

**CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE
RÉGIONALE DU SYSTÈME AQUIFÈRE
FRACTURÉ DU SUD-OUEST
DU QUÉBEC**

PARTIE III

**ATLAS HYDROGÉOLOGIQUE
DU SYSTÈME AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC**



**Ressources naturelles
Canada**

**Natural Resources
Canada**

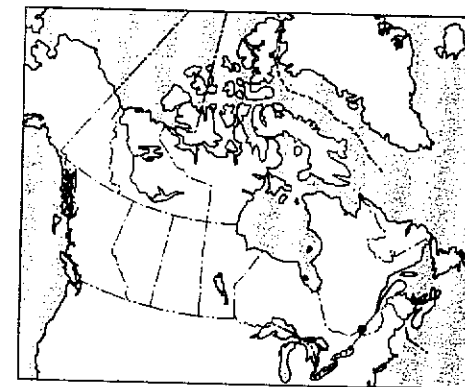
PRÉFACE

Cet atlas hydrogéologique regroupe un ensemble de 48 cartes et figures thématiques représentant les principales caractéristiques du système aquifère fracturé du sud-ouest québécois. Cet atlas constitue l'un des principaux produits du partenariat de recherche intergouvernementale impliquant le Ministère de Ressources Naturelles du Canada, Développement Économique Canada, le Conseil régional de développement des Laurentides, le Ministère de l'Environnement (Québec), et les Municipalités régionales de comté d'Argenteuil, Mirabel, Deux-Montagnes et Thérèse-de-Blainville.

L'atlas hydrogéologique présente un ensemble de cartes à l'échelle du 1/200 000 et résume ainsi une vaste série de connaissances scientifiques générée de 1999 à 2002. On y présente aussi des coupes géologiques, un organigramme de la base de données interactive, un canevas de l'utilisation de l'eau souterraine, et... Cette série de cartes et figures vise à rendre l'ensemble des connaissances utiles à la prise de décisions et à orienter des études locales essentielles à la planification de nouvelles installations. Ainsi, l'Atlas est avant tout destiné au personnel technique du CRDL et des 4 MRC impliquées dans le partenariat.

L'Atlas hydrogéologique est structuré de manière à accompagner les rapports narratifs sur l'hydrogéologie régionale (partie I) et l'étude quantitative du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec (Partie II). Les numéros de sections des rapports narratifs correspondent ainsi à ceux des cartes thématiques de l'Atlas sur lesquelles elles s'appuient; pour l'étude hydrogéologique régionale les cartes thématiques sont étiquetées "HR", et pour l'étude quantitative, "EQ". Toutes les données utilisées pour produire les cartes sont incluses dans la base de données interactive présentée sur CD-ROM (partie V).

Les travaux de caractérisation ont été exécutés par Ressources naturelles Canada (Commission géologique du Canada) en collaboration avec l'INRS-ETE (Eau, Terre et Environnement, centre de l'INRS résultant de la fusion des centres Eau et Géoressources à l'automne 2001), l'Université Laval, Environnement Canada, le Ministère de l'Environnement (Québec), l'Université Queen's, le Service géologique des États Unis, et le Ministère du Transport (Québec).



CARTE DE LOCALISATION

Canada

31 G/15	31 G/16	31 H/13
31 G/10		31 H/12
31 G/7	31 G/8	31 H/5

SYSTÈME NATIONAL DE RÉFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE

Édité par

Daniel Paradis¹, Martine Savard¹, Miroslav Nastev¹ et René Lefebvre²

avec la participation de

Katheleen Lauzière¹, Andrée Bolduc¹, Martin Ross¹,
Andréanne Hamel¹, Vincent Cloutier¹, Édith Bourque¹,
Valérie Murat¹, Muriel Rocher², Osman Salad-Hersi² et Sébastien Castonguay²

¹ Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada, Québec, G1V 4C7

² INRS-Environnement, Terre et Eau, Université du Québec, Québec, G1V 4C7

³ Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec, G1K 7P4

6 mai 2002

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La *Caractérisation hydrogéologique régionale du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec* constitue le principal objet du partenariat de recherche impliquant Ressources naturelles Canada, Développement Économique Canada, le Ministère de l'Environnement du Québec, le Conseil régional de développement des Laurentides, et les Municipalités régionales de comté d'Argenteuil, Mirabel, Deux-Montagnes et Thérèse-de-Blainville.

Les travaux ont été exécutés par la Commission géologique du Canada en étroite collaboration avec l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Eau, Terre et Environnement), et l'Université Laval, et avec le support d'Environnement Canada, du Ministère de l'Environnement (Québec), de l'Université Queen's, du Service géologique des États Unis (USGS), et du Ministère des Transports (Québec).

Ressources naturelles Canada et ses collaborateurs scientifiques remettent aux partenaires financiers du projet de recherche les produits scientifiques de la caractérisation hydrogéologique en six parties. Cette série de documents synthétise les résultats de tous les travaux de terrain effectués de 1999 à 2002, les compilations de données hydrogéologiques existantes et celles acquises au cours du projet, l'analyse et l'interprétation de ces données, et elle présente des recommandations sur la gestion et la protection des ressources en eau souterraine. Les grandes lignes des résultats du projet de caractérisation sont présentées dans ce sommaire pour chacune des parties des produits scientifiques livrés aux partenaires.

Partie I - Hydrogéologie régionale du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec

Ce rapport inclut une synthèse des données géologiques, hydrostratigraphiques, hydrauliques, piézométriques, hydrogéochimiques, et hydrologiques décrivant le système aquifère des Basses-Laurentides dans la région d'étude.

Travaux hydrogéologiques

Les interprétations scientifiques présentées se basent sur 505 points de mesure des niveaux d'eau dans la région, le suivi des niveaux d'eau du réseau de surveillance dans 36 puits d'observation, 37 essais de pompage, 328 essais d'injection à charge constante, 123 essais de capacité spécifique, l'analyse de 146 échantillons d'eau souterraine, aussi sur les résultats de plusieurs méthodes d'estimation de la recharge des nappes et l'évaluation de la vulnérabilité à l'aide de la méthode DRASTIC.

L'écoulement de l'eau souterraine

Les levés piézométriques indiquent que l'écoulement de l'eau souterraine se fait généralement du nord vers le sud à une vitesse moyenne approximative de 150 m/an. L'écoulement est divergent à partir de hauts topographiques qui constituent les zones de recharge préférentielle de l'eau souterraine. La carte des niveaux

d'eau permet aussi d'observer que l'effet du pompage de la plupart des ouvrages de captage importants ne perturbe pas significativement les lignes d'écoulement régional. Les plus longues périodes d'enregistrement des niveaux de l'eau souterraine du réseau de surveillance indiquent que ces niveaux d'eau sont relativement stables à long terme.

La qualité de l'eau souterraine de la région des Basses-Laurentides

À l'échelle régionale, l'eau souterraine du territoire d'étude est de qualité variable mais elle est très peu contaminée par les activités humaines. Le territoire d'étude a été subdivisé en 7 secteurs classés sur une échelle de qualité relative. Les secteurs où l'eau souterraine est de meilleure qualité sont ceux de Saint-Hermas, Rivière-du-Nord et de Lachute/St-Janvier, Ste-Monique/St-Eustache et St-Vincent. Les secteurs des Collines d'Oka et de Grenville/Chatham ont une qualité moyenne, alors que les secteurs de Ste-Anne-des-Plaines et Sainte-Thérèse, et de St-Benoît/St-Joseph ont une qualité inférieure. Le bilan des dépassements des critères de qualité reliés à la santé indique que l'eau souterraine est de bonne qualité sur la majeure partie du territoire.

La recharge et la vulnérabilité du système aquifère fracturé

Le taux de recharge de la nappe aquifère régionale est estimé à 45 mm/an. Le taux peut varier localement entre 0 et 327 mm/an selon la nature des matériaux et la topographie de la surface du sol. Selon les secteurs, de 993 à 1204 mm de précipitations touchent le sol. De ces précipitations, 39% s'évaporent, 61% s'écoulent par les rivières, parmi lesquels environ 5 % participent à l'écoulement souterrain. L'identification des principales zones de recharge préférentielle de l'aquifère à l'échelle régionale indique que 35% du territoire étudié est à protéger. Les zones à protéger se répartissent sporadiquement sur le territoire étudié, les plus étendues étant celles de Grenville/Saint-Philippe-d'Argenteuil, de Carillon/Saint-André-Est, des Collines d'Oka, et du triangle Deux-Montagnes/Saint-Augustin/Rosemère. La vulnérabilité à la contamination du système aquifère régional a été aussi évaluée à partir de la méthode DRASTIC. Les secteurs vulnérables chevauchent les zones de recharge préférentielle et ils sont donc dispersés partout sur le territoire, sauf dans sa partie nord-est appartenant principalement à la MRC de Thérèse-de-Blainville.

L'exploitabilité du système aquifère fracturé

Au niveau régional, la principale ressource exploitable en eau souterraine se retrouve dans les roches sédimentaires fracturées, particulièrement à l'interface du roc et des sédiments sus-jacents et jusqu'à une profondeur d'environ 100 m dans la séquence rocheuse. Au delà de cette profondeur, les propriétés hydrauliques deviennent trop faibles pour les fins de l'exploitation. Deux secteurs dont les superficies couvrent 15% du territoire étudié représentent les meilleures cibles pour l'exploration de nouvelles sources d'approvisionnement en eau souterraine. Ces deux secteurs, Saint-Hermas et Rivière du Nord, montrent une grande perméabilité et une très bonne qualité d'eau souterraine.

Recommandations

L'équipe de recherche AFSOQ recommande plusieurs actions afin d'assurer la protection et l'utilisation de la ressource en eau souterraine de façon durable. Une première série de recommandations s'adressent à l'échelle régionale.

- De considérer la protection des ressources en eaux souterraines dans les schémas d'aménagement des MRC. On suggère d'intégrer les connaissances sur les eaux souterraines comme considération supplémentaire régissant la gestion du territoire.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

- De prendre des mesures qui protègent la qualité de l'eau souterraine et la santé publique, telle que la surveillance de l'eau des puits du réseau régional ou la révision de l'addition de fluorures dans certains cas.
- D'assurer la mise à jour de la base de données.
- D'acquérir l'expertise requise en hydrogéologie pour exploiter les informations disponibles sur les ressources en eau souterraine dans la région.
- De mettre en place un comité de gestion des eaux souterraine et d'établir un plan de gestion des eaux souterraines intégré au schéma d'aménagement des MRC.

À l'échelle locale, nous faisons les recommandations suivantes.

- De tirer profit de l'information disponible à l'échelle régionale pour tous travaux d'échelle locale.
- De protéger la qualité de l'approvisionnement des puits municipaux en effectuant la délimitation des aires d'alimentation des puits et en mettant en place un programme de protection.
- De prendre des mesures pour éviter la dégradation de la qualité de l'eau souterraine dans les secteurs où l'eau peut avoir une qualité inférieure par le biais de la surveillance des changements et de l'évolution de la qualité de l'eau souterraine des puits de pompage et des puits d'observation adjacents afin d'intervenir à temps dans le cas d'une dégradation.

Partie II - Étude quantitative des ressources en eau souterraine du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec

Ce rapport présente l'étude quantitative de la ressource en eau souterraine et il vise à fournir les connaissances nécessaires pour choisir les options de gestion afin d'exploiter l'eau souterraine en tenant compte de sa dynamique et de sa qualité. Cette étude est basée principalement sur la modélisation numérique hydrogéologique du système aquifère régional. On y présente un résumé des données essentielles à la modélisation et les bases de la modélisation numérique en mode permanent servant à prédire le comportement de l'aquifère à l'échelle régionale. Les simulations numériques visent à estimer, non pas les débits d'exploitation, mais plutôt les niveaux d'eau limites à ne pas transgresser lors d'une extraction accrue de l'eau souterraine. On présente aussi dans ce rapport des simulations numériques reflétant l'impact d'une diminution éventuelle de la recharge de l'aquifère que pourraient entraîner une baisse des précipitations annuelles.

L'utilisation humaine de l'eau souterraine sur le territoire d'étude

L'utilisation actuelle de l'eau souterraine par la population est équivalente à 18% de la recharge annuelle des nappes ou l'équivalent de 11 mm de précipitation répartie sur tout le territoire. La consommation humaine représente 41.5% de l'utilisation totale, soit 26.5% pour les aqueducs et 15.0% pour les puits domestiques, tandis que les carrières pompent un volume équivalent à 37.4% de l'eau souterraine utilisée sur le territoire. On constate aussi que les activités agricoles reliées au bétail et à la culture utilisent 17.1% du volume d'eau souterraine pompé annuellement, alors que l'irrigation des golfs en représente 0.6% et l'embouteillage commercial, 3.4%.

La révision modélisée du taux de recharge

Le modèle numérique permet d'estimer le taux de la recharge totale de l'aquifère régional à 75.0×10^6 m³/an. Ce taux équivaut à 6% de la précipitation moyenne annuelle pour la région et il correspond à une lame d'eau uniforme de 62 mm. Cette valeur est plus élevée mais du même ordre que celle de 45 mm/an obtenue par une autre méthode dans la Partie I.

Zones favorables pour l'exploitation de l'eau souterraine

Les connaissances générées par les simulations numériques des rabattements provoqués par un pompage uniforme, intégrées avec celles de la qualité relative des eaux souterraines, permettent d'identifier trois zones plus favorables pour l'exploitation accrue de l'eau souterraine. Ces zones se répartissent le long de la rivière Rouge et de la vallée de Saint-Hermas, de la vallée de la Rivière-du-Nord, de la partie aval des rivières du Chêne et du Chicot et dans la zone située à l'ouest de l'aéroport de Mirabel.

Débits durables

Les simulations numériques ont permis d'estimer le rabattement moyen provoqué par le pompage actuel à 0.8 m. Ce rabattement est comparé à la fluctuation moyenne des niveaux piézométriques de 1.6 m, et le pompage actuel est jugé durable. Il est estimé que pour l'aquifère régional, il serait possible d'augmenter le débit de façon durable à 19.8×10^6 m³/an. Ce débit causerait des rabattements moyens de 1.6 m. Toutefois à l'échelle locale des rabattements extrêmes de 10 m pourraient être entraînés. Les écarts des valeurs moyennes doivent donc être considérés lors de l'interprétation de ces résultats.

Recommandations

Les résultats des simulations ont été obtenus à l'aide du modèle numérique calé selon les conditions actuelles de la recharge et de l'écoulement, et pour des scénarios régionaux hypothétiques. Un nouveau calage serait requis pour toutes évaluations dans d'autres conditions. Par exemple dans le cas réel de la planification du développement relié à de nouvelles installations de pompage, l'application du modèle numérique aiderait à choisir la meilleure option pour la région.

La relation entre le pompage et l'abaissement moyen de la nappe aquifère déterminée pour le territoire étudié dépend des conditions et propriétés connues à l'échelle régionale et elle n'est pas valide à l'échelle locale. Ainsi, dans tous les cas de gestion de nouvelles exploitations importantes de l'eau souterraine, il est recommandé de relier le taux de pompage projeté aux rabattements anticipés à l'échelle d'intérêt spécifique à la nouvelle installation et d'estimer les impacts potentiels du pompage (rabattements, qualité de l'eau, effets sur la résurgence vers les cours d'eau voisins, etc.).

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Partie III Atlas hydrogéologique du projet de caractérisation hydrogéologique du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec

L'atlas hydrogéologique constitue un support aux études thématiques des parties I et II. Il comprend 39 cartes thématiques à l'échelle du 1/200 000, 5 coupes verticales montrant la géologie des roches paléozoïques, 5 coupes montrant la géologie des dépôts superficiels, une synthèse graphique et spatiale de l'utilisation de l'eau sur le territoire étudié, de même que l'organigramme de la base numérique de données hydrogéologiques du système aquifère fracturé. Cette série de cartes et figures rend l'ensemble des connaissances sur le système aquifère facilement accessible. Ces connaissances permettent de supporter la prise de décision relativement aux ressources en eau souterraine, entre autres, en permettant d'orienter des études locales essentielles à la planification de nouvelles installations.

Partie IV - Études locales de secteurs choisis du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec

Ce rapport présente quatre études thématiques locales qui complètent les connaissances régionales du système aquifère par des études détaillées de parties du système aquifère en exploitation. Ces secteurs permettent d'aborder des questions prioritaires identifiées en collaboration avec les partenaires de la région, pour des secteurs restreints soumis à une exploitation intense de l'eau souterraine. En plus de répondre à des questions pratiques locales, l'étude détaillée de ces secteurs permet de mieux caractériser le comportement du système aquifère à l'échelle à laquelle les effets d'une exploitation plus intense se font sentir. Combinées aux Parties I, II et III des produits scientifiques, le rapport de la Partie IV donne donc un aperçu complet à différentes échelles de la dynamique d'écoulement dans la région d'étude.

Étude détaillée d'un site sélectionné: Cas de la carrière de Chatham

La caractérisation du comportement de l'une des principales couches aquifères, le calcaire fracturé, sous l'effet d'un pompage de longue durée (section 2) à la carrière de Chatham (Marellan) apporte des nuances au modèle hydrostratigraphique régional. En effet, l'étude implique que la perméabilité de l'aquifère de roches fracturées est plus importante au dessus du contact entre deux unités rocheuses (groupes de Chazy et de Beekmantown), à une profondeur de 35 m, et ce pour une couche d'environ 24 m. Cette analyse montre que des écarts existent sur le territoire d'étude par rapport au modèle conceptuel régional stipulant que la perméabilité diminue avec la profondeur dans la séquence rocheuse. De plus, les simulations numériques en mode transitoire sur ce secteur montrent que seul l'ajout au modèle hydrostratigraphique initial d'un système de fractures verticales orientées N°50 et la modélisation d'une infiltration rapide des précipitations vers la nappe permettent de bien reproduire l'abaissement de la nappe d'eau observé dans les cinq puits d'observation utilisés lors de l'assèchement de la carrière. L'extrapolation des résultats des simulations numériques suggère que le système régional de failles peut constituer une cible pour la recherche en eau souterraine dans le sud-ouest du Québec.

Étude détaillée d'un site sélectionné: Cas de Saint-Benoit

L'étude détaillée de l'approvisionnement en eau à Saint-Benoit (Mirabel) (section 3) face à la problématique de la salinité de l'eau souterraine présente les résultats des analyses hydrogéochimiques, des essais hydrauliques et des simulations numériques en mode transitoire effectués dans ce secteur. L'intégration de ces résultats suggère que la productivité de l'aquifère est suffisante pour permettre son exploitation durable

pour un pompage de 180 m³/j dans un seul puits de pompage, ou pour un pompage simultané dans deux puits à un débit maximal et continue de 140 m³/j pour chacun des puits (280 m³/j au total). Ce deuxième scénario d'extraction permet une exploitation maximale de l'aquifère sans provoquer d'abaissement des niveaux d'eau dans ce secteur sous un niveau d'eau de 35 m. Un pompage excédant cette limite ferait passer les conditions de la nappe de captives à libres et pourrait causer une modification de la qualité de l'eau. Ce deuxième scénario permet aussi d'assurer l'augmentation du débit actuel tout en maintenant une bonne qualité d'eau pompée. Pour ce scénario, le rabattement dans le village de St-Benoît, en aval des sites de pompage, serait de 1.3 m, tandis qu'en amont des sites de pompage sur le rang Grand Brûlé et près de la ligne de partage des eaux, le rabattement serait plus important, soit de 3.7 m. On recommande pour tout le secteur une surveillance serrée des niveaux d'eau près des puits de pompage, et de la qualité de l'eau souterraine. Le suivi sur la qualité de l'eau consisterait à mesurer de façon périodique la conductivité électrique, le pH, la dureté totale et les concentrations en chlorures, manganèse, fer et nitrates. Un suivi de la qualité de l'eau dans des puits éloignés en amont des puits de pompage serait également utile pour prévenir une avancée éventuelle de l'eau saline. L'aire d'alimentation du secteur se trouve le long de la Côte Saint-Vincent. La protection de l'aquifère impliquerait donc aussi de faire un inventaire des principales sources de contamination possibles dans cette zone et de contrôler leur utilisation.

Étude détaillée d'un site sélectionné: Cas de la carrière de Saint-Eustache

La question des conduits efficaces de l'eau dans l'aquifère régional est abordée par l'étude détaillée à la carrière de Saint-Eustache (section 4). Les levés piézométriques à l'échelle régionale indiquent que l'effet du pompage de la carrière St-Eustache est visible à l'échelle de 1/100 000, les rabattements causés par l'exploitation de la carrière étant de l'ordre de 40 m. La moyenne géométrique de la conductivité hydraulique de la Formation de Beauharnois dans sa partie la plus perméable de la carrière se situe à 5.9×10^{-5} m/s, alors que celle du plancher peu perméable serait de 1.9×10^{-7} m/s. Les travaux sur la fracturation documentent trois types distincts de fractures: (1) petites failles de décrochement, (2) plans de dissolution parallèles aux strates de dolomie, et (3) joints verticaux. Le rôle des fractures n'est pas régi par leur type, il varie avec la profondeur dans l'unité rocheuse. Les grandes profondeurs imposent des forces verticales plus élevées dues au poids des roches de recouvrement. En d'autres termes, tous les types de fractures peuvent agir comme conduit de l'eau souterraine, toutefois ce sont l'ouverture et l'inter-connectivité de ces dernières qui contrôlent la perméabilité de l'aquifère.

Étude détaillée de deux sites sélectionnés: Cas de St-Janvier et de Ste-Anne-des-plaines

Les études détaillées de Saint-Janvier et Sainte-Anne-des-plaines discutent de la délimitation des aires d'alimentation des ouvrages de captage de l'eau souterraine sur le territoire d'étude (section 5). Les résultats des essais de pompage de longue durée démontrent que les portions aquifères évaluées ont une transmissivité très élevée, typique des aquifères granulaires, qui résulte du fait que les premiers mètres du roc montrent une haute densité de fractures efficaces. Suite à la caractérisation détaillée des deux sites étudiés, plusieurs méthodes de délimitation des périmètres de protection éloignés et rapprochés des puits ont été appliquées. Pour les périmètres de protection éloignés, l'une des méthodes testées, la méthode hybride 3A2E, assure une détermination réaliste des périmètres pour les deux sites étudiés. En effet, cette méthode requiert de connaître un minimum de données hydrogéologiques et géologiques comme la stratigraphie et la géologie des unités, leurs caractéristiques hydrauliques et le débit des puits en opération. En retour, la méthode permet une protection efficace des zones de recharge qui constituent des points vulnérables de l'aquifère confiné. Cette méthode est simple d'application et elle peut contribuer à la préservation de la qualité de l'eau souterraine si des mesures de contrôle des sources de contamination sont appliquées à l'intérieur du périmètre. Pour les périmètres rapprochés, ce sont l'équation du temps de transport et

SOMMAIRE EXÉCUTIF

CAPZONE/GWPATH qui couvrent le mieux l'aire d'alimentation pour un temps de 60 jours. La zone de recharge de l'aquifère contribuant à l'alimentation des puits doit faire l'objet d'une supervision étroite, puisqu'elle est très vulnérable à la contamination. En plus, à l'intérieur de toute l'aire d'alimentation des ouvrages de captage, les activités humaines doivent être gérées, même aux endroits où l'aquifère se trouve protégé par une couche d'argile. Il est aussi important de colmater tout puits abandonné dans l'aire d'alimentation car ceux-ci constituent des points d'entrée directs vers la nappe captive.

Partie V Base interactive de données hydrogéologiques du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec

Pour l'assistance à la prise de décision, la base interactive de données numérique est remise aux autorités locales pour qu'ils considèrent non seulement les interprétations présentées dans le rapport sous forme de cartes thématiques, mais aussi les données qui ont servi à leur production. Cette base de données interactive inclut plus de 5000 stations (forages, affleurements) auxquels se rattachent environ 40000 entrées d'information disponibles pour supporter la prise de décision. La base de données fournit aussi 10 cartes thématiques sous forme numérique: celles des limites de MRC, des routes principales, des cours d'eau principaux, des dépôts quaternaires, de la géologie du substrat rocheux, des épaisseurs des dépôts quaternaires, de l'élévation de la surface du roc, de la vulnérabilité, des contextes hydrogéologiques, des zones de recharge, et des niveaux de la nappe aquifère.

Les avantages pour les intervenants régionaux d'avoir en main la base de données interactive sont: de pouvoir mettre à jour la base de données de façon continue; de voir rapidement les données qui sont disponibles pour un secteur choisi; d'exporter les données nécessaires pour un traitement à l'aide d'autres logiciels; et au besoin d'extraire les données disponibles et d'émettre des copies de cartes thématiques.

Partie VI Bilan financier

Les contributions de l'ensemble des partenaires financiers pour la réalisation du projet totalisent 3 649 205\$. On compte donc un excédant de 458 610\$ par rapport aux prévisions budgétaires de 1999. Ce surplus provient de RNCan et de ses collaborateurs scientifiques qui ont augmenté leurs contributions au partenariat pendant le déroulement du projet.

Le total des subsides avancés par l'ensemble des partenaires aura permis de générer les connaissances requises pour mieux gérer et protéger la ressource en eau souterraine. Toutefois, des fonds supplémentaires auraient permis d'accroître le nombre de points de contrôle, ce qui aurait été particulièrement bénéfique dans le cas de la caractérisation des propriétés hydrauliques du système aquifère. Nous tenons à souligner que grâce au partenariat intergouvernemental mis sur pied pour supporter ce projet, il est possible de remettre des produits à chacun des partenaires qui dépassent largement ce qu'il aurait été possible de produire à partir de mêmes financements mais pour des études séparées.

REMERCIEMENTS

Le projet AFSOQ est supporté financièrement par la Commission géologique du Canada (Ressources naturelles Canada), Développement Économique Canada, le Conseil Régional de Développement-Laurentides, le Ministère de l'Environnement du Québec, les Municipalités régionales de comté d'Argenteuil, Deux-Montagnes, Mirabel et Thérèse-de-Blainville, et l'Association des Professionnels de Développement Économique des Laurentides. Une partie de la campagne de forage a été supportée par le Ministère des Transports du Québec. Les scientifiques du projet remercient sincèrement l'APDEL pour la prise en charge des transferts budgétaires. Ils remercient particulièrement M. Jean-Luc Riope (APDEC) pour sa participation active à la gestion, aussi Mme Carole Hart de Développement économique Canada pour avoir grandement contribué à rendre possible la bonne marche du partenariat entre RNCan et DEC, M. Alphonso Rivera (RNCan) pour ses conseils scientifiques, et MM. Guy Raynault anciennement au CRDL et Marc Carrière de la MRC d'Argenteuil pour leur appui constant par le biais de conseils judicieux.

L'équipe scientifique tient à remercier le Ministère de l'Environnement du Québec, un membre important dans ce large partenariat intergouvernemental. Sa contribution a permis de compléter l'étude hydrogéochimique et de produire un *guide méthodologique sur la caractérisation des aquifères en roches sédimentaires fracturées*. L'équipe tient à souligner la contribution importante des scientifiques du projet *des Ponts géologiques de l'est du Canada*, supporté par le programme CARTNAT pour le raffinement du cadre géologique régional. De plus, l'équipe scientifique tient à remercier les institutions de recherche scientifique ayant participé au projet pour leur support administratif: la Commission géologique du Canada, le centre Eau, Terre et Environnement de l'INRS, l'Université Laval, le Ministère de l'Environnement du Québec, Environnement Canada le Ministère des Transports du Québec, le USGS, et l'Université Queen's.

LISTE DES FIGURES

Hydrogéologie régionale

Section 2

HR-2.1	Géologie des Basses-Terres du St-Laurent	1
HR-2.2	Géologie des Basses-Terres du St-Laurent : Coupe 1	2
HR-2.3	Géologie des Basses-Terres du St-Laurent : Coupes 2 et 3	3
HR-2.4	Géologie des Basses-Terres du St-Laurent : Coupes 4 et 5	4
HR-2.5	Élévation de la surface du socle rocheux	5
HR-2.6a	Géologie des formations superficielles: Légende	6
HR-2.6b	Géologie des formations superficielles	7
HR-2.7	Géologie des formations superficielles : Coupes A-A' et B-B'	8
HR-2.8	Géologie des formations superficielles : Coupes C-C'	9
HR-2.9	Géologie des formations superficielles : Coupes D-D' et E-E'	10
HR-2.10	Épaisseur des formations superficielles	11
HR-2.11	Contextes hydrogéologiques	12
HR-2.12	Logarithme de la conductivité hydraulique du socle rocheux	13
HR-2.13	Élévation de la surface piézométrique de l'aquifère rocheux	14

Section 3

HR-3.1	Distribution des sites d'échantillonnage	15
HR-3.2	Distribution du pH	16
HR-3.3	Concentrations en sulfates, SO ₄	17
HR-3.4	Concentrations en manganèse, Mn	18
HR-3.5	Concentrations en fer, Fe	19
HR-3.6	Concentrations en baryum, Ba	20
HR-3.7	Concentrations en sulfures, HS	21
HR-3.8	Distribution de la dureté totale	22
HR-3.9	Concentrations en fluorures, F	23
HR-3.10	Concentrations en sodium, Na	24
HR-3.11	Concentrations en chlorures, Cl	25
HR-3.12	Concentrations en matières dissoutes totales, MDT	26
HR-3.13	Concentrations en nitrates, NO ₃	27
HR-3.14	Distribution du taux d'adsorption du sodium, TAS	28
HR-3.15	Diagrammes radiaux et types d'eau	29
HR-3.16	Secteurs de qualité relative de l'eau souterraine	30

Section 4

HR-4.1	Gradients hydrauliques verticaux	31
HR-4.2	Distribution de la recharge de l'aquifère rocheux - Approche de Darcy	32
HR-4.3	Principales zones de recharge de l'aquifère rocheux	33

Section 5

HR-5.1	Méthode DRASTIC : Profondeur à la nappe	34
HR-5.2	Méthode DRASTIC : Recharge	35
HR-5.3	Méthode DRASTIC : Type d'aquifère	36
HR-5.4	Méthode DRASTIC : Type de sol	37
HR-5.5	Méthode DRASTIC : Topographie du sol	38
HR-5.6	Méthode DRASTIC : Influence de la zone vadose	39
HR-5.7	Méthode DRASTIC : Conductivité hydraulique	40
HR-5.8	Vulnérabilité - Méthode DRASTIC	41

Section 7

HR-7.1	Modèle conceptuel de données hydrogéologique du sud-ouest du Québec	42
--------	---	----

Étude quantitative

Section 2

EQ-2.1	Utilisation de l'eau souterraine	43
EQ-2.2	Productivité apparente des puits de l'aquifère rocheux	44

Section 3

EQ-3.1	Piézométrie simulée de l'aquifère rocheux	45
EQ-3.2	Logarithme de la conductivité hydraulique simulée pour l'unité mixte (roches très fracturées et sable-gravier)	46

Section 4

EQ-4.1	Recharge simulée de l'aquifère rocheux	47
--------	--	----

Section 6

EQ-6.1	Secteurs favorables pour l'utilisation de l'eau souterraine	48
--------	---	----

CARTE HR-2.1 GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM ROCHEUX

LÉGENDE

Crétacé

Intrusion alcaline

Ordovicien

GRUPE DE TRENTON: Calcaire
inclue les formations de Deschambault et Montreal

GRUPE DE BLACK RIVER Calcaire

GRUPE DE CHAZY Calcaire

GRUPE DE BEEKMANTOWN

FORMATION DE CARILLON: Calcaire

FORMATION DE BEAUHARNOIS Dolomie

Memore de Huntington

Membre de Ogdensberg

FORMATION DE THERESA: Dolomie

Cambrien Supérieur

GRUPE DE POTSDAM: Grès

FORMATION DE CAIRNSIDE

FORMATION DE COVEY HILL

Protérozoïque

Socle grenvillien

SYMBOLE

Affleurements revisités

Affleurements compliés

Forage CGO

Forage au roc complié

Forage pétrolier

Contact lithologique

Faïlle probable

Faïlle supposée

Axe synclinal

Axe Anticlinal

Coupe 1

Coupe 2

Coupe 3

Coupe 4

Coupe 5

AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle 1/200 000



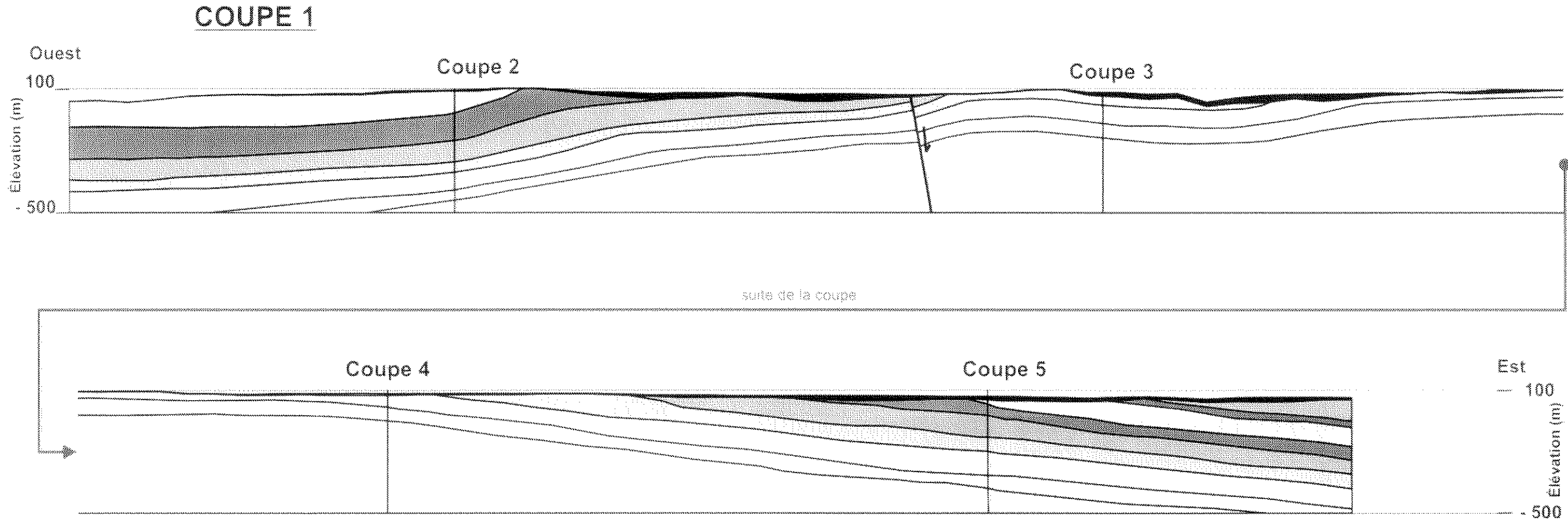
Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Font de carte numérique: Géomatique Canada
Modifications au fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Auteurs:
M. Rocher, O. Salad-Hersi et S. Castonguay
2000
INRS - Eau, Terre et Environnement,
Université du Québec,
Québec, G1V 4C7

S. Castonguay
2000
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada
Québec, G1V 4C7

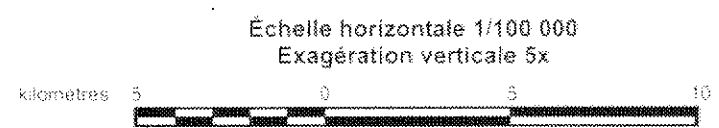
COUPE HR-2.2 GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM ROCHEUX



LÉGENDE

- | | | |
|---|--|---|
| <p>Crétacé</p> <ul style="list-style-type: none"> Intrusion alcaline | <p>Ordovicien</p> <ul style="list-style-type: none"> GROUPE DE TRENTON: Calcaire
inclut les formations de Deschambault et Montreal GROUPE DE BLACK RIVER: Calcaire GROUPE DE CHAZY: Calcaire GROUPE DE BEEKMANTOWN: <ul style="list-style-type: none"> FORMATION DE CARILLON: Calcaire FORMATION DE BEAUHARNOIS: Dolomie Membre de Huntington Membre de Ogdensberg FORMATION DE THERESA: Dolomie | <p>Cambrien Supérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> GROUPE DE POTSDAM: Gres FORMATION DE CAIRNSIDE FORMATION DE COVEY HILL <p>Protérozoïque</p> <ul style="list-style-type: none"> Socle grenvillien |
|---|--|---|

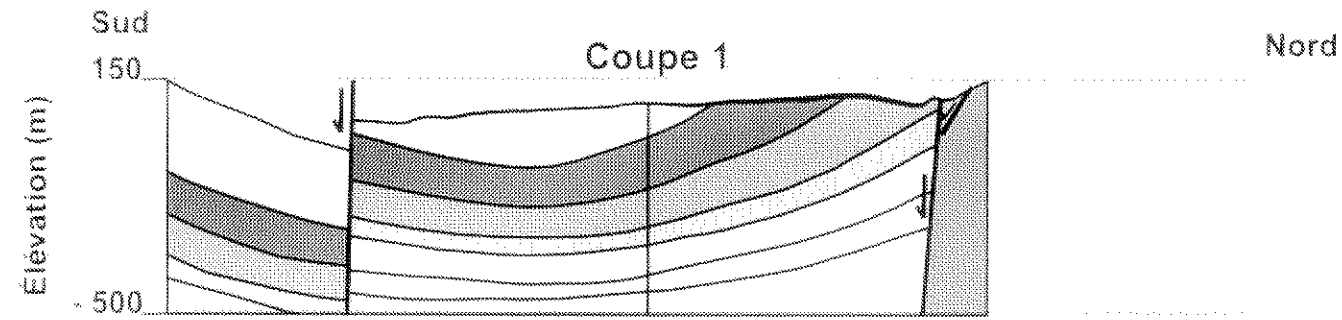
AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC



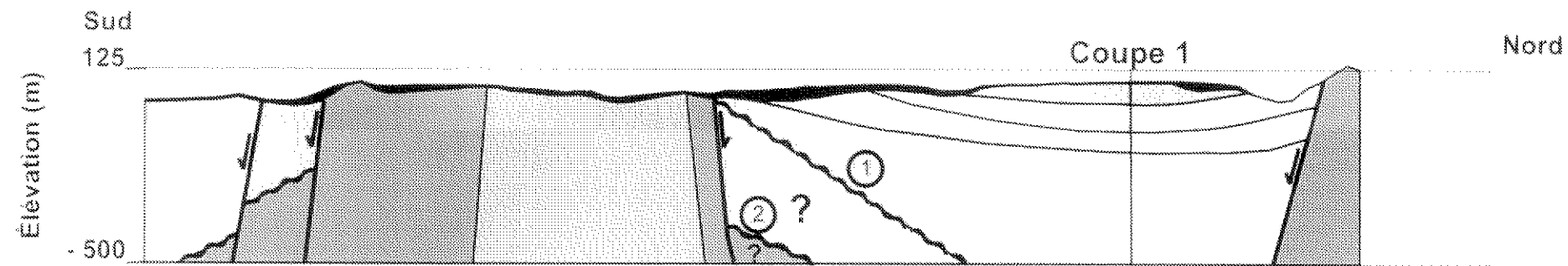
Auteur:
S. Castonguay
2001
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

COUPES HR-2.3 GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM ROCHEUX

Coupe 2



Coupe 3



Hypothèse ① Discordance faiblement pentée

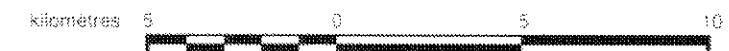
Hypothèse ② Contact faillé fortement penté avec discordance enfouie

LÉGENDE

<p>Formations superficielles</p> <p>Crétacé</p> <p>Intrusion alcaline</p>	<p>Ordovicien</p> <p>GRUPE DE TRENTON: Calcaire inclue les formations de Deschambault et Montreal</p> <p>GRUPE DE BLACK RIVER Calcaire</p> <p>GRUPE DE CHAZY Calcaire</p> <p>GRUPE DE BEEKMANTOWN</p> <p>FORMATION DE CARILLON Calcaire</p> <p>FORMATION DE BEAUHARNOIS Dolomie</p> <p>Membre de Huntington</p> <p>Membre de Ogdansberg</p> <p>FORMATION DE THERESA Dolomie</p>	<p>Cambrien Supérieur</p> <p>GRUPE DE POTSDAM Grès</p> <p>FORMATION DE CAIRNSIDE</p> <p>FORMATION DE COVEY HILL</p> <p>Protérozoïque</p> <p>Socle grenvillien</p>
---	--	---

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

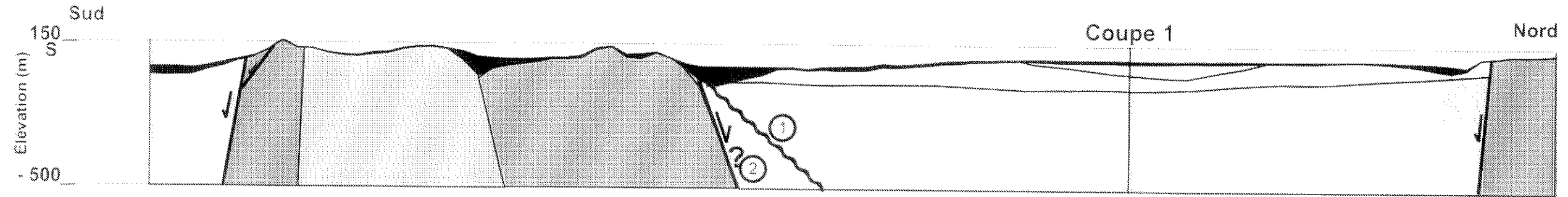
Échelle horizontale 1/100 000
Exagération verticale 5x



Auteur:
S. Castonguay
2001
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

COUPES HR-2.4 GÉOLOGIE DU SUBSTRATUM ROCHEUX

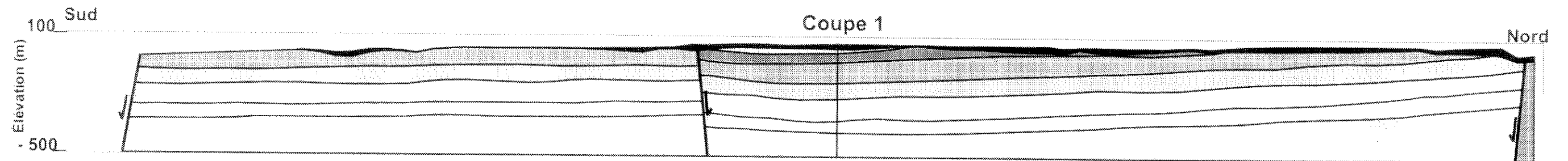
Coupe 4



Hypothèse ① Discordance faiblement pentée

Hypothèse ② Contact faillé fortement penté avec discordance enfouie

Coupe 5



LÉGENDE

<p>Formations superficielles</p> <p>Crétacé</p> <p>Intrusion alcaline</p>	<p>Ordovicien</p> <p>GROUPÉ DE TRENTON: Calcaire inclut les formations de Deschambault et Montreal</p> <p>GROUPÉ DE BLACK RIVER: Calcaire</p> <p>GROUPÉ DE CHAZY: Calcaire</p> <p>GROUPÉ DE BEEKMANTOWN</p> <p>FORMATION DE CARILLON: Calcaire</p> <p>FORMATION DE BEAUHARNOIS: Dolomie</p> <p>Membre de Huntington</p> <p>Membre de Ogdensberg</p> <p>FORMATION DE THERESA: Dolomie</p>	<p>Cambrien Supérieur</p> <p>GROUPÉ DE POTSDAM: Grès</p> <p>FORMATION DE CAIRNSIDE</p> <p>FORMATION DE COVEY HILL</p> <p>Protérozoïque</p> <p>Socle granvillien</p>
---	---	---

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle horizontale 1/100 000
Exagération verticale 5x



Notation bibliographique conseillée:
(rapport) G1V 4C7
2001
Commission géologique du Canada.
Ressources naturelles Canada.
Québec, G1V 4C7
Source:
(?)

CARTE HR-2.5 ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOCLE ROCHEUX

LÉGENDE

ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOCLE ROCHEUX (m)

-50 à -40	10 à 20	70 à 80	130 à 140	190 à 200 m
-40 à -30	20 à 30	80 à 90	140 à 150	200 à 210 m
-30 à -20	30 à 40	90 à 100	150 à 160	
-20 à -10	40 à 50	100 à 110	160 à 170	
-10 à 0	50 à 60	110 à 120	170 à 180	
0 à 10	60 à 70	120 à 130	180 à 190	

Élévation en mètre au-dessus du niveau moyen de la mer.
Équidistance des courbes 10 m

SYMBOLES

Points de mesures atteignant le socle rocheux (3739 points)

Forages terminés dans les dépôts meubles (474 points)

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

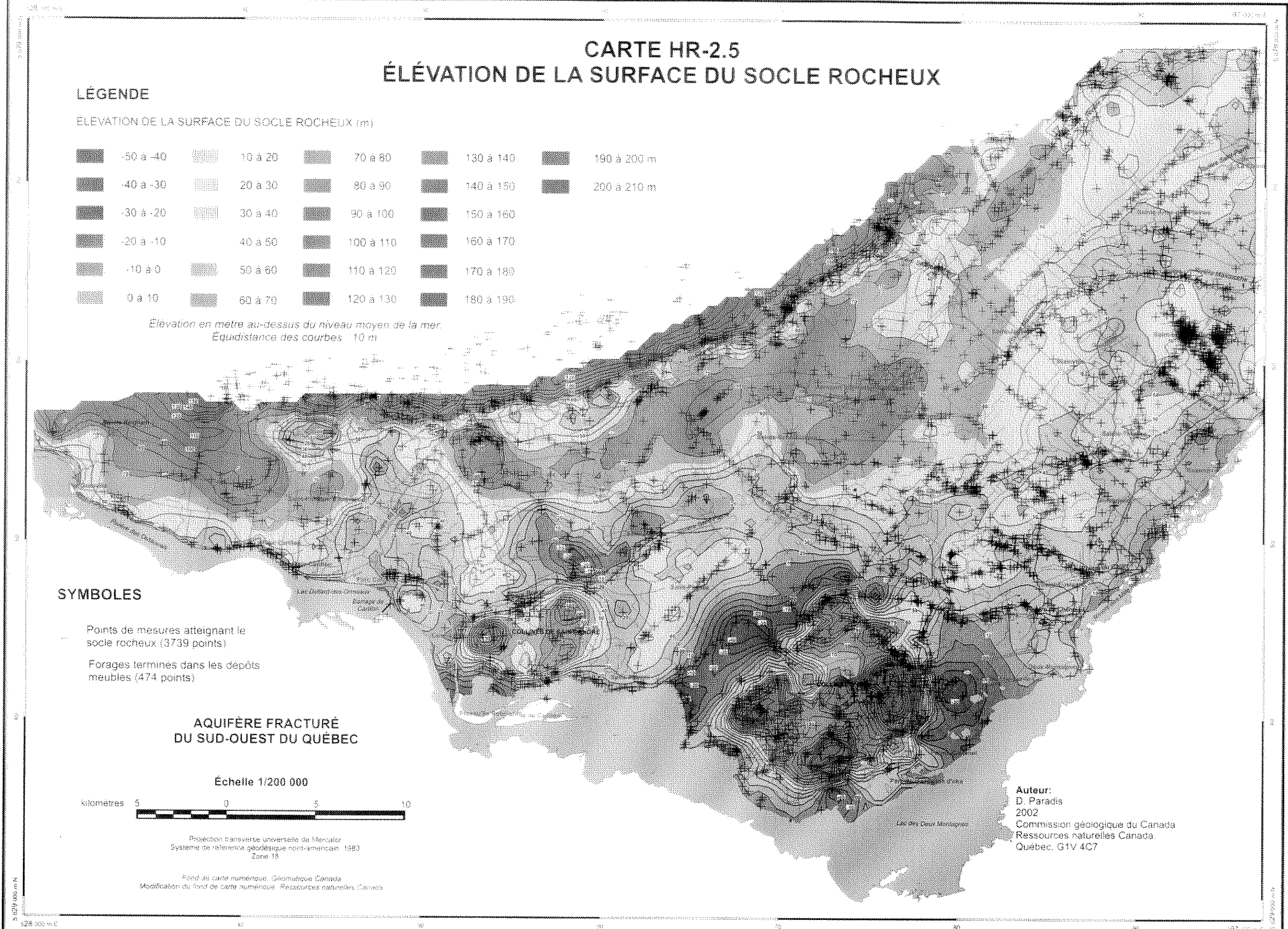
Échelle 1/200 000



Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Géomatique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

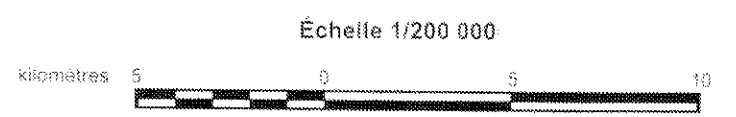
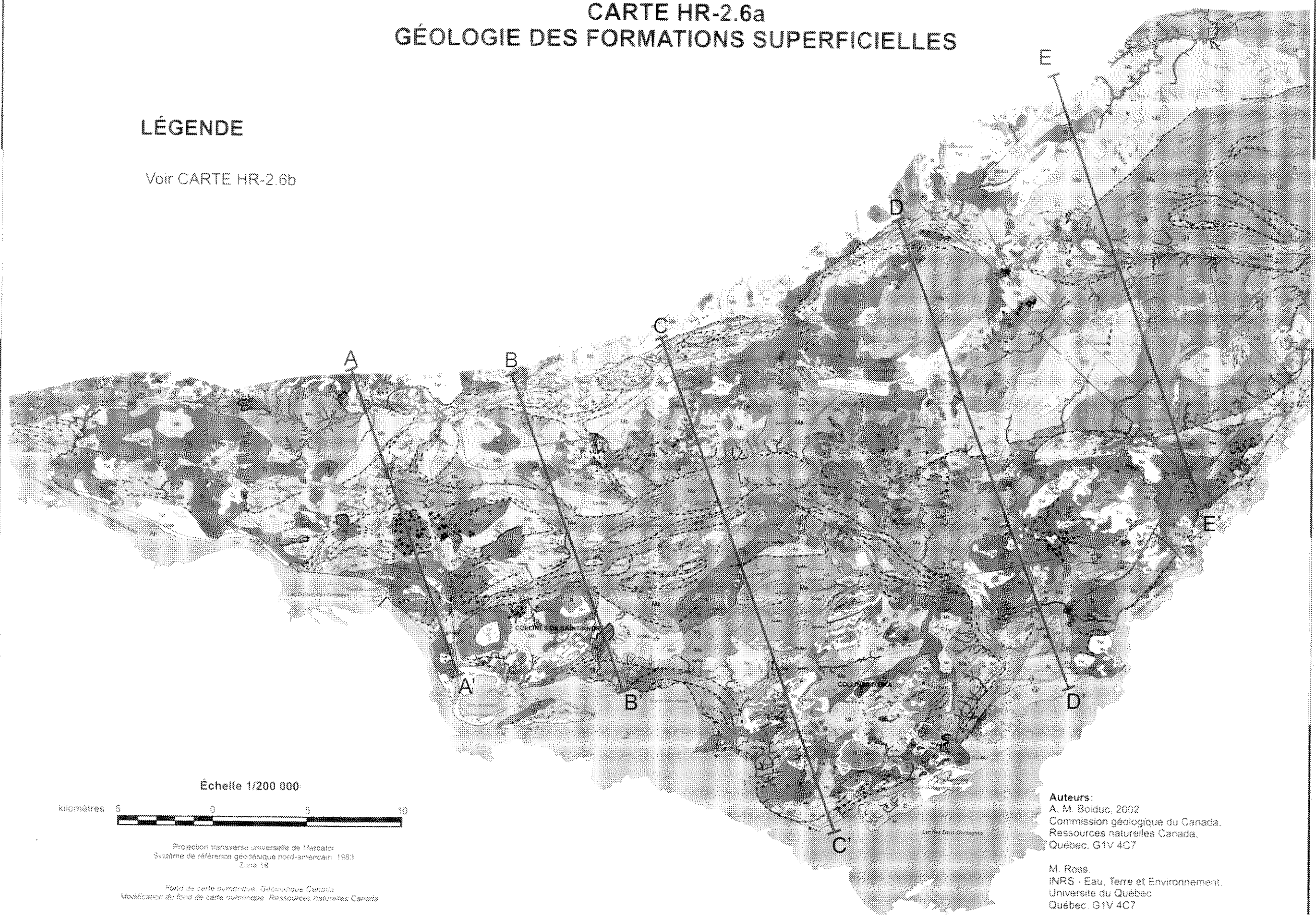
Auteur:
D. Paradis
2002
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada
Québec, G1V 4C7



CARTE HR-2.6a GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

LÉGENDE

Voir CARTE HR-2.6b



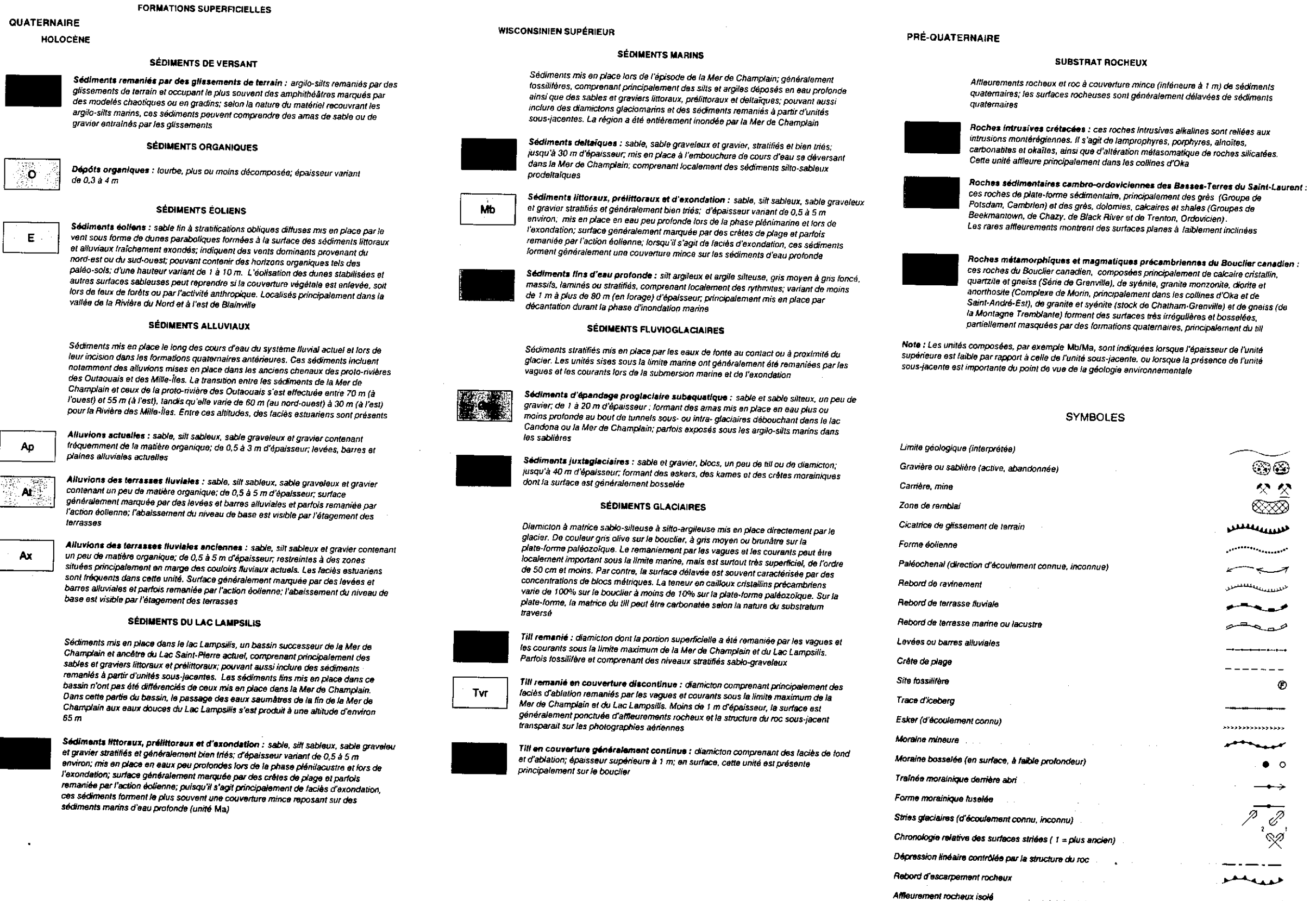
Projection transverse universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18
Fond de carte numérique: Géomatique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Auteurs:
A. M. Bolduc, 2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

M. Ross,
INRS - Eau, Terre et Environnement,
Université du Québec
Québec, G1V 4C7

FIGURE HR-2.6b

GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES : LÉGENDE



COUPES HR-2.7 GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

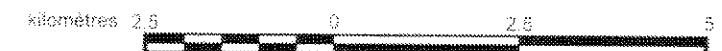
LÉGENDE *

- E Sédiments éoliens
- Ap Alluvions actuelles
- At Alluvions de terrasses fluviales
- Ax Alluvions des terrasses anciennes
- Mb Sédiments littoraux et d'exondation
- Ma Sédiments fins d'eau profonde
- Gs Sédiments proglaciaires subaquatiques
- Gx Sédiments juxtagiaciaires
- T Till
- Q Formations superficielles non-différenciées
- R Substrat rocheux non-différencié

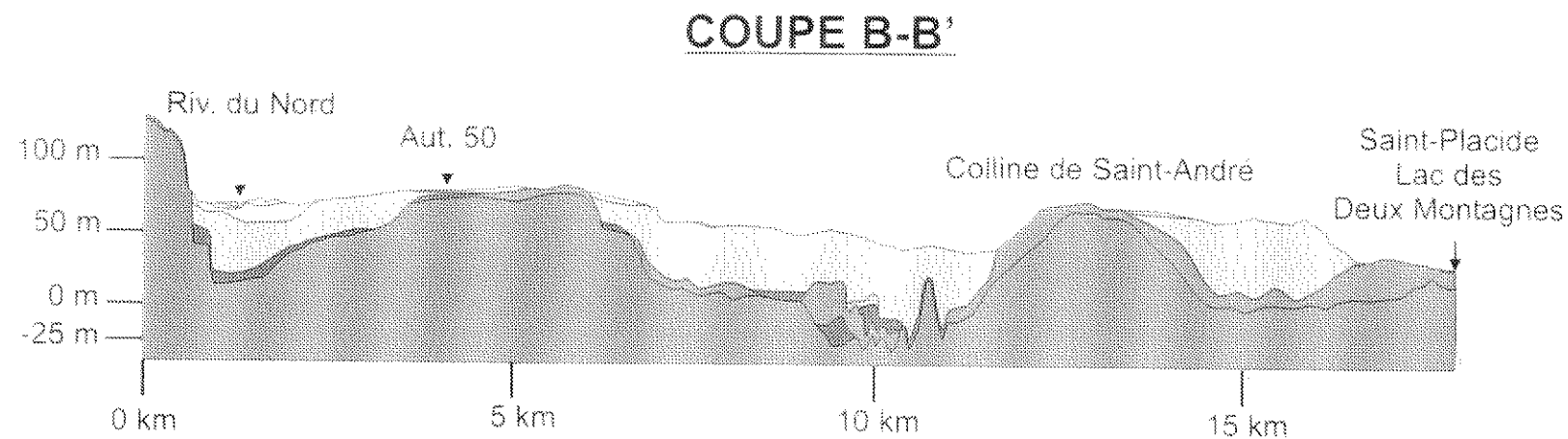
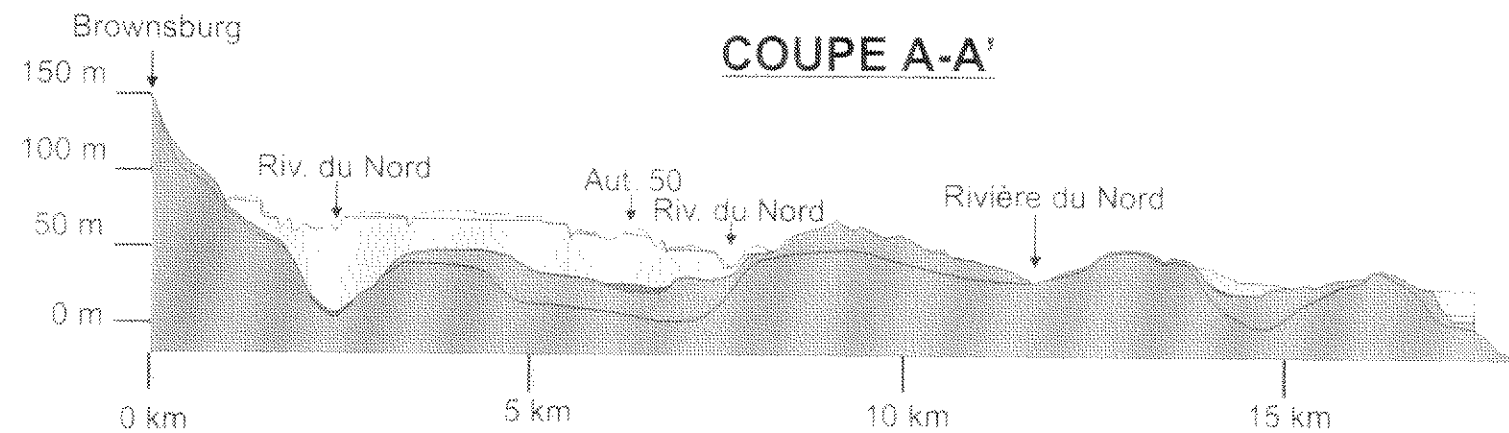
* Voir légende plus détaillée
à la CARTE HR-2.6b

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle horizontale 1/100 000
Exagération verticale 20x

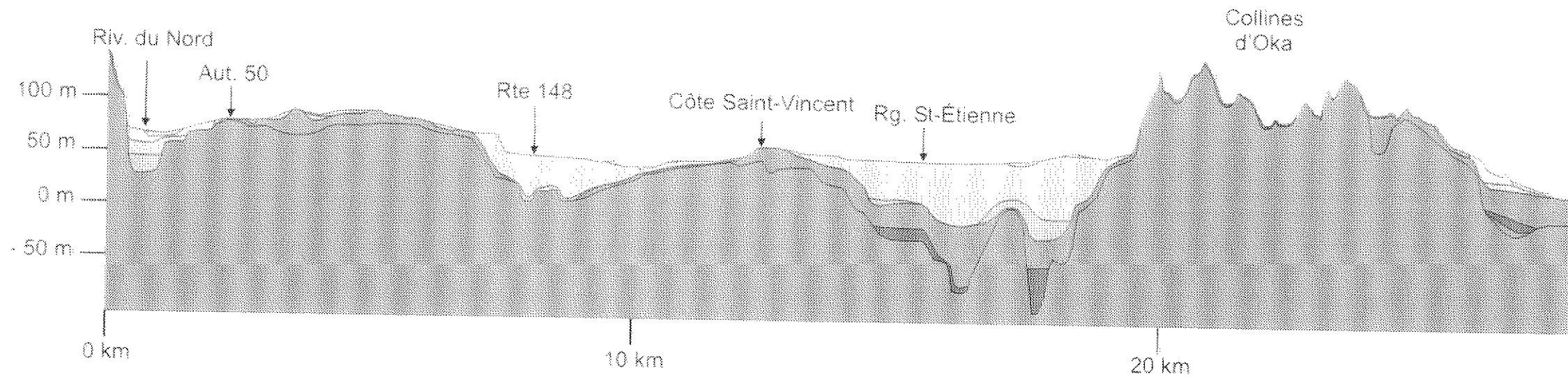


Auteur:
M. Ross
2002
Commission géologique du Canada.
Ressources naturelles Canada.
Québec, G1V 4C7



COUPE HR-2.8 GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

COUPE C-C'



LÉGENDE*

E Sédiments éoliens	Gs Sédiments proglaciaires subaquatiques
Ap Alluvions actuelles	Gx Sédiments juxtaglaciaires
At Alluvions de terrasses fluviales	T Till
Ax Alluvions des terrasses anciennes	Q Formations superficielles non-différenciées
Mb Sédiments littoraux et d'exondation	R Substrat rocheux non-différencié
Ma Sédiments fins d'eau profonde	

* Voir légende plus détaillée
à la CARTE HR-2.6b

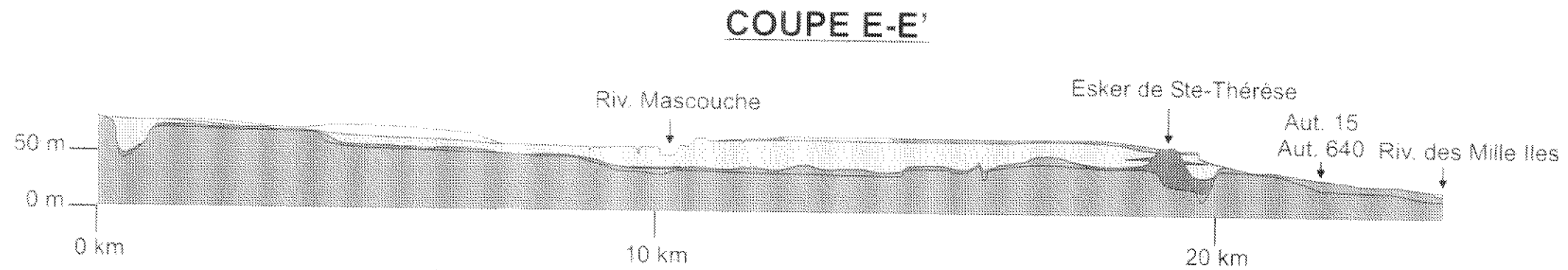
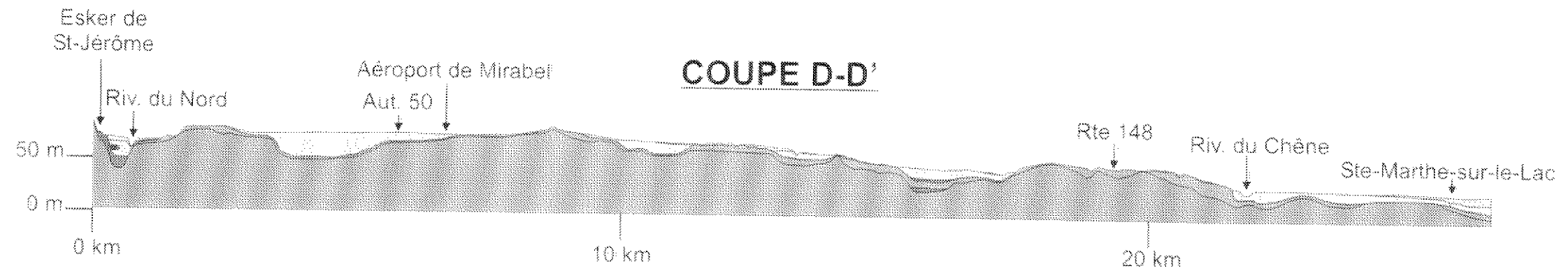
AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle horizontale 1/100 000
Exagération verticale 20x



Auteur:
M. Ross
2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

COUPES HR-2.9 GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES



LÉGENDE*

E Sédiments éoliens	Gs Sédiments proglaciaires subaquatiques
Ap Alluvions actuelles	Gx Sédiments juxtaglaciaires
At Alluvions de terrasses fluviales	T Till
Ax Alluvions des terrasses anciennes	Q Formations superficielles non-différenciées
Mb Sédiments littoraux et d'exondation	R Substrat rocheux non-différencié
Ma Sédiments fins d'eau profonde	

* Voir légende plus détaillée
à la CARTE HR-2.6b

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle horizontale 1/100 000
Exagération verticale 20x



Auteur:
M. Ross
2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

CARTE HR-2.10 ÉPAISSEUR DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

LÉGENDE

ÉPAISSEUR DES FORMATIONS SUPERFICIELLES (m)

	0 à 10		60 à 70
	10 à 20		70 à 80
	20 à 30		80 à 90
	30 à 40		90 à 100
	40 à 50		100 à 110
	50 à 60		110 à 120

Élévation en mètre au-dessus du niveau moyen de la mer.
Équidistance des courbes : 10 m.

SYMBOLES

Points de mesures atteignant le socle rocheux (3739 points)

Forages terminés dans les dépôts meubles (474 points)

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle 1/200 000

kilomètres 5 0 5 10

Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Géologie Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Auteur:
D Paradis
2002
Commission géologique du Canada.
Ressources naturelles Canada.
Québec, G1V 4C7

5 112 91 000 m N

528 000 m E

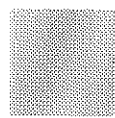
5 112 91 000 m N

597 000 m E

CARTE HR-2.11 CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

LÉGENDE

Condition de nappe libre ou semi-captive



Épaisseur de till, sable ou gravier > 5 mètres

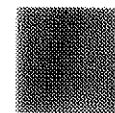


Épaisseur de till, sable ou gravier < 5 mètres

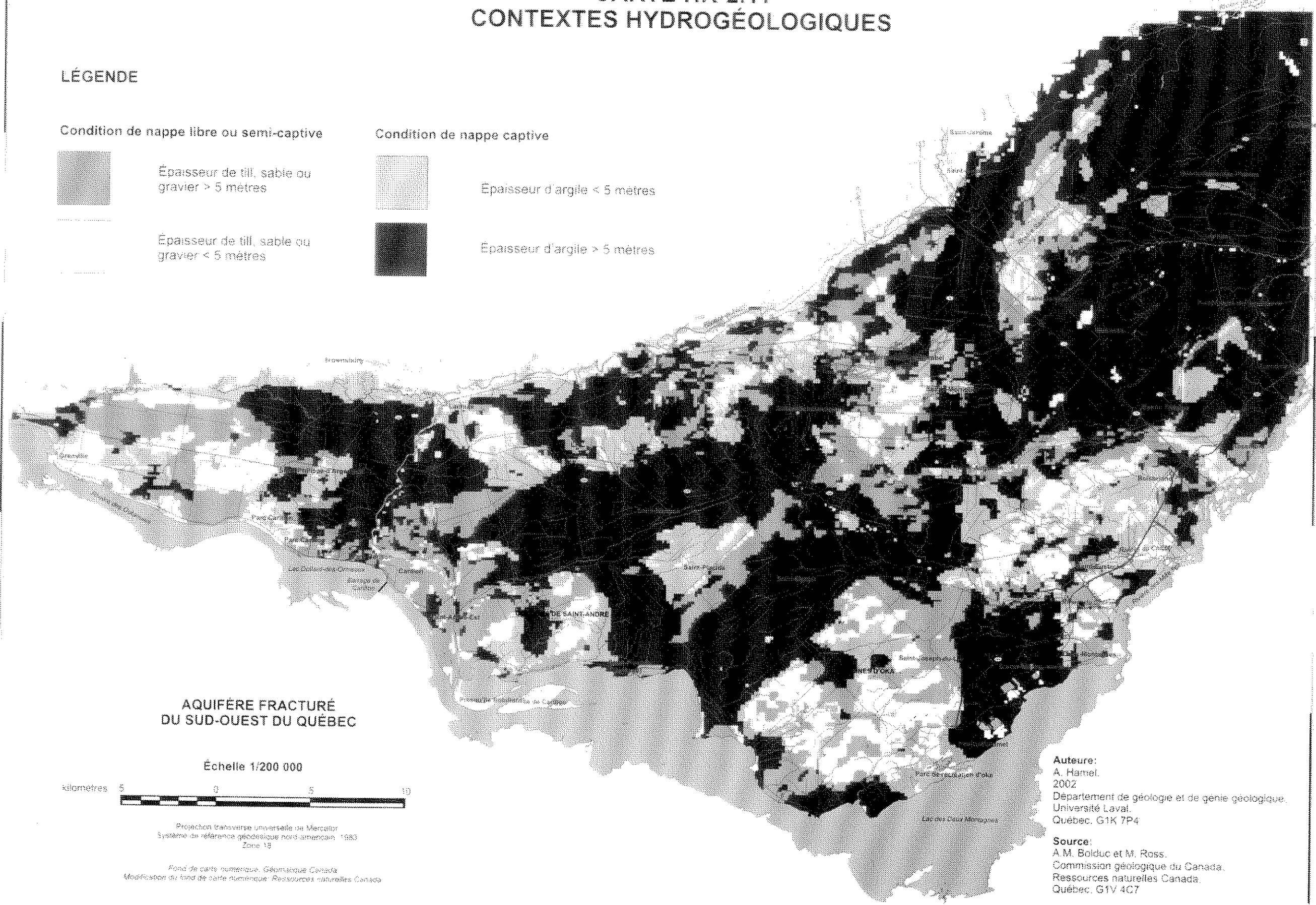
Condition de nappe captive



Épaisseur d'argile < 5 mètres



Épaisseur d'argile > 5 mètres



**AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC**

Échelle 1/200 000



Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain, 1983
Zone 18

Fond de carte numérique, Géomatica Canada
Modification du fond de carte numérique, Ressources naturelles Canada

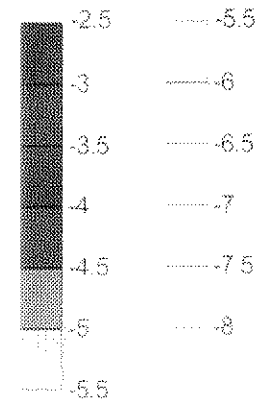
Auteur:
A. Hamel,
2002
Département de géologie et de génie géologique,
Université Laval,
Québec, G1K 7P4

Source:
A.M. Bolduc et M. Ross,
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

CARTE HR-2.12 LOGARITHME DE LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE DU SOCLE ROCHEUX

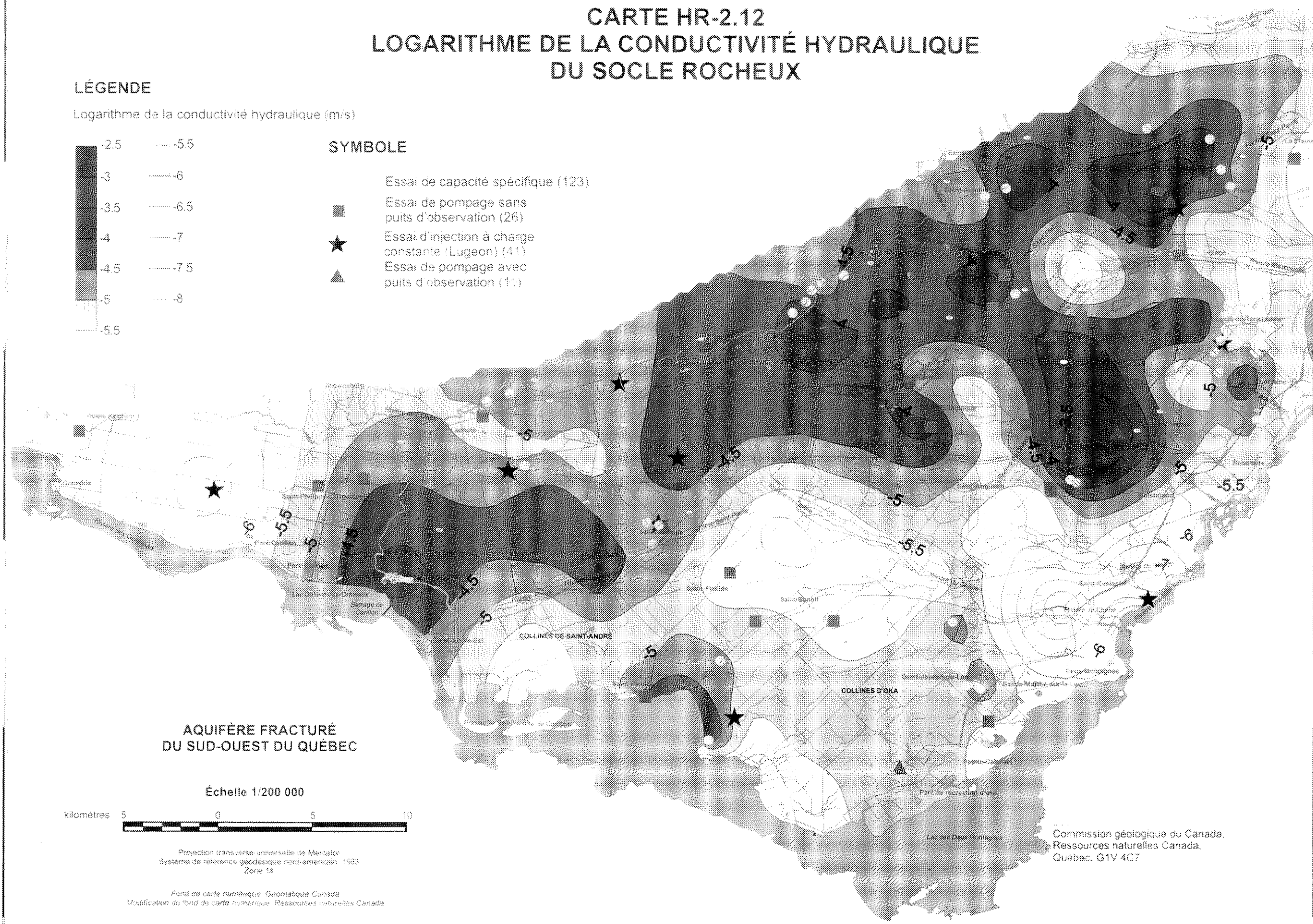
LÉGENDE

Logarithme de la conductivité hydraulique (m/s)



SYMBOLE

- Essai de capacité spécifique (123)
- Essai de pompage sans puits d'observation (26)
- ★ Essai d'injection à charge constante (Lugeon) (41)
- ▲ Essai de pompage avec puits d'observation (11)



AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle 1/200 000



Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Geomatics Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

CARTE HR-2.13 ÉLÉVATION DE LA SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

LÉGENDE

ÉLÉVATION DE LA SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE
DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX (m)

■	-20 à -10	■	50 à 70	■	140 à 150
■	-10 à 0	■	70 à 80	■	150 à 160
■	0 à 10	■	80 à 90	■	160 à 170
■	10 à 20	■	90 à 100		
■	20 à 30	■	100 à 110		
■	30 à 40	■	110 à 120		
■	40 à 50	■	120 à 130		
■	50 à 60	■	130 à 140		

MESURES D'ÉLÉVATION DE LA SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE

- Mesures, juillet à octobre 1999 (247)
- Mesures, mai-décembre 2000 (10)
- Cours d'eau (69)
- Mesures antérieures: 1952 à 1998 (143)
- Estimations (36)

Élévation en mètre au-dessus du niveau moyen de la mer.
Équidistance des courbes : 10 m.

SYMBOLES

- ↗ Puits couulants (22)
- Direction générale d'écoulement de l'eau souterraine
- ⚡ Carrière

AQUIFÈRE FRACTURÉ DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle 1/200 000



Projection transverse universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Geomatics Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Auteur:
D. Paradis
2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

CARTE HR-3.1 DISTRIBUTION DES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

LÉGENDE

Provenance de l'échantillon d'eau souterraine (nombre de sites d'échantillonnage)

- ▼ Sédiments de surface (7)
- ▲ Sédiments sous l'argile (13)
- ◆ Mixte (Roches et sédiments sous l'argile) (9)
- Roc (115)
- ☐ Source captée (2)

Localisation pour niveaux d'échantillonnage multiples



**AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC**

Échelle 1/200 000



Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Géotique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada

Auteurs:
É. Bourque et V. Cloutier
2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

LÉGENDE

Crétacé

Intrusion alcaline

Ordovicien

GROUPES DE TRENTON - Calcaire
 (sauf les formations de Deschambault et Montreal)

GROUPES DE BLACK RIVER - Calcaire

GROUPES DE CHAZY - Calcaire

GROUPES DE BEEKMANTOWN - Dolomie

FORMATION DE CARILLON (principalement calcaire)

FORMATION DE BEAUHARNOIS

Membre de Huntington

Membre de Ogdensberg

FORMATION DE THERESA

Cambrien Supérieur

GROUPES DE POTSDAM - Gres

FORMATION DE CAIRNSIDE

FORMATION DE COVEY HILL

Proterozoïque

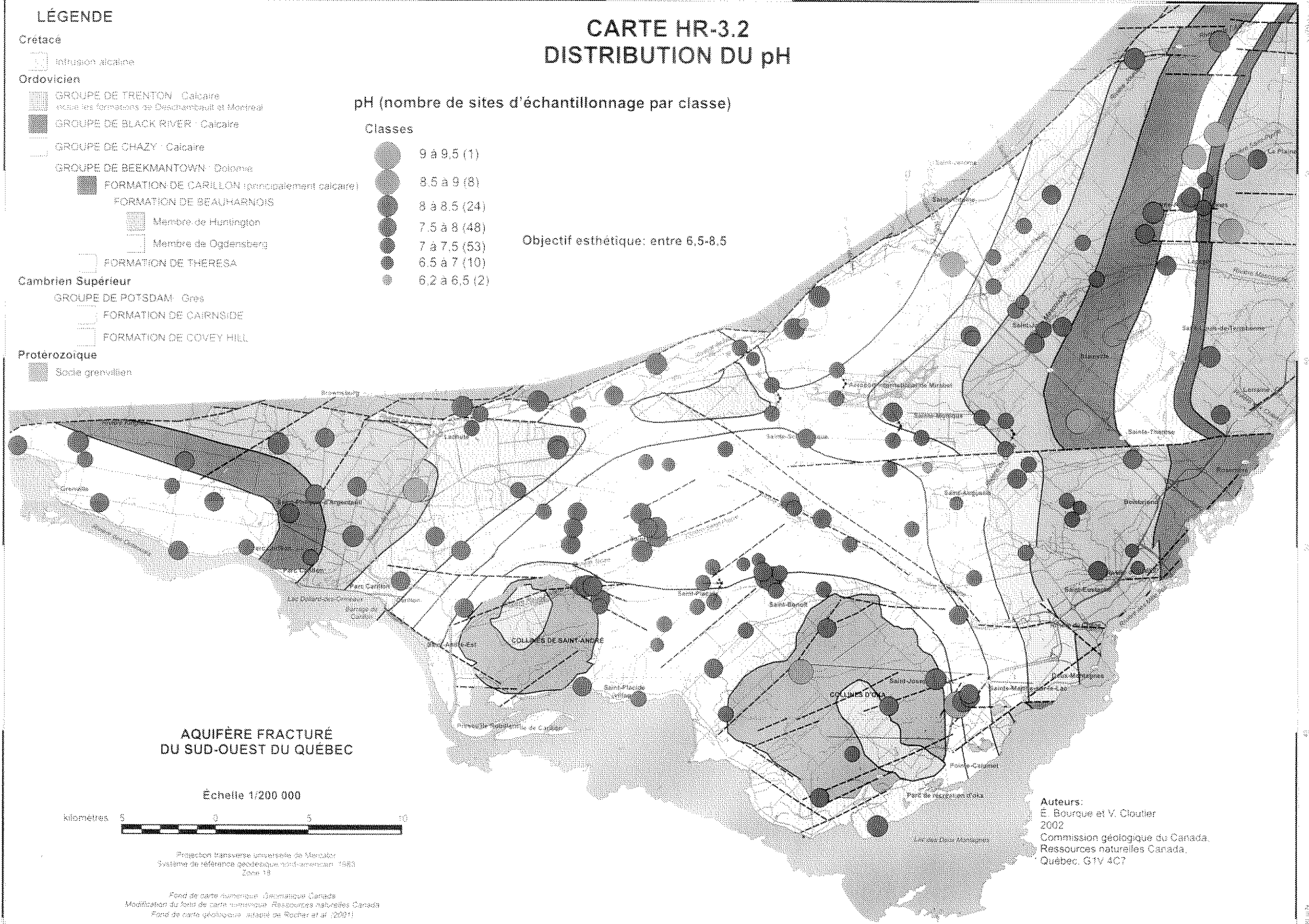
Socle grenvillien

CARTE HR-3.2 DISTRIBUTION DU pH

pH (nombre de sites d'échantillonnage par classe)

Classes	
● (1)	9 à 9,5 (1)
● (8)	8,5 à 9 (8)
● (24)	8 à 8,5 (24)
● (48)	7,5 à 8 (48)
● (53)	7 à 7,5 (53)
● (10)	6,5 à 7 (10)
● (2)	6,2 à 6,5 (2)

Objectif esthétique: entre 6,5-8,5



**AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC**

Échelle 1/200 000



Projection transverse universelle de Mercator
 Système de référence géodésique nord-américain 1983
 Zone 18

Fond de carte numérique: Géomatics Canada
 Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada
 Fond de carte géologique: Institut de la Recherche en Géologie (2001)

Auteurs:
 É. Bourque et V. Cloutier
 2002
 Commission géologique du Canada,
 Ressources naturelles Canada,
 Québec, G1V 4C7

LÉGENDE

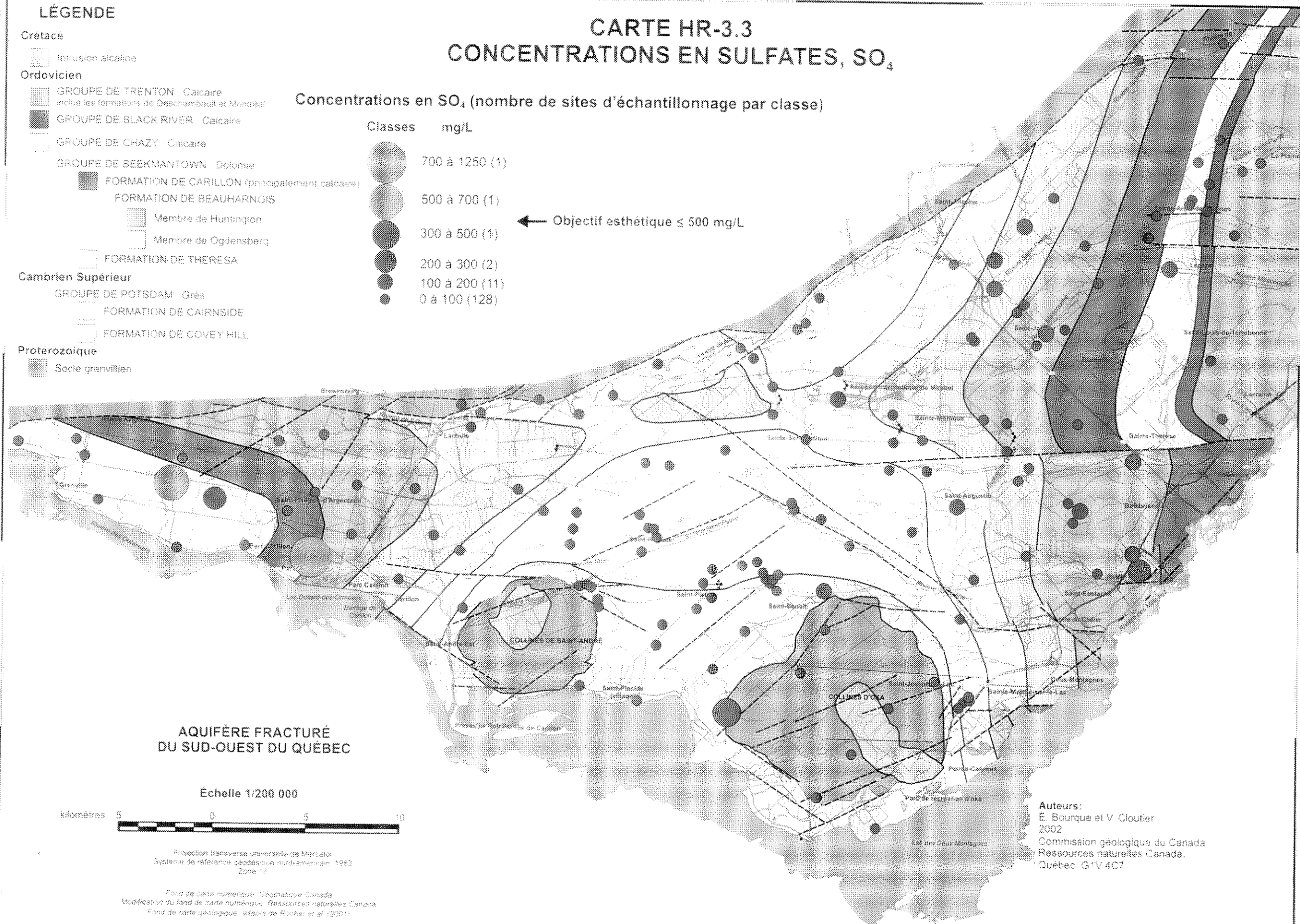
- Crétacé**
- Intrusion alcaline
- Ordovicien**
- GROUPES DE TRENTON - Calcaire (inclut les formations de Deschambault et Montréal)
 - GROUPES DE BLACK RIVER - Calcaire
 - GROUPES DE CHAZY - Calcaire
 - GROUPES DE BEEKMANTOWN - Dolomie
 - FORMATION DE CARILLON (principalement calcaire)
 - FORMATION DE BEAUHARNOIS
 - Membre de Huntington
 - Membre de Ogdensberg
 - FORMATION DE THERESA
- Cambrien Supérieur**
- GROUPES DE POTSDAM - Grès
 - FORMATION DE CAIRNSIDE
 - FORMATION DE COVEY HILL
- Protérozoïque**
- Socle granvillien

CARTE HR-3.3
CONCENTRATIONS EN SULFATES, SO₄

Concentrations en SO₄ (nombre de sites d'échantillonnage par classe)

Classes	mg/L
(Large circle)	700 à 1250 (1)
(Medium-large circle)	500 à 700 (1)
(Medium circle)	300 à 500 (1)
(Medium-small circle)	200 à 300 (2)
(Small circle)	100 à 200 (11)
(Very small circle)	0 à 100 (128)

← Objectif esthétique ≤ 500 mg/L



**AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC**

Échelle 1/200 000



Projection transverse universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Géomatique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada
Fond de carte géologique: Atlas de Rocher et al. (2001)

Auteurs:
E. Bourque et V. Cloutier
2002
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada,
Québec, G1V 4C7

LÉGENDE

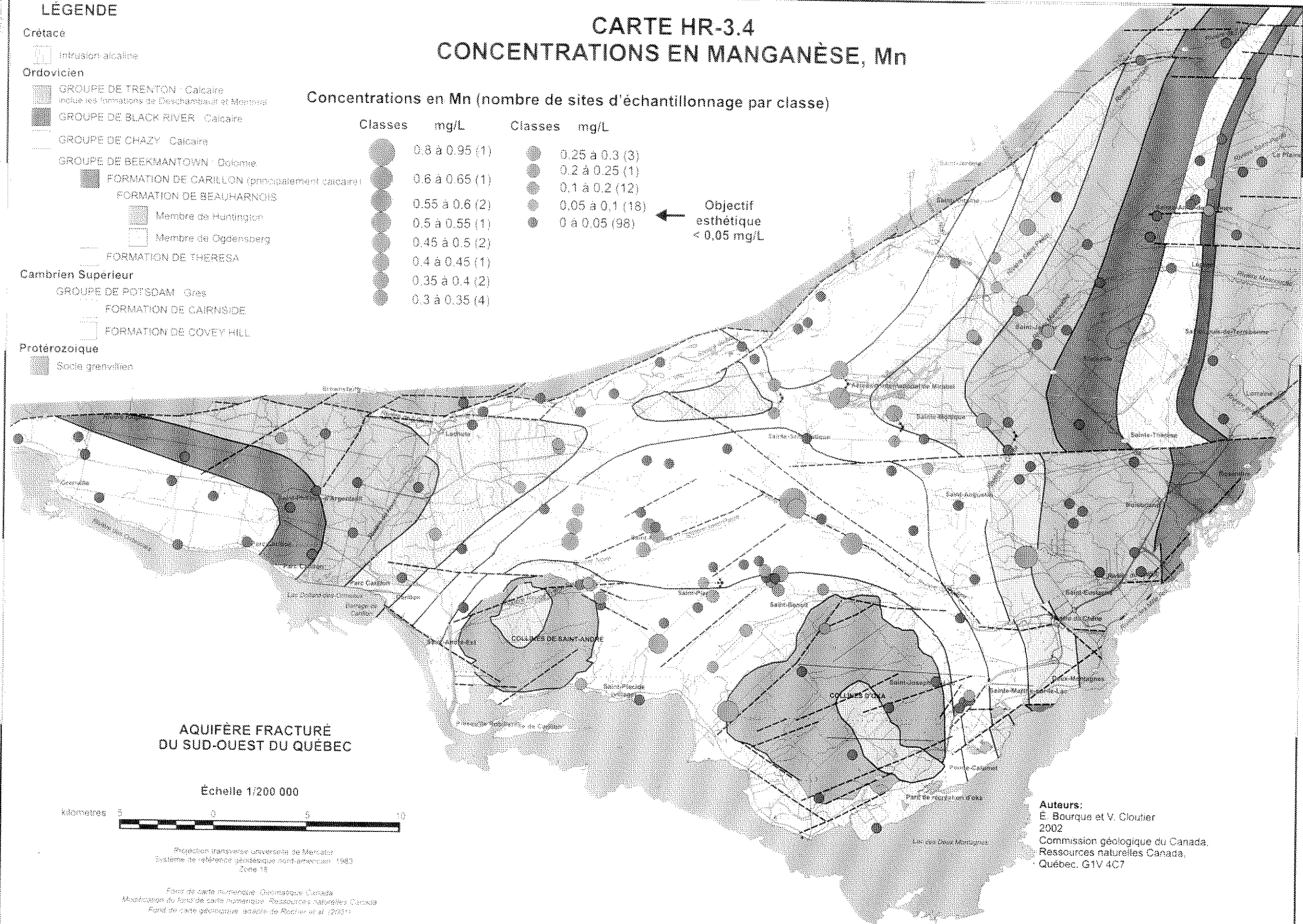
- Crétacé**
- Intrusion alcaline
- Ordovicien**
- GRUPE DE TRENTON - Calcaire (inclue les formations de Deschambault et Montevill)
 - GRUPE DE BLACK RIVER - Calcaire
 - GRUPE DE CHAZY - Calcaire
 - GRUPE DE BEEKMANTOWN - Dolomie
 - FORMATION DE CARILLON (principalement calcaire)
 - FORMATION DE BEAUHARNOIS
 - Membre de Huntington
 - Membre de Ogdensberg
 - FORMATION DE THERESA
- Cambrien Supérieur**
- GRUPE DE POTSDAM - Gres
 - FORMATION DE CAIRNSIDE
 - FORMATION DE COVEY HILL
- Protérozoïque**
- Socle grenvillien

CARTE HR-3.4 CONCENTRATIONS EN MANGANÈSE, Mn

Concentrations en Mn (nombre de sites d'échantillonnage par classe)

Classes	mg/L	Classes	mg/L
●	0.8 à 0.95 (1)	●	0.25 à 0.3 (3)
●	0.6 à 0.65 (1)	●	0.2 à 0.25 (1)
●	0.55 à 0.6 (2)	●	0.1 à 0.2 (12)
●	0.5 à 0.55 (1)	●	0.05 à 0,1 (18)
●	0.45 à 0.5 (2)	●	0 à 0,05 (98)
●	0.4 à 0.45 (1)		
●	0.35 à 0.4 (2)		
●	0.3 à 0.35 (4)		

Objectif esthétique < 0,05 mg/L



AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Échelle 1/200 000



Projection transverse universelle du Mercator
Système de référence géodésique nord-américain - 1983
Zone 18

Faon de carte numérique: Géomatique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada
Fond de carte géologique: base de Rocher et al. (2011)

Auteurs:
E. Bourque et V. Cloutier
2002
Commission géologique du Canada,
Ressources naturelles Canada,
Québec. G1V 4C7

LÉGENDE

Crétacé

Intrusion alcaline

Ordovicien

GROUPÉ DE TRENTON - Calcaire
inclut les formations de Deschambault et Montreal

GROUPÉ DE BLACK RIVER - Calcaire

GROUPÉ DE CHAZY - Calcaire

GROUPÉ DE BEEKMANTOWN - Dolomie

FORMATION DE CARILLON (principalement calcaire)

FORMATION DE BEALHARNOIS

Membre de Huntington

Membre de Ogdensberg

FORMATION DE THERESA

Cambrien Supérieur

GROUPÉ DE POTSDAM - Grès

FORMATION DE CAIRNSIDE

FORMATION DE COVEY HILL

Protérozoïque

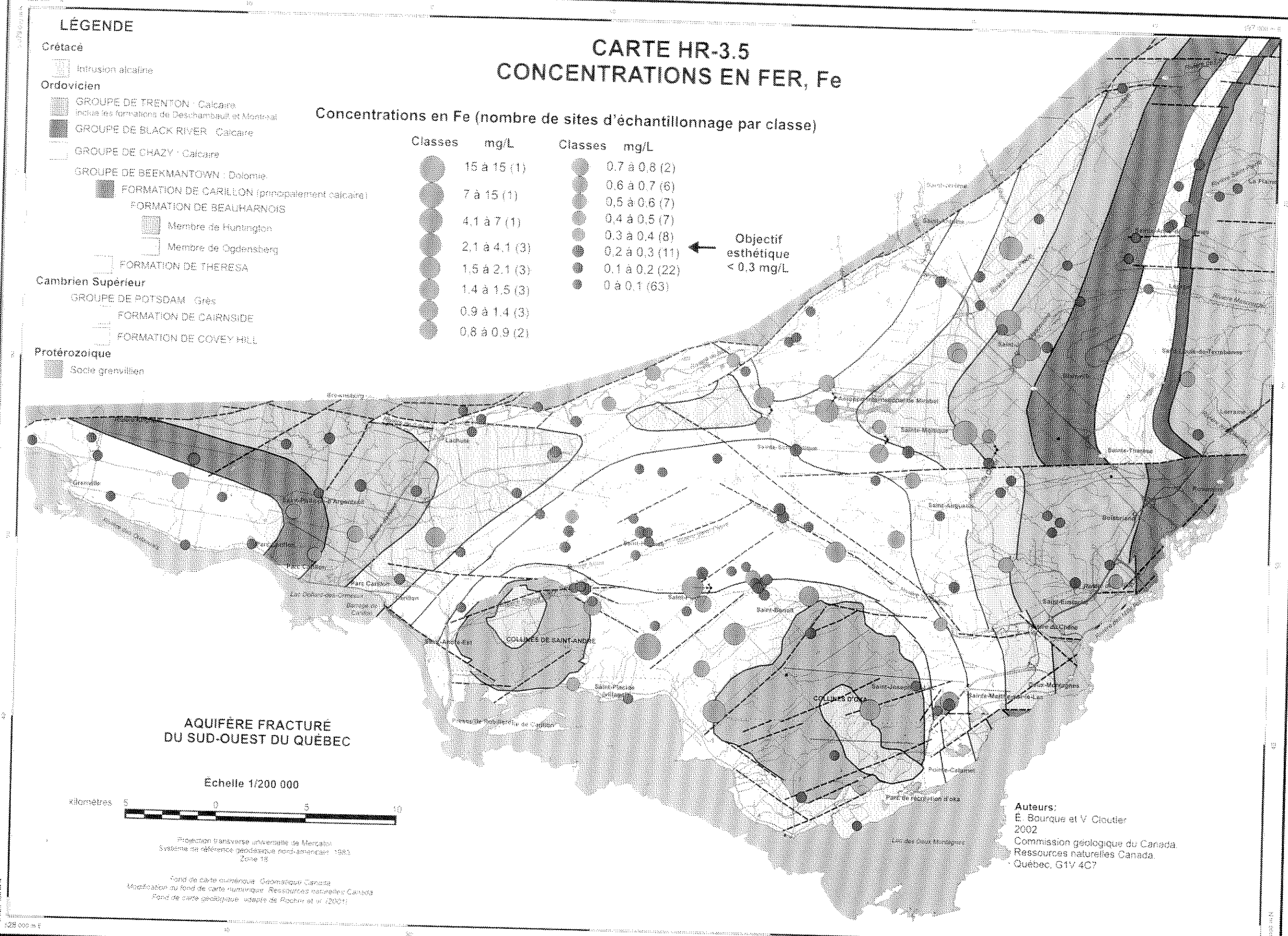
Socle grenvillien

CARTE HR-3.5 CONCENTRATIONS EN FER, Fe

Concentrations en Fe (nombre de sites d'échantillonnage par classe)

Classes	mg/L	Classes	mg/L
●	15 à 15 (1)	●	0.7 à 0.8 (2)
●	7 à 15 (1)	●	0.6 à 0.7 (6)
●	4.1 à 7 (1)	●	0.5 à 0.6 (7)
●	2.1 à 4.1 (3)	●	0.4 à 0.5 (7)
●	1.5 à 2.1 (3)	●	0.3 à 0.4 (8)
●	1.4 à 1.5 (3)	●	0.2 à 0.3 (11)
●	0.9 à 1.4 (3)	●	0.1 à 0.2 (22)
●	0.8 à 0.9 (2)	●	0 à 0.1 (63)

Objectif
esthétique
< 0.3 mg/L



AQUIFÈRE FRACTURÉ
DU SUD-OUEST DU QUÉBEC

Echelle 1/200 000



Projection transversale universelle de Mercator
Système de référence géodésique nord-américain, 1983
Zone 18

Fond de carte numérique: Géomatique Canada
Modification du fond de carte numérique: Ressources naturelles Canada
Fond de carte pédologique: auteurs de Rocher et al. (2001)

Auteurs:
E. Bourque et V. Cloutier
2002
Commission géologique du Canada
Ressources naturelles Canada
Québec, G1V 4C7