Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue, Québec

Vincent Cloutier[1], Thibaut Aubert[1], Francesca Audet-Gagnon[1], Daniel Blanchette[1], Sabrina Castelli[1], Li Zhen Cheng[2], Pierre-Luc Dallaire[1], Francine Fallara[2], Geneviève Godbout[3], Simon Nadeau[1], Olivier Pitre[3], Nathalie Rey[1-4], Magalie Roy[1], Jean Veillette[1]

[1] *Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Département des sciences appliquées – Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Campus d'Amos, Amos, Québec, Canada*
[2] *Unité de recherche et de services en technologie minérale – Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda, Québec, Canada*
[3] *Société de l'eau souterraine Abitibi-Témiscamingue – Amos, Québec, Canada*
[4] *Département Environnement Technologies et Société – Université de Provence, Marseille, France*

ABSTRACT
The objective of the groundwater knowledge acquisition project of Abitibi-Témiscamingue (PACES-AT) is to provide an integrated portrait of the groundwater resources for part of the municipalized territory. The two main sources of groundwater in Abitibi-Témiscamingue are aquifers associated to eskers and moraine and fractured rock. The characterization approach considers these types of aquifer as distinct hydrogeological settings. The project is carried out in partnership with regional stakeholders in water issues and land managers. Knowledge transfer to project partners aims to foster sustainable land and groundwater management.

RÉSUMÉ
Le Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (PACES-AT) a pour objectif de dresser le portrait intégré de la ressource en eau souterraine pour une partie du territoire municipalisé de l'Abitibi-Témiscamingue. On retrouve deux sources importantes pour l'alimentation en eau souterraine en Abitibi-Témiscamingue, soit les aquifères granulaires composés de sables et graviers associés aux eskers et les aquifères de roc fracturé. L'approche de caractérisation tient compte de ces deux environnements pour dresser le portrait de l'eau souterraine en région. Ce projet est réalisé en partenariat avec les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire. Le transfert des connaissances aux partenaires du PACES-AT favorise une saine gestion du territoire et de la ressource.

1 INTRODUCTION

L'eau souterraine comble les besoins en eau potable d'environ 73% de la population témiscabitibienne. En réponse à la mise en place du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec (PACES) par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) en 2008, le Groupe de recherche sur l'eau souterraine (GRES) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscaminigue a entrepris la réalisation du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (PACES-AT). Le projet a deux objectifs principaux : 1) réaliser un portrait intégré de la ressource en eau souterraine du territoire visé par le PACES-AT (Figure 1), et 2) développer des partenariats entre les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire. La démarche à suivre pour dresser le portait et les étapes de réalisation des projets du PACES sont présentées dans Palmer *et al.* (2011). Nous présentons ici l'approche des travaux complétés jusqu'à maintenant pour la réalisation du portrait intégré de la ressource en eau souterraine de la région.

Le territoire du PACES-AT présente deux sources importantes pour l'alimentation en eau souterraine : 1) l'aquifère au roc fracturé du Bouclier Canadien et 2) les aquifères granulaires associés aux formations fluvioglaciaires que sont les eskers et la Moraine d'Harricana. Les travaux de caractérisation touchent ces deux environnements. Des travaux plus spécifiques réalisés sur certains segments d'esker et des projets de recherche d'étudiants aux cycles supérieurs contribuent directement aux objectifs du PACES-AT.

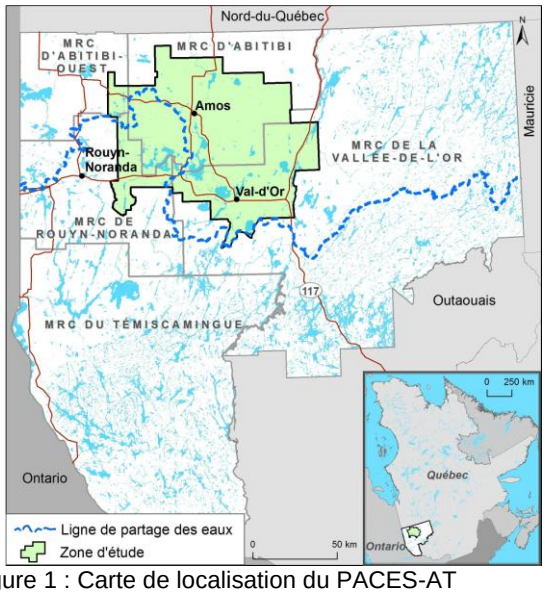

Figure 1 : Carte de localisation du PACES-AT

Plusieurs eskers ayant un potentiel aquifère élevé et une eau de très grande qualité, ces aquifères sont d'une grande importance pour l'approvisionnement en eau souterraine des municipalités de la région. Il est essentiel d'acquérir une meilleure compréhension de ces environnements pour en assurer la saine gestion et la protection à long terme.

2 LOCALISATION ET MISE EN CONTEXTE

L'Abitibi-Témiscamingue est localisée dans le secteur nord-ouest du Québec méridional (Figure 1). Le réseau hydrographique de la région se distingue par un écoulement divergent entre le bassin hydrographique de la Baie-James qui achemine les eaux vers le nord et celui du Saint-Laurent qui coule vers le sud (voir la ligne de partage des eaux, Figure 1). Le territoire couvert par le projet PACES-AT a une superficie de 9 188 km^2 et compte 71 248 habitants (MAMROT, 2010). Il exclut la MRC du Témiscamingue ainsi qu'une grande partie des MRC d'Abitibi-Ouest et de la Ville de Rouyn-Noranda. Le territoire est principalement caractérisé par une plaine argileuse, et la présence des eskers et de la Moraine d'Harricana.

Le Tableau 1 présente le type d'alimentation en eau en Abitibi-Témiscamingue. Pour le territoire du PACES-AT, environ 75% de la population est desservie en eau à partir de réseaux municipaux alimentés en eau souterraine. La population qui n'est pas desservie par un réseau s'approvisionne par le biais de puits privés. Quelques résidences situées en bordure de lacs s'approvisionnent en eau de surface.

Tableau 1 : Type d'alimentation en eau en Abitibi-Témiscamingue

MRC	Eau de surface	Eau souterraine	
	Population desservie %	Population desservie par réseau %	Population desservie par puits privés %
Abitibi	0	45,1	54,9
Abitibi-Ouest	8,8	49,9	41,3
Rouyn-Noranda	69,8	7,9	22,3
Témiscamingue	21,6	45,3	33,1
Vallée-de-l'Or	10,9	72,4	16,7
Total	26,6	43,2	30,2

Source : MDDEP, 2000.

L'eau souterraine de la région provient des aquifères rocheux fracturés et des aquifères granulaires (eskers et moraine). La liste des grands préleveurs d'eau du MDDEP pour le territoire du PACES-AT identifie 87 utilisateurs, dont 80 prélevant plus de 75 m^3 par jour. Les données de prélèvements sont toujours en compilation. Le secteur minier représente le plus grand préleveur d'eau souterraine par ses extractions d'eau au roc fracturé.

Les aquifères granulaires sont majoritairement utilisés par les réseaux d'approvisionnement municipaux et une usine d'embouteillage (Figure 2). En 2001 et 2002, la très grande qualité de l'eau associée à ces environnements a été reconnue internationalement pour les villes d'Amos, Barraute et Senneterre lors de la compétition de Berkeley Springs. Toutefois, les eskers en condition de nappe libre sont aussi des environnements vulnérables, nécessitant ainsi de bien les comprendre et les connaître pour éviter les problèmes de qualité d'eau reliés à une contamination potentielle par les activités de surface.

Un inventaire des activités anthropiques potentiellement polluantes a été réalisé afin de faire ressortir les risques potentiels pour les eaux souterraines. Plus de 145 sites de gestion des matières résiduelles ont été répertoriés. Près du tiers de ces sites sont localisés sur les eskers et la moraine. Ils présentent également une concentration importante d'exploitations de substances minérales de surface (1 717 exploitants sur 186 sites). Les eskers et la moraine se retrouvent ainsi au cœur de nombreux conflits d'usage causés par des utilisations multiples du territoire et de la ressource en eau souterraine.

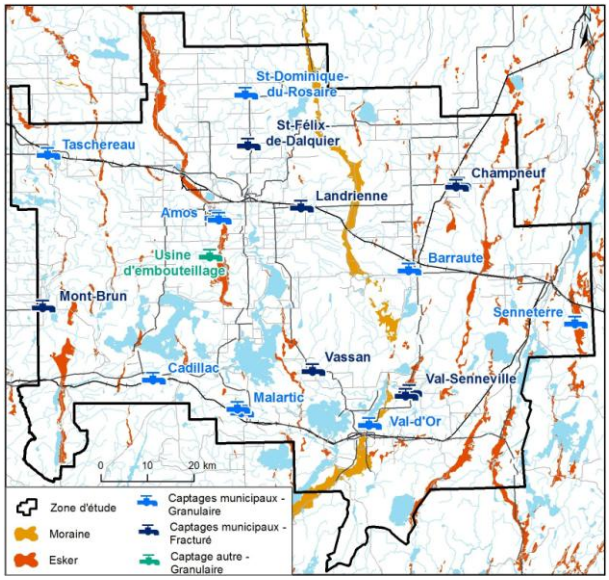

Figure 2 : Localisation des captages (municipaux et usine d'embouteillage) sur le territoire du PACES-AT

3 GEOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

Le territoire est localisé dans la Province du Supérieur du Bouclier Canadien. Le socle rocheux date de la période de l'Archéen et est représenté par des unités montrant une orientation prédominante nord-ouest – sud-est dictées par des systèmes de failles (Figure 3). Les roches sont de types volcaniques et sédimentaires métamorphisées, recoupées par des intrusions granitiques. Plusieurs dykes de diabase du Protérozoïque, recoupent, plus ou moins perpendiculairement, les roches archéennes et les failles.

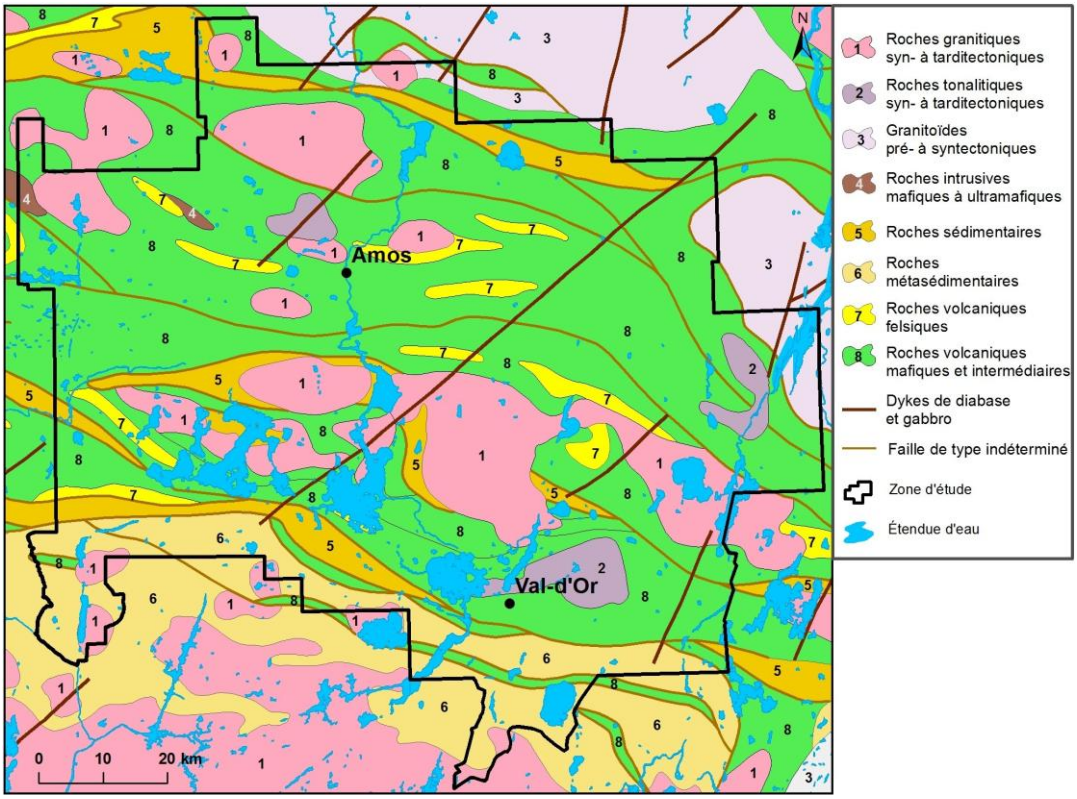

Figure 3 : Carte géologique du territoire du PACES-AT (modifié de MER et OGS, 1983)

Les accidents du socle rocheux constituent un facteur important pour la rétention et l'écoulement de l'eau souterraine dans les eskers. La nature du socle rocheux joue aussi un rôle important sur la chimie et la qualité de l'eau souterraine des aquifères rocheux puisqu'elle influence sa composition chimique (Cloutier *et al.*, 2007).

4 GEOLOGIE DU QUATERNAIRE

Les dépôts superficiels présents sur le territoire à l'étude sont associés au dernier cycle glaciaire, à la submersion glaciolacustre Barlow-Ojibway et aux processus postglaciaires. La Moraine d'Harricana mis en place en position interlobaire marque la séparation entre deux masses de glace : le glacier du Nouveau-Québec en retrait vers le nord-est et le glacier d'Hudson en retrait vers le nord-ouest. L'orientation des eskers témoigne de cet axe de retrait différent à l'ouest et à l'est de la Moraine. Les dépôts fluvioglaciaires affleurent sur environ 6% du territoire tandis que les argiles, déposées lors de la submersion glaciolacustre, recouvrent environ 55% du territoire (Figure 4). Le reste est recouvert par des dépôts glaciaires, des dépôts granulaires sublittoraux et de plage, des sables éoliens et des tourbières.

Les eskers du territoire ont été mis en place dans un environnement glaciolacustre. À part quelques segments localisés sur des points hauts, la grande majorité sont partiellement enfouis par des sédiments à grains fins témoignant d'une mise en place en eau profonde. L'intégration d'indices lithostratigraphiques et hydrogéologiques a permis de hiérarchiser le potentiel aquifère des eskers de l'Abitibi-Témiscamingue (Nadeau, 2011). Dans la région du PACES-AT, de grands segments présentent le plus haut potentiel aquifère démontrant la nécessité d'approfondir les recherches.

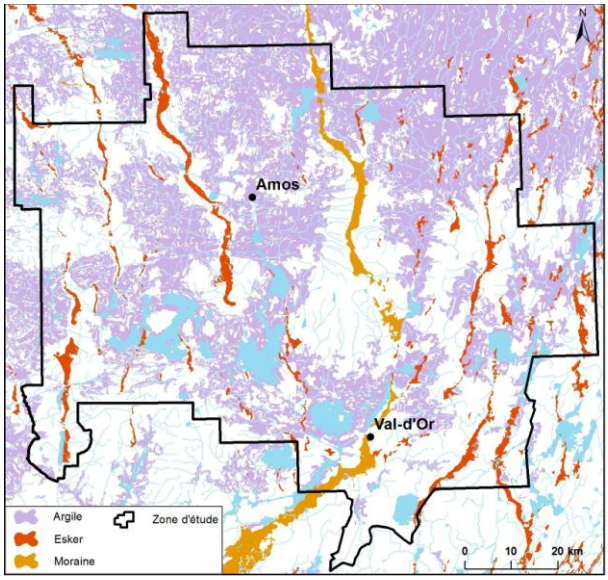

Figure 4 : Localisation des eskers et de la Moraine d'Harricana ainsi que des argiles glaciolacustres (source : Cartes de la géologie des formations en surface de la Commission géologique du Canada, voir les Références)

5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

La Figure 5 est une coupe conceptuelle des contextes hydrogéologiques de la région au travers d'un esker semi-enfoui sous une couche d'argile glaciolacustre. Elle résume la compréhension actuelle de l'hydrogéologie et des relations entre les eskers et le roc fracturé.

La recharge s'effectue par infiltration lorsque l'esker est en condition de nappe libre, c'est-à-dire que le sable et le gravier sont présents à la surface (zone P1). Les dépôts granulaires de l'esker ont une conductivité hydraulique et un potentiel aquifère élevés. L'eau circule dans le système et peut ressortir sous forme de sources où de résurgences diffuses au contact entre l'esker et l'argile glaciolacustre sur les flancs. Ces émergences peuvent ensuite alimenter les cours d'eau et les zones humides en bordures de l'esker. La partie de l'esker qui se prolonge sous l'argile est un aquifère en condition de nappe captive (zone P2). Dans la plaine argileuse, la couche d'argile confine l'unité de roc fracturé qui est en condition de nappe captive (zone P3). Le socle rocheux a une conductivité hydraulique généralement faible lui conférant ainsi un faible potentiel aquifère. Localement, la présence de fractures contribue à augmenter son potentiel aquifère. Des sédiments perméables sont par endroits présents sous la couche d'argile et forment localement des aquifères granulaires en condition de nappe captive (zone P4). La distribution et l'importance de ces dépôts granulaires, qui pourraient être associés aux eskers, sont mal connues puisque les grandes étendues d'argiles masquent ces dépôts.

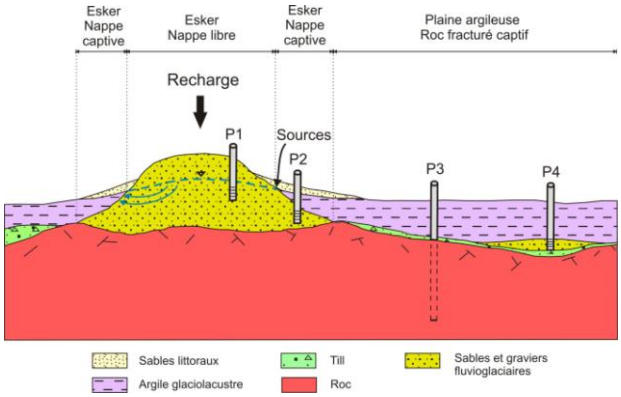

Figure 5 : Coupe conceptuelle des contextes hydrogéologiques

6 APPROCHE DE CARACTERISATION

Pour tenir compte des distinctions entre les deux grands types d'aquifères, l'approche de caractérisation a été subdivisée en une approche régionale et une approche par secteur qui elle, vise les eskers et moraine. De plus, des projets de recherche d'étudiants aux cycles supérieurs abordent des problématiques ciblées et contribuent directement au PACES-AT

Les données compilées proviennent des rapports de consultants, de différents ministères, du système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDEP, et des données de terrain récoltées par le GRES depuis 2006.

6.1 Approche régionale

L'approche régionale correspond à la récolte des données d'intérêt pour établir le portrait de la connaissance des eaux souterraines de la région. Les mesures de niveau d'eau, la campagne d'échantillonnage des eaux souterraines et l'enquête sur l'utilisation de l'eau constituent les principales activités effectuées en 2010. L'essentiel de l'information provient des données compilées du SIH. Ces données qui incluent des informations sur les puits localisés dans le roc fracturé et les formations granulaires, couvrent l'ensemble du territoire du PACES-AT.

La campagne d'échantillonnage de l'eau souterraine a été réalisée en 2010. Les échantillons ont été prélevés par le biais de puits privés, de piézomètres et de puits municipaux ainsi qu'à l'émergence de sources importantes. Tous les échantillons ont été soumis à des analyses chimiques des constituants majeurs, mineurs et traces. Actuellement, certains échantillons sont en processus pour l'analyses des isotopes stables $\delta^{13}C$, $\delta^{2}H$, $\delta^{18}O$ et radioactifs ^{3}H et ^{14}C. Le Tableau 2 présente le résumé des dépassements de qualité pour l'utilisation des eaux souterraines à des fins d'eau potable.

Tableau 2 : Dépassement des recommandations sur la qualité de l'eau potable

Paramètre	excédants (%)	Recommandation[3] (mg/L)	Valeur maximum (mg/L)
Aluminium	2	0,1[2]	0,67
Arsenic	2	0,025[1]	0,053
Baryum	1	1[1]	6,1
Cadmium	1	0,005[1]	0,033
Fer	30	0,3[2]	16
Manganèse	54	0,05[2]	2,7
Uranium	1	0,02[1]	0,071

[1] Concentration maximum acceptable, [2] Recommandation d'ordre esthétique, [3] Source MDDEP (2008) et CEP (2010)

Les concentrations en fer et manganèse apparaissent comme des problèmes présents à l'échelle régionale. Ces dépassements sont d'ordre esthétique et n'ont pas d'impact direct sur la santé humaine. La Figure 6, présente la distribution spatiale des concentrations de fer dans l'eau souterraine. Le pourcentage de puits affectés par les dépassements est plus élevé si l'on considère uniquement les puits au roc fracturé. Ces paramètres sont une incidence directe de la nature du socle rocheux.

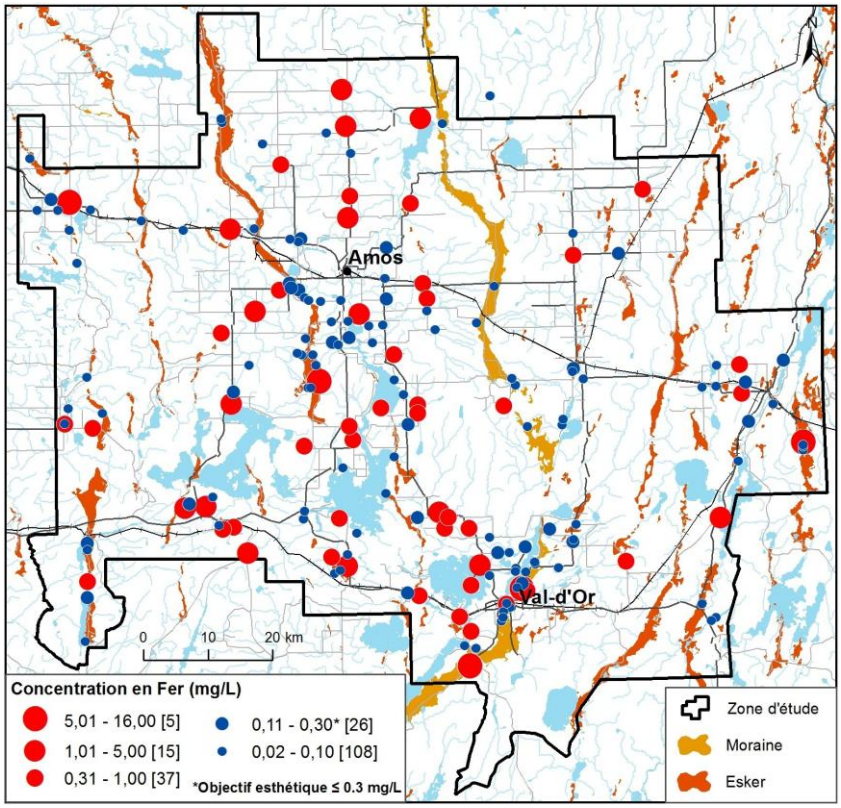

Figure 6 : Concentration en fer dans l'eau souterraine sur le territoire du PACES-AT

La composition chimique représente un outil intéressant pour caractériser et comprendre un système d'écoulement de l'eau souterraine (Blanchette *et al.*, 2011). Pour cette raison, un type d'eau a été défini à chacun des échantillons prélevés dans le cadre du PACES-AT. C'est la méthodologie issue des travaux de Cloutier (2004) qui emploi les concentrations en meq/L des constituants majeurs : cations Ca, Mg, Na, K et anions HCO_3, Cl et SO_4 qui a été appliquée pour la définition des types d'eau. Le Tableau 3 présente un résumé de la définition des types d'eau en fonction des aquifères majeurs et des sources de la région d'étude.

Tableau 3 : Distribution régionale des types d'eau selon le type d'aquifère et les sources

Types d'eau	Aquifères			Sources
(n=190)	Roc (n=101) (%)	Granulaire (n=58) (%)	ND[1] (n=15) (%)	(n=16) (%)
Ca-HCO3	47.4	28.9	7.4	8.4
Ca-Cl	1.1	0	0	0
Ca-SO4	0.5	0	0.5	0
Na-HCO3	3.7	0	0	0
NaCl	0	1.1	0	0
Mg-HCO3	0.5	0.5	0	0

[1] Non déterminé ; n : nombre d'échantillons

Près de 92 % des échantillons sont caractérisés par le type d'eau Ca-HCO_3 qui témoigne généralement d'eau relativement récente ou associée à des zones de recharge de l'eau souterraine. Les autres types d'eau témoignent aussi de certaines particularités géologiques et/ou hydrogéologiques. Les analyses chimiques en cours des isotopes stables $\delta\,^{13}C$, $\delta\,^{2}H$, $\delta\,^{18}O$ et radioactifs ^{3}H et ^{14}C vont aider à faire les liens entre les types d'eau définis et les contextes géologiques et hydrogéologiques.

6.2 Approche par secteur

Une approche par secteur a été choisie pour caractériser les aquifères granulaires, qui constituent des formations indépendantes les unes des autres. Sept secteurs (Figure 7) ont été sélectionnés pour tenir compte des contextes géologiques et hydrogéologiques particuliers de la région. Ils incluent tous un esker ou la Moraine d'Harricana et présentent des enjeux pour la gestion de la ressource et du territoire. Les données issues de ces travaux s'intègrent directement dans la réalisation du portrait régional. Cette approche permet de concentrer les travaux et d'accumuler une densité de données significatives pour mieux comprendre les systèmes aquifères des eskers. Les données proviennent principalement de la compilation des rapports de consultants, des repérages de puits et piézomètres sur le terrain, et de travaux de terrain complémentaires. La majorité des travaux complémentaires (levés géologiques et géophysiques, forages et sondages, aménagement de puits, essais hydrauliques, instrumentation de puits et surveillance de nappe) est inclus dans cette approche.

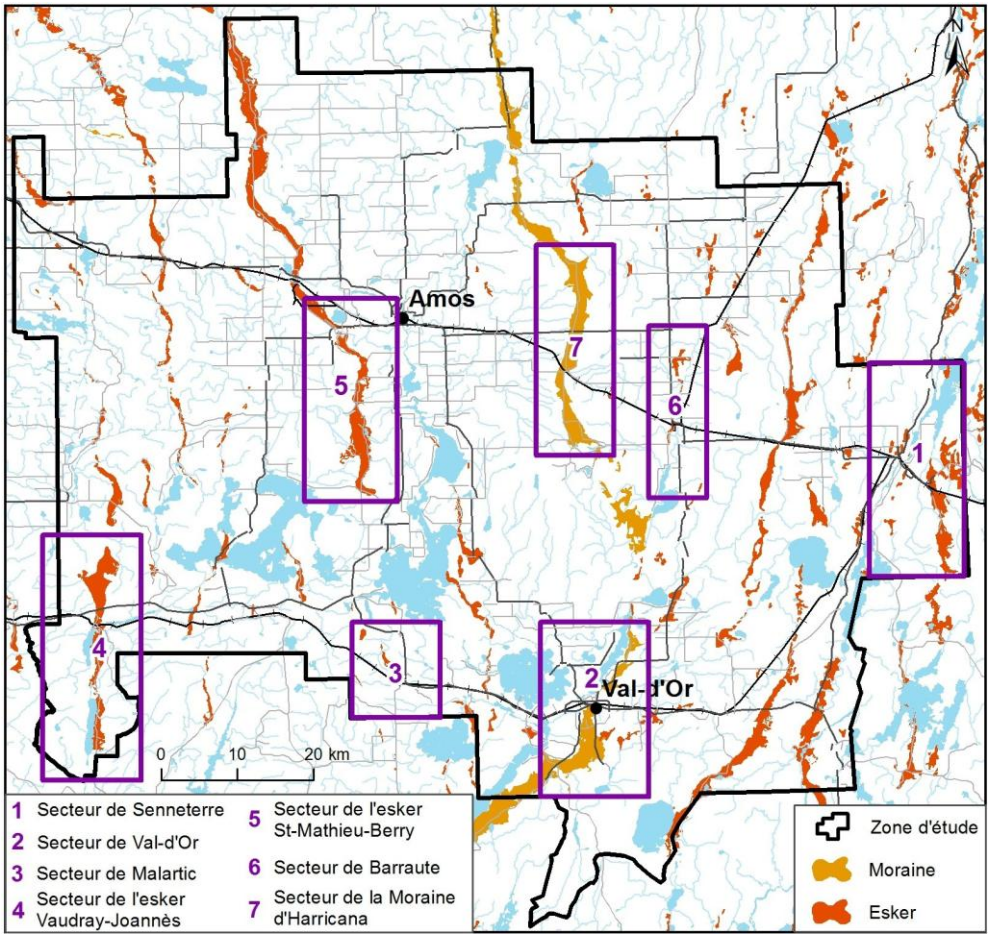

Figure 7 : Territoire étudié dans le cadre du PACES-AT et secteurs d'intérêts

L'exemple du secteur de l'esker des lacs Vaudray et Joannès (secteur 4 de la Figure 7) illustre les travaux de terrain réalisés dans les différents secteurs sélectionnés. Une réserve de biodiversité est présente sur le segment sud de cet esker et un projet de mine à ciel ouvert est à l'étude à proximité du segment nord de l'esker. Les travaux ont été organisés afin de répondre à plusieurs objectifs : 1) définir la stratigraphie des sections enfouies de l'esker, 2) déterminer l'étendu de l'esker enfouie, 3) relever la morphologie du substratum rocheux, 4) quantifier le volume de l'aquifère contenu dans l'esker, 5) déterminer le sens des écoulements et les paramètres hydrogéologiques du milieu, 6) déterminer la qualité de l'eau souterraine.

Afin de déterminer les caractéristiques géologiques de l'esker, sept profils géoradar ont été acquis, soit six perpendiculaires et un parallèle pour une longueur totale de 9,3 km (Dallaire *et al.*, 2010). Ces profils ont été couplés à 57 sondages manuels. 20 levés de niveaux d'eau et d'arpentage ont été effectués dans des puits privés afin de comprendre les directions d'écoulements du système. Le secteur dispose aussi d'un puits du Réseau de suivi des eaux souterraines du MDDEP installé dans le granulaire au contact du roc qui suit en permanence les variations de la nappe phréatique dans l'esker. Le puits du MDDEP ainsi que trois puits privés localisés dans le granulaire et une source ont été échantillonnés (Figure 8). Les valeurs des paramètres physico-chimiques sont toutes en dessous des normes et des recommandations à l'exception d'un puits dont les concentrations en fer et manganèse sont légèrement supérieures aux valeurs recommandées.

L'approche utilisée dans le secteur de l'esker des lacs Vaudray et Joannès est appliquée sur les autres secteurs d'intérêt. Dallaire *et al.*, (2011) présentent un exemple de l'apport du géoradar à l'acquisition de connaissances sur un segment de l'esker Saint-Mathieu-Berry (secteur 5 de la Figure 7).

6.3 Projets de recherche ciblés

Des projets de recherche d'étudiants aux cycles supérieurs sont réalisés sur des problématiques importantes pour la région, incluant une caractérisation hydrochimique sur l'esker Saint-Mathieu-Berry pour mieux comprendre la dynamique de l'aquifère (Blanchette *et al.*, 2011), l'hydrogéochimie et la qualité de l'eau des sources associées aux eskers (Castelli *et al.*, 2011), une approche géochimique pour l'identification des processus d'échanges aquifère-tourbière (Ferlatte *et al.*, 2011), et une estimation de la ressource granulaire et du potentiel aquifère des eskers (Nadeau *et al.*, 2011). Ces différents projets contribuent directement à l'atteinte des objectifs du PACES-AT.

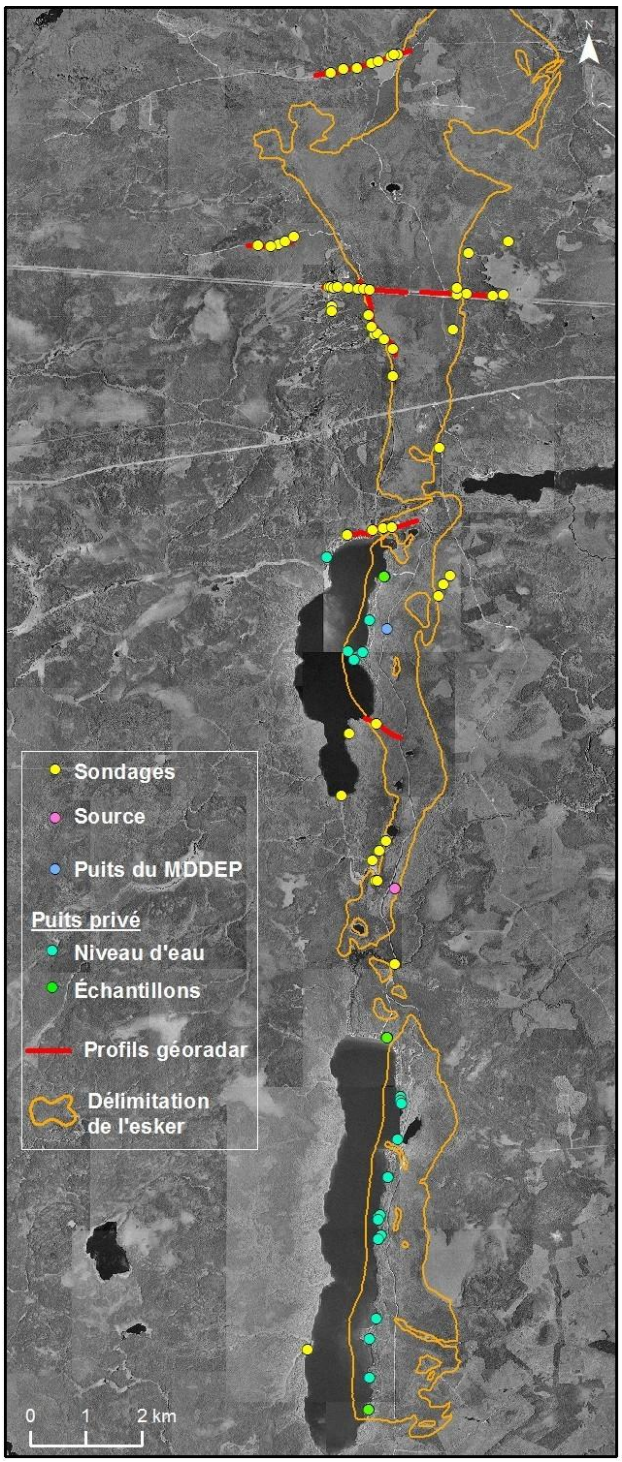

Figure 8 : Profils géoradar et sondages manuels dans le secteur de l'esker des lacs Vaudray et Joannès

7 PROJET PILOTE

La Société de l'eau souterraine Abitibi-Témiscamingue (SESAT) a mis en place un projet pilote sur l'esker de Saint-Mathieu – Berry (Godbout et *al., 2010*). Les objectifs sont : 1) de connaître l'utilisation du territoire de l'esker pour déterminer les pressions exercées sur son environnement et son aquifère, 2) de contribuer à protéger l'esker, à conserver et assurer la pérennité et la qualité de la ressource en eau souterraine en conciliant usages et intérêts ainsi qu'à assurer une meilleure protection de la santé humaine et à améliorer la qualité de vie, 3) de stimuler le développement local et régional par la mise en valeur durable et par une diversification économique de l'esker, de ses ressources et des produits qui en dépendent, 4) d'encourager la sensibilisation, la mobilisation, l'engagement, la responsabilisation et la participation des organisations et des citoyens à l'égard des eaux souterraines.

La SESAT souhaite aborder les problématiques de gestion intégrée des eaux souterraines à l'échelle d'un aquifère granulaire en rédigeant un plan directeur de l'eau souterraine. Pour se faire, la SESAT s'assurera que les résultats de recherche du PACES-AT soient transmis, expliqués et mis en contexte afin de servir les réflexions du comité de gestion de l'esker. Enfin, la SESAT s'assurera que le diagnostic établi par le comité de gestion de l'esker se traduise par un plan d'action mettant à contribution les autorités gouvernementales et municipales, de même que le GRES-UQAT afin de contribuer au contenu du PACES-AT et d'orienter la recherche vers les axes prioritaires.

8 CONCLUSION

Les deux grands contextes hydrogéologiques du territoire du PACES-AT nécessitent une approche différente de caractérisation selon le type d'aquifère. L'échelle régionale à été choisie pour caractériser l'aquifère au roc fracturé du Bouclier Canadien, tandis que les aquifères granulaires que sont les eskers et la Moraine d'Harricana ont été caractérisés par secteurs d'intérêts. Les travaux de terrain complémentaires réalisés par le GRES en 2010 seront complétés par une nouvelle campagne de terrain en 2011. L'intégration des nouvelles informations dans la base de données du projet ainsi que l'analyse et l'interprétation de l'ensemble des données permettront de dresser le portrait complet de la ressource en eau souterraine pour la région d'étude. Enfin, le transfert en continu de ces connaissances aux partenaires du PACES-AT favorise une saine gestion du territoire et de la ressource.

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent souligner la contribution financière du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et des partenaires régionaux du PACES-AT, incluant la Conférence régionale des élus de l'Abitibi-Témiscamingue, la MRC d'Abitibi, la MRC de la Vallée-de-l'Or, et la Ville de Rouyn-Noranda. Nous remercions la MRC d'Abitibi-Ouest, la MRC du Témiscamingue, les municipalités, ainsi que les organismes de bassin versant Abitibi-Jamésie (OBVAJ) et Témiscamingue (OBVT) pour leur collaboration et leur intérêt dans le projet. Les auteurs aimeraient également remercier M. Brière-

Deschênes, M. Chevillard et C. Larochelle-Roulier et G. Robert pour leur aide lors des travaux sur le terrain.

REFERENCES

Blanchette, D., Cloutier, V., Lefebvre, R., Clark, I. 2011. Hydrochemical characterisation of groundwater to understand the flow dynamics of the Saint-Mathieu/Berry Esker, Abitibi, Québec. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Castelli, S., Cloutier, V., Blanchette, D. 2011. Hydrogéochimie et qualité de l'eau des sources associées aux eskers de l'Abitibi, Québec. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Cloutier, V. 2004. Origine et évolution géochimique des eaux souterraines du système aquifère des Basses-laurentides dans les roches sédimentaires du paléozoïques des Basses-Terres du Saint-Laurent, Québec, Canada. Thèse de doctorat, INRS-ETE, Québec, 382 pages.

Cloutier, V., Veillette J. J., Roy, M., Gagnon, F. et Bois, D. 2007. Regional hydrogeochemistry of groundwater in fractured Canadian Shield rock and glaciofluvial formations in Abitibi, Québec.: 60th Canadian Geotechnical Conference and 8th Joint CGS/IAH-CNC Groundwater Conference Ottawa, Canada.

Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable. 2010. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Tableau sommaire. Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé de l'environnement, décembre 2010, 16 p., http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/2010-sum_guide-res_recom/sum_guide-res_recom-fra.pdf, En ligne, page consultée le 12 juin 2011.

Dallaire, P.-L., Cloutier, V., Nadeau, S., Chevillard, M., Veillette, J. 2010. Intégration de levés géophysiques et géologiques appliquée à la caractérisation hydrogéologique de segments d'eskers en Abitibi. Conférence de l'Association d'Hydrogéophysique du Québec, ETS, Montréal, 24 septembre 2010.

Dallaire, P.L., Cloutier, V., Nadeau, S., Veillette, J. 2011. Acquisition de connaissances sur les aquifères granulaires de l'Abitibi : l'apport du géoradar. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Ferlatte, M., Larocque, M., Cloutier, V. 2011. Identification des processus d'échanges aquifère-tourbière dans le bassin de la rivière Bécancour (Centre-du-Québec) et dans la région d'Amos (Abitibi) - Une approche géochimique. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Godbout, O. Pitre, G. Derrien, V. Cloutier. 2010. Projet de gestion intégrée et concertée de l'eau souterraine; projet pilote de l'esker St-Mathieu/Berry. Les eaux souterraines du Québec 2010, Colloque du GRIES, UQAC, 14 octobre 2010.

Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT). 2010. Région 08: Abitibi-Témiscamingue – MRC et agglomérations ou municipalités locales exerçant certaines compétences de MRC, http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/cartotheque/Region_08.pdf, (consultée le 12 juin 2011)

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2000. Région 08 : Abitibi-Témiscamingue Portrait régional de l'eau, http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/regions/region08/annexe.htm#a2, En ligne (consulté le 12 juin 2011).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2008. Règlement sur la qualité de l'eau potable. Gouvernement du Québec, première version publiée en juin 2001, à jour au 1er mai 2011, http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=//Q_2/Q2R40.htm, En ligne, page consulté le 12 juin 2011

Ministère de l'énergie et des resources du Québec (MER) et Ontario Geological Survey (OGS). 1983. Carte lithostratigraphique de la sous-province de l'abitibi. DV 83-16 (Québec) et Map 2484 (Ontario), échelle 1 : 500 000.

Nadeau, S. 2011. Estimation de la ressource granulaire et du potentiel aquifère des eskers de l'Abitibi-Témiscamingue et du sud de la Baie-James (Québec). Mémoire de maîtrise, Département de géographie, UQAM, Montréal, 145 pages.

Nadeau, S., Cloutier, V., Daigneault, R.-A., Veillette, J. 2011. Volume estimate of granular deposits and groundwater reserves of the Abitibi-Témiscamingue eskers, Québec. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Palmer, S., Campeau, S., Cloutier, V., Daigneault, R., Larocque, M., Lefebvre, R., Lemieux, J.-M., Molson, J., Rivard, C., Rouleau, A., Therrien, R., 2011. Collaborative approaches to groundwater knowledge acquisition in Quebec: interregional characterization. Geohydro 2011, Congrès conjoint CANQUA et AIH-CNC, Québec, 28-31 août 2011.

Paradis, S. J. 2005. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Castagnier, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 1991A, 1:100 000

Paradis, S. J. 2007. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Blouin, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 2017A, 1 : 100 000.

Thibaudeau, P., et J. J. Veillette. 2005. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Chicobi, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1996A, 1 : 100 000.

Veillette, J. J. 1987a. Géologie des formations en surface, Lac Simard, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1640A, 1 : 100 000.

Veillette, J. J. 1987b. Géologie des formations en surface, Grand Lake Victoria North, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1641A, 1:100 000.

Veillette, J. J. 2004. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Cadillac, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 2019A, 1 : 100 000.