

MODÉLISATION DE L'ARCHITECTURE 3D DU SEGMENT SUD DE L'ESKER SAINT-MATHIEU – BERRY RELIÉE À LA CIRCULATION DE L'EAU SOUTERRAINE, RÉGION D'AMOS, ABITIBI

Andrée M. Bolduc, Commission géologique du Canada – CGC-Québec, Québec (Québec)

Marie-Noëlle Riverin, INRS – Eau, Terre, Environnement, Québec (Québec)

René Lefebvre, INRS – Eau, Terre, Environnement, Québec (Québec)

Serge J. Paradis, Commission géologique du Canada – CGC-Québec, Québec (Québec)

Francine Fallara, URSTM - Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Val-d'Or (Québec)

ABSTRACT

In Abitibi, surface aquifers are located mainly in eskers (long ridges of sand and gravel) partially or completely buried beneath glaciolacustrine clays. The intrinsic geometry of eskers suggests an important longitudinal groundwater flow with minimal lateral connections to neighbouring eskers. There is also transverse groundwater flow, from infiltration at the ridge top and emergence laterally as leakages or as rills and springs where the clay is in contact with the esker. A 3D geological model was built from all available data for the Saint-Mathieu – Berry esker. Then, the hydrogeological properties were assigned into the system. The modelled values will be exported to a hydrogeological model to simulate groundwater flow. This hydrogeological model for the Saint-Mathieu-Berry esker will give local authorities a basis for an integrated approach for the management, conservation and protection of the groundwater resource.

RÉSUMÉ

En Abitibi, les aquifères de surface sont localisés principalement dans les eskers (de longues crêtes de sable et gravier) partiellement à totalement enfouis sous une couche d'argile glaciolacustre. La géométrie intrinsèque de ces eskers conditionne la dynamique de l'aquifère, soit un écoulement longitudinal important ayant peu de liens latéraux avec les eskers voisins. Un écoulement transversal, de l'infiltration au sommet de la crête vers des zones de suintement ou des résurgences qui se manifestent sous forme de ruisselets ou de sources au contact entre l'argile et l'esker, existe aussi. Un modèle géologique 3D d'un segment de l'esker de Saint-Mathieu – Berry a été construit à partir de toutes les données disponibles. Ensuite, les propriétés hydrogéologiques ont été assignées au modèle. Les valeurs modélisées seront exportées vers un modèle hydrogéologique représentant la dynamique d'écoulement. Ce modèle hydrogéologique fournira aux intervenants locaux une base pour la gestion, la conservation et la protection de la ressource en eaux souterraines.

1. INTRODUCTION

La région de l'Abitibi est riche en ressources naturelles, minérales, forestières, et hydriques, que ce soit l'eau de surface ou l'eau souterraine. Cette dernière est sans doute la moins bien connue, bien qu'elle soit essentielle pour la communauté. En effet, l'eau des aquifères libres en Abitibi fournissent généralement une eau d'une excellente qualité qui ne demande aucun traitement avant la consommation. Compte tenu du contexte, il apparaît important de non seulement évaluer la disponibilité de l'eau souterraine en terme de quantité, mais aussi de bien comprendre la dynamique d'écoulement des eaux souterraines de l'aquifère de surface en Abitibi. La Commission géologique du Canada (CGC) a donc élaboré une thématique de recherche touchant un milieu physique bien particulier, les eskers, dans une région où ils abondent, l'Abitibi et particulièrement dans la région d'Amos où un esker est exploité pour ses ressources en eau.

Bien qu'il s'agisse d'un projet local, puisqu'il compte examiner la dynamique de l'eau souterraine dans une région d'à peine 275 km², l'étude fait partie d'un projet régional pour toute la MRC de l'Abitibi. Le projet régional, mené par l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

(UQAT-URSTM), évaluera le potentiel en eaux souterraines des formations superficielles et verra à outiller les communautés locales pour la prise de décision en rapport avec la bonne gestion de la ressource en eaux souterraines.

2. LOCALISATION

L'esker Saint-Mathieu - Berry est situé à l'ouest de la Ville d'Amos, en Abitibi (Figure 1) et chevauche deux feuillets SNRC, 32 D/08 (La Motte) et 32 D/09 (Amos). Il est long d'environ 170 km et est orienté généralement nord-sud. Le tronçon étudié ici s'étend du Lac Beauchamp au nord, jusqu'au lac La Motte (Fig. 5), soit environ 25 km.

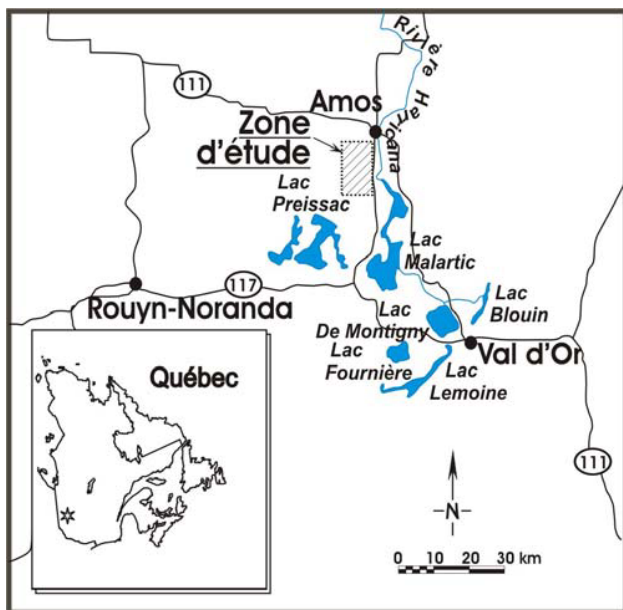


Figure 1. Carte de localisation de la région d'étude

3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

3.1 Géologie du socle rocheux

Pour la recherche en eaux souterraines, l'importance de connaître la nature et la structure du socle rocheux est à deux niveaux. D'une part, l'aquifère principal d'une région peut être logé dans le socle fracturé, auquel cas une connaissance en profondeur du roc est essentielle. En Abitibi, le potentiel aquifère du socle rocheux est limité, justifiant que l'étude actuelle touche les aquifères granulaires logés dans les formations superficielles. D'autre part, la topographie du socle rocheux, conditionnée par sa nature et ses structures, peut être occultée par la couche de dépôts meubles, donnant un relief plutôt plat au paysage. L'épaisseur des formations superficielles, et des aquifères qu'ils contiennent, peut donc être grandement variable à cause du relief rocheux sous-jacent. Dans ce contexte, une connaissance minimale du socle rocheux est nécessaire, qui sera approfondie au besoin.

De nombreuses études, provenant principalement du ministère des Ressources naturelles de la faune et des parcs du Québec (MRNFPQ), portent sur la géologie du socle rocheux de la région d'Amos. Entre autres, on peut citer Babineau, 1985; Beullac et Imreh, 1987; Hocq *et al.*, 1994 et Labbé, 1995, 1999, d'où sont tirées les informations suivantes. Le socle rocheux de la région appartient à la province du Supérieur du Bouclier Canadien. Il s'agit de roches volcaniques et sédimentaires métamorphisées datant de l'Archéen, soit environ 2.7 milliards d'années (Figure 2).

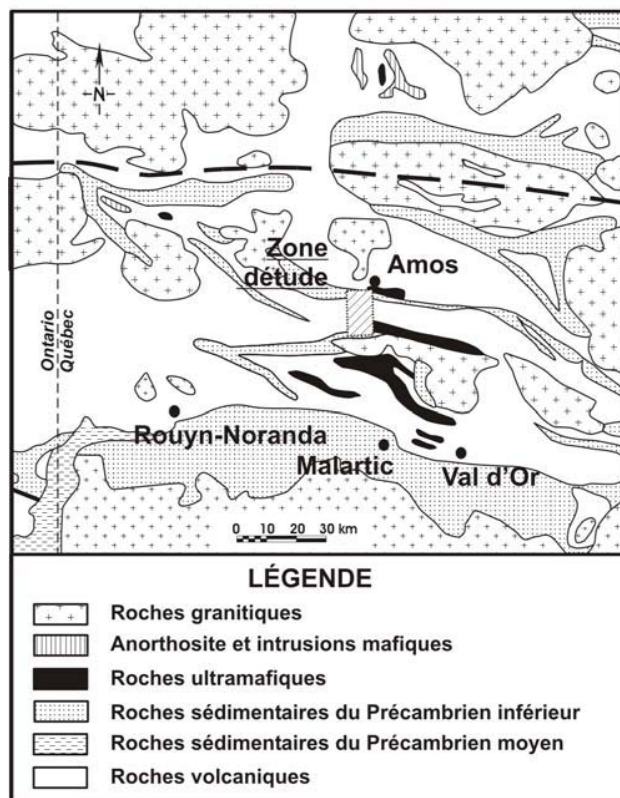


Figure 2. Carte de la géologie du socle rocheux de l'Abitibi (modifiée de Beullac et Imreh, 1987)

Ces roches, qui forment la ceinture de roches vertes de la partie méridionale de la province du Supérieur, ont été ultérieurement percées par des intrusions granitiques archéennes (mais plus jeunes) dont les plutons de Preissac, La Motte et Lacorne sont des exemples. La région est traversée par des systèmes de failles importants dont le mieux connu est celui de Val d'Or – Cadillac – Larder Lake. L'importante activité minière de l'Abitibi est concentrée aux alentours de ce système de failles majeur.

3.2 Géologie des formations superficielles

La région de l'Abitibi a dû être affectée par toutes les grandes glaciations quaternaires. On ne trouve toutefois des évidences de terrain que pour la plus récente, celle du Wisconsinien (Figure 3), bien qu'en forage, ou dans des coupes le long des rivières se drainant dans la Baie James, on trouve des dépôts plus anciens (Veillette, 2000). L'histoire glaciaire qui suit est tirée en grande partie de Veillette (2000) et Veillette et McClenaghan (1996).

Le schéma stratigraphique régional en Abitibi débute par la mise en place d'un till pré-wisconsinien, surmonté de sédiments fluviaux organiques et de sédiments glaciolacustres (Sangamonien?) (Veillette et McClenaghan, 1996). L'englaciation du Wisconsinien inférieur serait représentée par des stries indiquant un écoulement vers le nord-ouest. Aucune évidence de l'un ou l'autre de ces

épisodes n'a été trouvée dans le secteur à l'étude.

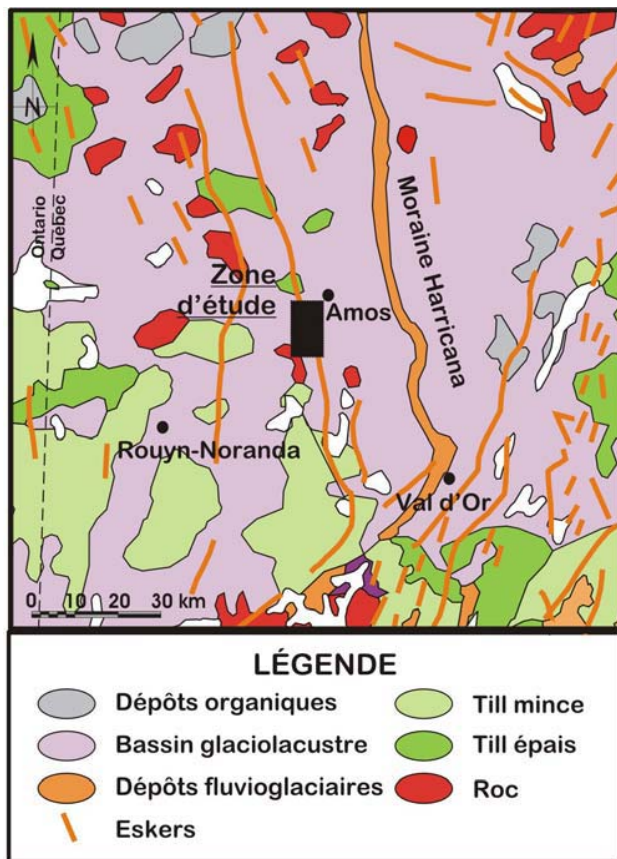


Figure 3. Formations superficielles de la région d'Amos (modifiée de Fulton, 1995), voir Veillette *et al* (2003) pour le détail des cartes.

Des stries localisées sur des surfaces protégées d'affleurements profilés suggèrent ensuite une ré-orientation de l'écoulement glaciaire vers l'ouest, le sud-ouest et le sud-sud-ouest (Veillette et McClenaghan, 1996). Ce mouvement représenterait l'écoulement au dernier maximum glaciaire, qui a produit le till de Matheson. Dans la région d'étude, les stries sont principalement associées à cette épisode au pléniglaciaire (sud-ouest) et au Wisconsinien supérieur (sud-est).

Lors de la déglaciation, la marge glaciaire a progressivement reculé vers le nord pour atteindre l'Abitibi vers 10 ka. L'eau de fonte du glacier a été canalisée dans des tunnels sous-glaciaires dans lesquels des débris ont été transportés et déposés, formant les eskers.

C'est à ce moment que l'esker Saint-Mathieu - Berry est mis en place. Les masses de gravier transportées par les eaux de fonte sont sédimentées près de la marge glaciaire, sous le glacier, dans une zone moins active qui permet l'élargissement du tunnel (Bolduc, 1992). Des stries locales de part et d'autre de, et convergentes vers, l'esker Saint-Mathieu - Berry suggèrent toutefois que le glacier n'était pas

complètement stagnant. L'esker s'est donc mis en place du sud vers le nord, au fur et à mesure du retrait de la zone peu active.

Contemporain à la mise en place des eskers dans la région, l'eau de fonte s'est accumulée au front de la glace en retrait. Le glacier, bloquant le drainage naturel vers la Baie James, a donné naissance au lac glaciaire Ojibway. Ce lac, et le lac Barlow qui l'a précédé, a recouvert une vaste étendue de l'Abitibi et du nord ontarien et a duré près de 2110 ans (chronologie varvaire; Veillette, 1994). La plaine argileuse abitibienne résulte de la sédimentation fine au centre du bassin glaciolacustre. La vidange du lac s'est effectuée progressivement au fur et à mesure de la disponibilité d'exutoires de plus en plus bas jusqu'à ce que le glacier s'effondre il y a environ 8000 ans permettant le drainage complet du lac (Veillette, 1997; Barber *et al.*, 1999). Lors de la vidange progressive du lac, la zone littorale a migré vers le centre du bassin, redistribuant une couche de sable plus ou moins épaisse par-dessus l'argile et donnant naissance aux plages soulevées typiques de cette région.

Juste avant la vidange finale du lac Ojibway, un courant de glace tardif dans l'axe de la Baie James (Parent *et al.*, 1995; Veillette, 1997; Parent et Paradis, 2002) a drainé de grandes quantités de glace vers le sud. Ce courant de glace n'a toutefois pas laissé de trace dans la région d'étude. Les crues de Cochrane, qui lui ont succédé, sont des événements rapides de ré-équilibrage du glacier suite au vélage de sa marge dans les eaux profondes du lac Ojibway (Veillette 1997). Il n'y a pas d'évidences de ces récurrences dans la région d'étude, puisque la limite sud des crues de Cochrane est situé dans le secteur de Matagami au nord de la région d'Amos.

Suite à la vidange complète du lac Ojibway, les surfaces nouvellement exondées ont été remaniées par le vent pour former de grands champs dunaires. L'orientation des dunes indique un vent dominant en provenance de l'ouest-nord-ouest, et les dunes se trouvent préférentiellement sur le flanc oriental des eskers (Veillette, 2000). La végétation s'est ensuite installée, stabilisant les surfaces. De grandes étendues organiques se sont développées dans les endroits moins bien drainés, et le réseau de drainage actuel s'est mis en place.

3.3 Les eskers

Les eskers (voir, entre autres, Banerjee and McDonald, 1975; Bolduc, 1992; Levasseur, 1995; Benn et Evans, 1998), des crêtes plus ou moins sinueuses formées de sable et gravier arrondis, peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres de hauteur, plusieurs centaines de mètres de largeur et plusieurs dizaines de kilomètres de longueur. Ils sont mis en place lors de la déglaciation. La sédimentation se fait sous le glacier près de sa marge, dans un tunnel qui sert à évacuer les eaux de fonte. Le tunnel peut se poursuivre à l'intérieur du glacier sur de grandes distances, mais l'énergie de l'eau qui y circule est trop forte pour permettre la sédimentation. Près de la marge glaciaire plus ou moins stagnante, le tunnel s'élargit, ce qui contribue à diminuer la compétence de transport du torrent et permet

la sédimentation des éléments grossiers. Un esker est généralement pauvrement à très bien stratifié. Les eskers abitibiens mis en place lors de la dernière déglaciation n'ayant pas subi de précipitation secondaire dans les vides, leur porosité et perméabilité peuvent être très grandes.

Les particules fines sont évacuées à l'extérieur du glacier, soit dans un plan d'eau proglaciaire, soit dans une plaine d'épandage subaérienne. En Abitibi, le lac Ojibway, au contact du glacier en retrait, a été déterminant dans le modèle de mise en place des eskers (Figure 4). Les crêtes sont périodiquement interrompues par une accumulation élargie de sédiments plus fins qui correspondent à la position de la marge glaciaire. L'eau qui débouche du tunnel se disperse dans le lac en perdant son énergie. Les sédiments qu'elle transporte sont déposés sous forme de cône d'épandage sous-aquatique formant un esker perlé (*beaded esker* de Banerjee and McDonald, 1975). Les sédiments fins sont transportés en suspension et déposés dans la partie plus profonde du lac, recouvrant partiellement à entièrement les crêtes et cônes déjà mis en place. Cette couche d'argile glaciolacustre plus ou moins épaisse sert à confiner, du moins en partie, l'aquifère de l'esker.

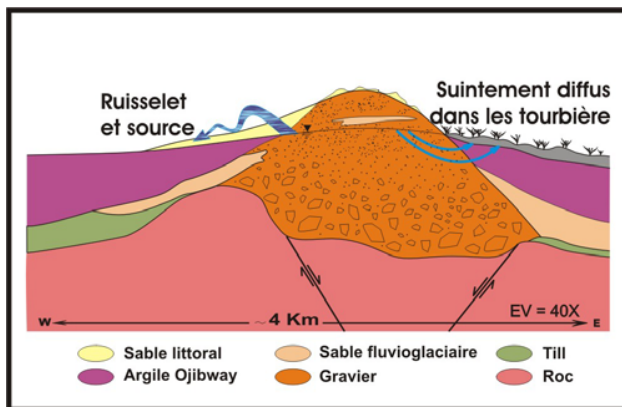


Figure 4. Modèle conceptuel de l'esker Saint-Mathieu - Berry

3.3.1 Potentiel aquifère des eskers

La grande perméabilité des eskers leur confère un potentiel aquifère intéressant. Le confinement par une couche argileuse sus-jacente aux sables et graviers permet de retenir l'eau. L'aquifère logé dans un esker prend la forme et le volume de celui-ci. Il est donc primordial d'établir l'agencement des sédiments, la présence de couches de granulométrie plus fine, d'évaluer les discontinuités potentielles d'un segment à l'autre, ainsi que la présence de sous-bassins. Est-ce que toute l'eau dans l'esker participe à la dynamique d'écoulement ou est-ce qu'il y a des zones où l'eau circule mieux ou moins bien? Cette caractérisation devrait permettre d'évaluer la contribution relative des écoulements longitudinaux et transversaux lors de la circulation globale des eaux souterraines de l'esker étudié.

3.4 L'esker Saint-Mathieu - Berry

L'esker Saint-Mathieu - Berry possède plusieurs des caractéristiques notées par Allard (1974) dans son étude sur les eskers abitibiens. Le tronçon étudié ici prend l'aspect d'une crête continue d'environ 23 km de long, rectiligne, sauf à chaque extrémité où le tracé de la crête s'arrondi (Figure 5). La crête surplombe la plaine argileuse d'environ 25 m dans sa moitié nord, au sud, elle se confond avec le relief rocheux environnant. Toutefois, à son extrémité sud, qui se termine presque à la verticale, on peut voir jusqu'à 30 m de sable et gravier dans certaines gravières présentement actives. La portion exposée de l'esker représente seulement une partie de l'épaisseur totale de gravier, qui peut atteindre 60 m localement. Le segment St-Mathieu de l'esker montre une crête pointue dans sa partie sud, tandis qu'elle est plate dans sa partie nord. L'esker est percé de kettles, certains secs, d'autres avec des lacs, dont le plus grand est le Lac des Hauteurs. Les flancs ont été remaniés par les vagues du lac Ojibway en retrait, et des cordons littoraux et escarpements d'érosion littorale sont présents sur chaque flanc. On retrouve aussi des remaniements éoliens importants, principalement sur le flanc est, ainsi que de grandes zones de dépôts organiques. Le tronçon d'esker Saint-Mathieu se termine dans les collines localisées entre les lacs La Motte et Preissac. Les épandages latéraux de sédiments sableux sont partiellement enfouis sous la couche d'argile du lac Ojibway.

4. DONNÉES DE FORAGE

Le modèle géologique 3D conceptuel (Figure 6) a été développé à partir des données de géologie de surface (Veillette *et al.*, 2003) et des données de forage (Figure 5). Une cote de fiabilité a été attribuée à toutes les données de forages selon la méthodologie développée par Ross *et al.* (sous presse). Les données de forage, et autres (métadonnées, liste des intervenants, données de terrain, etc.) résident sur le site Intranet de l'activité Esker-Abitibi, (<http://cgq.rncan.gc.ca/eskerabitibi/>) accessible aux membres et collaborateurs.

Les données de forage provenant de la Ville d'Amos sont localisées aux environs des puits municipaux, dans l'esker ou en bordure, et donnent de bonnes informations sur la structure interne du dépôt fluvioglaciaire. Le degré de fiabilité est grand, mais les données ne couvrent pas un grand territoire.

De nombreux rapports stratigraphiques et hydrogéologiques sont détenus par Eaux-Vives Harricana (EVH), l'embouteilleur de l'eau «Esker®» puisée dans l'esker Saint-Mathieu - Berry. Comme pour les données de la Ville d'Amos, ces données sont d'une grande fiabilité, mais ne couvrent pas un grand territoire.

Les forages réalisés par le ministère des Ressources naturelles, de la faune et des parcs du Québec (MRNFPQ) fournissent des informations détaillées sur le roc, mais les formations superficielles ne sont identifiées que par le code «dépôts meubles». Ce type de données, bien que fiable, n'est exploité que pour reconstruire la topographie du roc et

pour évaluer l'épaisseur des formations superficielles.

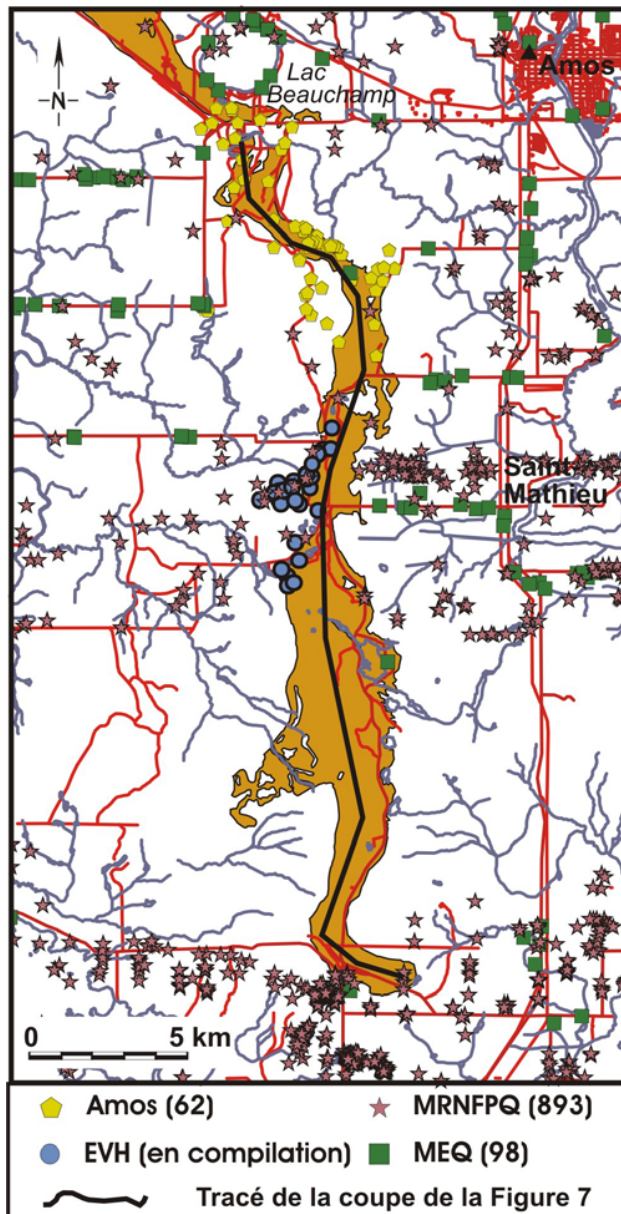


Figure 5 : Répartition géographique des données de forage selon leur source. Noter l'extension cartographique de l'esker (orange, modifié de Veillette *et al*, 2003).

Le ministère de l'Environnement du Québec (MEQ) fournit des données stratigraphiques par l'entremise des rapports de forages soumis par les puisatiers. Ces informations sont assez bien réparties sur l'ensemble du territoire, mais il y en a peu dans l'esker lui-même. La cote de fiabilité est plutôt faible dû au manque de rigueur lors de l'entrée de données. Elles sont tout de même utiles pour déterminer la profondeur au roc et l'épaisseur d'argile.

Aucun forage du ministère des Transports du Québec n'est

situé dans la zone d'étude locale.

5. MODÈLE GÉOLOGIQUE 3D

Le modèle géologique 3D (Figure 6) est construit avec l'aide du logiciel Gocad® de Earth Decision Sciences. Deux surfaces limites fiables sont d'abord construites : la surface topographique et le socle rocheux. Tout est compris entre ces deux surfaces, et des variations d'ordre métrique dans la reconstruction peuvent engendrer des incohérences lors de la modélisation hydrogéologique. Dans l'élaboration du modèle géologique 3D, les éléments suivants sont donc pris en compte :

- (1) La surface limite inférieure est le socle rocheux. La construction de cette surface repose sur toutes les données fiables disponibles. La surface limite supérieure est le relief actuel de la région. Le modèle numérique de terrain (Boivin *et al.*, 2002) est utilisé pour mouler les polygones de la carte des formations superficielles.
- (2) Conceptuellement, les seules surfaces qui pourraient être continues sur toute la région sont le roc, le till, et l'argile. L'esker correspond à un corridor de quelques kilomètres de largeur, tandis que les autres unités, le littoral lacustre, les dépôts organiques et les alluvions récentes sont toutes discontinues.
- (3) En réalité, seule la surface de roc est continue. Le till est déposé sur le roc et représente une couche plus ou moins épaisse et discontinue. Cette couche est coupée par le roc; l'argile est déposée sur le till et/ou le roc et est coupée par ces deux unités.
- (4) Stratigraphiquement, l'esker est sédimenté après le till, mais avant l'argile. Puisqu'il s'agit d'un relief positif, l'esker coupe l'argile. En résolution plus fine, on pourrait trouver des unités argileuses enfouies dans les flancs de l'esker suite à la remobilisation des sédiments sableux par le battement des vagues. C'est la mise en place des dépôts littoraux.
- (5) Les unités organiques et les alluvions sont très superficielles et n'ont pas une extension en profondeur très importante.

6 MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE CONCEPTUEL

Le modèle hydrogéologique conceptuel préliminaire de l'esker comprend : 1) un écoulement longitudinal dans l'esker qui serait contrôlé en grande partie par la pente du roc sous-jacent à l'esker (Figure 7) et 2) un écoulement transversal à l'esker à partir de l'infiltration de l'eau à sa surface qui se dirigerait ensuite vers la bordure de l'esker pour émerger de façon diffuse dans les tourbières ou en zones de suintement et quelques sources au contact argile-gravier (Figure 4). La topographie du roc définirait des sous-bassins hydrogéologiques, représentant eux-mêmes

des systèmes aquifères adjacents mais distincts.

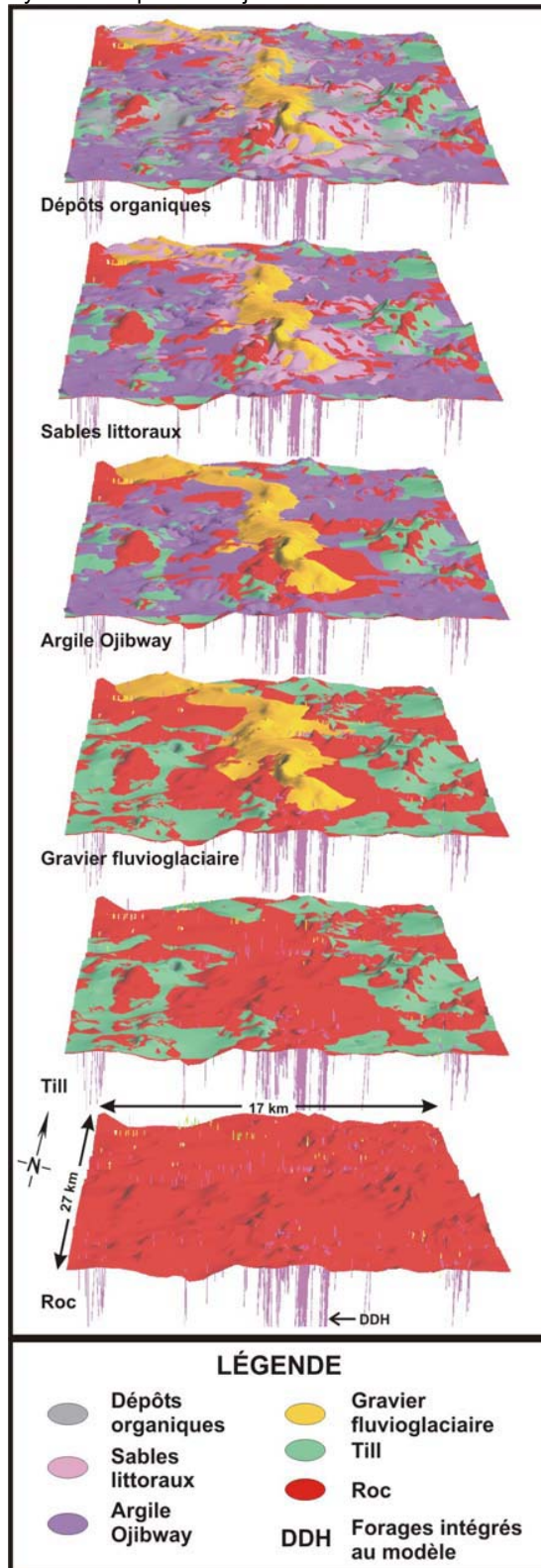


Figure 6 : Modèle géologique 3D de l'esker Saint-Mathieu -

Berry

L'interdépendance entre ces sous-bassins potentiels de même que le modèle conceptuel d'écoulement doivent être vérifiés par l'interprétation des données de caractérisation et la modélisation hydrogéologique.

Ce modèle conceptuel, où l'écoulement respecte la topographie du socle rocheux soulève bien des questions. En fait, la plus importante est de déterminer la présence de un ou plusieurs sous-bassins, tel que suggéré par une remontée du socle rocheux entre les stations d'EVH et d'Amos. Ce modèle permet aussi d'estimer l'épaisseur des formations superficielles (environ 25 à 50 m) et l'épaisseur saturée des sédiments (environ 10 à 20 m).

7.1 Piézométrie préliminaire

Une première étude des données de forages et de la piézométrie permet de constater que l'aquifère de l'esker semble être divisé en sous-aquifères (Riverin *et al.*, 2004; Bolduc *et al.*, 2004). La surface piézométrique préliminaire a été construite par interpolation à partir des données d'élévation de la nappe recueillies dans les puits d'observation et les zones de résurgence diffuse de l'aquifère. Les piézomètres ont aussi permis l'ajustement de la surface du sol et de la topographie du socle rocheux.

Le modèle conceptuel en coupe longitudinale de l'esker (Figure 7) permet de bien présenter la situation. La topographie du socle rocheux a été construite à l'aide des données de forages et de la carte des dépôts superficiels. Cette surface est plus élevée sous la partie sud de l'esker (environ 340 m) ce qui implique une circulation des eaux souterraines vers le nord au moins jusqu'aux environs de l'usine d'embouteillage d'Eaux Vives Harricana, pour un gradient hydraulique de 0,45%. Entre les puits d'EVH (élévation du roc : 285 m) et ceux de la ville d'Amos (élévation du roc : 290 m), la surface rocheuse remonte aux environs de 305 m, ce qui suggère la présence d'un deuxième bassin, défini par la présence d'une ligne de partage des eaux au nord. Par contre, il est possible que les eaux souterraines entre les puits d'Amos et la station d'EVH puissent être influencées par les deux systèmes de captage des eaux souterraines. La direction d'écoulement devrait être précisée à l'aide d'un Geoflow[®] utilisé à différents piézomètres stratégiquement choisis. La piézométrie préliminaire montre que le niveau de la nappe est plus élevé que cette remontée du socle rocheux. L'analyse de données de suivi des niveaux d'eau, installées pour une période d'un an (juillet 2003 – juillet 2004) devrait aider à la définition des sous-bassins hydrogéologiques. Des 4 sondes, 3 ont été installées dans des piézomètres de la ville d'Amos (Figure 5) et l'autre a été installée dans un puits privé au lac des Hauteurs à l'été 2003. Elles sont donc réparties sur le territoire à l'étude et permettront d'identifier les interactions entre les différents pompages. Une première lecture de ces sondes permet de constater que le niveau d'eau varie très peu au cours de l'année, c'est-à-dire de 20 à 40 cm.

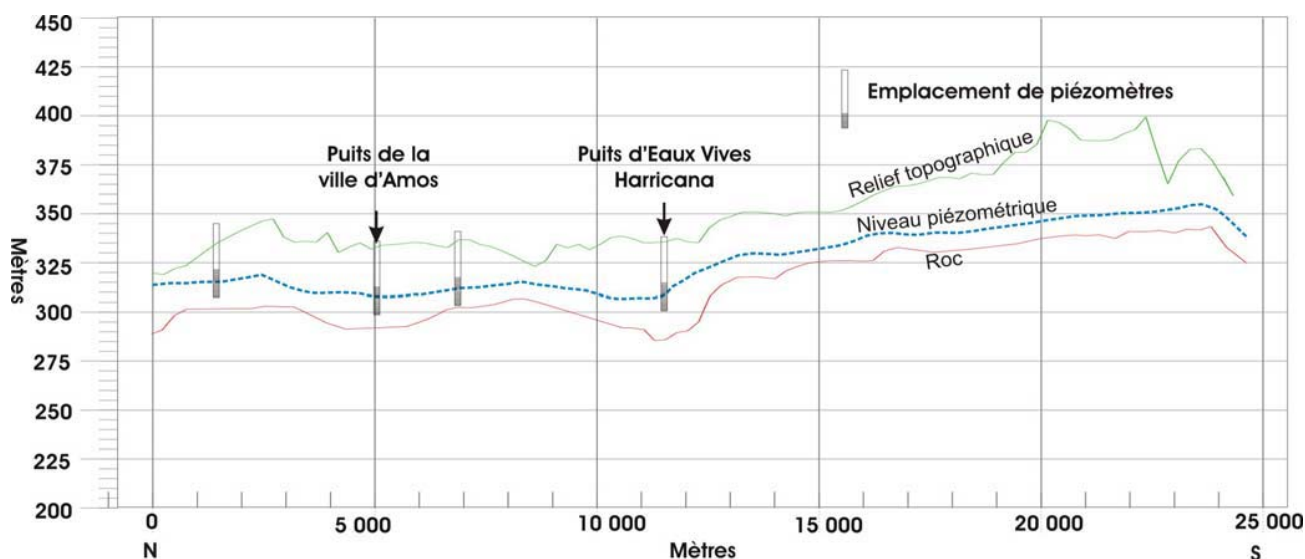


Figure 7. Modèle hydrogéologique conceptuel montré par une coupe longitudinale au centre de l'esker de St-Mathieu

7 CONCLUSION

L'esker Saint-Mathieu - Berry est un excellent aquifère de par sa composition granulométrique (sable et gravier) de même que par la présence d'argile quasi imperméable le long de ses flancs. Le modèle géologique 3D conceptuel peut être reproduit à partir des données disponibles. L'ajout d'information stratigraphique permettra de raffiner le modèle dans des secteurs-clés, soit près des prises d'eau municipales et de l'usine d'embouteillage.

De façon simplifiée, le modèle conceptuel préliminaire de l'écoulement dans l'esker est défini comme suit : 1) il y a un écoulement longitudinal dans l'esker qui serait contrôlé en grande partie par la pente du roc sous-jacent à l'esker et 2) il y aurait un écoulement transversal à l'esker à partir de l'infiltration de l'eau à sa surface qui se dirigerait ensuite vers la bordure de l'esker pour émerger de façon diffuse dans les tourbières ou en zones de suintement et quelques sources au contact argile - esker.

Cette topographie du roc définirait des sous-bassins versants hydrogéologiques, représentant eux-mêmes des systèmes aquifères adjacents mais distincts. L'interdépendance entre ces sous-bassins potentiels de même que le modèle conceptuel d'écoulement doivent être vérifiés par l'interprétation des données de caractérisation et la modélisation hydrogéologique. Pour l'instant, l'écoulement dans le roc sous-jacent à l'esker est supposé négligeable.

8 REMERCIEMENTS

Cet article est la contribution no 2004052 de la Commission géologique du Canada. L'activité J04-GW4300-SP est

soutenue financièrement par le programme sur les eaux souterraines de la Commission géologique du Canada. Nous tenons à remercier nos collaborateurs, M. Boubacar Camara du Service de l'Environnement de la Ville d'Amos, MM. Ghislain Gauthier et Réjean Parent d'Eaux Vives Harricana, ainsi que M. Roger Perigny. Merci également à M. Paulo Defoy pour l'utilisation de son puits. Mme Luce Dubé a dessiné la plupart des Figures. Merci à M. Éric Boisvert pour la révision du texte.

9 Références

- Allard, M. 1974. Géomorphologie des eskers abitibiens. Cahiers de géographie de Québec, Vol. 18, pp. 271-296.
- Babineau, J. 1985. Géologie de la région de La Motte. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, ET 84-03, 17 p.
- Banerjee, I. and McDonald, B.C. 1975. Nature of esker sedimentation. In Jopling, A.V. and McDonald, B.C. (eds.) Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 23, pp. 132-154.
- Barber, D.C., Dyke, A., Hillaire-Marcel, C., Jennings, A.E., Andrews, J.T., Kerwin, M.W., Bilodeau, G., McNeely, R., Southon, J., Morehead, M.D. and Gagnon, J.-M. 1999. Forcing of the cold event of 8,200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide Lakes; Nature, vol. 400, pp. 344-348.
- Benn, D.I. and Evans, D.J.A. 1998. Glaciers & Glaciation; Arnold. London, United Kingdom; 734 p.
- Beullac, R. et Imreh, L. 1987. Géologie du secteur de Preissac - La Pause - Cléricky (Abitibi). Ministère des Ressources naturelles du Québec, ET 86-03, 36 p.
- Bolduc A.M. 1992. The formation of eskers based on their morphology, stratigraphy, and lithologic composition,

- Labrador, Canada. unpubl. PhD dissertation, Dept. of Geological Sciences, Lehigh University, 159 p.
- Bolduc, A.M., Riverin, M.-N., Fallara, F., Paradis, S.J. et Lefebvre, R. 2004. Modélisation 3D du segment sud de l'esker de Saint-Mathieu – Berry près d'Amos, Abitibi. Congrès quadriennal de l'AQQUA, Québec 2004, Programme et résumés, p. 20
- Boivin, R., Larocque, H., et Paradis, S.J. 2002. Étapes de création d'un modèle numérique de terrain et d'une carte thématique avec relief en utilisant le logiciel ArcInfo et le module GRID. Commission géologique du Canada, Dossier public 4184, (CD-ROM).
- Fulton, R.J. 1995. Surficial materials of Canada/Matériaux superficiels du Canada. Commission géologique du Canada, cartes série "A", 1880A. Échelle 1 : 5 000 000.
- Hocq, M., Verpaerst, P., Clark, T., Lamothe, D., Brisebois, D., Brun, J. et Martineau, G. 1994. Géologie du Québec; Ministère des Ressources naturelles du Québec, MM 94-01, 166 p.
- Labbé, Jean-Yves. 1995. Géologie de la région d'Amos; Ministère des Ressources naturelles du Québec, MB 95-24, 27 p.
- Labbé, Jean-Yves. 1999. Études géologiques dans la région d'Amos (Recueil de 4 articles); Ministère des Ressources naturelles du Québec, ET 98-04, 87 p.
- Levasseur, D. 1995. Les eskers; essai de synthèse bibliographique; Géographie physique et Quaternaire 49 : 459-479.
- Parent, M. et Paradis, S.J. 2002. Polyphase glacial dynamics in the eastern Laurentide Ice Sheet-The role of ice streams and dispersal centers; Geological Society of America Annual Meeting Abstracts with Programs, Vol.34, no. 6, p. 323.
- Parent, M., Paradis, S.J. et Bosivert, É. 1995. Ice-flow patterns and glacial transport in the eastern Hudson Bay region : implication for the late Quaternary dynamics of the Laurentide Ice Sheet; Canadian Journal of Earth Sciences, 32, pp. 2057-2070.
- Ross, M., Parent, M. and Lefebvre, R. in print. 3D geologic framework models for regional hydrogeology and land-use management: a case study from a Quaternary basin of southwestern Quebec, Canada; Hydrogeology Journal.
- Riverin, M.-N., Lefebvre, R., Paradis, S. et Bolduc, A. 2004. Caractérisation et modélisation de la dynamique d'écoulement dans le système aquifère de l'esker Saint-Mathieu/Berry dans la région d'Amos, Abitibi; Journée des Sciences de la Terre, Université Laval, Québec.
- Veillette, J.J. 1994. Evolution and paleohydrology of glacial lakes Barlow and Ojibway; Quaternary Science Reviews 13 (9-10), 945-997.
- Veillette, J.J. 1997. Le rôle d'un courant de glace tardif dans la déglaciation de la Baie James; Géographie physique et Quaternaire 51; 2, p. 141-161.
- 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; sous la direction de Fernand Miron, F.; Éditions MultiMondes, Sainte-Foy, Québec, p. 1-38.
- Veillette, J.J. et McClenaghan, M.B. 1996. Les écoulements glaciaires de l'Abitibi-Témiscamingue, Québec et Ontario ; implications pour l'exploration minérale et la répartition des dépôts carbonatés provenant des basses terres de la baie d'Hudson; Commission géologique du Canada Dossier public no 3033F, 1 carte au 1 : 500 000.
- Veillette, J.J., Paradis, S.J. et Thibaudeau, P., (eds) 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec ; Commission géologique du Canada, Dossier public 1523, CD-ROM.