lit de la rivière repose sur la formation aquifère qui est composée de sables et graviers
- Lien indirect : suintement de l'eau souterraine le long des berges composées de silts et d'argiles. Le lit de la rivière repose sur la formation silto-argileuse ou sur le roc.
- Lien indirect : suintement de l'eau souterraine le long des berges composées de silts et d'argiles. Le lit de la rivière repose sur le roc qui est composé des roches ignées et métamorphiques.
- Lien indirect : suintement de l'eau souterraine le long des berges composées des séquences silto-argileuses et du roc. Le lit de la rivière repose sur les formations rocheuses paléozoïques.

ÉCHELLE 1: 100 000

Kilomètres 2 0 2 4 6 8 Kilomètres

Altitude de la surface libre (surface de la nappe phréatique)
mètres au-dessus du niveau de la mer

215 +; 210 - 215; 205 - 210; 200 - 205; 195 - 200; 190 - 195; 185 - 190; 180 - 185; 175 - 180; 170 - 175; 165 - 170; 160 - 165; 155 - 160; 150 - 155; 145 - 150; 140 - 145; 135 - 140; 130 - 135; 125 - 130; 120 - 125; 115 - 120; 110 - 115; 105 - 110; 100 - 105; 95 - 100; 90 - 95; 85 - 90; 80 - 85; 75 - 80; 70 - 75; 65 - 70; 60 - 65; 55 - 60; 50 - 55; 45 - 50; 40 - 45; 35 - 40; 30 - 35; 25 - 30; 20 - 25; 15 - 20; 10 - 15; 5 - 10; 0 - 5

Prises d'eau municipales et privées: milieu aquifère exploité et débits moyens pompés

type m³/j: 2000, 1000, 500 — Sources; Dépôts meubles; Socle rocheux; Eau de surface

numéro d'identification de la prise d'eau. Le numéro est relié au nom de la prise d'eau municipale ou de la municipalité qui l'exploite (voir tableau des prises d'eau municipales ci-contre).

Limites administratives: limite de la MRC; limite municipale; Ville et village

Réseau routier: Route principale

Étendue des réseaux d'aqueduc en zones rurales: Réseau d'aqueduc privé; Réseau d'aqueduc municipal

CARTE 4 — ISOPAQUE DES SABLES ET GRAVIERS DE SURFACE

La plupart des aquifères productifs de la MRC de Portneuf se trouvent dans les sables et graviers de surface localisés le long des rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier. Ces dépôts, qui regroupent des sables et graviers d'origine deltaïque, littorale, fluvioglaciaire et fluviatile peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. La connaissance des épaisseurs de sable 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 proportionnels, entre autres, à l'épaisseur saturée de la formation. Celle-ci est généralement proportionnelle à l'épaisseur totale de la formation.

Méthodologie

La carte de l'épaisseur de sables et graviers de surface a été générée à l'aide de 719 données de forage. La source de chacun de ces forages est identifiée sur la carte à l'aide de symboles différents. L'épaisseur de sable a été calculée à partir des données de forage dont la description précisait une unité sableuse en surface reposant sur une unité silto-argileuse d'épaisseur significative, ou du socle rocheux (611 données). La base de l'unité sableuse correspond donc aux silts et argiles de la Mer de Champlain ou au socle rocheux. Les valeurs d'épaisseur minimale ont été utilisées aux endroits où il n'y avait pas d'autres informations disponibles (108 données). Les valeurs d'épaisseur minimale correspondent à des forages qui ont traversé des unités de sables et graviers en surface sans avoir rencontré de formations peu perméables à la base (silts, argiles ou socle rocheux). Le fait de tenir compte de ces données additionnelles contribue à hausser la validité de la carte. Finalement, les observations de terrain ainsi que les informations en provenance de la carte des formations superficielles ont aussi été utilisées pour générer la carte (Cloutier *et al.*, 1997).

Traitement des données

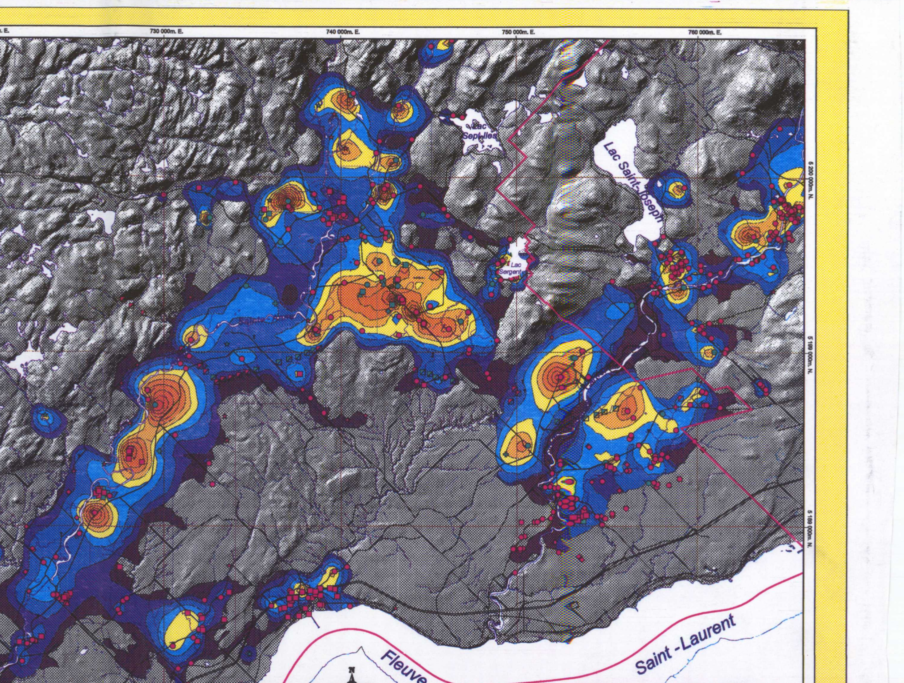
Étant donné la distribution non uniforme des points de contrôle, la fiabilité variable des données et les variations rapides d'épaisseur, nous avons utilisé le krigeage universel comme méthode d'interpolation. Cette méthode nous a permis de représenter de façon régionale la distribution des zones d'accumulation sablo-graveleuses importantes.

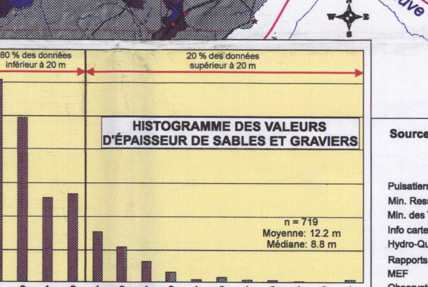
Représentation des résultats

L'étendue occupée par les isoplèthes d'épaisseur de sables et graviers correspond généralement à la superficie qu'occupent les unités sablo-graveleuses de surface (voir carte 3). Les intervalles d'épaisseur sont de 5 mètres à l'exception des deux premiers intervalles qui sont de 2,5 mètres. Le choix de ces intervalles est basé sur le caractère régional des données. Les zones grises représentent le relief dérivé du modèle numérique de terrain (MNT). Les régions où apparaît le MNT correspondent aux zones où l'on retrouve des formations silto-argileuses, de till ou de roc. Il est à noter qu'il existe des unités sableuses dans ces secteurs. Cependant, leur faible étendue, leur irrégularité, leur épaisseur souvent limitée ainsi que la rareté des données dans ces secteurs font en sorte que ces unités ne peuvent être représentées adéquatement à l'échelle régionale.

Portée et limitations des résultats

La carte de l'épaisseur des sables et graviers de surface donne un aperçu régional et préliminaire du potentiel aquifère dans les formations granulaires de surface, ce dernier étant généralement proportionnel à leur épaisseur. 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 ou des secteurs d'intérêts.





ISOPAQUE DES SABLES ET GRAVIERS DE SURFACE

Source des données de forage (Épaisseur de sable minimale / Épaisseur de sable maximale): Puisatiers; Min. Ressources Naturelles; Min. des Transports; Info cartes Quaternaires; Hydro-Québec; Rapports hydrogéologiques; MEF; Observations sur le terrain

Intervalle des isopaques (m): 55 +; 50 - 55; 45 - 50; 40 - 45; 35 - 40; 30 - 35; 25 - 30; 20 - 25; 15 - 20; 10 - 15; 5 - 10; 2.5 - 5; 0 - 2.5

Route principale; Limite de la MRC

CARTE 5 — DÉLIMITATION DES BASSINS AQUIFÈRES

L'érosion des dépôts meubles causé par le dernier épisode de déglaciation est un processus continu qui perdure depuis le retrait de la Mer de Champlain. Ce processus a grandement modifié le paysage qui était présent lors de l'emplacement des grands systèmes deltaïques. En effet, ce qui était jadis deux grandes unités de sables et graviers associées aux rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier, a graduellement été incisé par les rivières pour former aujourd'hui plusieurs petits dépôts de sables et graviers. Du point de vue hydrogéologique, ce morcellement est significatif. En effet, les rivières qui ont encaissé les dépôts meubles ont physiquement découpé les grandes formations aquifères de sables et graviers en plusieurs plus petites. Ces rivières constituent maintenant des limites hydrauliques isolant les aquifères les uns des autres. Ceci est un élément essentiel dans l'interprétation des systèmes hydrogéologiques, car l'écoulement de l'eau à l'intérieur d'un aquifère est indépendant de celui qui se fait dans un autre. Du point de vue de la gestion de la ressource, cette connaissance permet d'affirmer qu'une contamination ayant lieu dans un aquifère donné n'aura pas d'impact sur un autre.

Méthodologie

La subdivision des grandes unités de sables et graviers de surface en aquifères distincts a été effectuée en utilisant le réseau de drainage comme limites aquifères et la carte d'épaisseur de sable comme limite de l'étendue des aquifères. Toutes les principales rivières qui dissèquent les unités de sables et graviers ont été considérées comme des limites d'aquifères. Ainsi, on a identifié un total de 13 aquifères dans les formations de sables et graviers de surface.

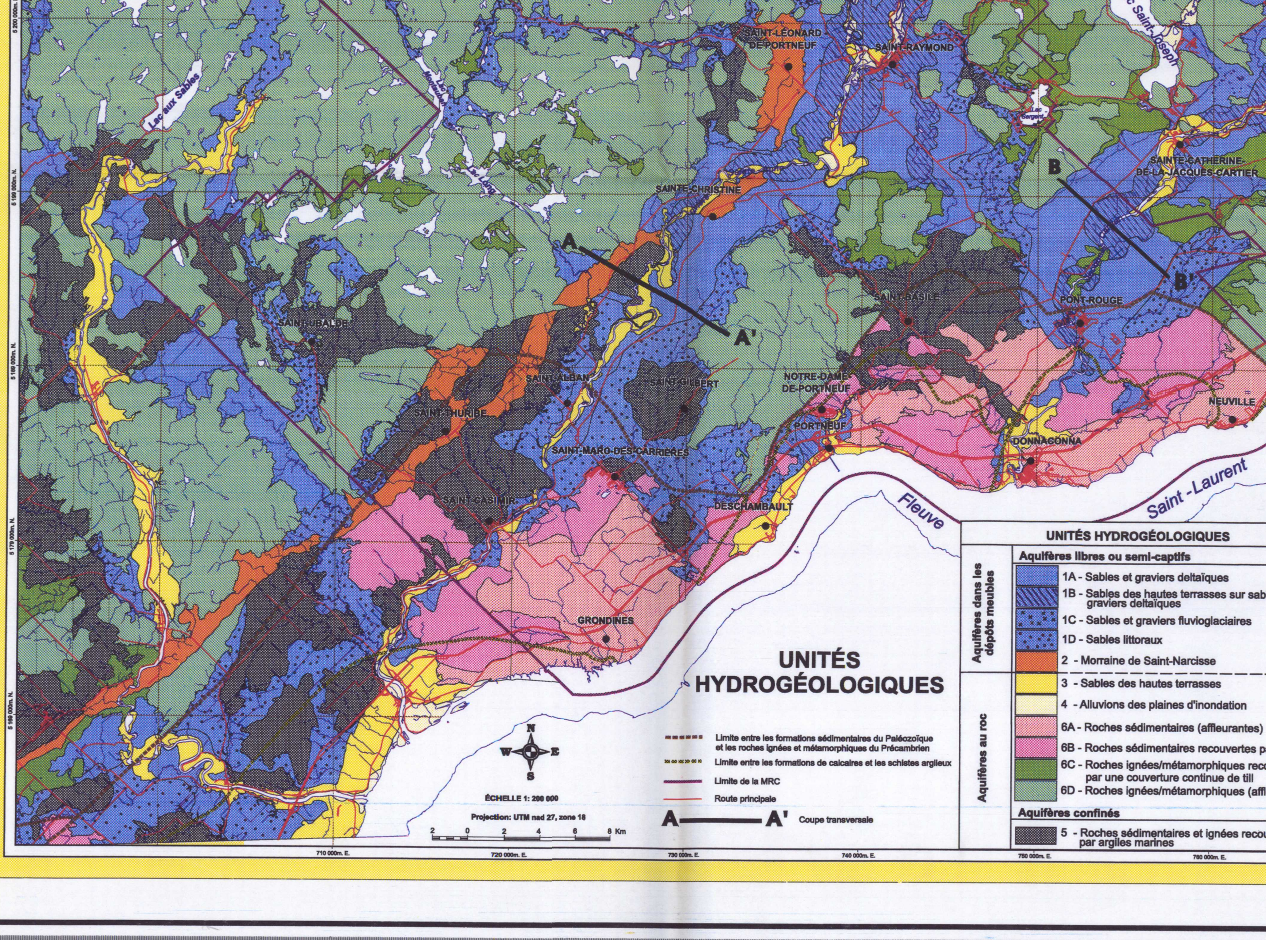
Représentation des résultats

La carte de fond utilisée pour représenter les aquifères est la carte d'épaisseur de sables et graviers de surface. On y retrouve aussi les limites de chacun des aquifères avec leur nom. La nomenclature qui a été utilisée fait référence au réseau de drainage ainsi qu'aux régions administratives à l'intérieur desquelles se trouvent les aquifères.

Portée et limitations des résultats

La carte identifie les aquifères présents dans les formations de sables et graviers de surface. Cette carte permet de constater la présence de 14 aquifères distincts. La délimitation des aquifères n'a pas été faite en fonction des limites des bassins hydrogéologiques (limites de partage des eaux souterraines) étant donné que ces limites ont été déterminées à l'échelle régionale. À cette échelle, la précision des limites de partage des eaux souterraines est insuffisante pour qu'elles soient utilisées comme frontière dans le découpage des aquifères.

CARTE 2



UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Aquifères libres ou semi-captifs

Aquifères dans les dépôts meubles
- 1A - Sables et graviers deltaïques
- 1B - Sables des hautes terrasses sur sables et graviers deltaïques
- 1C - Sables et graviers fluvioglaciaires
- 1D - Sables littoraux
- 2 - Moraine de Saint-Narcisse

Aquifères au roc
- 3 - Sables des hautes terrasses
- 4 - Alluvions des plaines d'inondation
- 6A - Roches sédimentaires (affleurantes)
- 6B - Roches sédimentaires recouvertes par du till
- 6C - Roches ignées/métamorphiques recouvertes par une couverture continue de till
- 6D - Roches ignées/métamorphiques (affleurantes)

Aquifères confinés
- 5 - Roches sédimentaires et ignées recouvertes par argiles marines

Limite entre les formations sédimentaires du Paléozoïque et les roches ignées et métamorphiques du Précambrien; Limite entre les formations de calcaires et les schistes argileux; Limite de la MRC; Route principale; A—A' Coupe transversale

Contexte géologique

Le substratum rocheux dans le secteur de la MRC est formé de deux grands types de roches: les roches ignées et métamorphiques d'âge précambrien de la Province géologique du Grenville, et les roches sédimentaires d'âge paléozoïque de la Province géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent. La limite entre ces deux Provinces géologiques est représentée à l'aide d'un trait pointillé brun sur la carte ci-contre. Allant du fleuve jusqu'à la bordure sud des Laurentides, la majorité du socle possède une couverture de dépôts meubles relativement épaisse (~40 m) alors que dans le secteur des Laurentides la couverture meuble est souvent inférieure à 5 m. Les dépôts d'âge quaternaire que l'on retrouve dans la MRC sont des diamictons comprenant des tills de fond, d'ablation et une moraine frontale (Moraine de Saint-Narcisse) ainsi que des dépôts fluvioglaciaires. Ces dépôts peuvent être surmontés par les silts et argiles marins de la Mer de Champlain suivis des sables deltaïques et littoraux ainsi que des alluvions de basses et hautes terrasses (voir carte des formations superficielles: Cloutier *et al.*, 1997; Parent *et al.*, 1998). Une carte simplifiée de ces dépôts est présentée ci-contre.

Unités hydrogéologiques

La carte des unités hydrogéologiques a été construite en regroupant les diverses formations quaternaires en fonction de leur texture et de la nature de la roche sous-jacente. Au total, 6 grandes unités hydrogéologiques ont été identifiées. Certaines de ces unités ont par la suite été subdivisées en fonction de leur potentiel aquifère et du rôle qu'elles jouent dans l'écoulement régional. Le potentiel aquifère de ces unités a été évalué en tenant compte de la perméabilité moyenne des dépôts, de leur épaisseur ainsi que de leur étendue.

Des blocs diagrammes ont été développés pour chacune des unités hydrogéologiques (Fagnan, 1998; Champagne, 1990; Aller *et al.*, 1987). Ces blocs en trois dimensions montrent la succession typique des matériaux qui se trouvent dans ces unités. Ils ont pour but de faciliter la compréhension des diverses unités hydrogéologiques.

UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités quaternaires ayant un bon potentiel aquifère sont représentées en bleu sur la carte (voir aussi blocs diagrammes 1A à 1D). Ces unités sont des sables et graviers localisés le long des rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier. Quatre sous-unités sont distinguées: les unités de sables et graviers d'origine deltaïque (1A), les unités de sables et graviers d'origine deltaïque recouvertes par une mince couche d'alluvions et qui occupent en partie les zones d'émergence (1B), les unités de sables littoraux (1D) et les unités de sables et graviers d'origine fluvioglaciaire (1C). De ces quatre unités, ce sont les sables et graviers deltaïques (1A) qui possèdent le plus important potentiel aquifère de la région. En effet, leur perméabilité élevée, leur étendue ainsi que leur épaisseur importante les rendent propices au captage de l'eau souterraine. De plus, étant donné la perméabilité élevée des sables deltaïques et du relief plat, la recharge annuelle est à son maximum dans les secteurs où ils affleurent. Ce sont aussi ces unités qui alimentent les principaux systèmes d'approvisionnement en eau souterraine de la MRC (voir carte 3). L'ensemble de ces conditions font que l'unité de sables et graviers deltaïques constitue la formation aquifère la plus productive, mais aussi la plus vulnérable à la contamination. Une contamination introduite au-dessus de ces zones a le potentiel de s'infiltrer et de se propager verticalement et horizontalement à travers une grande partie de l'aquifère. En ce qui concerne les sables et graviers fluvioglaciaires, malgré leur grande perméabilité qui leur confère un bon potentiel aquifère, l'étendue souvent restreinte des dépôts qu'ils forment peut grandement restreindre les quantités d'eau exploitables. Pour leur part, les dépôts de sables littoraux sont situés en bordure des dépôts de sables et graviers deltaïques. Le potentiel aquifère de ces sédiments est limité étant donné leur faible épaisseur. Bien qu'elles n'aient pas la capacité d'alimenter des systèmes municipaux d'envergure, ces deux dernières formations aquifères (fluvioglaciaires et littoraux) peuvent toutefois subvenir aux besoins des particuliers. Les résidents qui habitent ces secteurs obtiennent leur eau potable à partir de puits de surface ou de pointes filtrantes (puits instantanés) installés dans ces formations.

La Moraine de Saint-Narcisse et les sédiments qui la recouvrent partiellement sont représentés en orange sur la carte (voir aussi bloc diagramme 2). La Moraine de Saint-Narcisse est formée d'un mélange de blocs, de sables et de graviers contenus dans une matrice silto-sableuse. Bien que le potentiel aquifère régional de la Moraine n'ait pas encore été démontré, la présence de zones sablo-graveleuses permet de croire au potentiel aquifère de cette formation.

Les zones roses, vertes et jaunes sur la carte identifient tous les secteurs qui ont un faible potentiel aquifère en surface. Ce faible potentiel est attribuable à la nature peu perméable des dépôts de surface ainsi qu'à leur étendue souvent restreinte. Se sont donc principalement les aquifères au roc, sous-jacents aux dépôts meubles, qui sont exploités dans ces secteurs.

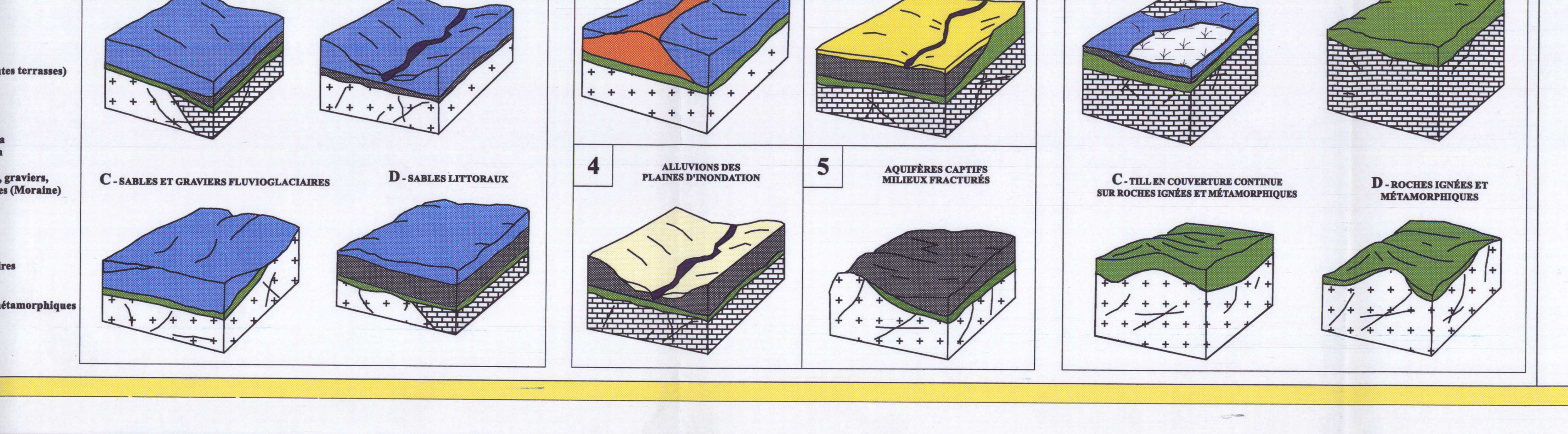
Les unités roses et vertes sont caractérisées par une couverture de till d'épaisseur variable (voir carte 2 et blocs diagrammes 6A à 6D). L'utilisation du rose et du vert permet de faire la distinction entre les secteurs où le socle rocheux est constitué des roches sédimentaires (zones roses) et où il est constitué des roches cristallines (zones vertes). Une distinction supplémentaire a été apportée pour identifier les secteurs où le socle rocheux est généralement affleurant (zones vert pâle (bloc 6D) et rose pâle (bloc 6A)) et ceux où il est recouvert par des tills (zones vert foncé (bloc 6C) et rose foncé (bloc 6B)). Les conditions, libre ou captive, de la nappe phréatique dans ces aquifères peuvent être très variables, dépendant de l'étendue et de l'épaisseur des dépôts de till qui les surmontent.

Pour leur part, les zones jaune foncé sont caractérisées par des dépôts de sables alluvionnaires de faibles épaisseurs (1-2 m) reposant sur des silts et argiles marins (voir bloc diagramme 3). Les secteurs jaune pâle sont caractérisés par des dépôts alluviaux comprenant des sables fins, des silts et de l'argile reposant aussi sur des silts et argiles marins (voir bloc diagramme 4). Dans les deux cas, les aquifères sablonneux de surface sont utilisés localement comme source d'approvisionnement en eau mais, en général, la faible épaisseur des dépôts limite les quantités d'eau disponibles; ce sont les formations rocheuses sédimentaires et/ou ignées sous-jacentes aux silts et argiles marins ainsi qu'aux tills qui constituent l'aquifère principal.

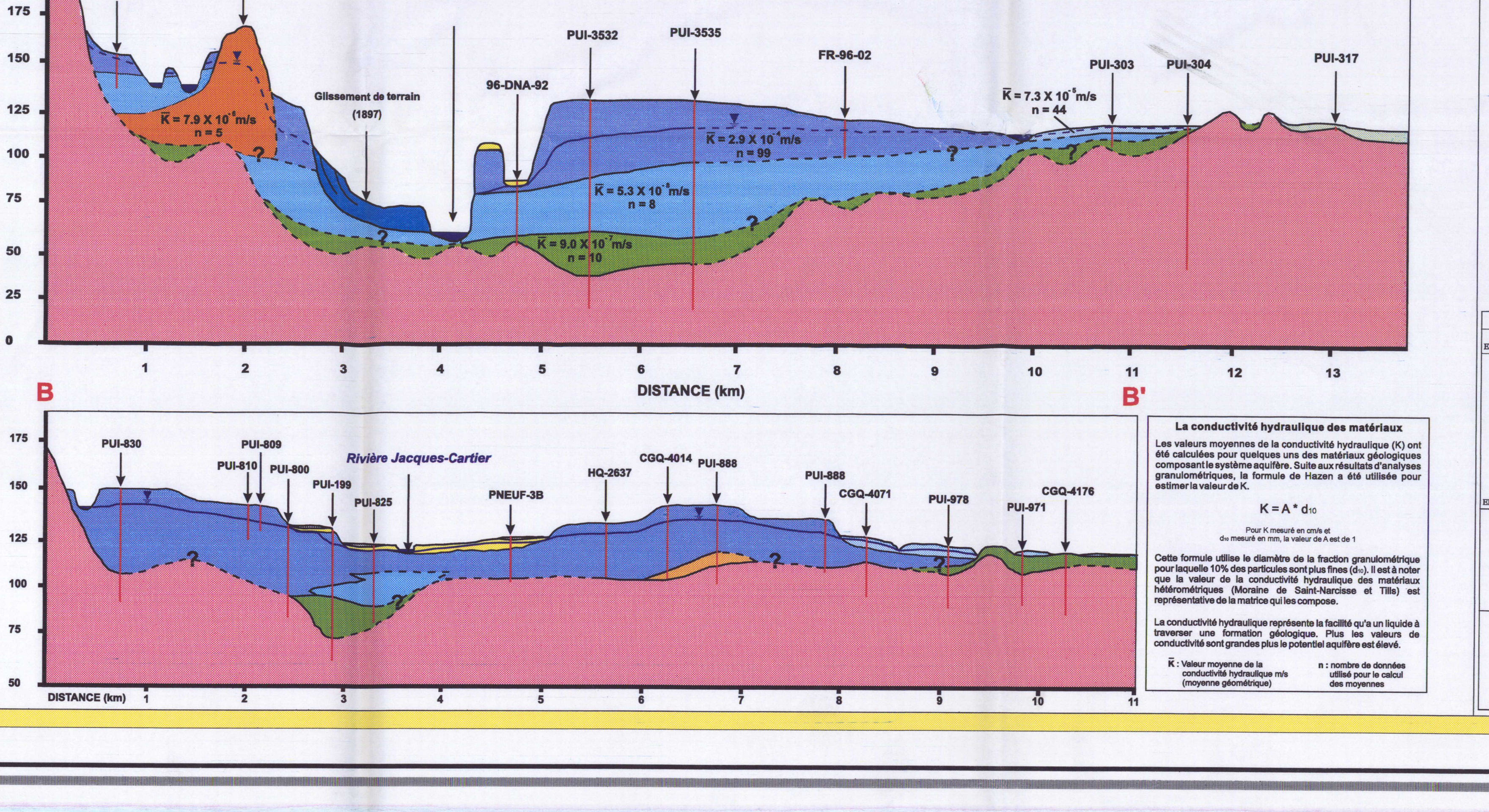
Finalement, les secteurs silto-argileux sont représentés en gris sur la carte (voir aussi bloc diagramme 5). Ces régions sont caractérisées par des épaisseurs généralement importantes de silts et argiles marins qui recouvrent le socle rocheux. Des formations granulaires telles que des tills ou des sédiments fluvioglaciaires peuvent se trouver entre le roc et les sédiments fins mais les données actuelles de forages ne permettent pas de bien délimiter ces unités. Les aquifères au roc (roches sédimentaires ou ignées et métamorphiques) sont donc les principaux aquifères exploités dans ces secteurs. La couverture d'argile, lorsque importante, contribue à protéger ces aquifères de contaminations potentielles.

BLOCS DIAGRAMMES

LÉGENDE: Matériaux organiques; Sables et silts (Alluvions); Sables et graviers (Alluvions des hautes terrasses); Sables et graviers; Silts et argiles de la Mer de Champlain; Mélange de sables, graviers, blocs, silts et argiles (Moraine); Till; Roches sédimentaires; Roches ignées et métamorphiques



Coupes hydrostratigraphiques transversales



La conductivité hydraulique des matériaux

Les valeurs moyennes de la conductivité hydraulique (K) ont été calculées pour quelques uns des matériaux géologiques composant le système aquifère. Suite aux résultats d'analyses granulométriques, la formule de Hazen a été utilisée pour estimer la valeur de K.

$$K = A * d_{10}$$

Pour K mesuré en cm/s et d_{10} mesuré en mm, la valeur de A est de 1

Cette formule utilise le diamètre de la fraction granulométrique pour laquelle 10% des particules sont plus fines (d_{10}). Il est à noter que la valeur de la conductivité hydraulique des matériaux hétérométriques (Moraine de Saint-Narcisse et Tills) est représentative de la matrice qui les compose.

La conductivité hydraulique représente la facilité qu'a un liquide à traverser une formation géologique. Plus les valeurs de conductivité sont grandes plus le potentiel aquifère est élevé.

$\bar{K}$: Valeur moyenne de la conductivité hydraulique m/s (moyenne géométrique)

n : nombre de données utilisé pour le calcul des moyennes

COUPES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Deux coupes hydrostratigraphiques transversales des deltas des rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier sont présentées ci-contre (voir la carte 2 pour la localisation des coupes). Ces coupes permettent de mieux comprendre le contexte hydrogéologique des aquifères de sables et graviers de surface.

Le niveau de la surface libre (surface de la nappe phréatique) est présenté sur chacune des coupes. Le niveau de la nappe permet d'apprécier de façon générale les épaisseurs saturées des formations de sables et graviers de surface, la pente de la nappe ainsi que les profondeurs à la nappe dans ces secteurs.

La coupe de la rivière Sainte-Anne montre l'aquifère de sables et graviers de surface surmontant des sédiments fins (silts et argiles marins) de la Mer de Champlain qui constituent la base de la formation aquifère. La rivière Sainte-Anne s'écoule sur les dépôts fins de sorte que l'aquifère de sables et graviers n'est pas en contact hydraulique direct avec la rivière. Des sources suintent le long du contact géologique entre la formation aquifère et l'unité de sédiments fins. En s'éloignant de la rivière, l'épaisseur de l'aquifère diminue graduellement pour ne faire que quelques mètres (1 - 2 m) d'épaisseur en périphérie des affleurements rocheux. Ces secteurs constituent les limites de l'aquifère de sables et graviers de surface.

La coupe de la rivière Jacques-Cartier montre un contexte hydrogéologique quelque peu différent. À cet endroit la rivière s'écoule sur la formation aquifère. En effet, les informations de forages indiquent que les sédiments fins (silts et argiles) de la Mer de Champlain ne sont pas présents à cet endroit. Le socle rocheux qui est affleurant aux extrémités nord-est et sud-ouest de la coupe constitue la limite de la formation aquifère.

LÉGENDE

QUATERNAIRE

Environnements continentaux
- SÉDIMENTS DE VERSANTS: Mg Sédiments marins fins remaniés
- SÉDIMENTS ORGANIQUES: O Dépôts organiques
- SÉDIMENTS ALLUVIAUX: At Alluvions des terrasses fluviales

Environnements marins et estuariens
- SÉDIMENTS MARINS: Md Sédiments deltaïques; Mb Sédiments littoraux, prélittoraux et d'exondation; Ma Sédiments fins d'eau profonde

Environnements glaciaires et proglaciaires
- SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES: Gx Sédiments juxtaglaciaires
- SÉDIMENTS GLACIAIRES: GxT Sédiments de la Moraine frontale de Saint-Narcisse; Tvr Till remanié sur socle rocheux; T Till en couverture généralement continue

PRÉ-QUATERNAIRE
- SUBSTRATUM ROCHEUX: R Roches ignées et métamorphiques précambriennes

Échelle: 1:30 000

Exagération Verticale: 20X

Points de contrôle (forages, puits, coupes)

Niveau de la surface libre (nappe phréatique) Mesures prises à l'étiage 1996

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, Rénald McCormack pour sa 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 Saint-Martin, Michel Ouellet, Luc Champagne et Raymond Perron du MEF et de M. Jacques Landry de la MRC de Portneuf.

RÉFÉRENCES

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J. et Hackett, G.
1987 : DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological settings. EPA/600/2-87-035, 455p.

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.

Champagne, L.
1990 : Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, MRC de Montcalm. Mémoire de maîtrise (M.Sc.A), Université de Montréal, département de génie minéral, École polytechnique, 280p.

Cloutier, M., Parent, M. et Bolduc, A. M.
1997 : Géologie des formations superficielles, Région de St-Marc-des-Carrières, 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.

Fagnan, N.
1998 : Cartographie hydrogéologique régionale et vulnérabilité des aquifères de la MRC de Portneuf. Mémoire de maîtrise (M.Sc.), Université du Québec – INRS-Géoressources, 215p.

Michaud, Y., Lefebvre, R., Martel, R., Parent, M., Bolduc, A. M., Boisvert, É., Bourque, É., Fagnan, N., et Paradis, D.
1997 : 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.

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.

Northwood Geoscience Ltd.
1995 : Vertical Mapper - Contour modeling and display software, Version 1.0. Northwood Geoscience Ltd. 159 p.

Paquette, J.
1996 : Digital Elevation Models for hydrological applications in Oak Ridges Moraine, southern Ontario: the necessity for structured drainage networks; in Current Research 1996-E; Geological Survey of Canada, p.209-213.

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