

CHAPITRE V

SYNTHÈSE ET CONCLUSION

5.1 Les grands constats

La présente étude permet de jeter les bases en vue du développement d'une gestion adaptée aux dépôts granulaires (eskers) de l'Abitibi-Témiscamingue et du sud de la Baie-James. Ces dépôts renferment 10 610 millions de m³ (10,6 km³) de sables et graviers pour l'ensemble de la région. Il est important de bien saisir que ce volume représente une valeur minimale due à l'enfouissement de la base des eskers sous des sédiments à grains fins. Par contre, la partie des eskers qui affleure comprend le noyau grossier des eskers dans lequel la majorité des bancs d'emprunt sont situés. Les travaux de Kinnunen *et al.* (2006) ont estimé que les eskers sont constitués généralement de 25 % de graviers et de 75 % de sables; en ce sens, le volume de graviers, principale granulométrie d'intérêt économique, serait de 2 650 millions de m³. Le volume total de dépôts granulaires de l'Abitibi-Témiscamingue et du sud de la Baie-James est loin d'être complètement exploité. Seulement une petite fraction est présentement prélevée. Toutefois, la disparité dans les volumes contenus dans les MRC (voir tableau 3.1) crée des problématiques de gestion différentes pour chacune. On retrouve minimalement 3 105 millions de m³ de sables et graviers dans la MRC de La Vallée-de-l'Or, 2 503 millions de m³ dans le sud la Baie-James, 1 950 millions de m³ dans la MRC d'Abitibi, 1 630 millions de m³ dans la MRC de Témiscamingue, 1 279 millions de m³ dans la Ville de Rouyn-Noranda et 143 millions de m³ dans la MRC d'Abitibi-Ouest.

Ces valeurs hétérogènes obtenues pour les MRC sont en partie attribuables aux différents milieux de mise en place des eskers et leur évolution dans la région. Les eskers mis en place dans les milieux sous-aquatiques (90 % des cas dans la région étudiée) sont généralement

plus imposants que les eskers du milieu supra-aquatique (10 % des cas). Leur taille atteint plusieurs dizaines de mètres de hauteur et leurs crêtes, continues sur plusieurs dizaines de kilomètres, semblent faire abstraction des irrégularités du roc. Ils se retrouvent autant sur des reliefs positifs que dans des dépressions. Au contraire, les segments mis en place à l'extérieur de l'étendue glaciolacustre sont plus courts et effilés. Ils se localisent principalement dans le fond des vallées, et semblent contrôlés par la morphologie du socle rocheux. Le volume des dépôts granulaires est donc plus important dans les zones de submersion glaciolacustre.

La modélisation de l'altitude maximale de la submersion glaciolacustre et l'analyse des unités lithostratigraphiques glaciolacustres à proximité des eskers ont servi à l'identification des différents milieux de mise en place des eskers. À l'échelle régionale, les segments d'eskers situés à l'extérieur de la zone de submersion (type A, 10 % de tous les eskers), les segments d'eskers du milieu littoral (type B, 31 % de tous les eskers), les segments d'eskers partiellement enfouis sous les sédiments à grains fins (type C, 58 % de tous les eskers) et les segments d'eskers complètement enfouis par ces mêmes sédiments (type D, 1 % de tous les eskers) ont pu être identifiés. La proportion de ces milieux de mise en place pour les eskers a été présentée pour chacune des MRC à l'étude (voir section 4.1).

Parce qu'ils contiennent des sédiments poreux, tous les eskers ont le potentiel de contenir de l'eau souterraine. À partir de l'identification de leur milieu de mise en place, de la présence ou de l'absence d'unités de till ou de roc à proximité des eskers, de la présence ou de l'absence des sources d'émergence d'eau diffuses ou ponctuelles, nous avons attribué un niveau relatif au potentiel aquifère de ces eskers; le niveau 4 correspond au meilleur potentiel et le niveau 1 au plus faible. Ainsi, à l'échelle de la région, 39 % des segments d'esker appartiennent au niveau 4 et 32 % au niveau 3. On constate que ces derniers segments, qui contiennent un certain potentiel aquifère, ont été majoritairement mis en place en milieu sous-aquatique. La sédimentation de grains fins peu perméable, liée à l'augmentation de la profondeur d'eau, a favorisé la présence d'eau souterraine dans les segments. Dans les zones sublittorales, les plus grands eskers montrent aussi des indices de bons aquifères, probablement dus à leur taille imposante et aux irrégularités du socle rocheux qu'ils camouflent. Pour les eskers du milieu supra-aquatique, les chances d'y maintenir un volume

d'eau sont plus faibles. Dans la plupart des cas, ces eskers forment de petits segments effilés peu propices à la formation d'aquifères granulaires. Ces eskers renferment la majeure partie des segments de niveau 1 (3 % de tous les segments d'esker) et 2 (26 % des segments).

Pour chacun des secteurs de la région d'étude, on peut dresser un bilan des principaux résultats obtenus. Dans la MRC d'Abitibi, les eskers font en moyenne 5,76 m de hauteur, couvrent 338,5 km² (4,26 % du territoire de la MRC; 1 950 millions de m³) et appartiennent majoritairement au type semi-enfoui (84 % des segments d'esker sont de type C). Certains segments recouvrent des reliefs positifs du socle rocheux permettant de les considérer comme mis en place en milieu d'eau peu profonde (15 % des segments d'esker sont de type B). Le potentiel aquifère est élevé; 69 % des eskers ont un niveau 4 et 23 % un niveau 3.

Les eskers de la MRC d'Abitibi-Ouest affleurent peu à la surface de la plaine argileuse avec une hauteur moyenne de seulement 1,74 m et une couverture de 82,2 km² (2,27 % du territoire de la MRC); ils forment la plus faible réserve de dépôts granulaires de la région étudiée (143 millions de m³). Les eskers sont soit semi enfouis (90 % d'esker de type C), avec un enfouissement plus marqué que dans les autres MRC, ou complètement enfouis (10 % d'esker de type D). Les eskers semi-enfouis présentent quand même un bon potentiel aquifère; 50 % de niveau 4 et 47 % de niveau 3.

La MRC de La Vallée-de-l'Or possède la plus grande réserve de dépôts granulaires (3 105 millions de m³). La taille des segments (6,25 m de hauteur moyenne) et leur grande superficie de 496,5 km² (5,88 % de la surface de la MRC) expliquent ce fort volume. À plusieurs endroits, la faible profondeur d'eau n'a pas permis l'enfouissement des eskers sous les sédiments à grains fins (53 % des eskers sont de types B) laissant affleurer un plus grand volume de dépôts granulaire. Le potentiel aquifère est généralement bon; 45 % des eskers sont de niveau 3 et 32 % de niveau 4.

La Ville de Rouyn-Noranda possède plusieurs eskers localisés sur des points hauts du socle rocheux (63 % des eskers sont de type B). La hauteur moyenne des eskers à 6,95 m est la plus élevée de la région. Cependant, ces eskers ne couvrent que 184,1 km² (2,84 % du territoire de

la MRC) de sorte que la réserve de dépôts granulaires est la deuxième plus faible (1 279 millions de m³). Le potentiel aquifère des segments d'eskers est à plusieurs endroits limité par la proximité du socle rocheux; les segments de niveau 4 sont rares, mais tout de même 52 % sont de niveau 3.

Les eskers du sud de la Baie-James occupent seulement 1,85 % du territoire, toutefois, étant donné sa grande étendue, 524,4 km² sont couverts d'un esker. Le volume de la réserve de dépôts granulaires s'avère donc élevé (2 503 millions de m³). La Moraine d'Harricana et l'esker Saint-Mathieu-Berry sont les principales formations de la région et sont de type semi-enfoui (type C). La forte proportion d'eskers semi-enfouis (87 % des segments) produit un excellent potentiel aquifère; 65 % sont de niveau 4 et 24 % sont de niveau 3.

Les eskers de la MRC de Témiscamingue occupent 552,8 km² (4,10% du territoire de la MRC étudié; 1 630 millions de m³). Ils ont majoritairement été mis en place à l'extérieur de la submersion glaciolacustre (44 % des eskers sont de type A) ou en eau peu profonde (34 % des eskers sont de type B). La hauteur moyenne (2,95 m) est faible de même que le potentiel aquifère; 63 % des segments sont de niveau 2.

5.2 Limites de la méthode utilisée pour le calcul du volume de dépôts granulaires

Les données présentées au tableau 3.1 sous-estiment le volume total réel des dépôts granulaires. Les sédiments à grains fins accumulés sous une épaisse tranche d'eau masquent la partie basale des eskers et réduisent ainsi le volume calculable : plus l'épaisseur des sédiments à grains fins est grande, plus l'estimation du volume de dépôts granulaires est réduite. Étant donné que le calcul du volume ne prend pas en compte les dépôts enfouis, le volume calculé est nettement inférieur au volume réel. Les eskers mis en place dans un environnement sous-aquatique en eau profonde sont habituellement imposants et se prolongent sous les sédiments à grains fins. Les travaux sur un segment de l'esker Saint-Mathieu-Berry (Riverin, 2006; Bolduc *et al.*, 2005) et un autre sur un secteur de l'esker de Barraute (Veillette *et al.*, 2007) ont démontré que les masses granulaires enfouies peuvent s'étaler sur de grandes distances sous les sédiments à grains fins. Étant donné que plus de

58 % des eskers ont une partie de leur volume masqué par des sédiments à grains fins (type C), le volume de la réserve régionale de dépôts granulaires calculé est nettement sous-estimé (voir figure 3.1 pour l'effet de l'enfouissement des flancs d'eskers sur la hauteur déterminée). Cette limitation est plus marquée dans les secteurs (ex : MRC d'Abitibi-Ouest) où les sédiments à grains fins sont abondants.

5.3 Travaux complémentaires et problématiques de gestion

Le coût élevé du transport des dépôts granulaires favorise l'exploitation de bancs d'emprunt à proximité des centres habités. Près des secteurs urbanisés, la réserve en dépôts granulaires s'appauvrit et exige l'ouverture continue de nouveaux bancs d'emprunts. Cette activité d'extraction entre en conflit avec l'approvisionnement en eau potable de certaines municipalités. L'attribution des secteurs exploitables pour les agrégats exige la connaissance précise des caractéristiques physiques des aquifères. L'analyse de la réserve de dépôts granulaires, illustrée par la carte 3.4, et la répartition du potentiel aquifère selon une échelle qualitative, illustrée par la carte 4.27, constituent une contribution scientifique en ce sens.

La hiérarchisation du potentiel aquifère réalisée au cours de la présente étude permet d'encadrer les prochaines études géologiques et hydrogéologiques spécifiques. Ces dernières pourront prioriser les segments d'esker où le potentiel aquifère est le plus élevé (les niveaux 3 et 4) et où les conflits entre les utilisateurs des eskers (ex : puits municipaux, bancs d'emprunt, etc.) sont les plus probables. Des travaux complémentaires dont l'objectif serait d'établir les liens entre les réserves de dépôts granulaires et le potentiel aquifère deviennent nécessaires pour recommander des segments d'eskers appropriés pour l'exploitation de la ressource granulaire et pour localiser des segments où des actions de protection de la ressource en eau souterraine devraient être mises en place.

La méthode de calcul présentée dans le chapitre III s'applique au calcul du volume d'une masse surplombant ses environs. Pour accroître la précision du calcul, des forages montrant la topographie du socle rocheux sous-jacent aux eskers et dans leur voisinage immédiat seraient utiles afin de connaître l'épaisseur réelle du dépôt. De plus, ils permettraient de

préciser l'épaisseur et l'étendue des sables d'épandage et des sédiments à grains fins de faible perméabilité sur les flancs des eskers. La topographie du socle rocheux, camouflée sous les dépôts meubles, est un facteur déterminant dans l'écoulement des eaux souterraines. Elle est très souvent responsable de la présence, ou non, d'une nappe d'eau souterraine dans les eskers. Une meilleure définition de sa morphologie permettrait également de valider ou d'infirmer la présence d'un aquifère dans un segment.

La connaissance du niveau de la nappe phréatique permettrait également d'évaluer le volume de dépôts saturés versus celui des dépôts non saturés. Les travaux de Bolduc *et al.* (2005) dans l'esker de Saint-Mathieu-Berry ont montré que 65 % du volume de l'esker était dans la zone saturée. L'ajout de ces informations permettrait d'estimer le volume d'agrégats exploitable, ainsi que le volume de l'aquifère.

Enfin, la délimitation de la zone de recharge des aquifères granulaires, les sens d'écoulement des eaux et l'hydrogéochimie en lien avec la minéralogie des eskers sont tous des éléments à approfondir pour améliorer nos connaissances sur les problématiques intervenant dans la gestion des eskers.

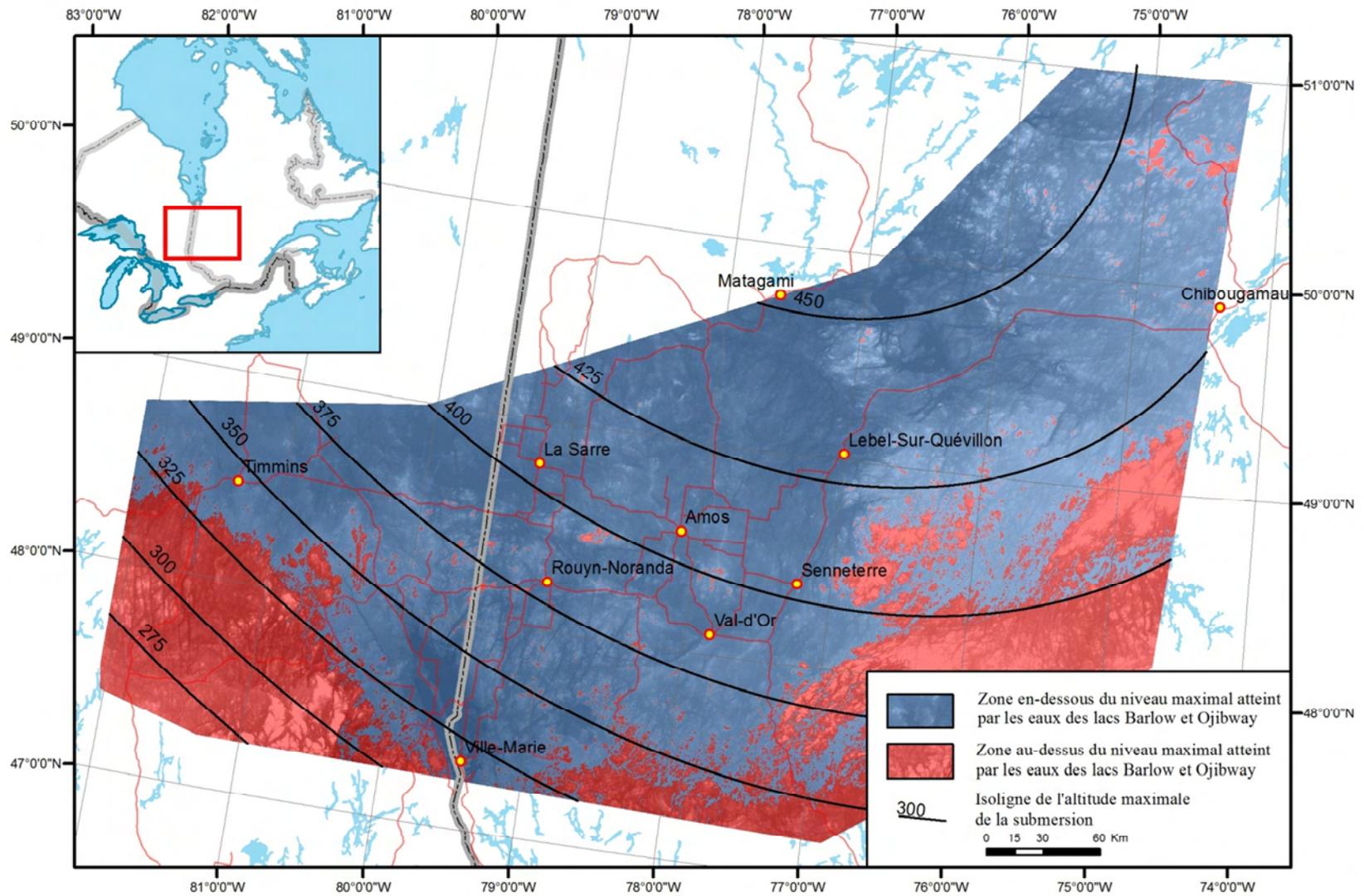
La gestion des eskers ne doit pas se limiter au contexte géologique, mais doit aussi tenir compte des activités anthropiques affectant la qualité de l'eau souterraine. Étant un milieu bien drainé, les produits nocifs qui s'infiltrent à la surface par les sables et graviers peuvent atteindre par percolation la nappe phréatique et contaminer des sources d'approvisionnement. Ainsi, les aquifères à nappe libre des eskers sont vulnérables aux activités humaines. Toutefois, les risques de contaminations diffèrent selon le type d'activité et leur localisation vis-à-vis l'aquifère. Même les activités situées en périphérie des eskers peuvent influencer les aquifères granulaires adjacents. Des études axées sur l'influence de ces diverses activités humaines permettraient d'obtenir des connaissances sur les problèmes actuels de contaminations, sur les zones vulnérables et sur les impacts à venir.

Les eskers de l'Abitibi-Témiscamingue et du sud de la Baie-James sont des formations granulaires issues de la dernière glaciation qui aujourd'hui font office de ressources utilisées

dans plusieurs sphères de l'économie. Que ce soit pour leur intérêt en dépôts granulaires, leur bon drainage, leur couvert forestier intéressant pour l'industrie forestière, la qualité et la quantité de l'eau qu'elle renferme ou les lacs de kettles prisés par les villégiateurs, les eskers se retrouvent au cœur de l'économie abitibienne. Compte tenu de la fragilité des aquifères, une gestion saine et responsable est nécessaire pour un développement durable. La présente étude offre une première évaluation régionale de la ressource qui doit être développée afin d'en arriver à une connaissance exhaustive de ces formations granulaires. L'histoire glaciaire a fait, de l'Abitibi-Témiscamingue, une région distincte munie de ressources naturelles précieuses. L'exploitation de ces ressources se doit d'être bien gérée. La qualité de vie des gens de l'Abitibi-Témiscamingue et du sud de la Baie-James en dépend.

APPENDICE

MODÉLISATION DE L'ÉTENDUE DE LA SUBMERSION GLACIOLACUSTRE BASÉE
SUR LA POSITION GÉOGRAPHIQUE ORIGINALE DES DONNÉES D'ALTITUDES
DES LIGNES DE LESSIVAGE



BIBLIOGRAPHIE

- Allard, M. 1973. «Les eskers de l'interfluve Bell-Harricana, Abitibi. ». Thèse de maîtrise, Québec, Université Laval, 209 p.
- Allard, M. 1974. «Géomorphologie des eskers abitibiens». *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 18, no 44, p. 271-296. In *Érudit*. Érudit : <http://www.erudit.org/>. En ligne. <<http://id.erudit.org/iderudit/021195ar>>.
- Antevs, E. 1925. Retreat of the last ice sheets in eastern Canada. Geological Survey of Canada, Memoire 146, 142 p.
- Artimo, A., J. Mäkinen, R. C. Berg, C. C. Abert et S. Veli-Pekka. 2003. «Three-dimensional geologic modeling and visualization of the Virttaankangas aquifer, southwestern Finland». *Hydrogeology Journal*, vol. 11, p. 378-386.
- Banerjee, I., et B. C. McDonald. 1975. «Nature of esker sedimentation; in Glaciofluvial and Glaciolacustrine sedimentation». *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, no 23 special publication, p. 132-154.
- Barber, D. C., A. Dyke, C. Hillaire-Marcel, A. E. Jennings, J. T. Andrews, M. W. Kerwin, G. Bilodeau, R. McNeely, J. Southon, M. D. Morehead et J. M. Gagnon. 1999. «Forcing of the cold event of 8,200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide lakes». *Nature*, vol. 400, no 6742, p. 344-348. En ligne. <<http://dx.doi.org/10.1038/22504>>.
- Bell, L. V., et A. M. Bell. 1933. «Région de Senneterre, comté d'Abitibi ». *Ministère des richesses naturelles*, Québec, rapport B1933.
- Blanchard, R. 1949. «Études canadiennes (3^e série)». IV, l'Abitibi-Témiscamingue; *Revue de géographie alpine*, tome 37, fascicule 3, p. 421-451.
- Bliss, J. D. 1998. «Aggregate modeling and assessment». In *Aggregate resources—A global perspective*, P.T Bobrowsky, p. 255–274. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema.
- Boissonneau, A. N. 1968. «Glacial history of northeastern Ontario, II». *The Temiscaming-Algoma area; Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 5, p. 97-109.

- Boisvert, É., et M. Parent. 2008. Carte isopaque des formations superficielles, secteur Normétal/Lebel-sur-Quévillon, Abitibi, Québec, Commission géologique du Canada, Dossier public 5830, échelle 1 / 250 000
- Bolduc, A. 1992. «The formation of eskers based on their morphology, stratigraphy, and lithologic composition, Labrador, Canada». Trad. de: *anglais*. Geological sciences, Lehigh University.
- Bolduc, A., S. J. Paradis, M.-N. Riverin, R. Lefebvre et Y. Michaud. 2005. «A 3D esker geomodel for groundwater research: the case of the Saint-Mathieu-Berry esker, Abitibi, Québec, Canada». In *Three-Dimensional Geologic Mapping for groundwater applications*: Geological Survey of Canada.
- Boulton, G. S., R. Lunn, P. Vidstrand et S. Zatzepin. 2007. «Subglacial drainage by groundwater-channel coupling, and the origin of esker systems: Part 1--glaciological observations». *Quaternary Science Reviews*, vol. 26, no 7-8, p. 1067-1090. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VBC-4NH6NF7-1/2/fdea17607213bbb744a79f2dace1fba8>>.
- Boulton, G. S., R. Lunn, P. Vidstrand et S. Zatzepin. 2007. «Subglacial drainage by groundwater-channel coupling, and the origin of esker systems: part II--theory and simulation of a modern system». *Quaternary Science Reviews*, vol. 26, no 7-8, p. 1091-1105. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VBC-4NDVHDH-1/2/bb712b6b5e3708657ce8793d2dd03582>>.
- Boulton, G. S., M. Hagdorn, P. B. Maillot et S. Zatzepin. 2009. «Drainage beneath ice sheets: groundwater-channel coupling, and the origin of esker systems from former ice sheets». *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, no 7-8, p. 621-638. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VBC-4V0VC3J-2/2/45b01c4001938cac57e9858cc0a385c8>>.
- Bostock, H. J. 1970. «Physiographic subdivisions of Canada». In *Geology and Economic Minerals of Canada*, R.J.W Douglas (ed.). Geological Survey of Canada, p. 11-30.
- Brazeau, A. 2001. Inventaire des ressources en granulats de la région de Cléricy (32D/07). Ministère des ressources naturelles.
- Brazeau, A. 2001. Inventaire des ressources en granulats de la région de rivière Kanasuta (32D/06). Ministère des ressources naturelles.
- Brazeau, A. 2001. Inventaire des ressources en granulats de la région de Lac Kinojevis (32D/02). Ministère des ressources naturelles.
- Brazeau, A. 2001. Inventaire des ressources en granulats de la région de Rouyn (32D/03). Ministère des ressources naturelles.

- Brazeau, A. 2007. Inventaire des ressources en granulats de la région de Barraute (32C05). Ministère des ressources naturelles, secteur des mines.
- Brazeau, A. 2007. Inventaire des ressources en granulats de la région de La Motte (32D08). Ministère des ressources naturelles et faune.
- Brazeau, A, J. Locat et J.-Y. Chagnon (1987). Inventaire des ressources en granulats de la région de Val-d'Or. Ministère des ressources naturelles.
- Brennand, T. A. 2000. «Deglacial meltwater drainage and glaciodynamics: inferences from Laurentide eskers, Canada». *Geomorphology*, vol. 32, no 3-4, p. 263-293. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V93-3YVDWDG-4/2/3f821f1d45d4c610632e5ea56da7f92b>>.
- Brennand, T. A., et J. Shaw. 1996. «The Harricana glaciofluvial complex, Abitibi region, Quebec: its genesis and implications for meltwater regime and ice-sheet dynamics». *Sedimentary Geology*, vol. 102, no 3-4, p. 221-262. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V6X-3VW2B7T-D/2/ab1ee732e27f3107028cd1131e90b206>>.
- Britschgi, R., et J. Gustafsson. 1996. The classified groundwater areas in Finland. The Finnish Environment 55. Helsinki, Finnish Environment Institute
- Burke, M. J. 2008. «GPR Investigations of the Sedimentary Architecture of Jökulhlaup Eskers: Skeiðarárjökull, Iceland and Bering Glacier, Alaska». Thèse de doctorat, Newcastle, University of Northumbria, 239 p.
- Champagne, R. 1988. Évaluation du potentiel aquicole de la région de l'Abitibi à partir des sources d'eau gravitaire émergeant des eskers. Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec. Québec
- Clark, J. A., K. M. Befus, T. S. Hooyer, P. W. Stewart, T. D. Shipman, C. T. Gregory et D. J. Zylstra. 2008. «Numerical simulation of the paleohydrology of glacial Lake Oshkosh, eastern Wisconsin, USA». *Quaternary Research*, vol. 69, no 1, p. 117-129. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WPN-4R71KKF-1/2/87c9875695af5582e87b372995af77a3>>.
- Clark, P. U., et J. S. Walder. 1994. «Subglacial drainage, eskers, and deforming beds beneath the Laurentide and Eurasian ice sheets». *Geological Society of America Bulletin*, vol. 106, p. 304-314.
- Clarke, G. K. C. 2005. «Subglacial processes ». *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, vol. 33, p. 247-276.

- Cloutier, V., J. J. Veillette, M. Roy, F. Gagnon et D. Bois. 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).
- Coleman, A. P. 1909. Lake Ojibway: Last of the great glacial lakes; Ontario Bureau of Mines. Annual report 18: 284-293 p.
- Côté, M.-J., Y. Lachance, C. Lamontagne, M. Nastev, R. Plamondon et N. Roy (2006). Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay, Collaboration étroite avec la Commission géologique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement. Québec : Ministère du Développement durable et de l'Environnement et des Parcs.: 64 p.
- Dadswell, M. J. 1974. «Distribution, ecology, and postglacial dispersal of certain crustaceans and fishes in eastern North America». National museums of Canada, *Zoology*, vol. 11, p. 110.
- Daigneault, R.-A. 1986. «Aspects de la géologie quaternaire au Témiscamingue (Québec): lithostratigraphie, sédimentologie et dispersion glaciaire». Thèse de maîtrise, Montréal, Département des sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal, 137 p.
- Dubois, J.-M. M. 1972. «Sur la position des eskers dans les Cantons de l'Est, Province de Québec». *Géoscope*, vol. 3, no 2, p. 1-17.
- Dyke, A. S., et V. K. Prest. 1987. «Late Wisconsinan and Holocene history of the Laurentide Ice Sheet ». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 41, p. 237-263.
- Eliasson, A. 2000. «Groundwater impact assessment and protection - predictive simulations for decision aid». Department of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, 132 p.
- Gustafsson, J., T. Kinnunen, A.-L. Kivimäki et T. Suomela (2006). Protection of groundwater Background study part IV, Guidelines for Water Protection to 2015, Finnish Environment Institute (SYKE): 52 p
- Hardy, L. 1976. «Contribution à l'étude géomorphologique de la portion québécoise des basses terres de la baie de James». Thèse de doctorat, Montréal, Département de géographie, Université McGill, 264 p.
- Hardy, L. 1977. «La déglaciation et les épisodes lacustres et marin sur le versant québécois des basses terres de la baie de James». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. XXXI, no 3-4, p. 261-273.

- Hatva, T. 1994. «Effect of gravel extraction on groundwater ». *Future groundwater resources at risk*, no 222, p. 427-434
- Heinz, J., S. Kleineidam, G. Teutsch et T. Aigner. 2003. «Heterogeneity patterns of Quaternary glaciofluvial gravel bodies (SW-Germany): application to hydrogeology». *Sedimentary Geology*, vol. 158, no 1-2, p. 1-23. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V6X-478B54C-1/2/badd7e14610ef3980a6c56d10abe5ad3>>.
- Hughes, O. L. 1955. «Surficial geology of Smooth Rock and Iroquois Falls map areas». Cochrane District, Ontario; Thèse de doctorat, Lawrence, Kansas University, 190 p.
- Jones, P. M. 2004. Simulation of Ground-Water Flow in Glaciofluvial Aquifers in the Grand Rapids Area, Minnesota. Scientific Investigation Report 2004-5159. USGS science for a changing world, U. S Department of the Interior and U.S Geological Survey
- Joronen, L. 2009. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. Agence de l'environnement et de la planification. Turku, Finlande: 125 p
- Kinnunen (Ed.), T., S. Valpola, M. Autiola, T. Kärkkäinen, K. Vaitomaa, I. Ahonen, P. Sipilä, J. Vuokko, K. Sivula, A. Lyytikäinen, J. Husa, J. Teeriaho et R. Britschgi. 2006. «Accommodation between groundwater protection and aggregate supply - final report from Uusimaa and Itä-Uusimaa». *Regional Environmental Publications 400*.
- Knight, J., S. G. McCarron, A. M. McCabe et B. Sutton. 1999. «Sand and gravel aggregate resource management and conservation in Northern Ireland». *Journal of Environmental Management*, vol. 56, p. 195-207.
- Königsson, L.-K. 1990. «Economic Quaternary Geology in the Nordic countries». In *Economic Quaternary geology in the Nordic countries (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson)*, Uppsala, Striae, vol. 29, p. 3-5..
- Kontturi, O. 1990. «Estimation of Aggregates Consumption in Finland and Sweden». In *Economic Quaternary Geology in the Nordic Countries (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson)*, Uppsala, Striae, vol. 29, p. 59-68.
- Korpela, K. 1990. «Land resources and our standard of living ». In *Economic Quaternary Geology in the Nordic Countries (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson)*, Uppsala, Striae, Vol. 29 p. 11-14.
- Lasalle, P., et B. Warren. 1968. Distribution des eskers en Abitibi. Ministère de l'énergie et des ressources, direction générale de l'exploration géologique et minérale, DP-135
- Lessard, G., É. Pelletier et P. Mercier. 1994. Inventaire des ressources en granulats de la région d'Amos-Landrienne (SNRC 32C/12 et 32D/09). Ministère des ressources naturelles.

- Levasseur, D. 1993. «Les eskers de la région de Chapais (Québec): caractéristiques générales et dispersion fluvioglaciale élastique des éléments grossiers». Thèse de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 139 p.
- Levasseur, D. 1995. «Les eskers : essai de synthèse bibliographique». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 49, no 3, p. 459-479. In *Érudit*. Érudit : <http://www.erudit.org/>. En ligne. <<http://id.erudit.org/iderudit/033066ar>>.
- Leverington, D. W., J. D. Mann et J. T. Teller. 2000. «Changes in the Bathymetry and Volume of Glacial Lake Agassiz Between 11,000 and 9300 14C yr B.P.». *Quaternary Research*, vol. 54, no 2, p. 174-181. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WPN-45BCR5N-2/2/47b87d3a85f559776d9f4781e87740b7>>.
- Leverington, D. W., J. D. Mann et J. T. Teller. 2002. «Changes in the Bathymetry and Volume of Glacial Lake Agassiz between 9200 and 7700 14C yr B.P.». *Quaternary Research*, vol. 57, no 2, p. 244-252. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WPN-467Y3Y6-7/2/31a5bfc78790466120ed6f8128c3b87f>>.
- Lindén, A. G. 1990. «Regional Inventory of Aggregate Resources in Sweden». In *Economic Quaternary Geology in the Nordic Countries (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson)*, Uppsala, Striae, Vol. 29, p. 69-72.
- Lüttig, G. 1990. «Quaternary research in view of modern requirements of applied geology ». In *Economic Quaternary Geology in the Nordic countries (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson)*, Uppsala, Striae, Vol. 29, p. 15-29.
- Miller, T. S. (2000). Simulation of Ground-water Flow in an Unconfined Sand and Gravel Aquifer at Marathon, Cortland County, New York. U.S. Geological Survey. Ithaca: 29 p.
- Ministère de l'énergie et des ressources du Québec / Ontario Geological Survey. 1983. Carte lithostratigraphique de la sous-province de l'Abitibi. DV 83-16 (Québec) et Map 2484 (Ontario), échelle 1 : 500 000.
- Ministère des ressources naturelles. 2002. Carte géologique du Québec. Édition 2002. DV 2002-06, échelle 1 : 2 000 000.
- Murat, V., R. Martel, Y. Michaud, N. Fagnan, F. Beaudoin et R. Therrien. 2000. Cartographie hydrogéologique régionale du piedmont laurentien dans la MRC de Portneuf: Comparaison des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque. Commission géologique du Canada Dossier 3664-d

- Neeb, P.-R. 1990. «Sand, Gravel and Hard Rock Aggregate Resources in the Nordic Countries: Mapping and Consumption». In *Economic Quaternary Geology in the Nordic countries* (L. K. Kauranne and L. -K. Königsson), Uppsala, Striae, Vol. 29, p. 93-98.
- Paradis, S. J. 2005. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Castagnier, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 1991A, échelle 1 : 100 000.
- Paradis, S. J. 2007a. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Rapide-des-Cèdres, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 1992A, échelle 1 : 100 000.
- Paradis, S. J. 2007b. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Blouin, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 2017A, échelle 1 : 100 000.
- Paradis, S. J. 2007c. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lebel-sur-Quévillon, Québec. Commission géologique du Canada. Carte 2018A, échelle 1 : 100 000.
- Riverin, M.-N. 2006. «Caractérisation et modélisation de la dynamique d'écoulement dans le système aquifère de l'esker Saint-Mathieu / Berry, Abitibi, Québec». Thèse de maîtrise, Département des sciences de la Terre, INRS-ETE, Université du Québec, 165 p.
- Rusanen, K., L. Finér, M. Antikainen, K. Korkka-Niemi, B. Backman et R. Britschgi. 2004. «The effect of forest cutting on the quality of groundwater in large aquifers in Finland». *Boreal Environment Research*, vol. 9, no 3, p. 253–261. En ligne. <<http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber9/ber9-253.pdf>>.
- Rust, B. 1977. «Mass flow deposits in a Quaternary succession near Ottawa, Canada: diagnostic criteria for subaqueous outwash». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 14, p. 175-184.
- Sauramo, M. 1929. «Quaternary geology of Finland». In *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, no 86.
- Seppälä, M. 1988. «Former southwesterly ice flows in the Abitibi-Timiskaming region: implications for the configuration of the Late Wisconsinian ice sheet (Discussion) ». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 25, p. 352.
- Seppälä, M. 1999. «Geomorphological aspects of road construction in a cold environment, Finland ». *Geomorphology*, vol. 31, p. 65-91.
- Sharpe, D. R., H. A. J. Russell et C. Logan. 2007. A 3-Dimensional Geological Model of the Oak Ridges Moraine Area, Ontario, Canada. Geological Survey of Canada. Open File 5524

- Sutphin, D. M., L. J. Drew, B. K. Fowler et R. Goldsmith. 2002. Techniques for assessing sand and gravel resources in glaciofluvial deposits—An example using the surficial geologic map of the Loudon quadrangle, Merrimack and Belknap Counties, New Hampshire, with the surficial geologic map by Richard Goldsmith and D.M. Sutphin: U.S. Geological Survey Professional Paper 1627, 21 p., 1 plate, scale 1 : 24 000.
- Tanton, T. L. 1920. «Le bassin des rivières Harricana et Turgeon dans le nord du Québec ». *Commission géologique du Canada*, vol. IV, mémoire 109.
- Teller, J. T., et L. Clayton. 1983. *Glacial Lake Agassiz*. Geological Association of Canada special paper 26, 451 p.
- Thibaudeau, P., et J. J. Veillette. 2005. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Chicobi, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1996A, échelle 1 : 100 000.
- Tremblay, G. (1974). Géologie du Quaternaire. Régions de Rouyn-Noranda et d'Abitibi. Comtés d'Abitibi-est et d'Abitibi-ouest. Ministère des Richesses Naturelles. Service de l'Exploration géologique. Gouvernement du Québec, Québec, DP-236, 100 p
- Väisänen, U. 1997. «Groundwater resources at risk in the glaciofluvial formation of Jokkavaara in Rovaniemi area, Northern Finland». *Environmental Geochemistry and Health*, vol. 19, p. 127-131.
- Veillette, J. J. 1983. «Déglaciation de la vallée supérieure de l'Outaouais, le lac Barlow et le sud du lac Ojibway, Québec». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 37, no 1, p. 67-84. In *Érudit*. Érudit : <http://www.erudit.org/>. En ligne. <<http://id.erudit.org/iderudit/032499ar>>.
- Veillette, J. J. 1986a. Géologie des formations en surface, New Liskeard, Ontario-Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1639A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 1986b. Géologie des formations en surface, Haileybury, Ontario-Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1642A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 1986c. «Former southwesterly ice-flows in Abitibi-Témiscamingue: implications for the configuration of the Late Wisconsinan ice sheet». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 23, p. 1724-1741.
- Veillette, J. J. 1987a. Géologie des formations en surface, Lac Simard, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1640A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 1987b. Géologie des formations en surface, Grand Lake Victoria North, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1641A, échelle 1 : 100 000.

- Veillette, J. J. 1987c. Géologie des formations en surface, Belleterre, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1643A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 1988. «Déglaciation et évolution des lacs proglaciaires post-Algonquin et Barlow au Témiscamingue, Québec et Ontario». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 42, no 1, p. 7-31. In *Érudit*. Érudit : <http://www.erudit.org/>. En ligne. <<http://id.erudit.org/iderudit/032706ar>>.
- Veillette, J. J. 1994. «Evolution and paleohydrology of glacial Lakes Barlow and Ojibway». *Quaternary Science Reviews*, vol. 13, no 9-10, p. 945-971. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VBC-4876DC9-B/2/360b66ee3d7827c22c218048b6ce8a94>>.
- Veillette, J. J. 1996. Géomorphologie et géologie du quaternaire du Témiscamingue, Québec et Ontario. Commission géologique du Canada, Natural Resources Canada / Ressources naturelles Canada. Bulletin 476, 269 p
- Veillette, J. J. 2004. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Cadillac, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 2019A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 2007a. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Rivière Harricana, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1993A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J. 2007b. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Rivière Waswanipi, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1997A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J., et R.-A. Daigneault 1987. Géologie des formations en surface, Lac Kipawa, Québec-Ontario. Commission géologique du Canada, Carte 1644A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J., A. Maqsoud, H. De Corta et D. Bois. 2004. «Hydrogéologie des eskers de la MRC d'Abitibi, Québec». In *57ième congrès canadien de géotechnique*.
- Veillette, J. J., et J.-S. Pomares. 2003. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Lac Matagami, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1994A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J., et P. Thibaudeau 2007. Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Rivière Wawagasic, Québec. Commission géologique du Canada, Carte 1995A, échelle 1 : 100 000.
- Veillette, J. J., V. Cloutier, H. de Corta, F. Gagnon, M. Roy, M. Douma et D. Bois. 2007. «A complex recharge network, the Barraute esker, Abitibi, Québec». In *OttawaGeo2007/OttawaGéo2007*.

- Vincent, J.-S. 1971. «Le Quaternaire des cantons de Guigues, Baby, Duhamel et Laverlochère, comté de Témiscamingue, Québec». Thèse de maîtrise, Ottawa, Département de géographie Université d'Ottawa 146 p.
- Vincent, J.-S., et L. Hardy. 1977. «L'évolution et l'extension des lacs glaciaires Barlow et Ojibway en territoire québécois». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 31, p. 357-372.
- Vincent, J.-S., et L. Hardy. 1979. The evolution of glacial lakes Barlow and Ojibway, Quebec and Ontario. Commission géologique du Canada. Bulletin 316, 18 p.
- Wilson, M. E. 1919. *Le comté de Témiscamingue, Province de Québec*. Commission géologique du Canada, Mémoire 103, Série géologique n°86, 177 p.
- Wilson, J. T. 1938. « Glacial geology of part of north western Quebec ». *Transactions of the Royal Society of Canada*, vol. 32, no 4, p. 4959.

