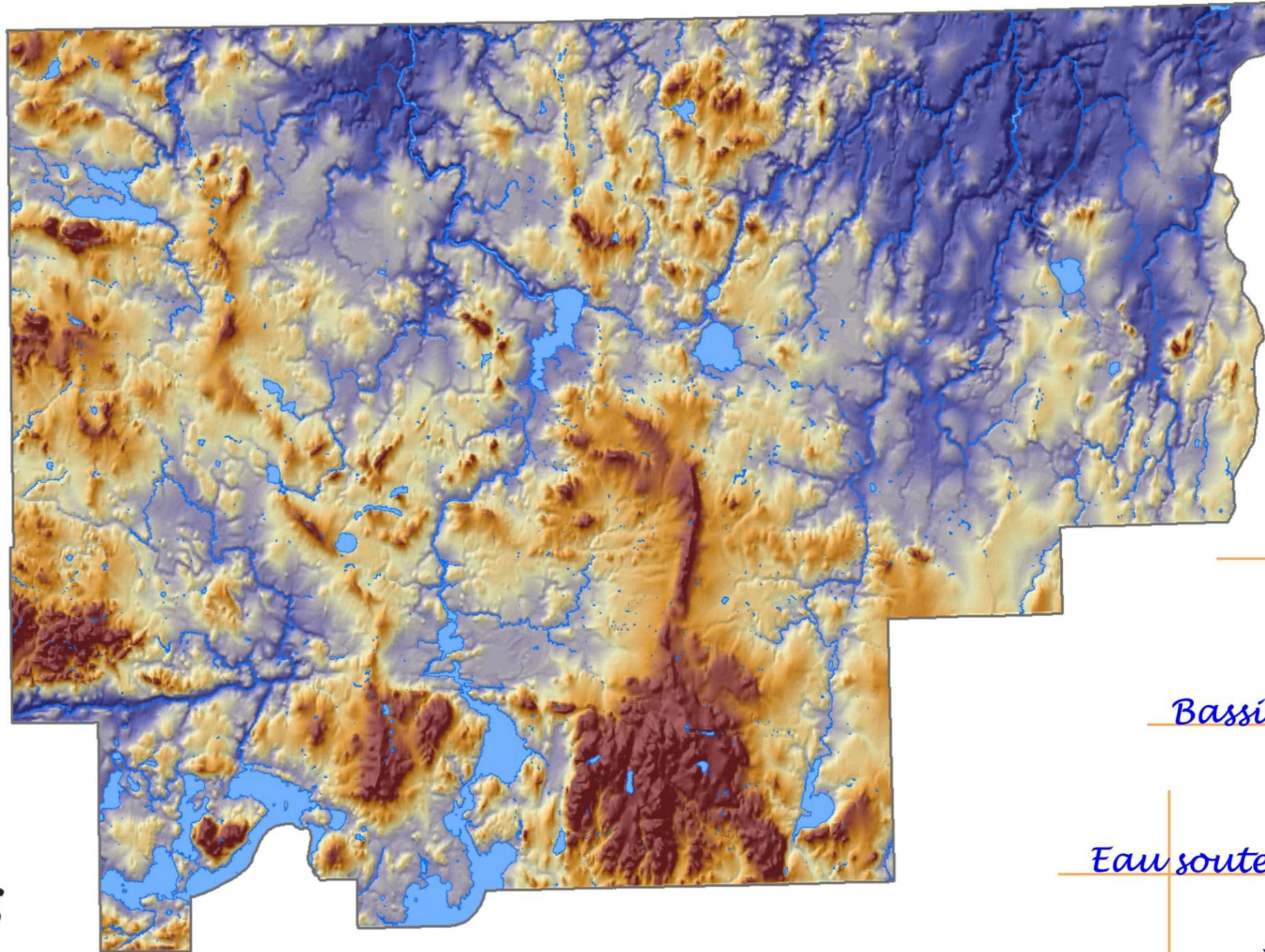


ATLAS SUR LES EAUX SOUTERRAINES DE LA MRC D'ABITIBI



Géologie du Quaternaire

Esker

Bassins versants

Eau souterraine

Hydrogéochimie



**Université du Québec
en Abitibi-Témiscamingue**

ATLAS SUR LES EAUX SOUTERRAINES DE LA MRC D'ABITIBI

**Vincent Cloutier, Jean Veillette, Magalie Roy,
Denis Bois, Frank Gagnon, Hugues de Corta**

Juin 2007

Référence à citer :

Cloutier, V., Veillette, J., Roy, M., Bois, D., Gagnon, F., de Corta, H., 2007. *Atlas sur les eaux souterraines de la MRC d'Abitibi*. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Québec. 24 p. (36 cartes)

PRÉFACE

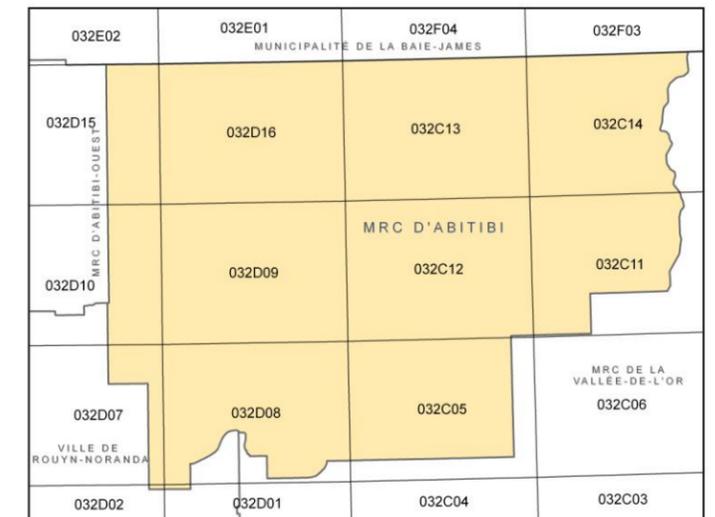
Cet Atlas sur les eaux souterraines est une réalisation du Groupe de recherche sur l'eau souterraine de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) dans le cadre de ses activités de transfert de connaissances portant sur l'eau souterraine du territoire de la MRC d'Abitibi. Le projet fait partie d'une programmation de recherche plus large ayant pour objectif général de développer les connaissances relatives à l'eau souterraine en Abitibi-Témiscamingue dans une perspective de développement durable.

L'Atlas sur les eaux souterraines de la MRC d'Abitibi est un outil essentiel pour diffuser les données acquises aux intervenants locaux et régionaux ainsi que pour faciliter l'intégration de ces connaissances sur l'eau souterraine dans la gestion du territoire. L'objectif principal de l'Atlas est de présenter les résultats de la campagne d'échantillonnage de l'eau souterraine effectuée dans la MRC d'Abitibi à l'été et à l'automne 2006. Le second objectif est de synthétiser et de rendre accessible dans un même document les connaissances régionales sur le territoire incluant la géologie du roc et des formations superficielles, la classification des eskers, les contextes hydrogéologiques et la qualité de l'eau souterraine de la MRC d'Abitibi.

L'Atlas est divisé en deux parties : la *Partie I* est sous la forme d'un rapport explicatif complémentaire aux 36 cartes thématiques et interprétées présentées dans la *Partie II*. Il est important de souligner que les cartes de l'Atlas ont été réalisées à l'échelle régionale. Ainsi, ces cartes peuvent servir de base pour des études locales, mais ne peuvent être utilisées pour formuler des conclusions à des problématiques locales.



Localisation de la région d'étude



Système National de Référence Cartographique

REMERCIEMENTS

Le Groupe de recherche sur l'eau souterraine de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) remercie l'ensemble des partenaires qui ont contribué au financement des activités de recherche depuis 2003. La réalisation de l'Atlas sur les eaux souterraines est l'un des résultats du financement de Développement économique Canada (DEC) pour l'année 2006-2007 dans le cadre de « l'Initiative de diversification économique des collectivités – Rapport Coulombe ». Les autres partenaires qui ont contribué financièrement à la réalisation de cet Atlas et des travaux de recherche sont la MRC d'Abitibi par le biais du Pacte rural, la MRC d'Abitibi et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune par le biais du Volet II, l'UQAT, la Corporation Forêt et recherche Harricana, la Fondation de l'UQAT et le Fonds institutionnel de la recherche de l'UQAT.

L'équipe de recherche tient aussi à remercier ses partenaires scientifiques de la Commission géologique du Canada (CGC), les chercheurs Serge Paradis et Andrée Bolduc, et du Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE), le professeur René Lefebvre et Marie-Noëlle Riverin, pour leur contribution à l'avancement des connaissances sur la géologie, la dynamique d'écoulement et la gestion de l'eau souterraine de l'esker Saint-Mathieu – Berry. De plus, nous remercions Mme Christine Deblonde du Laboratoire de cartographie numérique et de photogrammétrie (LCNP) de la CGC pour son support dans la gestion de la base de données du projet.

Nous tenons à souligner le support de la Ville d'Amos et de la Municipalité de Saint-Mathieu-d'Harricana au développement de la programmation de recherche sur l'eau souterraine à l'UQAT. Actuellement, cette programmation de recherche est supportée financièrement par la Conférence régionale des élus de l'Abitibi-Témiscamingue, la MRC d'Abitibi et l'UQAT.

Enfin, nous remercions sincèrement les propriétaires des puits privés et les municipalités de la MRC d'Abitibi qui nous ont donné accès à leur puits rendant ainsi possible la réalisation des travaux d'échantillonnage de l'eau souterraine.

Partenaires



Collaborateurs scientifiques



TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	II
REMERCIEMENTS	III
PARTIE I – RAPPORT	1
1. Introduction	1
2. Le territoire de la MRC d’Abitibi	3
3. Les contextes géologiques	4
3.1 Géologie du roc	4
3.2 Géologie des formations superficielles	4
4. Les eskers	7
4.1 Classification des eskers	7
4.2 Le modèle conceptuel de l’esker	8
5. L’eau souterraine dans la MRC d’Abitibi	9
5.1 Hydrostratigraphie	10
5.2 Les aquifères de la région	11
5.3 Les contextes hydrogéologiques de la MRC d’Abitibi	12
5.4 Études détaillées de segments d’eskers	15
6. Hydrogéochimie régionale et Qualité de l’eau souterraine	16
6.1 Programme d’échantillonnage de l’eau souterraine	16
6.2 Évaluation de la qualité de l’eau souterraine	19
6.3 Représentation cartographique des données et de la qualité de l’eau	20
7. Conclusions	22
RÉFÉRENCES	23
PARTIE II – CARTES	24
LISTE DES CARTES	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1. Localisation de la MRC d’Abitibi sur le territoire de l’Abitibi-Témiscamingue	1
Figure 3.1. Localisation des eskers et moraine de la MRC d’Abitibi.	5
Figure 4.1. Classification des eskers en quatre types (modifiée de Veillette et al., 2004).	7
Figure 4.2. Modèle conceptuel de l’esker formé en milieu glaciolacustre (modifiée de Veillette et al., 2004)	8
Figure 5.1. Distribution de l’eau souterraine dans le sous-sol.	9
Figure 5.2. Pompage dans l’aquifère de sable de la Figure 5.1.	9
Figure 5.3. Modèle hydrostratigraphique de la MRC d’Abitibi.	10
Figure 5.4. Les deux catégories d’aquifères de la MRC d’Abitibi.	11
Figure 5.5. Types d’aquifères et modèle conceptuel des contextes hydrogéologiques.	12
Figure 5.6. Secteurs d’études détaillées de segments d’eskers.	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1. Type d'alimentation en eau de consommation pour la population de la MRC d'Abitibi et celle de la région de l'Abitibi-Témiscamingue.....	2
Tableau 2.1. Statistiques des municipalités de la MRC d'Abitibi.....	3
Tableau 3.1. Superficie des formations superficielles dans la MRC d'Abitibi	4
Tableau 5.1. Superficie des conditions de nappe dans la MRC d'Abitibi ...	13
Tableau 5.2. Superficie des principales zones de recharge de la MRC d'Abitibi	14
Tableau 6.1. Provenance des 80 échantillons d'eau souterraine prélevés en 2006	16
Tableau 6.2. Liste générale des 29 paramètres chimiques analysés au laboratoire	18
Tableau 6.3. Limites de détection des méthodes d'analyse et statistiques descriptives des 80 échantillons d'eau souterraine.....	18
Tableau 6.4. Comparaison des paramètres analysés aux Recommandations en matière de santé et d'ordre esthétique de Santé Canada (2007) (80 échantillons d'eau souterraine)	19

LISTE DES PHOTOS

Photo 1.1. Médaille d'or obtenue par la Municipalité de Barraute en 2002 au concours de Berkeley Springs.....	2
Photo 1.2. Exemple d'utilisation des eskers : activités d'extraction de sables et graviers sur l'esker de Barraute	2
Photo 3.1. Esker mis en place en milieu sub-aérien.....	5
Photo 3.2. La plaine argileuse entre l'esker Saint-Mathieu – Berry et la Moraine d'Harricana	6
Photo 3.3. Coupe de varves distales avec déformations	6
Photo 4.1. Zone de tourbière à l'est de la Moraine d'Harricana.....	8
Photo 5.1. Un aquifère à nappe libre : la Moraine d'Harricana.....	13
Photo 5.2. Source émergeant en bordure de l'esker Saint-Mathieu – Berry	15
Photo 6.1. Échantillonnage de l'eau souterraine.....	17

PARTIE I – RAPPORT

1. Introduction

À l'échelle planétaire, l'eau est la ressource la plus précieuse mais aussi la plus vulnérable qui soit. Au Canada, près du tiers de la population s'approvisionne en eau souterraine pour leurs besoins domestiques (Environnement Canada, 2004). Le Cadre canadien de collaboration en matière d'eau souterraine a mis en lumière des problématiques reliées à cette importante ressource, dont l'augmentation de la demande, la contamination des nappes par des activités industrielles et agricoles ainsi que l'effet probable des changements climatiques sur la recharge des aquifères (Rivera *et al.*, 2003). De plus, le rapport de la Commission sur la gestion de l'eau au Québec (BAPE, 2000) a fait le constat de l'insuffisance des connaissances sur l'eau souterraine, confirmant ainsi la nécessité de développer des activités de recherche novatrices axées sur cette ressource.

Les eskers, dans certains contextes géologiques, présentent un potentiel aquifère important et peuvent contenir une eau d'une qualité exceptionnelle (Veillette *et al.*, 2004). L'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) a mis sur pied en 2003 un programme de recherche appliquée sur l'eau souterraine en Abitibi-Témiscamingue. Cet ambitieux programme a vu le jour grâce à la mise en place d'un partenariat entre l'UQAT, la Commission géologique du Canada (CGC) et le Centre Eau, Terre et Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE). Le développement de ce programme de recherche est appuyé par le milieu (les municipalités, les gens d'affaires et la population), qui désire participer activement au développement durable de la région.

La MRC d'Abitibi, présentée à la *Figure 1.1*, a été choisie comme région pilote parce qu'on y trouve les eskers les plus volumineux du nord-ouest québécois contenant d'importants aquifères, dont celui de l'esker Saint-Mathieu – Berry qui approvisionne en eau la Ville d'Amos et une usine d'embouteillage à Saint-Mathieu-d'Harricana. Le *Tableau 1.1* montre qu'environ 73 % de la population de l'Abitibi-Témiscamingue s'alimente en eau souterraine pour sa consommation (MDDEP, 2000). De son côté, la population de la MRC d'Abitibi dépend exclusivement de l'eau souterraine pour son alimentation en eau et la majorité de celle-ci, soit environ 55%, s'approvisionne à partir de puits privés (*Tableau 1.1*).

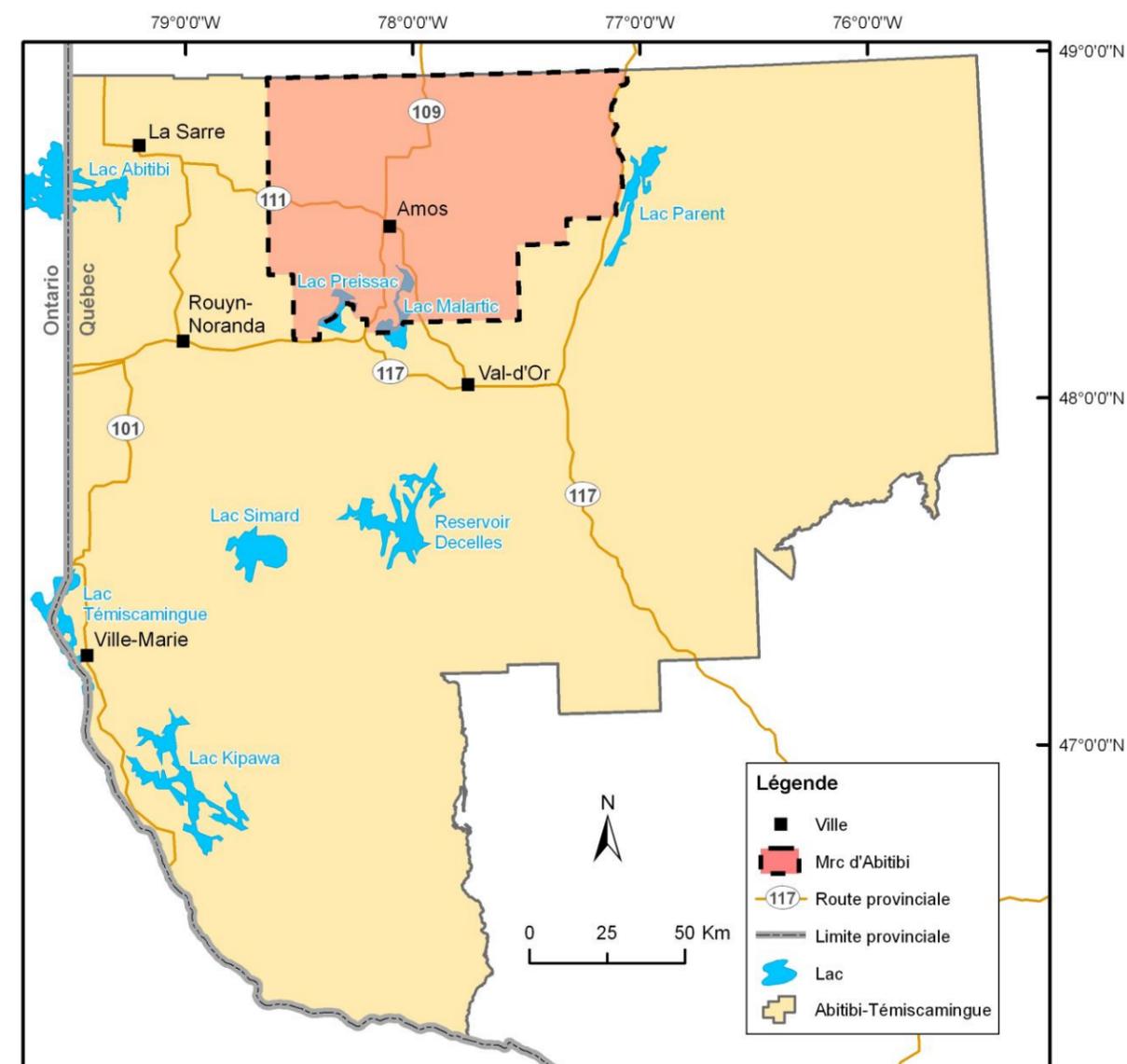


Figure 1.1. Localisation de la MRC d'Abitibi sur le territoire de l'Abitibi-Témiscamingue.

Tableau 1.1. Type d'alimentation en eau de consommation pour la population de la MRC d'Abitibi et celle de la région de l'Abitibi-Témiscamingue

Territoire	Type d'alimentation en eau ^{a,b}		
	Eau de surface	Eau souterraine	
		Réseau	Puits privé
MRC d'Abitibi	0,0 %	45,1 %	54,9 %
Total de la région de l'Abitibi-Témiscamingue	26,6 %	43,2 %	30,2 %

a : Exclut les réseaux privés, les institutions et les entreprises.

b : La population de la MRC et de la région servant aux calculs exclut celle des territoires non organisés et des réserves autochtones.

Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
(<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/fiches/region08.htm>)

Les eskers : Une eau de qualité, un milieu vulnérable!

La qualité exceptionnelle de l'eau tirée des eskers a été reconnue à plusieurs reprises à la compétition internationale de *Berkeley Springs, West Virginia* (voir le site Web <http://www.berkeleysprings.com/water/awards.htm>). La *Photo 1.1* montre l'exemple de l'eau de la Municipalité de Barraute qui s'est distinguée au concours en 2002, distinction qu'a aussi reçue la Ville d'Amos en 2001.

Les eskers de l'Abitibi, lesquels ne représentent qu'environ 5 % du territoire, sont au cœur de nombreux conflits d'usages causés par des utilisations multiples du territoire et de la ressource dont les infrastructures routières et forestières, les gravières, des dépotoirs, les activités récréatives, le captage d'eau (utilisation municipale et industrielle) et l'embouteillage d'eau. La *Photo 1.2* présente un exemple d'utilisation des eskers, soit des activités d'extraction de sables et graviers.

L'excellente qualité de l'eau souterraine associée aux eskers, l'utilisation multiple du territoire, le potentiel aquifère élevé des eskers et leur nature vulnérable justifient les travaux de recherche entrepris pour développer des connaissances relatives à l'eau souterraine. En effet, il est devenu impératif de mieux connaître la ressource en eau souterraine en Abitibi-Témiscamingue, tant au niveau de sa quantité que de sa qualité, afin d'en assurer la saine gestion et la protection à long terme.



Photo 1.1. Médaille d'or obtenue par la Municipalité de Barraute en 2002 au concours de Berkeley Springs (photo : Vincent Cloutier).



Photo 1.2. Exemple d'utilisation des eskers : activités d'extraction de sables et graviers sur l'esker de Barraute (photo : Vincent Cloutier).

2. Le territoire de la MRC d'Abitibi

La MRC d'Abitibi, dont la ville d'Amos est le chef-lieu, occupe la partie centrale-nord de la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue (*Figure 1.1*). Elle est bordée au nord par la Municipalité de la Baie-James, à l'ouest par la MRC d'Abitibi-Ouest, à l'est et au sud-est par la MRC de la Vallée-de-l'Or et au sud-ouest par la Ville de Rouyn-Noranda (voir le *Système National de Référence Cartographique*, page II). La *Carte 2.1* (voir la *Partie II* pour les cartes) présente les limites administratives de ce territoire de près de 8 000 km². Les données portant sur la superficie et la population des 17 municipalités et 2 territoires non organisés (TNO) qui composent la MRC d'Abitibi sont indiquées au *Tableau 2.1*.

La topographie

Avec une altitude moyenne d'environ 300 mètres, le territoire de la MRC d'Abitibi a une topographie de plaine, marquée par la présence de quelques collines dont le Mont-Vidéo au sud-est de la MRC. Les données d'élévation du territoire sont présentées sur la *Carte 2.2*. Le relief du territoire, réalisé à partir des données d'élévation, permet de visualiser les formes de terrain présent dans la MRC, incluant les reliefs positifs comme le Mont-Vidéo et le tracé des dépôts fluvioglaciaires (principalement la Moraine d'Harricana et l'esker Saint-Mathieu – Berry), ainsi que la plaine argileuse entre les eskers. Le relief du territoire est utilisé comme fond de carte pour la majorité des cartes de la *Partie II*.

Le réseau hydrographique

La *Carte 2.3* du réseau hydrographique présente la limite des bassins versants et la ligne de partage des eaux entre les deux grands bassins hydrographiques de la Baie-James et du Saint-Laurent. La plupart des cours d'eau de la MRC d'Abitibi coulent vers le nord dans le bassin hydrographique de la Baie-James (bassins versants de la rivière Harricana et de la rivière Nottaway), alors que ceux de la partie sud-ouest de la MRC coulent vers le sud dans le bassin hydrographique du Saint-Laurent (bassin versant de la rivière des Outaouais).

Tableau 2.1. Statistiques des municipalités de la MRC d'Abitibi

Municipalité	Désignation	Superficie (km ²)	Population (nombre d'habitants)
Amos	Ville	430,84	12 685
Barraute	Municipalité	495,51	2 014
Berry	Municipalité	583,36	505
Champneuf	Municipalité	241,38	147
La Corne	Municipalité	331,54	641
La Morandière	Municipalité	430	262
La Motte	Municipalité	224,03	443
Landrienne	Canton	276,22	1 044
Launay	Canton	252,44	249
Preissac	Municipalité	489,5	717
Rochebaucourt	Municipalité	185	182
Saint-Dominique-du-Rosaire	Municipalité	512,24	465
Saint-Félix-de-Dalquier	Municipalité	112,12	983
Saint-Marc-de-Figuery	Paroisse	91,1	652
Saint-Mathieu-d'Harricana	Municipalité	104,09	696
Sainte-Gertrude-Manneville	Municipalité	329,84	781
Trécession	Canton	198,38	1 194
TNO Lac-Chicobi (Guyenne)	TNO	745,07	188
TNO Lac-Despinassy	TNO	1 915	26
TOTAL MRC d'Abitibi		7 948	23 874

TNO : Territoire non organisé

Source : MRC d'Abitibi (<http://www.mrcabitibi.qc.ca/>)

3. Les contextes géologiques

La connaissance des contextes géologiques, incluant la géologie du roc et du Quaternaire, est une composante essentielle à toute étude sur l'eau souterraine d'une région donnée. En effet, les caractéristiques physiques, structurales et minéralogiques des formations géologiques influencent tant la capacité du matériel à emmagasiner et à transmettre l'eau, que la composition géochimique de l'eau souterraine qui y est associée. Les connaissances sur la nature des formations géologiques qui contiennent l'eau souterraine, le contenant, doivent donc être intégrées à celles sur l'eau souterraine, le contenu, pour en arriver à une compréhension complète de la ressource.

3.1 Géologie du roc

La MRC d'Abitibi fait partie de la province géologique du lac Supérieur du Bouclier Canadien. Le roc est principalement composé de roches volcaniques ainsi que de roches intrusives. La *Carte 3.1* et la légende présente les unités géologiques et des éléments structuraux de la carte géologique du Québec pour la MRC d'Abitibi (Ministère des Ressources naturelles, 2002). Le socle rocheux date de la période de l'Archéen de l'ère précambrienne et est représenté par des unités montrant une orientation prédominante nord-ouest – sud-est dictée par des systèmes de failles. Des dykes de diabase d'âge protérozoïque (environ 600 millions à 1,7 milliard d'années), d'orientation prédominante nord-est – sud-ouest, recoupent, à peu près à angle droit, les roches archéennes et les failles.

Les roches les plus anciennes de la région sont les roches volcaniques ultramafiques, mafiques et intermédiaires qui se présentent sous forme de bandes allongées du nord-ouest au sud-est. On trouve aussi des lentilles de roches volcaniques felsiques d'orientation semblable à l'intérieur des unités précédentes. Des bandes de roches sédimentaires (wacke, mudrock, conglomérat) orientées nord-ouest - sud-est sont présentes dans le secteur du TNO Lac-Chicobi, à Rochebaucourt ainsi que dans la région de Saint-Mathieu-d'Haricanna – Preissac.

Par la suite, des intrusions ont pénétrées les roches volcaniques de la région. Des roches intrusives ultramafiques occupent une très faible partie de la région aux limites de Launay et Trécession. Les roches gneissiques (granitoïdes pré- à syntectoniques) occupent une grande partie de la région et forment une large bande vaguement orientée nord-ouest – sud-est au nord de la MRC. Des roches tonalitiques sont présentes aux limites de Trécession, de Saint-Félix-de-Dalquier et

d'Amos. Enfin, des intrusions granitiques de forme plus ou moins circulaire occupent des parties des secteurs ouest et sud de la MRC.

3.2 Géologie des formations superficielles

Le passage des grands glaciers dans la région a laissé en place des dépôts qui caractérisent le territoire de la MRC d'Abitibi, dont l'épaisse couverture d'argile qui recouvre le socle rocheux et les longs rubans de sables et graviers fluvioglaciaires que sont les eskers et la moraine. La distribution des formations superficielles dans la MRC d'Abitibi est présentée à la *Carte 3.2* (Veillette *et al.*, 2003). La légende qui accompagne la *Carte 3.2* présente la description détaillée des différentes unités du Quaternaire, de la plus récente (les dépôts organiques) à la plus ancienne (le till qui recouvre le socle rocheux du Précambrien). L'utilisation du relief dans la *Carte 3.2* permet de visualiser les formes de terrain associées aux formations superficielles, dont le contraste entre le relief positif des eskers et de la moraine et la plaine argileuse (sédiments d'eau profonde). La *Carte 3.2* montre aussi le lien entre les secteurs à topographie plus élevée et la présence d'affleurements rocheux et de till. Le *Tableau 3.1* présente la superficie occupée par les différentes unités géologiques sur le territoire de la MRC.

Tableau 3.1. Superficie des formations superficielles dans la MRC d'Abitibi

Unité	Superficie (km ²)	%
Dépôts organiques	1470	18.50
Dépôts alluviaux	178	2.24
Sédiments d'eau profonde	4527	56.99
Sédiments sublittoraux et sédiments de plage	645	8.12
Sédiments deltaïques	6	0.08
Sédiments granulaires	4	0.05
Esker	225	2.83
Moraine	106	1.33
Till généralement continue	309	3.89
Till discontinue	164	2.06
Roches métamorphiques du Précambrien	310	3.90
Total MRC d'Abitibi	7944	100.00

Note : Superficies calculées dans ArcGIS à partir de la *Carte 3.2*

Les eskers dans la MRC d'Abitibi

La Figure 3.1, extraite de la Carte 3.2, montre la localisation des eskers et de la moraine dans la MRC. On retrouve de l'ouest vers l'est, l'esker de Launay, l'esker Saint-Mathieu - Berry, la Moraine d'Harricana, l'esker de Barraute, l'esker du lac Despinassy et l'esker du lac Parent. La Moraine d'Harricana est ici incluse dans les eskers. D'un point de vue purement sédimentologique c'est un esker mis en place en position interlobaire (Veillette, 2000). Les eskers et la moraine, qui occupent un peu plus de 4% du territoire (Tableau 3.1), sont orientés à angle droit à la structure régionale du roc (voir Section 3.1). Le retrait du glacier, qui occupait le territoire de la MRC d'Abitibi il y a environ 9000 ans avant-aujourd'hui (A.A.), s'est effectué vers le nord-ouest à l'ouest de la Moraine d'Harricana, et vers le nord-est à l'est de celle-ci (Figure 3.1). Ce style de déglaciation explique l'orientation des eskers de part et d'autre de la Moraine d'Harricana; nord-ouest - sud-est à l'ouest de celle-ci (eskers de Launay et Saint-Mathieu - Berry) et nord-est - sud-ouest à l'est de la moraine (eskers de Barraute, du lac Despinassy et du lac Parent).

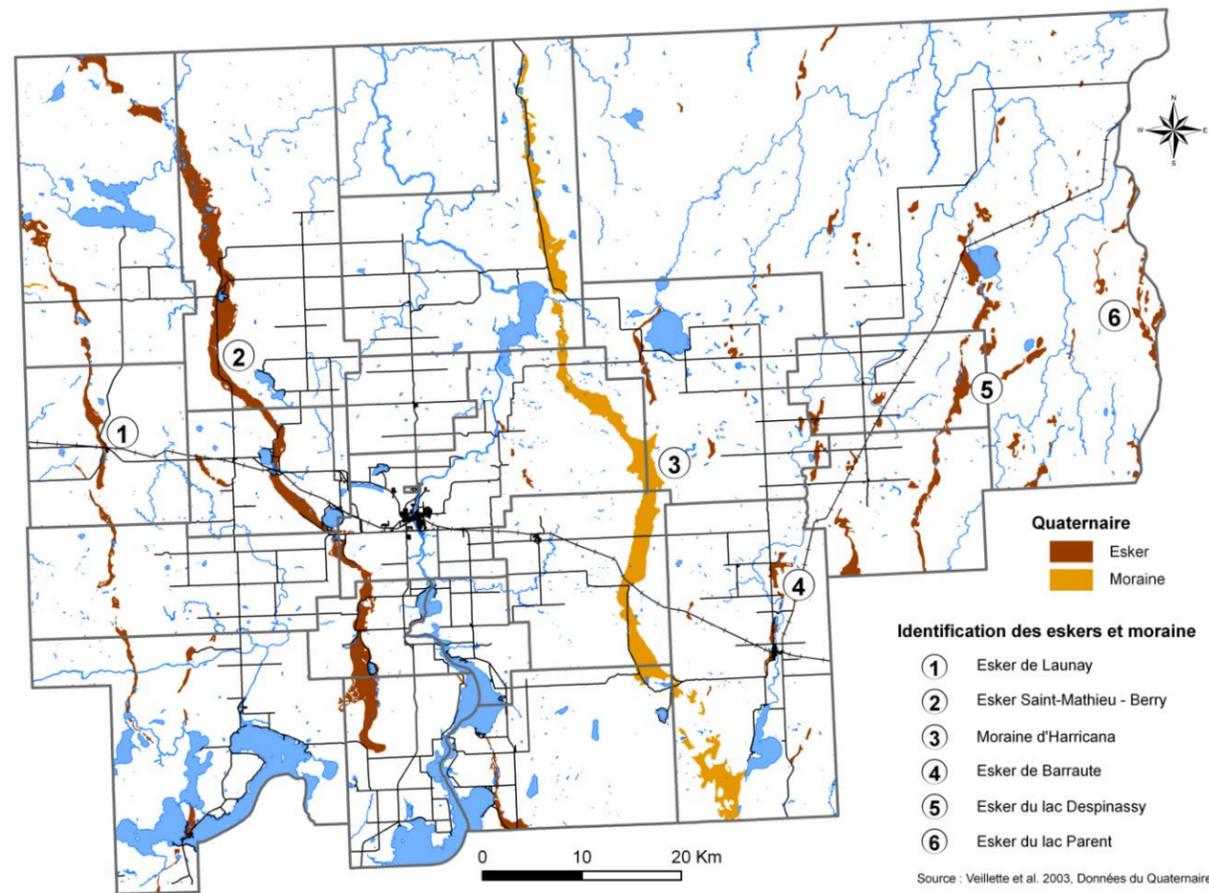


Figure 3.1. Localisation des eskers et moraine de la MRC d'Abitibi.

L'héritage des glaciations

La submersion par le lac glaciaire Ojibway lors de la déglaciation a laissé une forte empreinte sur le territoire (Carte 3.2). Des gradins d'érosion glaciolacustre et des cordons de plages sur les flancs d'eskers et sur le pourtour de collines témoignent de la présence de l'ancien lac proglaciaire (sédiments sublittoraux et sédiments de plage). Les eskers mis en place au contact d'eaux glaciolacustres profondes, comme ceux de la MRC d'Abitibi, forment des épandages subaquatiques dont le style de sédimentation diffère nettement de celui des eskers formés en milieu sub-aérien. L'esker mis en place en milieu sub-aérien ou dans des plans d'eau de faibles dimensions montre une crête sinueuse, avec des flancs à pente raide. La Photo 3.1 représente très bien la forme de terrain typique d'un esker mis en place en milieu sub-aérien, soit un long cordon sinueux de sable et gravier. Les eskers de la MRC, formés en milieu glaciolacustre, montrent des sommets aplanis par l'action des vagues, des contours souvent flous, et des sommets et des flancs totalement ou partiellement masqués par des sables littoraux ou par des sédiments à grain fin du faciès d'eau profonde.



Photo 3.1. Esker mis en place en milieu sub-aérien (Photo : Jean Veillette).

La plaine argileuse : Les sédiments d'eau profonde

La présence prolongée d'un grand plan d'eau en région est indiquée par la grande quantité de sédiments à grain fin, les sédiments d'eau profonde (*Carte 3.2*). Les sédiments d'eau profonde forment la plaine argileuse caractéristique du paysage de la MRC où est concentrée l'activité agricole (*Photo 3.2*). Ces sédiments se présentent sous forme de varves, c'est-à-dire de rythmites d'argile et de silt dont le cycle de sédimentation est annuel. Des courants de turbidité au fond du lac glaciaire (Kuenen, 1951; Banerjee, 1973) sont à l'origine du processus. Les varves proximales sont sableuses ou silteuses et contiennent souvent des cailloux délestés qui indiquent la proximité du front glaciaire, tandis que les varves distales, mises en place loin du front glaciaire, montrent une granulométrie beaucoup plus fine tel que présenté à la *Photo 3.3*. Les varves distales de l'Abitibi-Témiscamingue possèdent des teneurs en argile supérieures à 50% (Veillette, 1996). Cette propriété fait donc des varves la principale formation à faible perméabilité de la région, soit un aquitard (voir l'encadré de la *Section 5*). D'autant plus que la plaine argileuse occupe environ 57% du territoire de la MRC (*Tableau 3.1*).



Photo 3.2. La plaine argileuse entre l'esker Saint-Mathieu – Berry et la Moraine d'Harricana (photo : Vincent Cloutier).

La MRC d'Abitibi : Une région de contraste

La distribution des dépôts du Quaternaire, résultat de la dernière glaciation, fait de la MRC d'Abitibi une région de contraste avec une faible superficie de dépôts granulaires affleurants, donc une zone de recharge réduite, et une énorme surface imperméable constituée par l'argile. Les dépôts organiques (19%), le roc affleurant (4%), le till (6%), les eskers et moraines (4.2%) et les sédiments sublittoraux (8%) sont les unités principales qui se partagent le reste du territoire (*Tableau 3.1*). L'interaction entre les sables et graviers des eskers et l'argile est l'une des caractéristiques essentielles qui confère aux eskers de la région un potentiel aquifère important.



Photo 3.3. Coupe de varves distales avec déformations (Photo : Jean Veillette).

4. Les eskers

4.1 Classification des eskers

Veillette *et al.* (2004) a présenté une classification des eskers établie selon leur stratigraphie et leur structure interne. Cette classification, présentée à la *Figure 4.1*, met en évidence les caractéristiques sédimentologiques des eskers abitibiens du milieu glaciolacustre et explique leur potentiel aquifère.

Les quatre types d'esker

L'esker de type "A" a été mis en place au-dessus du plus haut niveau atteint par le lac Ojibway. Ce type d'esker est absent de la MRC d'Abitibi. Il se distingue par sa crête généralement bien formée et ses flancs à pentes raides. Son potentiel aquifère est faible sur les interfluves là où la zone non saturée est généralement importante.

L'esker de type "B" a été mis en place sous le niveau du lac Ojibway, mais au-dessus du plus haut niveau atteint par l'argile. L'argile est généralement absente au-dessus de l'altitude de 320 mètres en région, mais le lac Ojibway a atteint des niveaux avoisinant les 400 mètres d'altitude (Veillette, 1994). L'action des vagues a aplani le sommet de ces eskers et redistribué des sables littoraux sur les flancs. Son potentiel aquifère est semblable à celui de l'esker de type "A".

L'esker de type "C" a atteint son développement maximum sous des tranches d'eau de 50 mètres ou plus d'épaisseur. L'argile recouvre partiellement la base des dépôts fluvioglaciaires, et, lors de la phase d'exondation, des sables littoraux ont, par endroits, été redistribués du sommet de l'esker sur l'argile masquant les flancs de l'esker. C'est dans ce type d'esker que l'on trouve les aquifères les plus importants et les sources à plus forts débits de la région. L'argile fait fonction de parois imperméables retenant ainsi l'eau souterraine dans la masse granulaire. Les sources émergent au contact de l'argile.

L'esker de type "D" est totalement enfoui sous l'argile.

Ces divers types d'eskers peuvent se retrouver à des endroits différents le long du même esker. Il est toutefois possible de noter des tendances dans la MRC d'Abitibi. Les eskers de Launay et du lac Despinassy appartiennent aux types "C" et "D", l'esker Saint-Mathieu – Berry et la Moraine d'Harricana au type "C", et l'esker de Barraute au type "D". La *Carte 4.1* présente la classification des eskers et moraine de la MRC d'Abitibi.

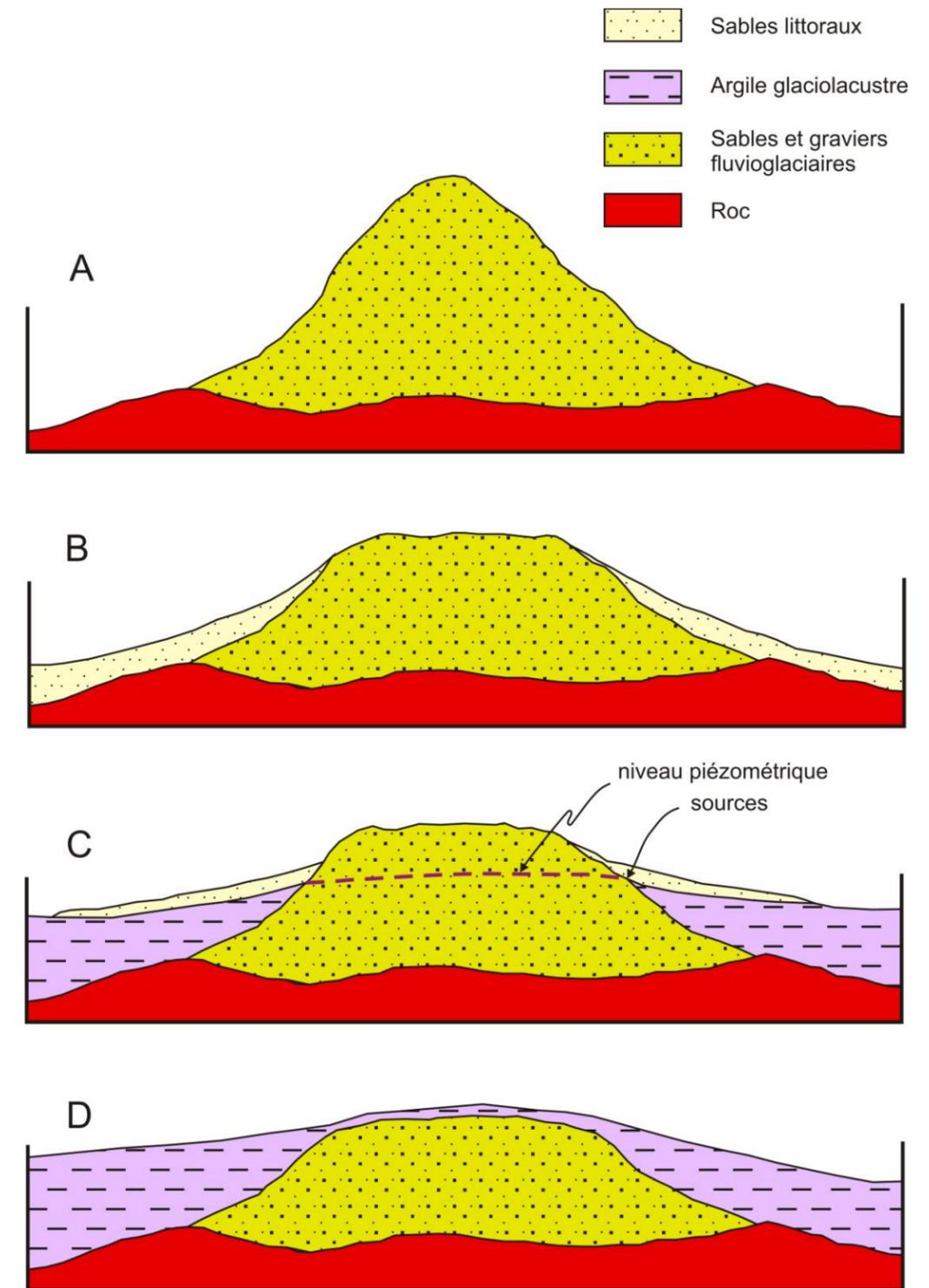


Figure 4.1. Classification des eskers en quatre types (modifiée de Veillette *et al.*, 2004).

4.2 Le modèle conceptuel de l'esker

Le modèle de la *Figure 4.2* illustre l'évolution géologique d'un esker formé en milieu subaquatique depuis la déglaciation, passant par la submersion glaciolacustre, la baisse progressive du lac glaciaire (phase d'exondation), l'action éolienne et l'entourbement. L'esker abitibien, au fort potentiel aquifère, résulte de cette séquence d'environnements géologiques décrite ci-dessus.

Évolution géologique de l'esker

Le noyau central (A) de l'esker est constitué de couches de gravier et de sable grossier mis en place par des eaux de fonte s'écoulant dans un tunnel ou tout au moins dans un couloir confiné par les glaces (*Figure 4.2*). Ce milieu à haute énergie, en position proximale par rapport au front glaciaire, correspond généralement à la crête centrale de l'esker. La plupart des bancs d'emprunt sont localisés dans le noyau central de l'esker.

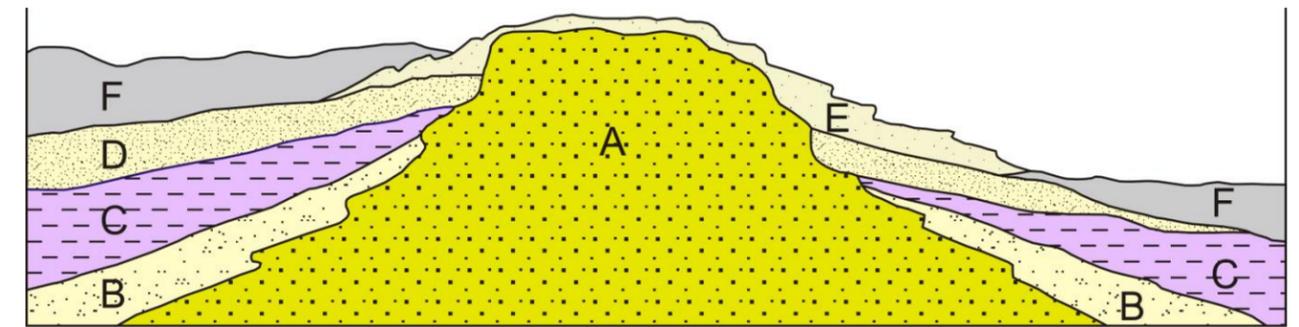
Avec le retrait du front glaciaire des sables d'épandage subaquatique (B), en position distale, ont recouvert les flancs et, par endroits, la partie supérieure du noyau central.

Plus loin du front glaciaire, dans des eaux calmes et profondes, l'argile (C) est venue sceller les flancs des eskers jusqu'à une altitude ne dépassant pas 310-320 mètres, ne laissant que la partie supérieure de la crête émerger de l'argile.

Suite à cette phase d'eau profonde et de sédimentation de l'argile, la baisse progressive du lac a entraîné le remaniement du sommet de l'esker par les vagues et la formation de sédiments littoraux (D) déposés sur les flancs des eskers. Des gradins d'érosion ont été entaillés dans le noyau de l'esker et plusieurs encoches de plages sont nettement discernables le long des flancs d'eskers.

Un climat plus sec et l'absence de végétation ont favorisé l'action éolienne (E) sur les sols dégagés par la vidange du lac Ojibway créant ainsi les champs de dunes. Les vents dominants de l'époque étaient vers l'est et le sud-est selon l'orientation des dunes paraboliques et des sillons d'icebergs (Veillette et Paradis, 1996).

Après 6000 ans A.A. les tourbières (F) ont envahi les surfaces planes ou à pentes douces, mal drainées, sur les flancs d'eskers. La dynamique d'écoulement des eaux entre l'esker et les tourbières demeure à déterminer avec précision. Certaines tourbières sont maintenues par les eaux de résurgence des eskers, tandis que d'autres déversent le trop plein de leurs eaux dans les eskers. La *Photo 4.1* montre une zone de tourbière qui s'est développée sur le flanc est de la Moraine d'Harricana.



- | | |
|---|----------------------|
| A = Noyau central : sables et graviers fluvioglaciaires | D = Sables littoraux |
| B = Sables d'épandage subaquatique | E = Champs de dunes |
| C = Argile glaciolacustre | F = Tourbières |

Figure 4.2. Modèle conceptuel de l'esker formé en milieu glaciolacustre (modifiée de Veillette *et al.*, 2004).



Photo 4.1. Zone de tourbière à l'est de la Moraine d'Harricana (Photo : Vincent Cloutier).

5. L'eau souterraine dans la MRC d'Abitibi

Le modèle présenté à la *Figure 5.1* illustre la distribution simplifiée de l'eau souterraine dans le sous-sol. Dans cet exemple, la formation géologique représentée est un aquifère de sable. La nappe phréatique, dont la limite supérieure est la surface de la nappe (la surface libre), est saturée en eau, c'est-à-dire que l'eau souterraine remplit complètement les espaces entre les grains de sable. Dans un système d'écoulement régional, l'eau souterraine se déplace généralement des zones de recharge localisées sur les hauts topographiques aux zones d'émergences dans les bas topographiques. L'eau souterraine peut aussi s'écouler sous l'influence d'une activité de pompage tel qu'illustrée à la *Figure 5.2*. Ce dernier exemple montre que pour pouvoir pomper l'eau souterraine de cette formation aquifère, le puits doit être installé dans la nappe phréatique, sous le niveau de la surface de la nappe (*Figure 5.2*).

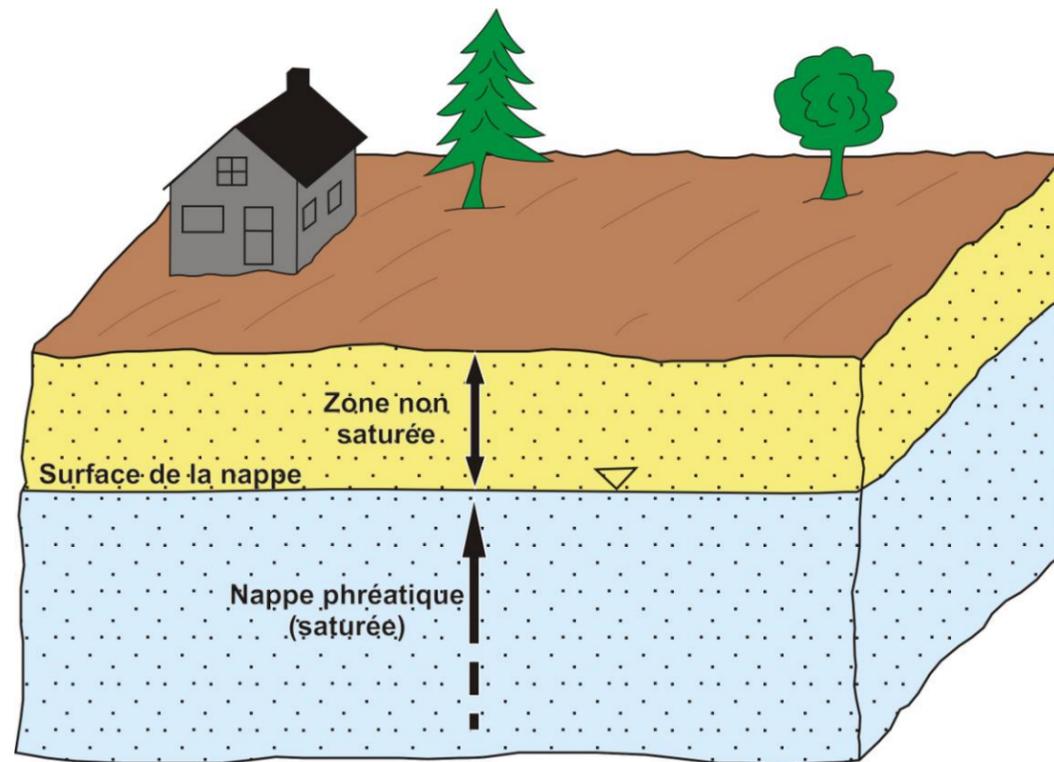


Figure 5.1. Distribution de l'eau souterraine dans le sous-sol.

Aquifère & Aquitard

Un **aquifère** est une formation géologique qui présente un potentiel pour l'approvisionnement en eau. Une bonne formation aquifère doit donc avoir une porosité élevée, c'est-à-dire de l'espace disponible pour emmagasiner l'eau et une bonne capacité à transmettre cette eau. De plus, la recharge de l'aquifère doit être suffisante pour permettre le renouvellement de la ressource en eau. Les dépôts de sables et graviers que sont les eskers de la région ainsi que les roches fracturées sont des exemples d'aquifères.

Un **aquitard** est un terme utilisé pour décrire une couche de confinement de faible perméabilité. L'aquitard peut emmagasiner de l'eau souterraine, mais à la différence de l'aquifère, la vitesse de circulation de l'eau y est très lente. Bien que les aquitards ne soient pas utilisés pour l'alimentation en eau, il n'en demeure pas moins qu'ils ont une grande importance dans les systèmes d'écoulement souterrain. La couche d'argile dans la région joue un rôle essentiel tant pour retenir l'eau souterraine à l'intérieur de l'esker, que pour assurer une protection naturelle à l'eau souterraine présente sous cette couche d'argile.

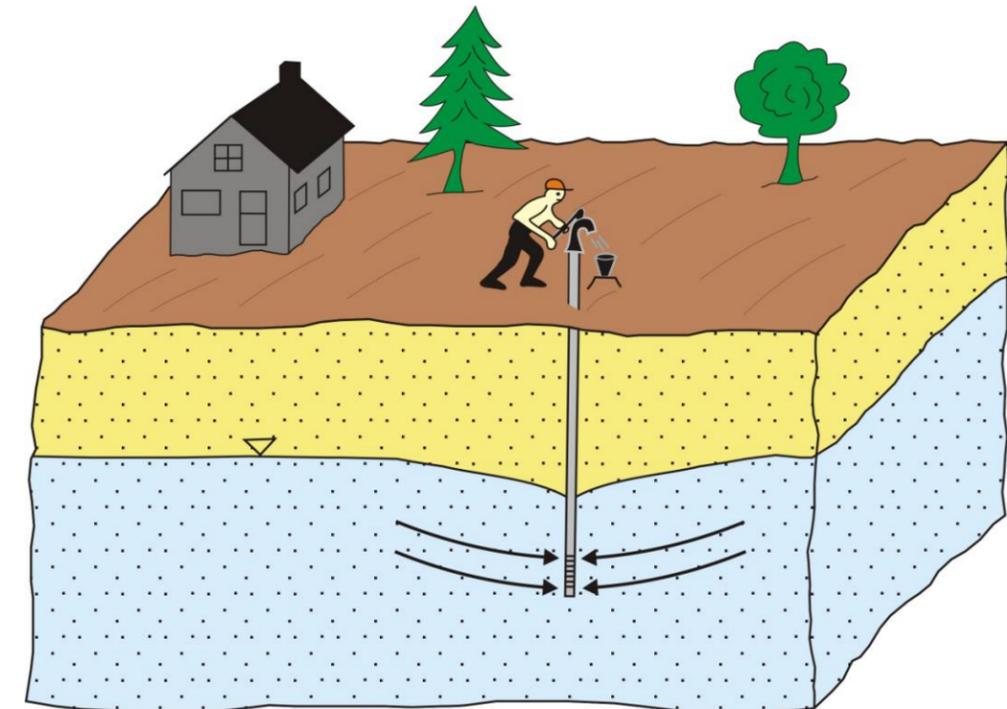


Figure 5.2. Pompage dans l'aquifère de sable de la Figure 5.1.

5.1 Hydrostratigraphie

Le type de dépôts quaternaires et l'histoire géologique de leur mise en place sont deux éléments importants pour expliquer les propriétés hydrogéologiques des sédiments et le potentiel aquifère des différentes unités géologiques de la région. Le modèle hydrostratigraphique de la *Figure 5.3* illustre les principales unités géologiques de la région dans l'ordre naturel de leur mise en place tel que décrit aux *Sections 3 et 4*. Il faut noter que cette séquence de sédiments ne se trouve pas nécessairement en entier au même endroit. Chaque unité est caractérisée selon une échelle relative de sa conductivité hydraulique, une propriété qui décrit la vitesse à laquelle l'eau peut se déplacer dans les sédiments et les roches. Cette propriété hydrogéologique des plus importantes permet d'établir l'hydrostratigraphie conceptuelle des formations géologiques de la région, c'est-à-dire de classer chacune des unités par son type et son potentiel aquifère.

Le roc : Les roches métamorphiques du Précambrien ont une conductivité hydraulique généralement faible leur conférant ainsi un faible potentiel aquifère. Localement, la présence de fractures et de fissures dans le roc contribue à augmenter sa perméabilité et par le fait même son potentiel aquifère. C'est pour cette raison que cette unité est décrite comme étant un aquifère rocheux fracturé, avec un potentiel aquifère variable selon le degré de fracturation.

Le till : L'unité de till a été mise en place directement par le glacier, et consiste d'un mélange de dépôts à grain fin, de sable, de gravier, de blocs et de farine de roche. Ce mélange en fait un dépôt compact et de conductivité hydraulique très faible. En effet, il y a peu de vides entre les grains puisque les petits fragments occupent les espaces entre les grands. Lorsqu'il se présente en couverture continue et d'épaisseur supérieure à 1 mètre, l'unité de till peut se comporter comme un aquitard, donc une couche de confinement au-dessus du roc.

Les sables et graviers : Ce sont les dépôts fluvioglaciers qui ont été mis en place par des eaux courantes, soit les eaux de fonte du glacier. Ce sont les dépôts qui forment les eskers et la Moraine d'Harricana. Les eaux courantes ont entraînés loin à l'aval les dépôts à grain fin laissés dans la glace ne gardant que les plus grossiers comme les sables et les graviers. Ce mode de déposition en fait des sédiments poreux qui ont une conductivité hydraulique et un potentiel aquifère élevés.

L'argile glaciolacustre : L'argile a été mise en place dans le grand lac glaciaire Ojibway. L'argile a une porosité élevée et contient beaucoup d'eau, mais une très faible conductivité hydraulique. En effet, puisque les pores sont minuscules, l'eau y circule très lentement. L'argile glaciolacustre représente l'aquitard le plus important de la région.

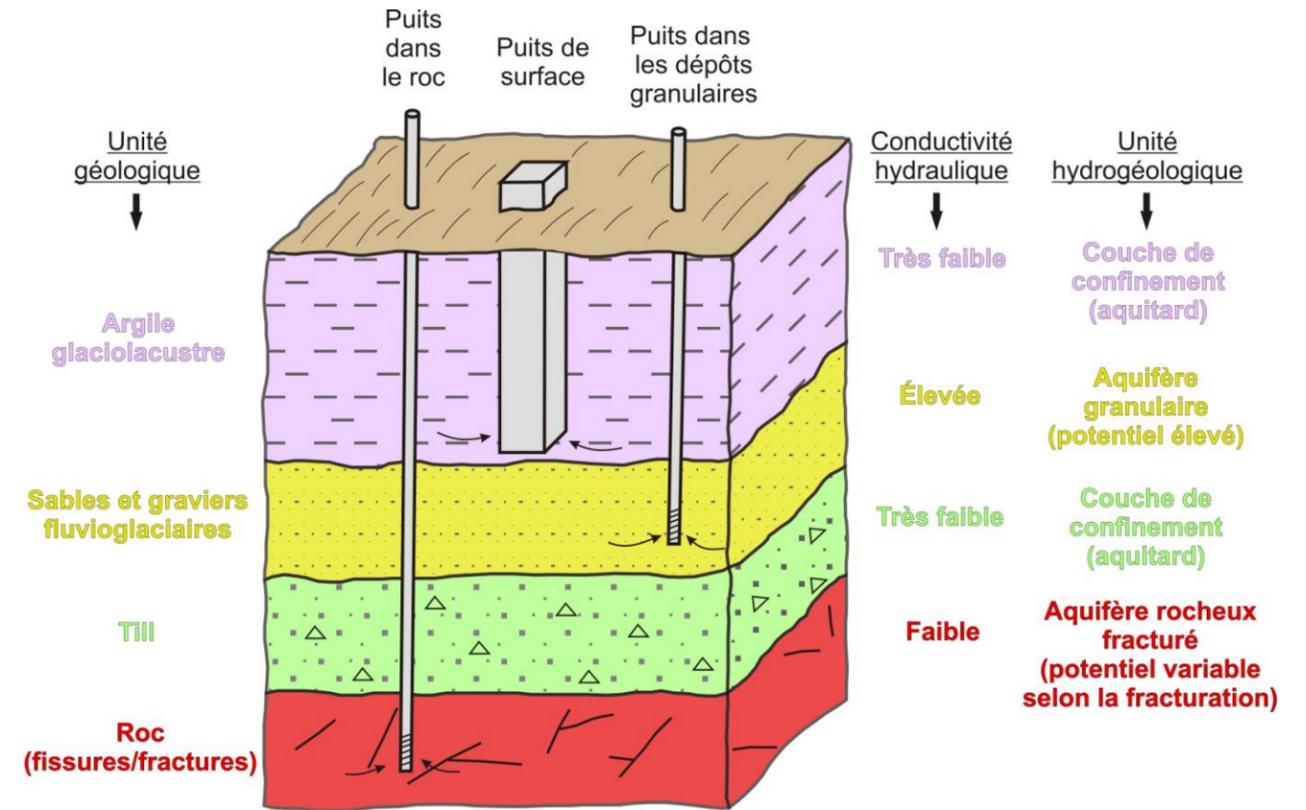


Figure 5.3. Modèle hydrostratigraphique de la MRC d'Abitibi.

Types de puits

La *Figure 5.3* illustre les types de puits privés que l'on retrouve dans la région. Les puits au roc sont généralement des puits tubulaires d'un diamètre de 152 mm (6") aménagés par une firme de puisatier avec une foreuse. Ces puits captent l'eau qui circule dans les fissures et fractures du roc. Il est à noter que malgré le fait que les réseaux de fissures ne sont pas toujours très développés, la grande profondeur des puits en fait des réservoirs appréciables permettant généralement de satisfaire les besoins domestiques. Plusieurs puits datant de la colonisation, des puits de 51 mm (2") forés au diamant, sont maintenant remplacés par des puits de puisatier. Dans les sables et graviers, on retrouve à la fois des puits tubulaires et des pointes filtrantes. Enfin, bien que ceux-ci soient souvent remplacés par des puits tubulaires, il existe toujours par endroits des puits de surface qui puisent l'eau à la base des séquences d'argile où les sédiments sont plus grossiers.

5.2 Les aquifères de la région

Le modèle hydrostratigraphique de la *Figure 5.3* indique donc qu'il y a deux sources importantes pour l'alimentation en eau souterraine dans la MRC d'Abitibi, soit les formations de sables et graviers fluvioglaciaires et les roches fracturées du Bouclier Canadien. La *Figure 5.4* illustre par des exemples les deux grandes catégories d'aquifères présents dans la région, les aquifères granulaires et les aquifères rocheux fracturés.

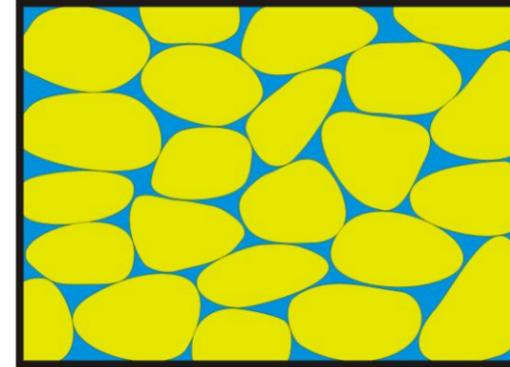
Les aquifères granulaires

Les aquifères de sables et graviers fluvioglaciaires sont des aquifères de type granulaire, et l'eau souterraine est présente dans les espaces vides que l'on retrouve entre les grains. Les eskers sont des aquifères granulaires qui peuvent parfois être partiellement ou totalement enfouis sous l'argile glaciolacustre déposée dans le lac glaciaire Ojibway tel que représenté à la *Figure 4.1*. Par endroits, les sédiments sublittoraux (sable et gravier) peuvent former des aquifères granulaires de faible dimension au-dessus de l'argile. Dans la MRC d'Abitibi, les aquifères granulaires que sont les eskers alimentent en eau potable des municipalités, dont la Ville d'Amos et la Municipalité de Barraute, des industries, une usine d'embouteillage ainsi que des résidences permanentes et saisonnières.

Les aquifères rocheux fracturés

Historiquement, la population qui a colonisé le territoire de l'Abitibi s'est installée dans la plaine argileuse pour y développer l'agriculture. C'est pour cette raison que la majorité des puits privés de la région sont situés dans les zones inter-eskers. Ces puits sont généralement forés au roc et captent l'eau souterraine présente dans les fissures et fractures de l'aquifère rocheux fracturé. Parfois, des puits dans la plaine argileuse sont installés dans une unité de sédiments perméables situés entre le roc et l'épaisse couche d'argile. En plus des propriétaires de puits privés, des municipalités, dont Landrienne, Saint-Félix-de-Dalquier et Saint-Dominique-du-Rosaire alimente leur population à partir de puits installés au roc. Des industries utilisent aussi l'eau souterraine provenant du roc fracturé pour combler leur besoin en eau.

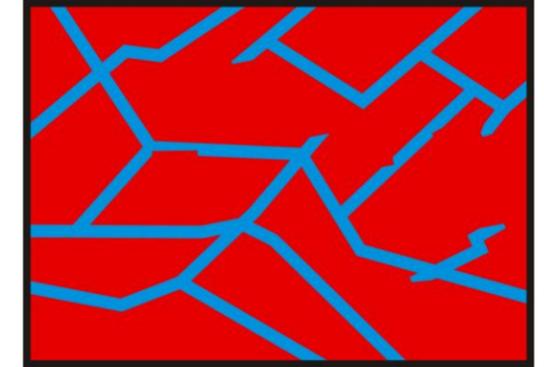
Aquifère granulaire



L'eau souterraine remplit les espaces entre les grains de sable et de gravier



Aquifère rocheux fracturé



L'eau souterraine est présente dans les fissures et fractures de la roche



Figure 5.4. Les deux catégories d'aquifères de la MRC d'Abitibi.

5.3 Les contextes hydrogéologiques de la MRC d'Abitibi

La Figure 5.5 est une coupe au travers d'un esker de type "C", partiellement enfoui sous l'argile (voir la Figure 4.1). La coupe, qui intègre l'hydrostratigraphie et les types d'eskers (voir l'encadré) se prolonge dans la plaine argileuse afin d'illustrer le modèle conceptuel des contextes hydrogéologiques de la région.

Dans cet exemple, l'esker est un aquifère de type granulaire en condition de nappe libre lorsque le sable et le gravier sont présents à la surface (secteur de P1). La recharge de l'aquifère de l'esker s'effectue par infiltration des précipitations dans l'esker à partir de la surface de l'esker non-confinée par les argiles. L'esker de type "C" étant partiellement confiné par des argiles le long de ses flancs, la partie de l'esker qui se prolonge sous l'argile, qui est une couche de confinement, est un aquifère en condition de nappe captive ou confiné (secteur de P2). On retrouve des conditions de nappe captive des deux côtés de la crête centrale libre de l'esker. Dans le cas d'un esker de type "D", comme l'esker de Barraute, des segments de l'esker sont complètement enfouis sous l'argile et en condition de nappe captive.

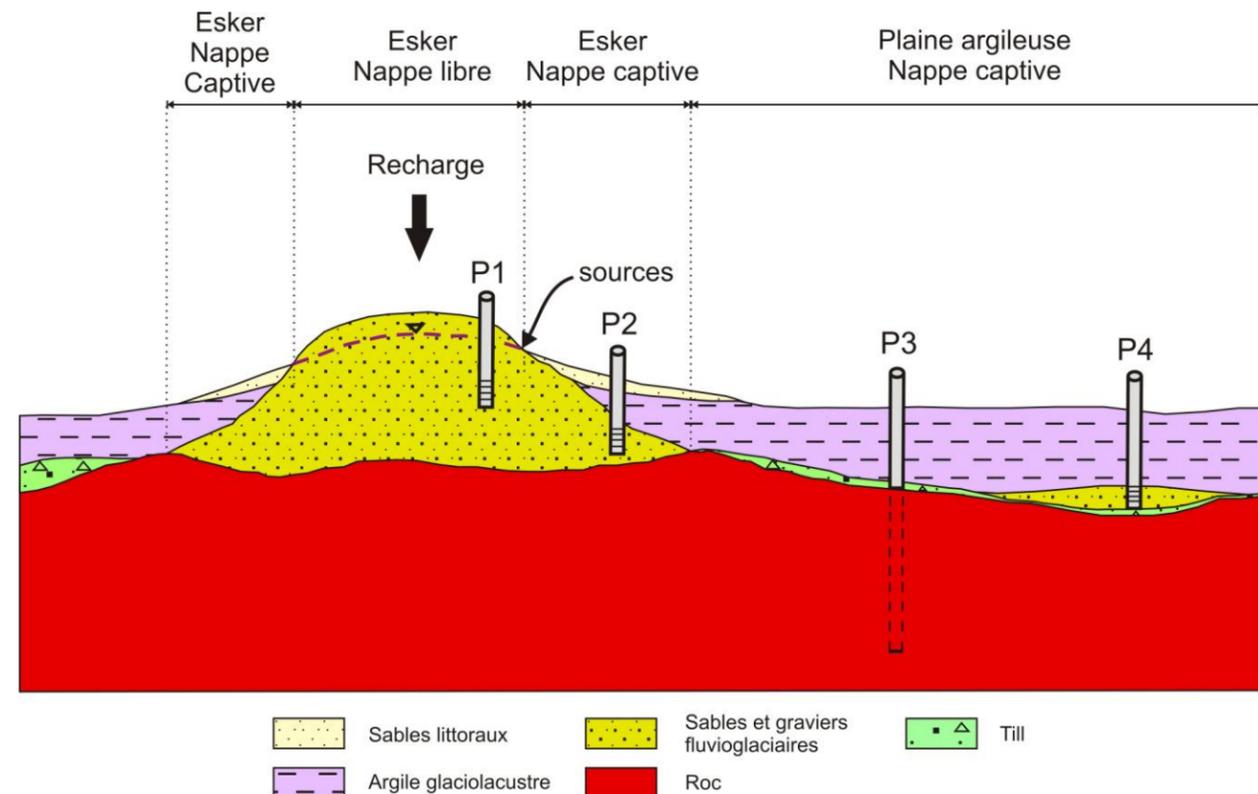


Figure 5.5. Types d'aquifères et modèle conceptuel des contextes hydrogéologiques.

Dans la plaine argileuse, la couche d'argile glaciolacustre confine l'aquifère rocheux fracturé qui est en condition de nappe captive (secteur de P3). C'est dans la plaine argileuse que l'on trouve par endroits des puits artésiens jaillissants ou puits coulants. Des sédiments perméables sont par endroits présents sous la couche d'argile et forment localement des aquifères granulaires en condition de nappe captive (secteur de P4). La distribution et l'importance de ces dépôts granulaires qui pourraient être associés aux eskers sont mal connues puisque les grandes étendues d'argile glaciolacustre masquent le roc et ces autres dépôts glaciaires.

Types d'aquifères

L'aquifère en condition de **nappe libre** est un aquifère situé près de la surface du sol et qui est composé de matériaux de perméabilité élevée qui s'étendent jusqu'à sa base. Le bloc diagramme de la Figure 5.1 est un exemple d'un aquifère granulaire en condition de nappe libre. La surface libre forme le sommet de la nappe libre, et sa position peut varier avec les saisons. L'alimentation de l'aquifère nappe libre, « sa recharge », se fait directement par infiltration des précipitations dans la zone non saturée. Cette dernière caractéristique fait que les aquifères à nappe libre sont vulnérables à la contamination.

L'aquifère en condition de **nappe captive**, ou de **nappe confinée**, est un aquifère qui est recouvert d'une couche de confinement, par exemple une couche aquitard d'argile. Lorsqu'un puits perce cette couche de confinement, l'eau souterraine de l'aquifère à nappe captive remonte dans le tubage du puits pour s'élever au-dessus de la limite supérieure de l'aquifère. L'eau de l'aquifère à nappe captive est donc sous pression. Lorsque la pression est suffisamment grande, il est possible d'aménager un puits artésien jaillissant et l'eau s'écoule en surface sans que l'on ait besoin d'utiliser une pompe. La recharge de l'aquifère à nappe captive peut s'effectuer aux endroits où la formation géologique est présente en surface ainsi que par lente infiltration à travers la couche de confinement. Contrairement aux aquifères à nappe libre, les aquifères à nappe captive sont relativement peu vulnérables à la contamination à partir de la surface, l'aquitard assurant une protection naturelle de l'aquifère.

Description des contextes hydrogéologiques

Il est possible de définir les contextes hydrogéologiques dans la MRC en interprétant la géologie des formations superficielles (*Carte 3.2*) avec les propriétés hydrogéologiques des différentes unités géologiques. Le territoire est donc divisé en secteurs de conditions de nappe libre, de nappe confinée et de nappe semi-confinée. La répartition régionale des contextes hydrogéologiques est illustrée à la *Carte 5.1* et les superficies des différentes conditions de nappe sont présentées au *Tableau 5.1*.

Condition de nappe libre : Les conditions de nappe libre représentent environ 18% du territoire. Cette condition a été divisée en trois unités pour distinguer les différentes catégories d'aquifères (voir la *Carte 5.1*). Les sables et graviers en orange regroupent l'ensemble des dépôts fluvioglaciaires, majoritairement les eskers et la Moraine d'Harricana (*Photo 5.1*). Les sédiments sublittoraux en jaune sont répartis sur les flancs des eskers et de la Moraine d'Harricana. Selon l'épaisseur, ces sédiments peuvent localement former des aquifères à nappe libre reposant sur l'unité d'argile ou en contact avec les dépôts fluvioglaciaires. Enfin, des conditions de nappe libre sont présentes lorsque le roc affleure à la surface ou qu'il est recouvert d'une mince couche de till discontinue (en rouge). Le relief de la *Carte 5.1* montre que l'unité de roc affleurant et de till discontinue est localisée dans des secteurs à topographie plus élevée comme les crêtes rocheuses dans les zones inter-eskers et le secteur du Mont-Vidéo.

Condition de nappe confinée : Le territoire est dominé par la condition de nappe confinée qui représente environ 75% de sa superficie (*Tableau 5.1*). Cette unité représentée en violet sur la *Carte 5.1* regroupe les sédiments d'eau profonde qui composent la plaine argileuse ainsi que les zones de tourbières qui recouvrent généralement l'argile (voir la *Photo 4.1*). Les zones inter-eskers sont majoritairement en condition de nappe confinée, l'aquitard recouvrant l'aquifère rocheux fracturée du Précambrien (voir la *Photo 3.2*). Par endroits, comme sur des segments de l'esker de Barraute, les dépôts d'argile confinent les sédiments fluvioglaciaires.

Condition de nappe semi-confinée : Cette dernière condition est utilisée pour définir l'unité de till généralement continue et d'épaisseur supérieure à 1 mètre. Représentant moins de 4% du territoire, cette unité en vert représente des conditions de confinement intermédiaire entre les conditions de nappe libre à confinée (*Carte 5.1*).

Tableau 5.1. Superficie des conditions de nappe dans la MRC d'Abitibi

Contexte hydrogéologique	Superficie (km ²)	%
Condition de nappe libre	1460	18.4
Condition de nappe confinée	5997	75.5
Condition de nappe semi-confinée	309	3.9



Photo 5.1. Un aquifère à nappe libre : la Moraine d'Harricana (Photo : Vincent Cloutier).

Principales zones de recharge

L'interprétation des contextes hydrogéologiques (*Carte 5.1*) permet d'établir la carte des principales zones de recharge de la MRC d'Abitibi (*Carte 5.2*). La *Carte 5.2* est une représentation à l'échelle régionale de la distribution des zones de recharge, basée sur les connaissances de la géologie des formations superficielles, des propriétés hydrogéologiques des différentes unités géologiques, des contextes hydrogéologiques ainsi que des différents types d'aquifères de la région.

La *Carte 5.2* subdivise les zones de recharge selon le type d'aquifère alimenté, soit les aquifères granulaires que sont les eskers et la Moraine d'Harricana (dépôts fluvioglaciaires) et les aquifères rocheux fracturés. Le *Tableau 5.2* présente en pourcentage la superficie associée à chacune des zones.

La superficie de recharge directe des dépôts fluvioglaciaires ne représente qu'environ 4% du territoire et correspond aux secteurs où les eskers et la Moraine d'Harricana sont présents en surface (en orange sur la *Carte 5.2*). Les zones d'alimentation du roc fracturé, en rouge, sont dispersées sur l'ensemble du territoire (environ 6%) là où les affleurements rocheux percent la plaine argileuse. L'unité de till mince et discontinue qui recouvre le roc par endroits est incluse dans les zones de recharge de l'aquifère rocheux fracturé.

D'autres secteurs sont identifiés sur la *Carte 5.2* comme des zones potentielles de recharge. Le potentiel d'alimentation des aquifères, granulaires ou rocheux fracturés, au travers de ces unités devra être déterminé par des travaux supplémentaires. En jaune, les sédiments sublittoraux que l'on retrouve sur les flancs des eskers et de la Moraine d'Harricana peuvent contribuer à la recharge des dépôts fluvioglaciaires lorsqu'ils sont en contacts hydrauliques avec ceux-ci. La couverture de till généralement continue, en vert, pourrait par endroits contribuer à l'alimentation du roc fracturé.

Le territoire en gris sur la *Carte 5.2*, qui domine la région, est identifié comme la plaine argileuse, incluant les sédiments d'eau profonde (argiles et silts) et les dépôts organiques. Bien que les dépôts organiques recouvrent généralement les argiles et silts, il demeure possible que par endroits les dépôts organiques soient en contact avec les dépôts fluvioglaciaires pouvant ainsi contribuer à la recharge de ces dépôts.

Tableau 5.2. Superficie des principales zones de recharge de la MRC d'Abitibi

Types de zones de recharge	Type d'aquifère alimenté		Total (%)
	Granulaire (%)	Roc fracturé (%)	
Zones de recharge	4.2	6.0	10.2
Zones potentielles de recharge	8.2	3.9	12.1
Total	12.4	9.9	22.3

Note : La couleur des cellules fait référence à la *Carte 5.2*.

Vulnérabilité relative des aquifères

La *Carte 5.2* des principales zones de recharge procure une première évaluation régionale de la vulnérabilité relative des aquifères du territoire. Les secteurs en orange, où les unités de sables et graviers fluvioglaciaires affleurent à la surface, sont les portions du territoire où les aquifères granulaires sont les plus vulnérables. Les secteurs où le roc affleure ou est couvert d'une couverture discontinue de till (en rouge) sont des zones vulnérables pour l'aquifère rocheux fracturé. Les zones potentielles de recharge (en jaune et en vert) sont des secteurs dont la vulnérabilité relative reste à déterminer.

La plaine argileuse, qui représente environ 75% du territoire en incluant les dépôts organiques, appartient à des secteurs naturellement protégés qui sont considérés comme moins vulnérables que les autres secteurs. Tel que mentionné précédemment, les dépôts organiques qui recouvrent généralement les argiles et silts peuvent être en contact avec les dépôts fluvioglaciaires et représenter par endroits des zones vulnérables pour les aquifères granulaires.

5.4 Études détaillées de segments d'eskers

Des études détaillées de segments d'eskers doivent être réalisées pour en arriver à une compréhension intégrée des eskers. Cette compréhension est essentielle à la mise en place d'un programme de gestion et de protection de la ressource en eau souterraine. La *Figure 5.6* montre la localisation des études détaillées sur les deux types d'eskers les plus importants de la région, soit l'esker Saint-Mathieu – Berry qui est partiellement enfoui sous l'argile (*Photo 5.2*) et l'esker de Barraute qui est par endroits complètement enfoui sous l'argile.

Les travaux de Riverin (2006), relatifs à la compréhension de la dynamique d'écoulement de l'eau souterraine dans l'esker Saint-Mathieu – Berry, ont été réalisés dans le cadre du Projet Esker-Abitibi de la Commission Géologique du Canada (CGC) en partenariat avec l'Institut national de la recherche scientifique, centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE) et l'UQAT. L'étude détaillée de l'esker de Barraute est un projet en cours réalisé par le Groupe de recherche sur l'eau souterraine de l'UQAT.



Photo 5.2. Source émergeant au contact de l'argile en bordure de l'esker Saint-Mathieu – Berry (Photo : Vincent Cloutier).

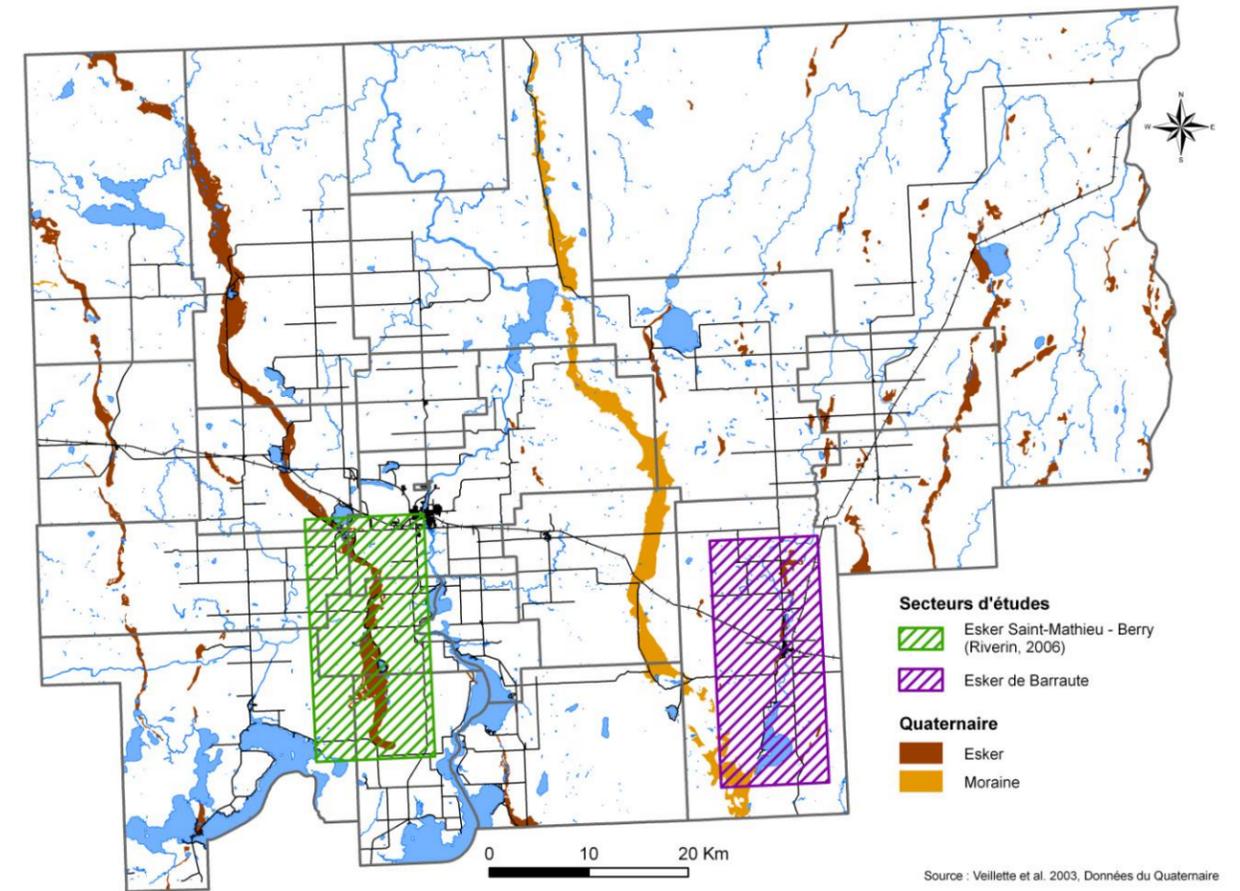


Figure 5.6. Secteurs d'études détaillées de segments d'eskers.

6. Hydrogéochimie régionale et Qualité de l'eau souterraine

L'écoulement de l'eau souterraine entraîne des modifications dans la composition chimique de l'eau. Ces modifications, qui représentent son évolution géochimique, débutent à la recharge lors de l'infiltration et se poursuivent le long du cheminement de l'eau souterraine, par exemple lors de réactions avec des minéraux de l'aquifère. La composition finale de l'eau dépend entre autre de la nature minéralogique et structurale de l'aquifère, du temps de résidence de l'eau, ainsi que des possibles mélanges d'eaux d'origines différentes. Dans certains contextes, des sources anthropiques (par exemple : la contamination par des fosses septiques, l'épandage d'engrais en agriculture) peuvent venir modifier la composition naturelle de l'eau de façon significative et engendrer des problèmes de potabilité.

Les données qui forment la base d'une étude hydrogéochimique régionale sont les résultats d'analyses chimiques de l'eau souterraine. Pour réaliser ce projet, des travaux d'échantillonnage ont été effectués dans la MRC d'Abitibi à l'été et à l'automne 2006 afin de prélever des échantillons d'eau souterraine dans l'ensemble des contextes géologiques et hydrogéologiques de la région. Les objectifs de cette caractérisation étaient :

- d'évaluer la qualité régionale de l'eau souterraine de la MRC d'Abitibi tant dans les aquifères granulaires que dans l'aquifère rocheux fracturé. En effet, bien que l'excellente qualité de l'eau souterraine associée aux eskers soit déjà reconnue, il est essentiel de déterminer la qualité de l'eau souterraine associée au roc fracturé puisque la majorité des puits privés de la région captent l'eau souterraine présente dans les fissures et fractures du roc dans les zones inter-eskers.
- de mesurer les concentrations naturelles des éléments chimiques présents dans l'eau souterraine, d'évaluer la variabilité géochimique et d'identifier les facteurs responsables de cette variabilité. Ces connaissances permettent d'établir les teneurs de fond de la géochimie de l'eau souterraine de la région et contribuent à anticiper des problèmes potentiels de qualité dans des secteurs ayant des contextes géologiques et hydrogéologiques similaires.

Ce volet sur l'hydrogéochimie de la programmation de recherche sur l'eau souterraine de l'UQAT est essentiel afin d'évaluer le potentiel de la ressource et d'identifier des problématiques de qualité d'eau qui pourraient nécessiter des mesures particulières de gestion et de protection.

6.1 Programme d'échantillonnage de l'eau souterraine

Sélection des puits à échantillonner

La première étape de cette caractérisation hydrogéochimique régionale de la MRC d'Abitibi était de réaliser une sélection judicieuse des puits à échantillonner. Cette sélection a été effectuée à partir de deux bases de données, soit la base de données sur l'eau souterraine de la Commission géologique du Canada (CGC) comportant l'ensemble des données compilées par le groupe de recherche de l'UQAT depuis 2003 et le système d'information hydrogéologique (SIH : voir le site Web <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm>) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), qui contient de l'information sur des puits tubulaires, principalement les puits de 152 mm (6") aménagés par les puisatiers pour l'alimentation résidentielle. Il est important de rappeler qu'environ 55% de la population de la MRC d'Abitibi s'approvisionne à partir de puits privés (voir le *Tableau 1.1*). Les critères utilisés pour sélectionner les puits incluent la qualité du puits, le contexte hydrogéologique, la stratigraphie et la distance entre les sites, afin d'obtenir une distribution sur l'ensemble du territoire de la MRC d'Abitibi.

Provenance des échantillons

La campagne d'échantillonnage de l'eau souterraine s'est déroulée à l'été et à l'automne 2006. Ces travaux ont permis de recueillir 83 échantillons, incluant huit échantillons provenant de réseaux municipaux, 72 échantillons de puits privés, deux eaux de surface ainsi qu'une source. La distribution géographique de l'ensemble des sites d'échantillonnage est présentée à la *Carte 6.1*. Afin de répondre aux objectifs du projet, les échantillons d'eau souterraine ont ainsi été prélevés dans l'ensemble des contextes hydrogéologiques et géologiques de la MRC d'Abitibi. La *Carte 6.2* et le *Tableau 6.1* illustrent la provenance des échantillons d'eau souterraine par types d'aquifères et contextes hydrogéologiques.

Tableau 6.1. Provenance des 80 échantillons d'eau souterraine prélevés en 2006

		Contextes hydrogéologiques	
		Nappe confinée	Nappe libre
Type d'aquifère	Rocheux fracturé	45	16
	Granulaire	12	7

Échantillon au roc : La majorité des échantillons (61 sur 80) provient de l'aquifère rocheux fracturé (*Tableau 6.1*). De ces 61 échantillons, 45 sont en condition de nappe confinée. Puisqu'environ 75% du territoire est en condition de nappe confinée (voir le *Tableau 5.1*) et que la majorité des puits privés sont situés dans les zones inter-eskers, il est normal qu'une majorité d'échantillons proviennent de puits captant l'eau du roc confiné. Ces échantillons ont été prélevés à partir de puits tubulaires de type "P3" tel qu'illustré à la *Figure 5.5*. Seize échantillons proviennent de puits aménagés au roc en condition de nappe libre. Ces sites d'échantillonnage sont localisés dans des secteurs où le roc est affleurant ou recouvert d'une mince couche de dépôts quaternaires.

Échantillon dans le granulaire : Dix-neuf échantillons d'eau souterraine proviennent d'aquifères granulaires. Ces sites sont par endroits en condition de nappe confinée (12 sites), comme c'est le cas pour les échantillons de l'esker de Barraute où des segments de l'esker sont enfouis sous l'argile. On retrouve aussi des sites captant l'eau de sédiments perméables présents sous la couche d'argile dans la zone inter-esker (puits tubulaires ou pointes filtrantes de type "P4" tel qu'illustré à la *Figure 5.5*). Enfin, sept des douze échantillons proviennent de formations granulaires en condition de nappe libre. Ce sont des puits de type "P1" (voir la *Figure 5.5* et la *Photo 6.1a*) localisés sur l'esker Saint-Mathieu – Berry et l'esker de Launay.

Procédures, protocole d'échantillonnage et paramètres analysés

L'échantillonnage de l'eau souterraine demande un suivi méticuleux des opérations réalisées sur le terrain. Pour ce faire, un protocole rigoureux est donc suivi tout au long des travaux, afin d'assurer une excellente qualité des échantillons.

Les travaux de terrain reliés à l'échantillonnage comportent donc plusieurs étapes, afin d'assurer l'intégrité des échantillons prélevés et d'obtenir les informations pertinentes à l'interprétation des résultats d'analyses. Comme première étape, un formulaire est complété avec le propriétaire du puits, afin de recueillir des informations sur le puits (exemple : année de construction, profondeur, utilisation d'un système de traitement, présence d'un réservoir), l'utilisation de l'eau ainsi que l'appréciation de la quantité et de la qualité de l'eau.

Les autres étapes incluent la prise d'un niveau d'eau dans le puits (*Photo 6.1b*), lorsque c'était possible, la mesure des paramètres physico-chimiques *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètres (système multi-paramètres YSI 556 MPS, voir la *Photo 6.1c*) lors de la purge de l'eau du puits et l'échantillonnage de l'eau souterraine à partir du robinet.

a) Puits tubulaire de 6" sur un esker



b) Prise d'un niveau d'eau dans un puits



c) Lecture des paramètres *in-situ*



d) Filtration pour les métaux dissous



Photo 6.1 Échantillonnage de l'eau souterraine.

La purge de l'eau du puits, réalisée en laissant couler l'eau du robinet avant la prise de l'échantillon, a pour objectif de vidanger l'eau présente dans la tuyauterie et dans le puits afin d'obtenir une eau représentative des conditions de l'aquifère. Lorsqu'un système de traitement était utilisé, l'eau souterraine était prélevée avant qu'elle passe par le système.

Les paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain incluent le pH, qui est une mesure du degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau, la conductivité spécifique, qui mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique et qui est fonction de la quantité totale de solides dissous dans l'eau, la température ainsi que l'oxygène dissous dans l'eau. Ces mesures *in situ* complètent les analyses qui sont ensuite réalisées au laboratoire. Les bouteilles d'eau qui seront soumises au laboratoire pour analyse sont remplies lorsque les paramètres physico-chimiques *in situ* ont atteint la stabilité.

Le *Tableau 6.2* présente la liste générale des paramètres chimiques analysés dans un laboratoire accrédité par le MDDEP (Maxxam Analytique Inc.). Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles de plastique fournis par le laboratoire (avec les agents de conservation si nécessaire). L'eau prélevée pour l'analyse des métaux dissous a été filtrée directement sur le terrain (*Photo 6.1d*).

Les échantillons récoltés, conservés à 4 °C et à l'obscurité, étaient envoyés deux fois par semaine au laboratoire afin de respecter les délais d'analyse. Des duplicata (6% des échantillons) ainsi que des blancs de terrain et de transport ont été prélevés pour s'assurer du contrôle de la qualité de l'échantillonnage et des analyses. Les limites de détection des méthodes d'analyse du laboratoire pour l'ensemble des paramètres analysés sont indiquées au *Tableau 6.3*.

Tableau 6.2. Liste générale des 29 paramètres chimiques analysés au laboratoire

Paramètres	Bouteille	Agent de conservation	Filtration (0.45 µm)
Métaux dissous (22 paramètres)	250 ml, P	Acide nitrique	Oui
Alcalinité, Bromure, Chlorures, Nitrate et Nitrite, Sulfates, Fluorure	250 ml, P	Aucun	Non
Sulfures	250 ml, P	Acétate de zinc + NaOH	Non

Note : P = Bouteille en plastique (HDPE)

Tableau 6.3. Limites de détection des méthodes d'analyse et statistiques descriptives des 80 échantillons d'eau souterraine

Paramètres	Limite de détection	Unité	Nb sous LD	Minimum	Maximum	Moyenne
Métaux dissous par ICP-MS						
Aluminium (Al)	<1	ug/L	39	1	100	9.52
Antimoine (Sb)	<1	ug/L	80	—	—	—
Argent (Ag)	<0.1	ug/L	78	0.1	0.4	0.15
Arsenic (As)	<1	ug/L	44	1	31	2.61
Baryum (Ba)	<0.002	mg/L	3	0.002	0.42	0.04
Cadmium (Cd)	<0.2	ug/L	80	—	—	—
Chrome (Cr)	<0.5	ug/L	27	0.5	9.2	1.59
Cuivre (Cu)	<0.5	ug/L	44	0.5	170	7.08
Manganèse (Mn)	<0.0004	mg/L	7	0.0004	1.1	0.21
Nickel (Ni)	<1	ug/L	70	1	59	2.1
Sodium (Na)	<0.03	mg/L	0	1.2	33	9.33
Zinc (Zn)	<1	ug/L	4	1	500	24.13
Bore (B)	<0.005	mg/L	25	0.005	0.11	0.02
Fer (Fe)	<0.03	mg/L	27	0.03	4.1	0.46
Magnésium (Mg)	<0.01	mg/L	0	1	37	12.8
Lithium (Li)	<10	ug/L	78	10	12	10.03
Potassium (K)	<0.1	mg/L	0	0.3	6.5	1.95
Sélénium (Se)	<1	ug/L	80	—	—	—
Strontium (Sr)	<0.002	mg/L	0	0.031	3	0.27
Calcium (Ca)	<0.05	mg/L	0	3.5	120	45.07
Silicium (Si) (soluble dans HNO3)	<0.1	mg/L	1	0.1	14	8.08
Plomb (Pb)	<0.1	ug/L	57	0.1	2	0.51
Conventionnels						
Anions sulfure (S=)	<0.02	mg/L	71	0.02	0.16	0.02
Fluorure (F)	<0.08	mg/L	26	0.08	1.8	0.15
Alcalinité (Totale en CaCO3) pH 4.5	<2	mg/L	0	13	410	189.69
Bromure (Br-)	<0.1	mg/L	75	0.1	0.5	0.11
Chlorures (Cl)	<0.05	mg/L	0	0.05	38	4.34
Nitrate (N) et Nitrite (N)	<0.02	mg/L	31	0.02	4.9	0.22
Sulfates (SO4)	<0.1	mg/L	2	0.01	62	7.15
Paramètre in-situ						
pH	—	—	—	5.39	8.82	7.59
Conductivité spécifique	—	mS/cm	—	0.081	0.797	0.38
Paramètre calculé						
Dureté totale (en CaCO3)	—	mg/L	—	12.86	398.52	165.25

Note : Nb sous LD = Nombre d'échantillons sous la limite de détection du laboratoire

6.2 Évaluation de la qualité de l'eau souterraine

La qualité de l'eau souterraine peut être définie par ses paramètres microbiologiques, chimiques et physiques en fonction des *Recommandations pour la qualité de l'eau potable* de Santé Canada (2007) et du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* du Gouvernement du Québec (2006).

Bien que généralement l'eau souterraine soit de meilleure qualité que l'eau de surface, sa qualité peut avoir été altérée par une contamination microbiologique ou chimique reliée à des activités de surface. De plus, il n'est pas rare de retrouver dans différentes régions du Québec des problèmes de qualité d'eau souterraine dont l'origine est naturelle. Ces problèmes de potabilité, qu'on peut décrire comme une "contamination d'origine naturelle", sont souvent reliés aux interactions entre l'eau souterraine et les minéraux de l'aquifère tel que présenté au début de la *Section 6*.

Suite à la réception des résultats d'analyses des échantillons d'eau du laboratoire, les dépassements des *Recommandations pour la qualité de l'eau potable* de Santé Canada (2007) ont été comptabilisés. Le *Tableau 6.4* présente la synthèse des dépassements observés pour les échantillons d'eau souterraine, incluant le nombre de dépassements des recommandations en fonction de critères de santé (concentrations maximales acceptables : CMA) ainsi que le nombre de dépassements des recommandations en fonction de considérations esthétiques (objectifs d'ordre esthétique : OE).

Dépassements des critères de santé

En fonction des paramètres analysés, trois dépassements de recommandation en matière de santé ont été mesurés sur les 80 échantillons prélevés en 2006, soit deux légers dépassements pour l'arsenic et un léger dépassement pour le fluorure (note : le *Tableau 6.4* utilise la nouvelle recommandation pour l'arsenic, soit 10 µg/L). Pour les dépassements des critères de santé, le problème a été signalé aux propriétaires des puits, afin de les informer de la situation et de les référer à des intervenants pouvant leur fournir des informations quant aux mesures appropriées à prendre.

Il est important de noter que certains paramètres utilisés pour définir la qualité de l'eau n'ont pas été analysés lors des travaux d'échantillonnage de 2006, incluant les paramètres microbiologiques et d'autres paramètres chimiques (dont : cyanures, mercure, uranium).

Tableau 6.4. Comparaison des paramètres analysés aux Recommandations en matière de santé et d'ordre esthétique de Santé Canada (2007) (80 échantillons d'eau souterraine)

Paramètres	Unité	CMA	OE	Nombre de dépassements
Métaux dissous par ICP-MS				
Aluminium (Al)	ug/L		[100/200] ^a	0
Antimoine (Sb)	ug/L	6		0
Argent (Ag)	ug/L			
Arsenic (As)	ug/L	10		2
Baryum (Ba)	mg/L	1		0
Cadmium (Cd)	ug/L	5		0
Chrome (Cr)	ug/L	50		0
Cuivre (Cu)	ug/L		≤1000	0
Manganèse (Mn)	mg/L		≤0.05	50
Nickel (Ni)	ug/L			
Sodium (Na)	mg/L		≤200	0
Zinc (Zn)	ug/L		≤5000	0
Bore (B)	mg/L	5		0
Fer (Fe)	mg/L		≤0.3	27
Magnésium (Mg)	mg/L			
Lithium (Li)	ug/L			
Potassium (K)	mg/L			
Sélénium (Se)	ug/L	10		0
Strontium (Sr)	mg/L			
Calcium (Ca)	mg/L			
Silicium (Si) (soluble dans HNO ₃)	mg/L			
Plomb (Pb)	ug/L	10		0
Conventionnels				
Anions sulfure (S=)	mg/L		≤0.05	3
Fluorure (F)	mg/L	1.5		1
Alcalinité (Totale en CaCO ₃) pH 4.5	mg/L			
Bromure (Br ⁻)	mg/L			
Chlorures (Cl)	mg/L		≤250	0
Nitrate (N) et Nitrite (N)	mg/L	10		0
Sulfates (SO ₄)	mg/L		≤500	0
Paramètre in-situ				
pH	—		6.5-8.5	5

a : Valeur opérationnelle recommandée, conçue pour être utilisée dans le cas des usines de traitement qui utilisent des coagulants à base d'aluminium (Santé Canada, 2007)

Note : CMA = Concentrations maximales acceptable; OE = Objectifs d'ordre esthétique
Rouge = Dépassement des CMA; Orange = Dépassement des OE

Dépassements des objectifs esthétiques

Sur le territoire de la MRC d'Abitibi, des dépassements de certains critères d'ordre esthétique ont été observés pour le fer (27/80 échantillons), le manganèse (50/80 échantillons), les sulfures (3/80 échantillons) et le pH (5/80 échantillons), pouvant occasionner des effets désagréables sur le plan esthétique (dont le goût, l'odeur ainsi que la possibilité de tacher le linge et la plomberie), sans qu'ils constituent toutefois un risque pour la santé (*Tableau 6.4*).

De plus, 24 des 80 échantillons ont une dureté totale supérieure à 200 mg/L. La dureté totale, calculée à partir des concentrations en calcium et en magnésium, est un paramètre qui ne fait pas l'objet de recommandation. Toutefois, une eau avec une dureté supérieure à 200 mg/L est jugée médiocre mais elle peut être tolérée (Santé Canada, 2007). La problématique de dureté élevée de l'eau, qui entraîne la formation de dépôts et l'entartrage de la tuyauterie, ainsi que les autres problèmes esthétiques observés, sont remédiables par l'utilisation d'un système de traitement.

6.3 Représentation cartographique des données et de la qualité de l'eau

Des cartes à points, représentant la distribution des résultats d'analyses de 2006, ont été réalisées afin de mieux percevoir les variations de la chimie et de la qualité de l'eau souterraine sur le territoire de la MRC d'Abitibi (*Cartes 6.3 à 6.28*). Pour chacun des sites d'échantillonnage, des points, de grosseur proportionnelle aux résultats obtenus, permettent de visualiser la variabilité régionale de chacun des paramètres. Une couleur de points différente est utilisée pour permettre d'identifier facilement les sites d'échantillonnage ayant des dépassements des recommandations en fonction de critères de santé et des recommandations en fonction des objectifs esthétiques.

La majorité des cartes utilisent le relief ainsi que la localisation des eskers et de la Moraine d'Harricana comme carte de fond. Pour la représentation des concentrations en arsenic (*Carte 6.18*) et en fluorure (*Carte 6.19*), la géologie du roc a été choisie comme carte de fond afin de faciliter l'interprétation des résultats. Le *Tableau 6.3*, qui présente les statistiques descriptives des 80 échantillons, peut être utilisé comme information complémentaire aux cartes de distribution. Des cartes à points n'ont pas été réalisées pour six paramètres analysés au laboratoire (antimoine, argent, cadmium, sélénium, bromure, lithium) car l'ensemble ou la majorité des échantillons ont des valeurs sous la limite de détection de la méthode d'analyse respective.

Distribution des paramètres

pH : Avec une valeur moyenne de 7.59, la majorité des échantillons ont un pH qui se situe entre 6.5 et 8.5 et rencontre l'objectif d'ordre esthétique (*Tableau 6.3; Carte 6.3*). Les deux sites ayant des valeurs de pH inférieures à 6.5 sont des puits installés dans le roc, alors que les trois sites avec des valeurs supérieures à 8.5 sont localisés sur l'esker Saint-Mathieu – Berry. La distribution du pH dans les zones inter-eskers montre des valeurs variables et des analyses supplémentaires permettront de déterminer l'influence des contextes géologiques sur le pH de l'eau souterraine. Il est intéressant de noter l'uniformité des valeurs de pH associées à l'eau souterraine de l'esker de Barraute alors que l'esker Saint-Mathieu – Berry montre une variabilité significative des valeurs de pH sur sa partie étudiée.

Conductivité spécifique : La *Carte 6.4* montre que les valeurs les plus faibles de conductivité spécifique sont associées aux sites échantillonnés sur l'esker Saint-Mathieu – Berry et que les valeurs dans les zones inter-eskers sont variables. Les sites échantillonnés dans l'esker de Barraute ont des valeurs de conductivité spécifique se situant dans la moyenne, et ont donc une quantité totale de solides dissous plus élevée que ceux de l'esker Saint-Mathieu – Berry. Le type d'esker enfoui qu'est l'esker de Barraute (Type D de la *Figure 4.1*) peut expliquer les valeurs plus élevées de solides dissous comparativement à l'esker Saint-Mathieu – Berry qui est partiellement enfoui sous l'argile (Type C de la *Figure 4.1*).

Éléments majeurs : La conductivité électrique étant fonction de la quantité totale de solides dissous dans l'eau, la distribution des éléments majeurs présents dans l'eau suit celle de la conductivité électrique. En effet, on observe de faibles valeurs pour les éléments majeurs aux sites associés à l'esker Saint-Mathieu – Berry et une plus grande variabilité dans les zones inter-eskers. C'est le cas pour les concentrations en calcium (*Carte 6.5*), en magnésium (*Carte 6.6*), en sodium (*Carte 6.7*), en potassium (*Carte 6.8*), la distribution de l'alcalinité (*Carte 6.9*), et les concentrations en chlorures (*Carte 6.10*).

Fer et Manganèse : Avec 27 et 50 dépassements des objectifs d'ordre esthétique respectivement (*Tableau 6.4*), les distributions des concentrations en fer (*Carte 6.12*) et en manganèse (*Carte 6.13*) montrent que la problématique associée à ces deux paramètres peut être qualifiée de régionale. La *Carte 6.14* montre l'association entre ces deux paramètres qui sont généralement présents dans les mêmes minéraux. Bien que la majorité des dépassements répertoriés proviennent de puits au roc dans les zones inter-eskers, quelques dépassements ont été observés sur l'esker Saint-Mathieu – Berry et l'esker de Barraute.

Sulfures : La majorité des sites échantillonnés (71/80) ont des concentrations en sulfures sous la limite de détection (*Tableau 6.3*). Trois sites, dont un site associé à l'esker de Barraute, ont des valeurs légèrement supérieures aux objectifs d'ordre esthétique (*Carte 6.15*).

Dureté totale : La *Carte 6.16* montre que la majorité des 24 échantillons avec une dureté totale supérieure à 200 mg/L est localisée dans les zones inter-eskers et proviennent de puits puisant l'eau du roc. Les valeurs de dureté élevée sont le résultat de l'interaction entre l'eau et les minéraux.

Nitrates-nitrites : Il est important de signaler qu'aucun dépassement en matière de santé n'a été observé pour les nitrates-nitrites (*Tableau 6.4; Carte 6.17*). Un seul échantillon provenant d'un puits au roc en condition de nappe libre a une valeur supérieure à 3 mg/L pouvant indiquer l'impact d'activités de surface.

Arsenic : La "contamination d'origine naturelle" par l'arsenic de puits privés est une problématique connue en Abitibi-Témiscamingue (Poissant, 1997). L'étude de Poissant (1997) a permis d'établir un lien entre la présence des roches sédimentaires archéennes et celle d'arsenic dans des puits privés. La nouvelle recommandation pour l'arsenic de Santé Canada (2007) étant de 10 µg/L (la recommandation précédente était de 25 µg/L), deux légers dépassements pour l'arsenic ont été mesurés dans l'échantillonnage de 2006 (*Tableau 6.4; Carte 6.18*). Le site avec la valeur en arsenic la plus élevée (31 µg/L) est localisé dans la Municipalité de Saint-Mathieu-d'Harricana, dans l'un des secteurs étudiés par Poissant (2007), juste au nord d'une bande de roches sédimentaires archéennes. Poissant (2007) a conclu dans son étude qu'il ne semblait pas y avoir de réel problème d'arsenic dans le secteur de Saint-Mathieu-d'Harricana autres que des résultats ponctuels plus élevés.

Fluorure : Des facteurs géologiques semblent aussi expliquer les valeurs plus élevées et le dépassement en matière de santé pour le fluorure mesuré dans la Municipalité de Preissac (*Carte 6.19*). En effet, le site ayant un léger dépassement en fluorure capte l'eau du roc dans l'unité de roches granitiques post-tectoniques qui inclue comme roche du granite alcalin à fluorine (voir la légende complète de la géologie du roc de la *Carte 3.1*). L'interaction entre l'eau souterraine et la fluorine, un minéral qui contient du fluor, pourrait donc être le processus causant la présence de fluorure dans l'eau souterraine provenant de puits localisé dans cette unité géologique ou à proximité.

Autres paramètres : Les cartes 6.20 à 6.28 présentent les distributions de métaux dont les concentrations sont inférieures aux *Recommandations pour la qualité de l'eau potable* de Santé Canada (2007), dont le baryum (*Carte 6.21*), le bore (*Carte 6.22*), le chrome (*Carte 6.23*), le cuivre (*Carte 6.24*) et le zinc (*Carte 6.28*), ainsi que des paramètres ne faisant pas l'objet de recommandations, incluant le nickel (*Carte 6.25*), le silicium (*Carte 6.26*) et le strontium (*Carte 6.27*).

7. Conclusions

À la suite des travaux d'échantillonnage de 2006, il est possible de conclure que la qualité régionale de l'eau souterraine est généralement bonne sur le territoire de la MRC d'Abitibi. En fonction des paramètres analysés, trois puits sur les 80 échantillonnés ont montré un dépassement de recommandation en matière de santé pour l'arsenic (2 puits) et le fluorure (1 puits). Ces trois dépassements seraient le résultat d'une "contamination d'origine naturelle" causée par l'interaction avec les minéraux des formations rocheuses. Avec aucun dépassement des recommandations en matière de santé, la qualité de l'eau souterraine associée aux eskers est supérieure à celle de la plaine argileuse.

Les problématiques de qualité d'eau souterraine les plus répandues dans la MRC d'Abitibi sont associées à des paramètres esthétiques et ne constituent pas de problème pour la santé. Les problèmes de manganèse, de fer et de dureté peuvent être qualifiés de problématique régionale pour les zones inter-eskers, alors que ceux reliés au pH et aux sulfures sont observés localement tant dans les eskers que dans les zones inter-eskers. Des facteurs géologiques sont à l'origine de ces dépassements des objectifs d'ordre esthétique qui sont remédiables par l'utilisation d'un système de traitement.

La représentation cartographique des données a permis de montrer que la chimie de l'eau souterraine est influencée par les contextes géologiques pour certains paramètres dont le pH, le fer, le manganèse, la dureté, l'arsenic et le fluorure, alors que d'autres paramètres sont aussi influencés par le contexte hydrogéologique, incluant la conductivité spécifique et les éléments majeurs. Ces travaux ont aussi démontré qu'il existait des différences dans la chimie et dans la qualité de l'eau souterraine associée aux eskers et l'eau de la plaine argileuse dans les zones inter-eskers.

Localement, des dépassements des objectifs d'ordre esthétique ont été identifiés dans l'eau souterraine associée aux eskers Saint-Mathieu – Berry (pH, manganèse) et de Barraute (manganèse, fer, sulfures). Bien que l'excellente qualité de l'eau souterraine associée aux eskers soit reconnue, ces derniers résultats confirment que la qualité de l'eau peut varier au sein même d'un esker. Les travaux ont aussi montré que la qualité de l'eau peut aussi être variable entre les types d'esker comme le démontre les valeurs plus élevées pour la conductivité spécifique et les éléments majeurs dans l'esker de Barraute comparativement à l'esker Saint-Mathieu – Berry.

Ces travaux démontrent la nécessité de réaliser des analyses supplémentaires afin de déterminer les processus expliquant la différence dans la qualité de l'eau entre les eskers et la plaine argileuse, ainsi qu'entre les différents types d'eskers. Des études spécifiques sur les problématiques de "contamination d'origine naturelle", particulièrement pour l'arsenic et le fluorure, permettraient de mieux comprendre leur présence dans certains secteurs et leur lien avec certaines formations rocheuses.

De façon plus globale, cet Atlas sur les eaux souterraines démontre l'importance de la ressource en eau souterraine dans la MRC d'Abitibi. Cette importance est marquée tant dans les aquifères à potentiel élevé que sont les eskers qui alimentent en eau potable des communautés comme Amos et Barraute, des résidents et des industries, que dans la plaine argileuse où l'aquifère à potentiel variable au roc fracturé comble les besoins en eau potable d'une majorité de la population, d'industries et de municipalités.

L'Atlas sur les eaux souterraines de la MRC d'Abitibi est une synthèse rendant accessible les connaissances régionales sur le territoire incluant la géologie du roc et des formations superficielles, la classification des eskers, les types d'aquifères, les contextes hydrogéologiques, les principales zones de recharge et la vulnérabilité relative des aquifères ainsi que la qualité de l'eau souterraine de la MRC d'Abitibi. L'intégration de ces connaissances dans l'aménagement du territoire peut servir de base à une gestion régionale et durable du territoire qui tient compte de la ressource en eau souterraine.



RÉFÉRENCES

- Banerjee, I. 1973. Part A: Sedimentology of Pleistocene glacial varves in Ontario, Canada. Part B: Nature of the grain-size distribution of some Pleistocene glacial varves of Ontario, Canada; Geological Survey of Canada, Bulletin 226, 60 p.
- BAPE, 2000. L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur. Rapport de la Commission sur la gestion de l'eau au Québec. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Québec, Rapport 142 (site Web du BAPE <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/eau/accueil.htm>).
- Environnement Canada, 2004. La Voie verte (site Web d'Environnement Canada http://www.ec.gc.ca/water/fr/nature/grdwtr/f_sixmil.htm).
- Gouvernement du Québec, 2006. Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r.18.1.1) (site Web http://www.mddep.gouv.qc.ca/publications/lois_reglem.htm).
- Jolicoeur, M., 1991. Rapport de l'étude hydrogéologique visant à tracer la limite extrême nord de la zone de protection tertiaire assignée aux puits d'alimentation en eau potable, Sogesteau Ltée, Rapport commandé par la Ville d'Amos, 37 p.
- Kuenen, P.H. 1951. Turbidity currents as the cause of glacial varves, 59, no. 5, 507-508.
- MDDEP, 2000. Portrait régional de l'eau: Abitibi-Témiscamingue, région administrative 8. Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs, Québec (Site Web du MDDEP mise à jour juillet 2000 : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/regions/region08/index.htm>).
- Ministère des Ressources naturelles, 2002. Carte géologique du Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec. DV 2002-06, échelle 1 : 2 000 000.
- Poissant, L.-M., 1997. La contamination par l'arsenic des puits domestiques en Abitibi-Témiscamingue. Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue, Direction de la santé publique, Rouyn-Noranda, 17 janvier 1997.
- Rivera, A., Crown, A., Kohut, A., Rudolph, D., Baker, C., Pupek, D., Shaheen, N., Lewis, M., Parks, K., 2003. Cadre canadien de collaboration en matière d'eau souterraine. Ressources naturelles Canada, 60 p. (site Web de Ressources naturelles Canada http://ess.nrcan.gc.ca/2002_2006/gwp/framework_f.php).
- Riverin, M.-N., 2006. Caractérisation et modélisation de la dynamique d'écoulement dans le système aquifère de l'esker Saint-Mathieu / Berry, Abitibi, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec, INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, 165 p.
- Santé Canada 2007. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Tableau sommaire. Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, mars 2007, 15 p. (site Web de Santé Canada http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/sum_guide-res_recom/index_f.html).
- Veillette, J.J. 1994. Evolution and paleohydrology of glacial lakes Barlow and Ojibway; Quaternary Sciences Reviews, 13, 945-971.
- Veillette, J.J. 1996. Géomorphologie et géologie du Quaternaire du Témiscamingue, Québec et Ontario, Commission géologique du Canada, Bulletin 476, 269 p. 6 cartes, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J.J. et Paradis, S.J. 1996. Les sillons d'icebergs du lac Ojibway, un registre des paléo-vents, Abitibi, Québec, Commission géologique du Canada, dossier public 3031, échelle 1 : 500 000.
- Veillette, J.J., 2000. Un roc ancien rajeuni par les glaciers. Dans : Abitibi-Témiscamingue, de l'emprise des glaces à un foisonnement d'eau et de vie, 10 000 ans d'histoire, ed. F. Miron, Les Éditions Multimondes, pp.1-38.
- Veillette, J.J., Paradis, S.J. et Thibaudeau, P. 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523, 10 cartes, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J., Maqsoud, A., de Corta, H., Bois, D., 2004. Hydrogéologie des eskers de la MRC d'Abitibi, Québec. Comptes rendus, 5ième Congrès conjoint SCG/AIH-SNC sur l'eau souterraine, 57ième Congrès Canadien de Géotechnique, 24-27 octobre 2004, Québec, Session 3B2, 6-13.

PARTIE II – CARTES

LISTE DES CARTES

Carte 2.1 Limites administratives de la MRC d'Abitibi

Carte 2.2 Données d'élévation du territoire de la MRC d'Abitibi

Carte 2.3 Réseau hydrographique et limites des bassins versants

Carte 3.1 Géologie du roc de la MRC d'Abitibi

Carte 3.2 Géologie des formations superficielles de la MRC d'Abitibi

Légendes complètes des Cartes 3.1 et 3.2

Carte 4.1 Classification des eskers et moraine de la MRC d'Abitibi

Carte 5.1 Les contextes hydrogéologiques de la MRC d'Abitibi

Carte 5.2 Principales zones de recharge de la MRC d'Abitibi

Carte 6.1 Localisation des sites d'échantillonnage

Carte 6.2 Provenance de l'échantillon d'eau souterraine

Carte 6.3 Distribution du pH

Carte 6.4 Distribution de la conductivité spécifique

Carte 6.5 Concentrations en Calcium

Carte 6.6 Concentrations en Magnésium

Carte 6.7 Concentrations en Sodium

Carte 6.8 Concentrations en Potassium

Carte 6.9 Distribution de l'Alcalinité

Carte 6.10 Concentrations en Chlorures

Carte 6.11 Concentrations en Sulfates

Carte 6.12 Concentrations en Fer

Carte 6.13 Concentrations en Manganèse

Carte 6.14 Dépassements en Fer et Manganèse

Carte 6.15 Concentrations en Sulfures

Carte 6.16 Distribution de la dureté totale

Carte 6.17 Concentrations en Nitrates et Nitrites

Carte 6.18 Concentrations en Arsenic

Carte 6.19 Concentrations en Fluorure

Carte 6.20 Concentrations en Aluminium

Carte 6.21 Concentrations en Baryum

Carte 6.22 Concentrations en Bore

Carte 6.23 Concentrations en Chrome

Carte 6.24 Concentrations en Cuivre

Carte 6.25 Concentrations en Nickel

Carte 6.26 Concentrations en Silicium

Carte 6.27 Concentrations en Strontium

Carte 6.28 Concentrations en Zinc