

MB 2015-01

Rapport final, géologie du Quaternaire des bassins versants des rivières Nicolet et Saint-François, Québec

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



License

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

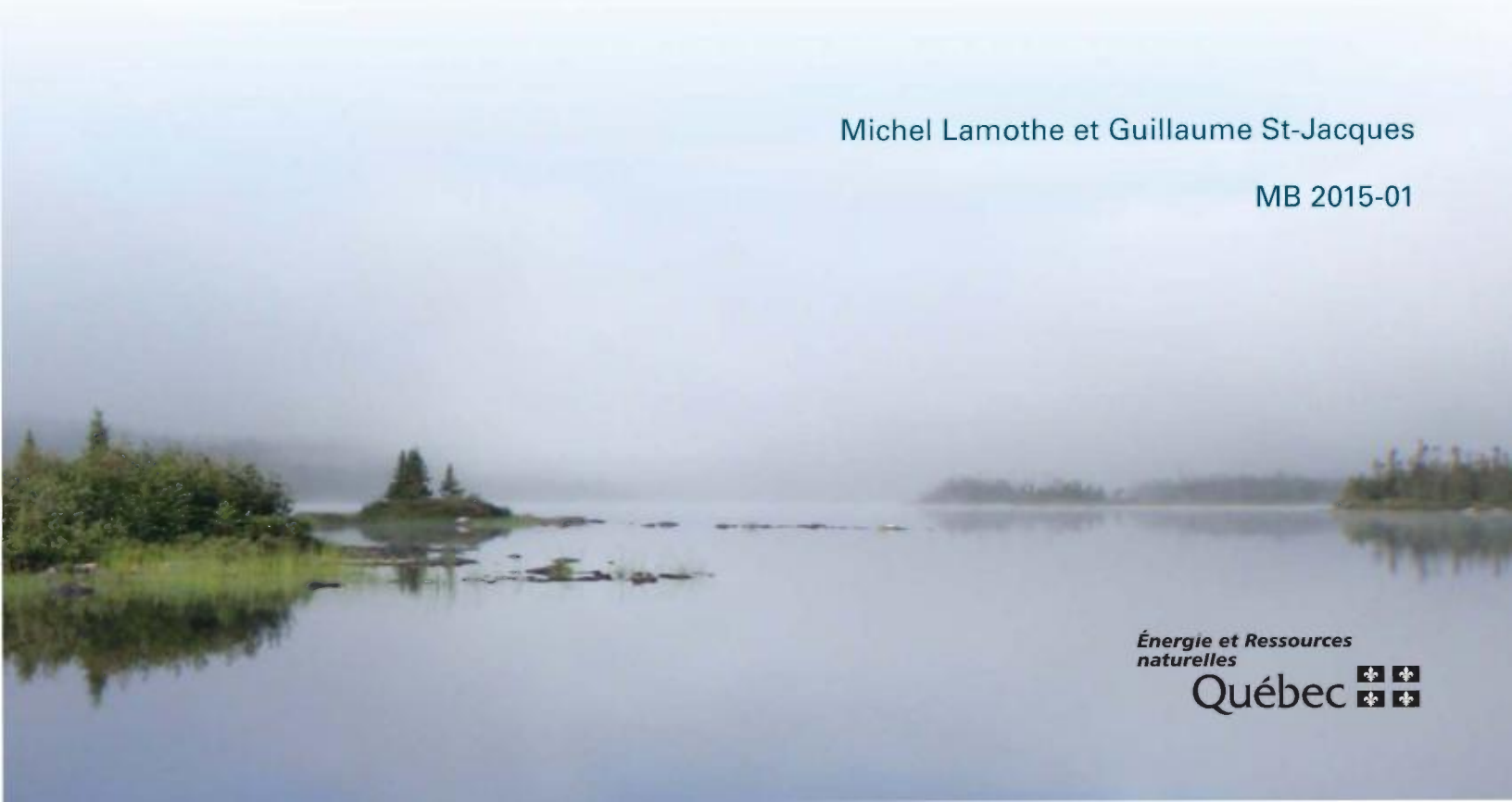
Québec 



Géologie du Quaternaire des bassins versants des rivières Nicolet et Saint-François, Québec

Michel Lamothe et Guillaume St-Jacques

MB 2015-01



Énergie et Ressources
naturelles

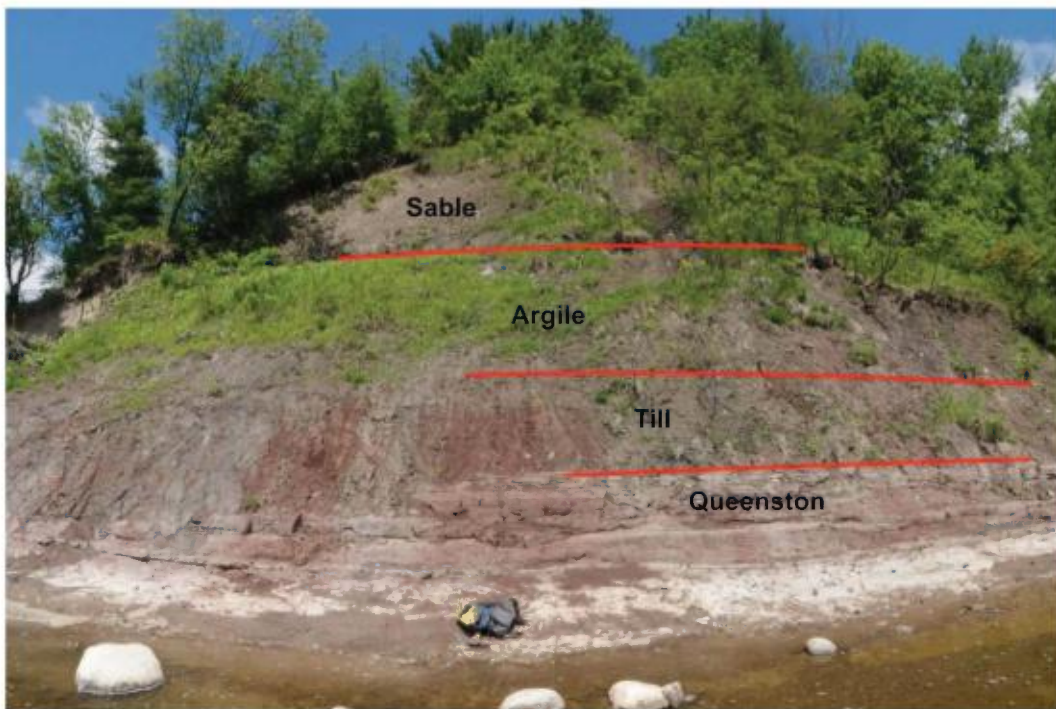
Québec 

Avertissement

Ce document est une copie fidèle du manuscrit soumis par l'auteur, sauf pour une vérification sommaire destinée à assurer une qualité convenable de diffusion.

Géologie du Quaternaire des bassins versants des rivières Nicolet et Saint-François, Québec

Rapport final



Michel Lamothe et Guillaume St-Jacques

Département des sciences de la Terre et de l'Atmosphère

Université du Québec à Montréal

Rapport présenté à Guillaume Allard

Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune

06 mai 2014

Table des matières

Table des matières	i
Liste des figures	ii
Résumé	iii
Introduction	1
1. Localisation et physiographie	4
2. Contexte géologique du soubassement rocheux	6
3. Géologie et stratigraphie du Quaternaire	9
4.0 Méthodologie	13
4.1 Travaux de terrain	13
4.2 Cartographie numérique	13
4.2.1 Travaux préparatoires à la visualisation stéréoscopique (3D) et à l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG)	13
4.2.2 Visualisation stéréoscopique	13
4.2.3 Utilisation du Système d'Information Géographique	16
4.2.4 Numérisation des unités quaternaire et des symboles	18
5. Unités lithostratigraphiques	20
Le roc (R)	20
Le quaternaire ancien (Q)	21
Les sédiments glaciaires (Trm, Tr, Tc, Tm, T)	23
Les sédiments fluvioglaciaires (Go, Gx, G)	24
Les sédiments glaciolacustres (LGd, LGb, LGa)	26
3.6 Les sédiments glaciomarins (MGd, MGb, MGa)	26
3.7 Les sédiments lacustres (Ld, Lb)	27
3.8 Les sédiments alluviaux (Ap, Ac, At, Ax)	27
3.9 Les sédiments éoliens (Ed)	28
3.10 Les sédiments organiques (O)	28
3.11 Les dépôts de versant (Cg)	28
6. Conclusion	29
Références	30

La photo en page couverture provient du village de Sainte-Monique, le long de la rivière Nicolet. On y voit une succession caractéristique de la région cartographiée.

Liste des figures

Figure 1. Zone couverte par le projet de connaissances des eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François (Larocque et al., 2013).	2
Figure 2. Topographie de la zone d'étude du bassin versant des rivières Nicolet et Saint-François (Larocque et al., 2013).	5
Figure 3. Géologie du substrat rocheux de la région Nicolet/St-François.....	8
Figure 4. Cadre stratigraphique de la succession quaternaire des Basses-Terres du Saint-Laurent	10
Figure 5 : Coupe topogéologique du talweg de la rivière Nicolet	12
Figure 6. Sites des observations réalisés à l'été 2013	14
Figure 7.1. Intégration des photographies aériennes au SIG.par le biais de la géoréférence des images numérisées	19
Figure 7.2. Ajout des données provenant d'études antérieures	19
Figure 7.3. Ajout des données numériques	19
Figure 7.4. Photo-interprétation 3D	19
Figure 8 : Coupes géologiques quaternaires de la vallée de la rivière Nicolet.....	21
Figure 9 : Une section à trois tills près de Ste-Brigitte des Saults.....	22

Résumé

Dans le cadre du PACES¹, une cartographie des formes et des formations quaternaires a été réalisée dans les bassins versants des rivières Nicolet et Saint-François entre 2012 et 2014. Ce projet s'étend sur une superficie de 4585 km² et couvre les feuillets au 1/50 000 suivants : 21E12, 21E13, 21L04, 31H09, 31H15, 31H16, 31I01, 31I02.

Une photo-interprétation numérique a permis une cartographie préliminaire de la région. Les 4400 sites d'observation visités ont permis de décrire les unités lithostratigraphiques et de valider les résultats de la photo-interprétation. L'intégration et la gestion de l'ensemble des données anciennes et récentes à l'aide d'un système d'information géographique ont permis de produire huit cartes à l'échelle 1/50 000 et une carte synthèse.

La répartition spatiale des faciès a montré que le substrat rocheux couvre moins de 1 % de la région cartographiée et affleure surtout dans le secteur appalachien et au niveau de certains cours d'eau profonds. Il supporte une couverture quaternaire dont l'épaisseur atteint localement 100 m au coeur des Basses-Terres. Le Quaternaire ancien affleure par endroits le long des rivières principales. Il correspond à une séquence d'unités glaciaires séparées par des dépôts non glaciaires. L'unité de base est représentée par le Till de Bécancour, d'âge pré-Sangamonien, surmonté par les Varves de Pierreville, les Sables de Lotbinière et les Varves de Deschaillons. L'unité glaciaire suivante est le Till de Lévrard, qui date du début de la glaciation wisconsinienne et supporte les sédiments de St-Pierre et les Sables des Vieilles-Forges largement répandus dans la zone cartographiée. Dans les Appalaches, le Quaternaire ancien est représenté par le Till de Chaudière et la Formation de Gayhurst. Le Till de Gentilly, corrélé au Till de Lennoxville dans les Appalaches, est le till de surface déposé lors de la dernière grande avancée glaciaire.

Le Quaternaire récent est formé par des dépôts glaciaires et postglaciaires mis en place depuis la dernière glaciation. Les dépôts glaciaires (till mince et till continu, parfois remaniés

¹ Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines lancé en 2008 par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec

en surface), couvrent près de 60 % du territoire et affleurent surtout dans les Appalaches et le piémont. Dans les Basses-Terres et le piémont, le till est caractérisé par une matrice argilo-silteuse abondante et carbonatée.

Les dépôts fluvioglaciaires sont concentrés dans l'esker de Warwick-Asbestos et dans les complexes morainiques. Le complexe de Warwick-Asbestos correspond à une série de segments formés par des sédiments d'épandage subaquatique (Gs) et par des sédiments juxtaglaciaires (Gx) formant des eskers et un delta-kame. Deux complexes morainiques (Gx) ont été mis en évidence : la Moraine du mont Ham à l'est et la moraine de Ulverton-Tingwick à l'ouest. Elles sont associées au développement du lac glaciaire Memphrémagog lors du retrait vers le NNW du glacier.

Les sédiments glaciolacustres affleurent essentiellement dans la portion amont de la zone à l'étude. Ils se sont mis en place le long des rives et à l'intérieur des lacs proglaciaires (LGb et LGa). De nombreux deltas (LGd) sont formés à l'embouchure des cours d'eau alimentant les lacs proglaciaires (Vermont, Memphrémagog, Candona). Les sédiments lacustres postglaciaires sont associés au Lac à Lampsilis et forment des plages, des terrasses (Lb) sous l'élévation 65 m et des (Ld) à l'embouchure des rivières Nicolet et Saint-François.

Les sédiments glaciomarins affleurent sur environ 27 % du territoire sous forme d'une bande de 20 km de largeur depuis le fleuve et jusqu'à 120 m d'altitude. Ils correspondent à des sédiments littoraux et périlittoraux (MGb), deltaïques (MGd) et profonds (MGa) de la Mer de Champlain. La nature argilo-silteuse de ces derniers a favorisé des glissements de terrain (Cg) dont la plupart ont été cartographiés le long des rivières Nicolet, Nicolet Sud-Ouest et Saint-François. Dans certaines régions, notamment entre Drummondville et Wickham, les sables littoraux remobilisés par le vent forment des dunes paraboliques (Ed) développées souvent au voisinage des tourbières. Ces dernières (O) occupent de vastes zones, notamment au-dessus des dépôts glaciomarins, sur le till de surface ou directement sur le roc.

Les sédiments alluviaux (Ap, Ac, At, Ax,) couvrent environ 3 % du territoire et se concentrent le long des rivières Nicolet, Nicolet Sud-ouest, Saint-François et leurs principaux affluents. Près du fleuve Saint-Laurent, ces dépôts sont rattachés à la phase du Proto-Saint-Laurent.

Introduction

Le Ministère du Développement Durable, des Parcs et de l'Environnement du Québec (MDDEP) a initié une série de projets dont l'objectif ultime était une meilleure connaissance de la dynamique des eaux souterraines à l'échelle des principaux bassins versants du Québec. En amont des projets hydrogéologiques, il est essentiel de compiler ou même refaire le levé des cartes géologiques des dépôts quaternaires et d'initier une étude exhaustive de la distribution en sous-surface des dépôts meubles à l'échelle du bassin-versant. Le *Projet de connaissance des eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François* est financé dans le cadre du troisième appel d'offre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP).

Les rivières situées sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent ont été ciblées comme prioritaires, et les rivières Nicolet et Saint-François font ainsi partie des bassins versants sélectionnés pour une étude hydrogéologique systématique dans le cadre des projets PACES (Fig. 1). La cartographie des dépôts quaternaires de ce secteur n'a pas été revue depuis le début des années 1980 pour la partie haute du bassin alors que la cartographie de la partie basse a été réalisée par Nelson Gadd dans le cadre des travaux de cartographie systématique de la Commission géologique du Canada au cours des années 1950/1960. Le projet en cours vise à mettre à jour la carte quaternaire des dépôts meubles du bassin versant de la rivière Nicolet et de la portion aval de la Saint-François (NSF dans le rapport), et à l'intégrer aux travaux récents réalisés par les équipes de l'université du Québec à Montréal (UQAM) pour le bassin limitrophe de la Bécancour et par la Commission géologique du Canada (CGC) pour les bassins des rivières Yamaska et Richelieu.

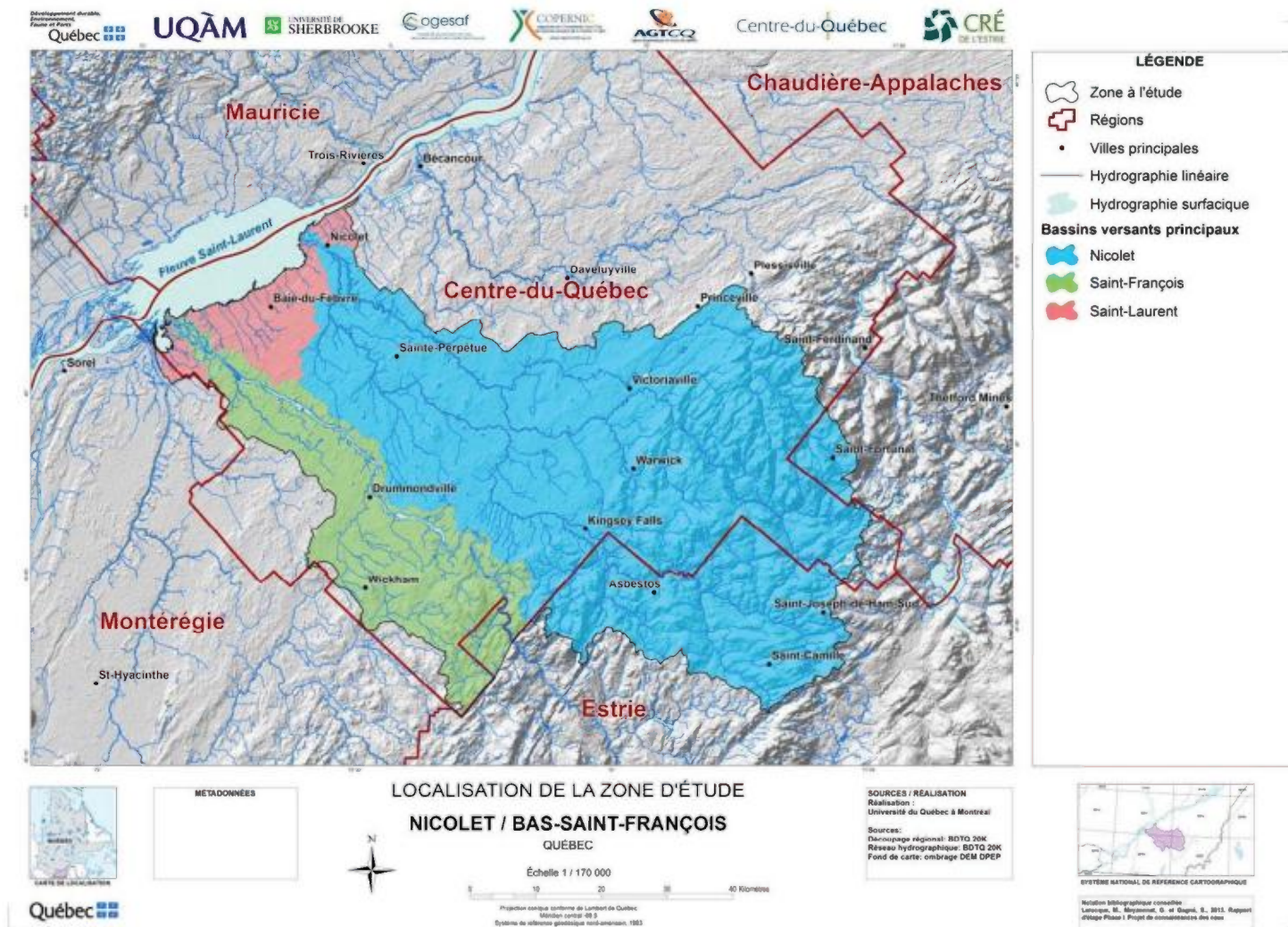


Figure 1. Zone couverte par le projet de connaissances des eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François (Larocque et al., 2013).

Ce projet de cartographie a été rendu nécessaire au vu de l'hétérogénéité des techniques et produits cartographiques des cartes quaternaires réalisées avant la fin de la dernière décennie, des problèmes de continuité des contacts géologiques aux limites des cartes, du peu d'information de nature géomorphologique disponible et de la nécessité d'intégrer la stratigraphie du bassin avec celle, plus moderne et plus complète, des Basses Terres du Saint-Laurent.

La campagne de la première année (2012-2013) avait donc pour principal objectif de compiler les données disponibles et de les intégrer dans un SIG. Un deuxième objectif fondamental a été de dresser l'inventaire des coupes stratigraphiques du territoire afin d'appuyer les études hydrostratigraphiques du projet PACES en cours. En 2013-2014, une seconde campagne de terrain de cartographie systématique échelonnée sur une dizaine de semaines, a permis d'investiguer en détail la région, en sillonnant l'ensemble du réseau routier du bassin-versant du secteur NSF.

Ce rapport consiste en une notice explicative étendue couvrant la géologie, la stratigraphie et la cartographie des dépôts quaternaires du bassin versant de la rivière Nicolet, incluant la portion basse du bassin-versant de la rivière Saint-François. La cartographie systématique et un programme d'analyse stratigraphique détaillé ont été réalisés cette année et sont donc à la base de la synthèse régionale présentée dans ce rapport.

La campagne de cartographie a été réalisée par une équipe d'étudiants de l'UQAM : Marili Vincent-Couture, Frédérik Roberge, Florence Gagnon, et Simon Hébert. Ricardo Caceido (DESS SIG, UQAM) a cartographié de façon préliminaire le feuillet de Warwick (21E/13). Pierre-Marc Godbout a supervisé les premières semaines de terrain. Marc-André Hurtubise et Méлина Dubois-Verret ont contribué à la qualité du rendu cartographique. Tous ces intervenants sont remerciés de la qualité de leur travail.

Guillaume St-Jacques s'est acquitté de l'ensemble du projet de cartographie numérique et a participé à la rédaction. Michel Lamothe a assuré la supervision, la rédaction et l'intégrité de la cartographie finale.

1. Localisation et physiographie

Le territoire visé par le projet de caractérisation hydrogéologique couvre l'ensemble du bassin versant de la rivière Nicolet ainsi que la portion basse du bassin versant connexe de la rivière Saint-François. Le rapport préliminaire de la phase I de ce projet (Larocque et al., 2013) présente une version plus exhaustive de cette section, duquel celle-ci est tirée. Le territoire visé couvre le bassin versant de la rivière Nicolet d'une superficie de 3 408 km², la partie basse du bassin versant de la rivière Saint-François pour une superficie de 906 km² ainsi que plusieurs petits bassins versants connexes situés près du fleuve Saint-Laurent pour une superficie de 271 km². L'inclusion de ces bassins versants connexes est naturelle puisqu'elle assure la continuité hydraulique des écoulements souterrains de l'amont vers l'aval. Ce territoire correspond ainsi à la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) de la rivière Nicolet et de la partie basse de la ZGIE de la rivière Saint-François. Le territoire visé couvre une superficie de 4 585 km² (Fig. 1) et se situe au sud du fleuve Saint-Laurent, recoupant principalement la région du Centre du Québec, puis la région de l'Estrie et des faibles superficies pour les régions de Chaudière-Appalaches et la Montérégie. La zone d'étude touche principalement les territoires des Municipalités régionales de comté (MRC) d'Arthabaska, de Nicolet-Yamaska, de Drummond et des Sources. Les trois premières MRC font partie de la région administrative du Centre-du-Québec.

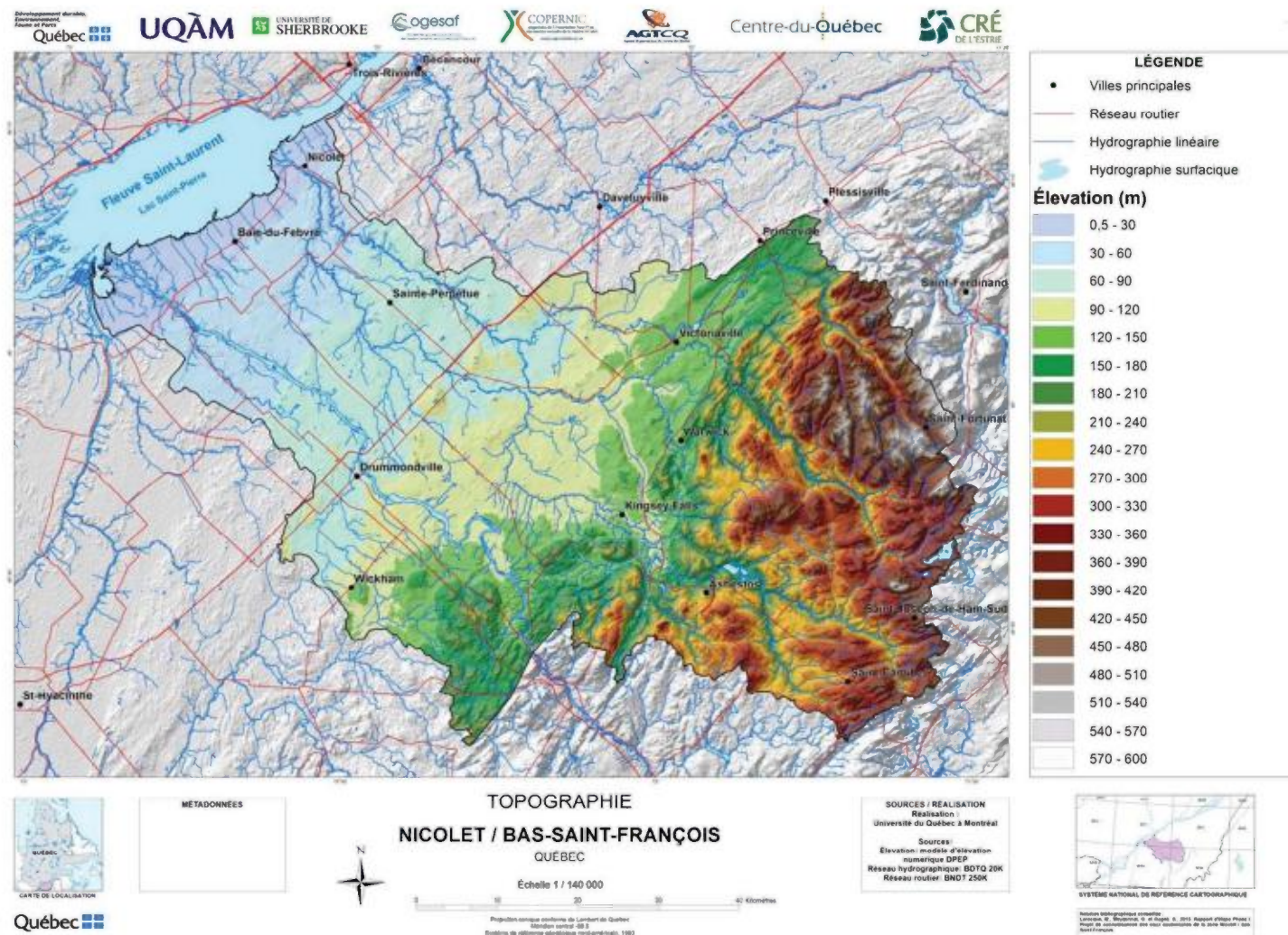


Figure 2. Topographie de la zone d'étude du bassin versant des rivières Nicolet et Saint-François (Larocque et al., 2013).

La population du secteur d'étude est estimée à 192 087 habitants. La limite sud de la zone d'étude pour le bassin versant de la rivière Saint-François a été établie en suivant les limites de la MRC de Drummond. Ce bassin recoupe deux régions physiographiques, soit les Appalaches en amont et les Basses-Terres du Saint-Laurent en aval. Le modèle d'élévation numérique (Fig. 2) témoigne des principales différences entre la topographie de ces deux régions physiographiques : la topographie est plane, régulière et peu élevée dans les Basses-Terres du Saint-Laurent alors qu'elle est montueuse, irrégulière et plus élevée dans les Appalaches. Ces régions se distinguent notamment par l'utilisation du territoire qui est principalement agricole dans les Basses-Terres et forestier et minier dans les Appalaches.

2. Contexte géologique du soubassement rocheux

Le bassin versant des rivières Nicolet/Saint-François est développé sur deux des provinces géologiques du Québec, soit la plate-forme des Basses-Terres du Saint-Laurent et la zone taconienne de l'orogène appalachien (Globensky, 1987; Slivitzky et Saint-Julien, 1987; Tremblay et Castonguay, 2002; Fig. 3). La Faille de Logan (d'orientation NE-SW) sépare les deux domaines. Le roc affleure principalement dans le secteur amont du bassin où les nappes externes affleurent sur la plus grande partie du secteur au-dessus de l'altitude de 200 m. Vers l'aval, l'épaisseur de la couverture quaternaire augmente. La portion moyenne et basse est localisée sous les dépôts quaternaires. Les roches affleurent surtout au niveau des rivières. Elles sont principalement de nature détritique et certaines, comme celles du Groupe de l'Utica (Shale de l'Utica), ont des contenus en matière organique élevé et constituent ainsi de généreuses sources d'hydrocarbure (gaz principalement). Cet aspect est important à considérer pour le contexte hydrogéologique.

L'ensemble de la séquence cambro-ordovicienne est reconnu dans les forages profonds régionaux. En surface, les groupes stratigraphiques d'importance sont les roches sédimentaires du Groupe de Sainte-Rosalie (ardoise et dolomie), celles du Groupe de

Lorraine (calcaire et shale de la formation de Pontgravé, puis shale et grès de la Formation de Nicolet), puis celles du Groupe de Queenston (shale rouge et grès verts). Au-delà de la ligne de Logan, entre les Basses-Terres et le piémont, on retrouve le domaine des nappes externes avec, sur la partie est, les Olistostromes de la rivière Etchemin et de Drummond (schiste à blocs), sur la partie nord, le Groupe de Sillery (schistes) et plus au sud, la Formation de Bulstrode et de Melbourne (ardoise calcaireuse). Pour la partie appalachienne dans le domaine des nappes internes, on retrouve au nord le Groupe de Oak Hill comprenant 8 formations de lithologies distinctes (schistes, quartzite, dolomie, phyllade) ainsi que les Schistes de Sutton-Bennett (schiste à chlorite) et sur la partie sud des Appalaches, le Domaine Océanique avec les complexes ophiolitiques, la Formation de Saint-Daniel (Bloc et ardoise) puis la formation de Saint-Victor (schiste, ardoise, grès).

D'un point de vue structural, la zone d'étude est traversée par plusieurs failles et plis d'orientation NE/SW. De l'aval vers l'amont, on retrouve comme principales structures géologiques, le synclinal de Chambly-Fortierville, la faille d'Aston, la ligne de Logan et la faille du Foulon. Plus au sud, on retrouve à l'ouest d'Asbestos la Ligne Brompton-Baie-Verte, séparant le domaine continental (Humber) du domaine océanique (Dunnage). Débutant dans le secteur de Princeville, un grand linéament d'orientation ENE-WSW de plus de 30 km de long, semble être un escarpement créé au contact du Sillery/Bulstrode des nappes externes. L'impact des structures géologiques sur l'écoulement des eaux souterraines n'est pas connu, mais les roches du Domaine para-autochtone proches de la Faille d'Aston (Groupe de Sainte-Rosalie) et celles de certaines nappes (Groupe de Stanbridge notamment) sont déformées et représentent des zones potentiellement fracturées à fort potentiel hydrogéologique.

3. Géologie et stratigraphie du Quaternaire

La région a été investiguée depuis plus de 50 ans dans le cadre des premiers projets d'étude des dépôts quaternaires en contexte d'eaux souterraines par Nelson Gadd de la Commission géologique du Canada. Cet auteur a poursuivi cette recherche dans le cadre d'un doctorat (Gadd, 1955) qui a résulté en une synthèse remarquable publiée en 1971, travail qui demeure encore aujourd'hui une référence en géologie du Quaternaire. Plusieurs géologues et géomorphologues ont contribué à l'effort de cartographie quaternaire depuis lors, en particulier le regretté Luc Chauvin (1979), du MRN de l'époque qui a cartographié les feuillets de la haute Nicolet. Warren et Bouchard (1976) ont pour leur part cartographié le feuillet de Drummondville (31H16).

La compilation numérique des cartes de géologie du Quaternaire du sud du Québec de Gaucher (1984) couvre une partie des régions considérées dans ce projet. Cette ébauche cartographique est peu utile ici, au vu du peu d'expertise du système quaternaire de l'auteur de l'étude. Michel Lamothe, alors à l'université de Western Ontario, a réalisé une thèse de doctorat en 1985 portant sur la stratigraphie et la géochronologie des sédiments quaternaires dans les basses-terres du Saint-Laurent. L'apport principal de cette étude est un nouveau cadre stratigraphique complexe et exhaustif des séquences quaternaires des Basses-Terres du Saint-Laurent. Une partie de ces travaux de terrain a été réalisée dans le secteur de la Saint-François, surtout la région de Pierreville, et la portion basse de la Nicolet. Michel Parent (1987) quant à lui, s'est intéressé à la stratigraphie quaternaire et à la séquence d'événements érosifs dans le secteur appalachien, surtout autour des régions d'Asbestos jusqu'aux Monts Stokes.

Une séquence quaternaire stratigraphiquement complexe surmonte le socle rocheux, celle-ci peut atteindre plus de 100 m d'épaisseur au cœur des Basses-Terres et dans les sous-bassins où coulent des tributaires du fleuve Saint-Laurent. La séquence quaternaire comprend une succession de trois tills, séparés par des sédiments glaciolacustres fortement imperméables, de par leur granulométrie, leur texture et aussi leur état de surconsolidation (Fig. 4). Des sédiments granulaires (sables et graviers essentiellement),

sont présents dans la séquence et leur étendue est généralement discontinue. Lors de la déglaciation, un bref épisode de transgression marine a succédé au retrait glaciaire. Ce dernier a abandonné des épandages fluvioglaciaires qui peuvent localement surmonter directement le soubassement rocheux, en particulier le long du piedmont appalachien. La succession est résumée sur la figure suivante :

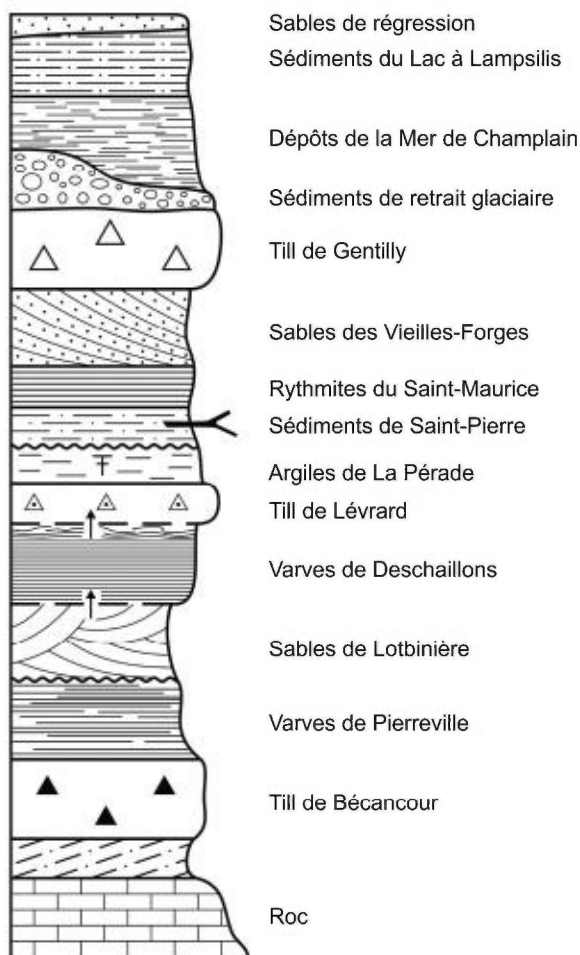


Figure 4. Cadre stratigraphique de la succession quaternaire des Basses-Terres du Saint-Laurent.

La séquence quaternaire de la zone d'étude peut être relativement complexe par endroits pour le secteur des Basses-Terres jusqu'au piémont et se simplifie généralement pour la partie appalachienne (Lamothe, 1989; Lamothe et al, 1992). Là où elle est la plus complexe, la séquence quaternaire peut comprendre une succession de deux à trois tills, pouvant être séparés par des sédiments glaciolacustres imperméables, ou au contraire par des dépôts sableux très perméables, dont les épaisseurs varient selon la géomorphologie du terrain. L'unité de base est représentée par le Till de Bécancour, d'âge préSangamonien. L'unité glaciaire suivante est le Till de Lévrard, qui date du début de la glaciation Wisconsinienne. Le Till de Gentilly est le till de surface qui a été déposé lors de la dernière grande avancée glaciaire et il a recouvert l'ensemble de la région. Ce dernier affleure peu dans les Basses-Terres car il est soit érodé dans les parties plus près du Lac Saint-Pierre, soit surmonté des sédiments de la Mer de Champlain au-dessus des élévations de l'ordre de 65-80m. Ce till est corrélé au Till de Lennoxville dans les Appalaches, où la distribution en surface y est relativement continue.

Plus proche du fleuve, des épaisseurs importantes d'argiles marines de la Mer de Champlain sont présentes et ces argiles sont apparentes en surface sur une bande de 20 km à l'intérieur des terres depuis le fleuve. Globalement, la couverture argileuse se réduit graduellement avec l'altitude et on estime que la présence des argiles de Champlain ne dépasse pas les 120 m d'altitude sur la zone à l'étude. Ces argiles sont partiellement ou totalement recouvertes par des dépôts sableux régressifs marins puis lacustres (Lac à Lampsilis), au fur que l'élévation diminue. Au centre du secteur, le remaniement des sables de régression par le vent a généré des dunes de sables (dépôts éoliens), qui sont particulièrement bien identifiables dans une large zone située entre Dummondville et Warwick. La géomorphologie de cette partie centrale du bassin, qui s'apparente à un haut plateau entre les élévations de 80 à 120m, est caractérisée par la présence de sable en surface (éolien ou littoraux), d'argile ou de till sous-jacent imperméable, autour desquels se sont développées des tourbières qui sont concentrées qu'à cet endroit. La présence en sub-affleurement de nombreuses mais petites sablières constituées de Sables des Vieilles-Forges suggère que cette unité est relativement continue sous le till régional et même préservée là où le till peut avoir été érodé. Ces

sables représentent la source la plus probable des accumulations littorales et éoliennes retrouvées dans les Basses-Terres. Des dépôts sablo-graveleux fluvioglaciaires constituant d'esker et de moraine peuvent être épais et reposer directement sur le roc particulièrement le long du contrefort des Appalaches. Les dépôts fluvioglaciaires de la Moraine des Hautes Terres Appalachiennes sont focalisés au voisinage des vallées locales, en particulier le long de la Saint-François, quelques kilomètres en amont de la limite de la zone d'étude. Dans les Appalaches, les dépôts quaternaires sont généralement moins épais, et les dépôts de till sur roc dominant la cartographie. Il peut cependant y avoir des dépôts quaternaires épais dans le cas de certaines vallées comme celle de la rivière Nicolet Sud-Ouest à l'endroit où elle pénètre dans le Piémont Appalachien. Ces vallées sont comblées par une succession de dépôts glaciaires et glaciolacustres. Un transect topogéologique a été élaboré qui suggère un modèle unique d'architecture quaternaire régionale le long du talweg de la Nicolet (présenté sur la Fig. 5) qui pourra servir de canevas pour l'établissement du modèle 3D hydrogéologique régional.

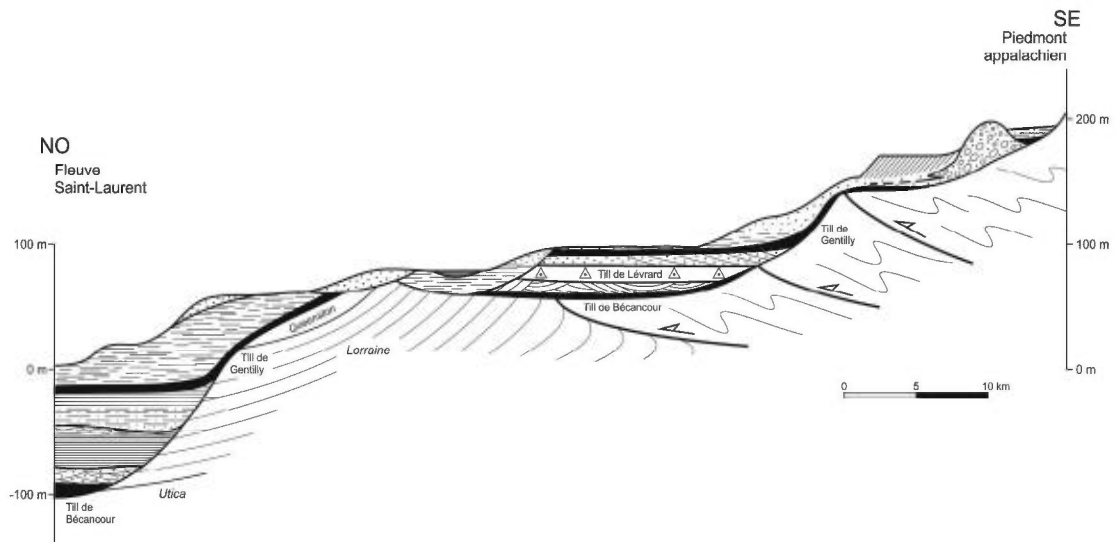


Figure 5 : Coupe topogéologique schématique du talweg de la rivière Nicolet

4. Méthodologie

4.1 Travaux de terrain

En 2012, une campagne préliminaire de compilation cartographique a permis d'orienter et planifier les travaux de cartographie de la saison 2013 (Lamothe et al, 2013). Une équipe de 4 à 6 géologues et étudiants-stagiaires (dépendant des phases de la campagne) s'est déployée sur le terrain à l'étude, entre le 1^{er} juin et le 6 août 2013. Par groupes de deux jeunes chercheurs, l'ensemble du système routier de la région NSF a été visité ainsi que plusieurs sablières/gravières régionales. Des observations le long des coupes naturelles des rivières locales ainsi que quelques excavations mécaniques ont permis de bien couvrir l'ensemble la région et d'ainsi d'assurer un maximum d'observations, tel qu'illustré sur la figure suivante. Plus de 4000 observations nouvelles ont été réalisées dans le cadre de cette campagne de cartographie (Fig. 6).

4.2 Cartographie numérique

4.2.1. Travaux préparatoires à la visualisation stéréoscopique (3D) et à l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG)

L'intégration de l'ensemble des données disponibles à l'intérieur d'un système d'information géographique (SIG) et la visualisation stéréoscopique (3D) ont nécessité plusieurs étapes. Ces étapes seront résumées de façon simplifiée afin de démontrer les méthodes, les techniques et les sources d'informations utilisées dans la réalisation de ce projet.

4.2.2 Visualisation stéréoscopique

La visualisation stéréoscopique d'imagerie sur support numérique constitue une réelle innovation technologique dans le domaine de la photo-interprétation. Le programme Summit Evolution développé par DAT/EM est utilisé conjointement avec le logiciel ArcGIS qui est lui-même développé par ESRI. Ce couplage de logiciels permet la visualisation stéréoscopique d'imagerie aérienne ou satellitaire, mais il permet aussi l'édition des informations analysées à l'intérieur d'un SIG (Fig. 7.1).

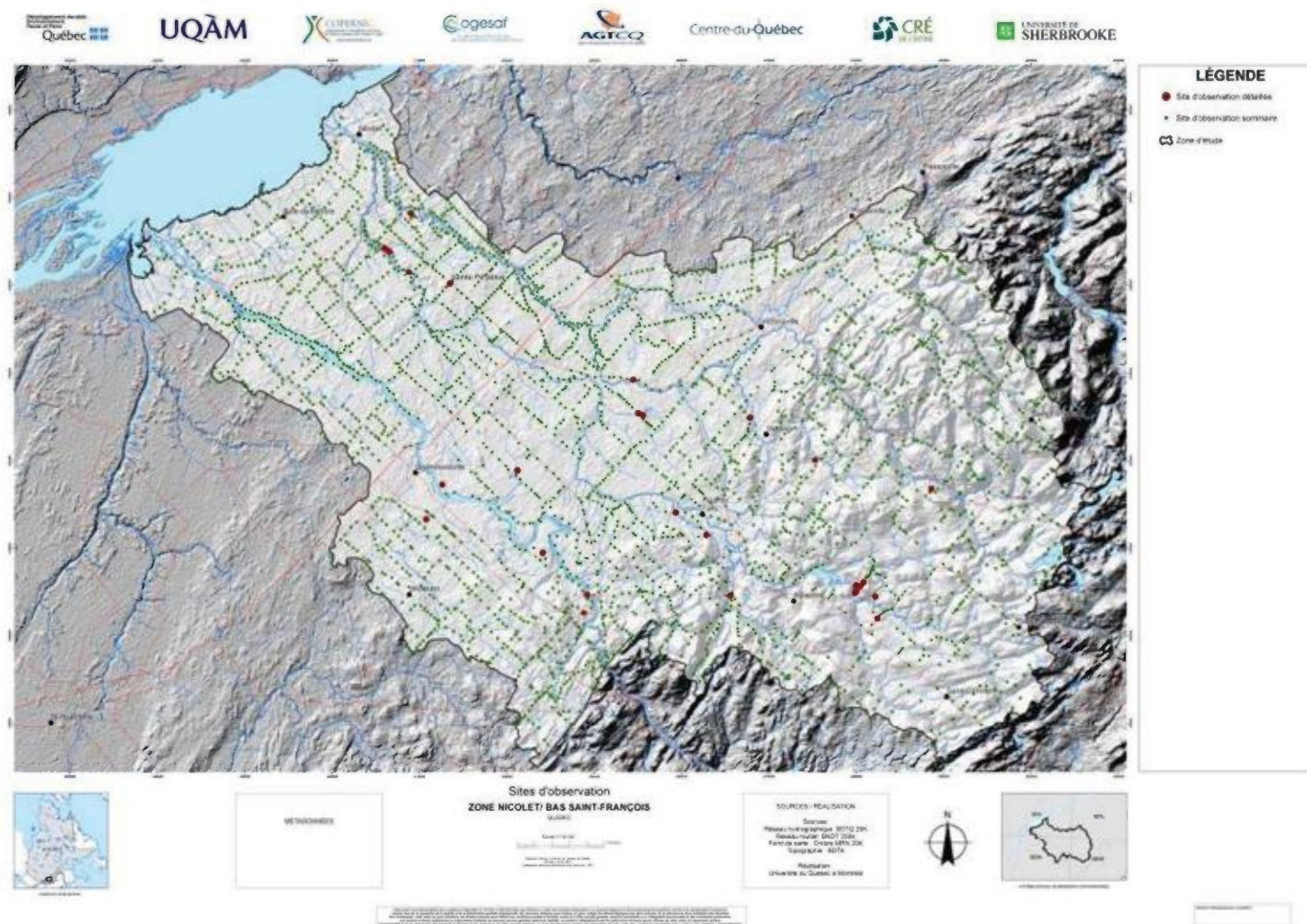


Figure 6. Sites des observations réalisées à l'été 2013.

Dans le cadre de ce projet, ce sont des photographies aériennes qui ont été utilisées afin d'interpréter les limites des formations superficielles. Pour couvrir l'ensemble du territoire à l'étude, plus de 250 photographies aériennes à l'échelle du 1:40 000 ont été nécessaires. Ces clichés, gracieusement prêtés par la cartothèque de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), ont essentiellement été pris entre 1975 et 1979 pour le compte du Ministère des Terres et Forêts du Québec.

Ces photographies aériennes sur support papier ont été numérisées à haute résolution (600 dpi) puis enregistrées en format JPEG (.jpg). Cependant, seuls certains formats TIF (.tiff) peuvent être utilisés sans traduction en format Summit Evolution (.smti). Ces formats STMI sont spécialement formatés pour contenir des pyramides et des tuiles de grandeur de 256 lignes. Les fichiers JPEG des photographies aériennes ont donc dû être convertis en STMI ou utilisés avec des fichiers pyramides (.pyr), ce qui a entraîné une perte de résolution.

Afin intégrer les images numérisées au logiciel Summit Evolution il est nécessaire de leur attribuer une orientation spatiale. Pour ce faire, il faut créer un fichier de type *camera* qui contient les informations du rapport de calibration. Ces rapports contiennent des données relatives à la prise des clichés tels que la longueur focale étalonnée de l'appareil, la distorsion radiale et l'état des marques fiducielles (repères métriques sur les photographies). Par la suite, les photographies aériennes doivent être orientées en tant que tels selon quatre aspects, soit; l'orientation intérieure (IO), qui utilise les marques fiducielles des images voisines; l'orientation relative (RO), qui compare des groupes de pixels sur l'image de gauche et sur l'image de droite pour déterminer des points relatifs pour une paire d'images ou encore par la sélection de points figurant dans la zone de chevauchement de deux images; l'orientation absolue (AO), qui relie le système de coordonnées image à un système de coordonnées terrain; l'orientation extérieure (OE) qui consiste à collecter suffisamment d'informations sur les images individuelles afin de pouvoir calculer la coordonnée au sol de chaque centre d'image.

La dernière étape avant de pouvoir intégrer les images dans un Projet Summit Evolution (.prj) consiste à identifier les *stéréopaires* à partir de points de liaison (*tie points*) ce qui permet l'affichage successif d'une ou plusieurs *stéréopaires* sur une ou plusieurs lignes de vol.

Lorsque les images sont ainsi orientées il est possible de les intégrer dans un Projet Summit Evolution (.prj). L'édition en 3D nécessite toutefois un modèle numérique d'élévation (MNE). Ce dernier est obtenu par la création d'une matrice à partir des courbes topographiques et des points d'élévation fournis par la Base de Données Topographiques du Québec (BDTQ).

4.2.3 Utilisation du Système d'Information Géographique

L'avantage d'un SIG pour l'interprétation des formations superficielles est de pouvoir visualiser une superposition d'information simultanément. Le canevas ainsi créé permet une harmonisation entre l'interprétation et diverses données. La gestion des nombreuses sources d'information peut s'avérer complexe en raison de leurs quantités phénoménales. Ces données proviennent de diverses sources, ils ont été regroupés sous trois grands thèmes afin de les présenter.

Données provenant de systèmes d'information

Le plus grand volume de données a été mis à notre disposition par les partenaires du projet Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Sur le territoire du bassin versant uniquement, cela représente plus de 31 000 points d'information. La plupart de ces données sont de sources gouvernementales et sont rendues disponibles via divers systèmes d'information électronique (Fig 7.3).

Les principales sources de données, en termes de quantité, proviennent du Ministère du Développement durable, Environnement, Faune et Parc (MDDEFP). Pour le territoire à l'étude, il y a seulement le Système d'information hydrogéologique (SIH) qui permet de consulter la description de plus de 17000 puits de forages. Cependant, les informations

sont trop souvent erronées ou incomplètes pour que l'on puisse s'y fier assurément. C'est pour cette raison que seule l'épaisseur des dépôts meubles a été prise en compte.

La seconde source de données en importance provient du Système d'Information Géominière du Québec (SIGEOM) du Ministère des Ressources naturelles (MRN). Plus de 9000 sites ponctuels et rapports de toutes sortes sont colligés dans ce système pour le territoire d'étude. La compilation des affleurements rocheux et les cartes de compilation de la géologie du Quaternaire furent les principales sources mises à profit.

Le Ministère des Transports du Québec (MTQ) nous a permis d'avoir accès à sa base de données de forages. Ce qui a permis d'ajouter plus de 1000 sites d'information au territoire d'étude.

Il faut mentionner toutefois que l'essentiel de ces données consiste en des forages géotechniques ou dans le but de l'exploitation de la ressource hydrique. De ce fait, ils nous donnent peu d'informations précises quant à la genèse des matériaux constituant les premiers mètres à la surface. C'est pour cette raison que l'investigation et la collecte de données sur le terrain étaient plus que complémentaires, elles se sont révélées essentielles.

Données provenant des campagnes de terrain

Les campagnes d'investigations menées sur le terrain aux étés 2012 et 2013 ont permis d'amasser une quantité d'informations appréciable. Plus de 4400 observations directes tel des coupes stratigraphiques ou des points de contrôle où la genèse des dépôts a pu être identifiée, ont été amassés. Ces informations ont été colligées sous forme de *géofiches* numériques grâce à un ordinateur-tablette de terrain SXPad. Le positionnement GPS de 896 autres sites ponctuels, essentiellement des affleurements rocheux a aussi été relevé.

Durant cette même période, nos partenaires PACES ont aussi amassé une quantité d'information non négligeable qui se traduit par plus de 340 sites de forages, de sondages et d'échantillonnage.

Données diverses provenant d'informations sur support papier ou numériques

De nombreux articles, rapports et thèses portent sur le territoire d'étude. Même si la plupart d'entre eux sont offerts en format numérique, plusieurs des figures et cartes ont dû être géoréférencées pour être visualisées au même titre que les autres sources d'informations. (Fig.7.2)

Une fois l'ensemble de ces données intégrées au SIG, le canvas d'information est prêt à être utilisé guide à la délimitation des formations superficielles.

4.2.4 Numérisation des unités quaternaire et des symboles

La cartographie des formations superficielles par photo-interprétation consiste à délimiter les ensembles ayant une genèse commune. Ces ensembles (polygones) sont créés à partir de la délimitation de leurs contours à l'aide de polylignes (Fig. 7). Puisque techniquement on ne peut pas attribuer une genèse à ces polylignes, il faut utiliser une deuxième couche (shapefile) de points (centroïdes). Cette couche permettra d'attribuer les genèses aux unités photo-interprétées lors de la conversion finale des polylignes en polygones. Suivant cette même méthode, les formes (alluviales, fluvioglaciaires, marines et autres) et symboles (stries, affleurements et autres) pourront être numérisés.



Figure 7.1. Intégration des photographies aériennes au SIG.par le biais de la géoréférence des images numérisées.



Figure 7.2. Ajout des données provenant d'études antérieures.

Figure 7.3. Ajout des données numériques

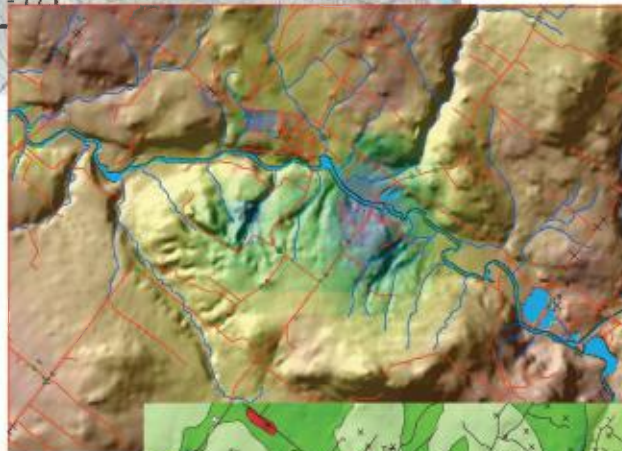


Figure 7.4. Photo-interprétation 3D



5. Unités lithostratigraphiques

Les travaux de compilation ont débuté par une revue des travaux antérieurs, entre autres les rapports et cartes de Gadd (1971), ceux de Chauvin (1979), les travaux de Parent (1978; 1987) et la synthèse cartographique de Gaucher (1984). Au cours de l'été 2012, une campagne de terrain a permis de corriger des contacts entre unités lithostratigraphiques situés aux coupures cartographiques ainsi que de repérer les coupes stratigraphiques importantes. La campagne de 2013 a permis l'étude exhaustive des unités et formes de terrain du bassin de la NSF. Une carte des dépôts quaternaires à l'échelle de 1 :150 000 synthétise l'information disponible sur les 8 cartes au 50 000. La carte est en pochette de ce rapport. Les unités importantes cartographiées sont décrites dans cette section.

Les principales caractéristiques sédimentologiques et cartographiques des unités lithostratigraphiques sont décrites en termes de texture, structure, couleur, compacité, composition lithologique dans la légende étendue de la carte géologique. Les contacts et limites stratigraphiques inférieurs et supérieurs, ainsi que la distribution régionale, permettent de mieux apprécier la représentation cartographique finale. Les éléments présentés plus bas servent à compléter la description des unités.

Le roc (R)

Le roc affleure sur moins de 1% de la région à l'étude. Un till mince et un till remanié en couverture mince couvrent du roc observable sur près de 16% de la surface du territoire étudié, essentiellement dans les secteurs élevés. La plate-forme paléozoïque des Basses-Terres du St-Laurent forme le sous-bassement rocheux de la partie basse de la zone cartographiée (Avramtchev, 1989; Clark et Globensky, 1970, 1973, 1975, 1976; Globensky, 1987). Le roc affleure de manière discontinue le long des principales rivières ; Nicolet, Saint-François, Bulstrode, mais aussi de certains de leurs affluents ; rivière Noire, rivière Des Rosiers, rivière des Pins, rivière des Sault, ruisseau Gobeil et ruisseau Michaud. La portion haute du bassin est occupée par les roches du domaine

océanique dit des nappes internes des Appalaches et la partie intermédiaire par la zone dite des nappes externes, appartenant principalement au domaine continental. La couverture quaternaire y est principalement glaciaire et fluvioglaciaire. Le roc y affleure de façon importante. Dans le secteur appalachien directement au nord-est de Warwick, une carrière expose un régolite sous-jacent à des sables fluvioglaciaires.

Le Quaternaire Ancien (Q)

Dans la portion aval et centrale du bassin versant, cette unité complexe affleure de façon ponctuelle le long des tributaires importants du fleuve tels les rivières Nicolet, Nicolet Sud-Ouest et Saint-François. Un certain nombre de nouvelles coupes ont été découvertes et décrites (Fig. 8). Certaines sections, déjà répertoriées par Gadd (1971) pour la partie basse du bassin, ont été réinterprétées et intégrées dans le cadre stratigraphique conceptuel du secteur sud des Basses Terres du Saint-Laurent (Lamothe, 1989; Occhietti et al., 1996; Godbout et Lamothe, 2011).

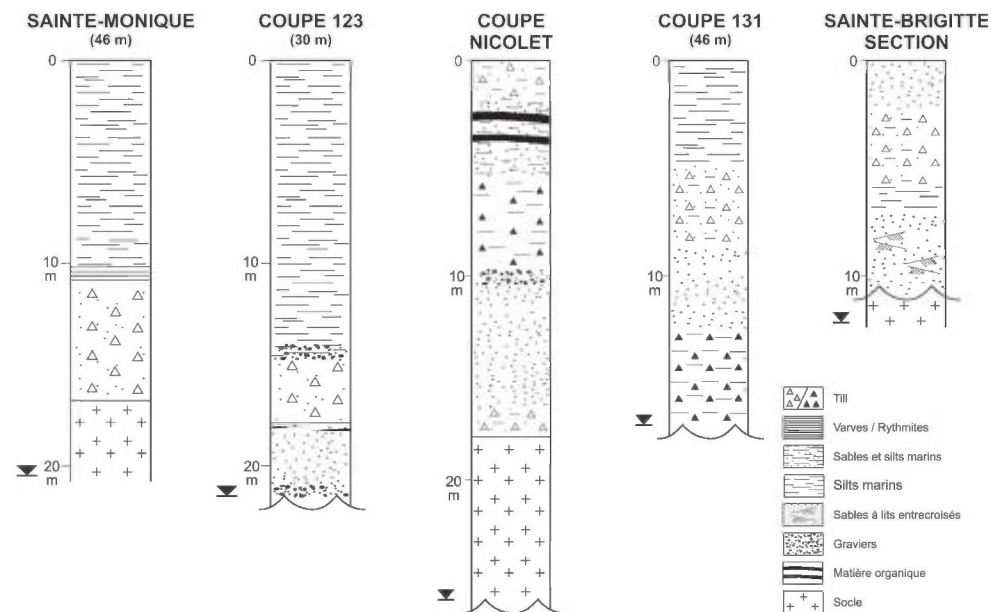


Figure 8 : Coupes géologiques quaternaires de la vallée de la rivière Nicolet. Les coupes 123 et 131 correspondent à la numérotation de Gadd (1971). Celle de Sainte-Brigitte et de Sainte-Monique ont été observées à la limite des deux villages. Celle appelée Nicolet est la coupe à trois tills, localisée à environ 10 km à l'aval de Sainte-Brigitte des Sautes, le long de la rivière Nicolet Sud-Ouest.



Figure 9 : Une section à trois tills, localisée 10 km à l'aval de Ste-Brigitte des Saults le long de la Nicolet Sud-Ouest; à gauche : la succession roc/till/sables organiques/till/sables organiques/till; à droite : matière organique dans l'unité nonglaciaire correspondant au Sables de Lotbinière.

La coupe la plus complète de la séquence quaternaire régionale est observée le long des berges de la Nicolet Sud-Ouest ; cette coupe exhibe une superposition de trois tills séparés par des sables nonglaciaires, contenant de la matière organique (Fig. 9).

Régionalement, l'unité quaternaire la plus ancienne que l'on peut y observer est généralement le till de Bécancour. Celui-ci est surmonté de sédiments nonglaciaires constitués des Varves de Pierreville, des Sables de Lotbinière et des Varves de Deschaillons. La seconde unité glaciaire, le Till de Lévrard, est quant à elle surmontée des sédiments nonglaciaires de St-Pierre et des Sables des Vieilles-Forges. Un aspect très important de la stratigraphie régionale est la présence relativement généralisée des Sables des Vieilles-Forges dans une grande partie du secteur de la plaine centrale, de la terrasse de Saint-Barthélemy jusqu'à la Moraine des Hautes Terres. Cette unité est apparemment aggradationnelle sur une bonne partie de ce secteur et sa préservation a des implications claires en termes d'hydrogéologie. Cette dernière unité est reconnue par sa nature

communément déformée, son contenu variable en matière organique et sa position stratigraphique qui est clairement sous le Till de gentilly le long de coupes de rivières (Nicolet, Nicolet Sud-Ouest, Saint-François, et ailleurs dans le bassin comme à la rivière Bécancour). Des mesures en luminescence suggèrent que l'âge de cette unité est de l'ordre de 45 ka (Godbout et al., 2011). Les Sables des Vieilles-Forges sont observés dans de nombreux bancs d'emprunts au sein de formes de terrains suivant grossièrement l'axe nord-ouest/sud-est. Dans la portion amont du bassin versant, soit dans les Appalaches, le till de Johnville constitue généralement l'unité quaternaire la plus ancienne reconnue et il est normalement surmonté de la Formation de Massawippi. Ces unités ne sont pas observées dans le secteur. Le site de Norbestos expose la succession Till de Chaudière-Formation de Gayhurst-Till de Lennoxville. Le faciès sableux de la séquence de Gayhurst est relativement bien exposé dans le secteur de Wotton.

Les sédiments glaciaires (Trm, Tr, Tc, Tm,T)

Le till de surface, qu'il soit mince ou continu, remanié ou non, couvre près de 60% du territoire à l'étude. Ce diamicton glaciaire affleure surtout dans le secteur appalachien et celui du piémont, soit dans la portion orientale du bassin versant. Les épaisseurs observées vont de 0,3 m (Tm) à plus de 20 m (Tc) dans les Basses-Terres, tandis qu'elles atteignent rarement plus de 10 m dans les vallées des Appalaches. Ce diamicton est caractérisé par une matrice comprenant une grande proportion de silt, et des quantités variables d'argiles, de sables, graviers, galets et blocs. De façon générale, le till possède une très grande proportion de matrice argilo-silteuse par rapport à son contenu en clastes. Dans les Basses-Terres et le piémont, le till non-altéré est gris-verdâtre, compact, normalement non-fissile, carbonaté et contient des clastes d'origine précambrienne. Tandis que dans la région appalachienne, le till est non-carbonaté et exhibe ordinairement un faciès gris et compact à la base et un faciès gris-brunâtre et lâche en surface. La proximité des sources fait en sorte que la proportion de clastes augmente de manière significative dans les Appalaches. Le till y est donc moins compact et plus fissile. Le till remanié (Tr) est un till dont les particules fines ont été lessivées par des processus

subséquents au dépôt du matériel original. Généralement, il correspond à la zone superficielle du till où la portion fine de la matrice est lavée par des processus d'érosion littorale glaciomarine, glaciolacustre ou même fluviale.

Les sédiments fluvioglaciaires (Go, Gs, Gx)

Les sédiments fluvioglaciaires ont été identifiés sur la base de la morphologie du corps sédimentaire, la présence de sable fin, moyen et grossier, de galets et de graviers subanguleux à subarrondis, triés ou non, et de déformations synsédimentaires. Répartis de façon très inégale sur le territoire à l'étude, ils sont essentiellement concentrés au sein de l'esker de Warwick-Asbestos et des différents complexes morainiques.

L'esker de Warwick-Asbestos, orienté selon un axe nord-sud, est situé à la limite de l'ensemble physiographique des Basse-Terres et des Appalaches. Ce complexe fluvioglaciaire consiste en une série de segments d'esker diachroniques mis en place au front glaciaire lors de sa régression vers le nord suite à sa stagnation ayant formé la moraine de Ulverton-Tingwick (Parent, 1987). Cette dernière est rattachée à la moraine des Hautes-Terres de Gadd (1964). De constitution typique, l'esker est formé de lobes d'épandages subaquatiques (Gs) mis en place de façon distale d'un tronçon principal formé de crête unique (Gx). L'épaisseur de ces dépôts est généralement d'une vingtaine de mètres sauf à la Colonne Elliott où un delta-kame a mis en place des dépôts sur une quarantaine de mètres d'épaisseur. Il est à noter qu'à l'exception du delta-kame de la colline Elliott, tous les dépôts de l'esker Warwick-Asbestos reposent sous la limite marine (165-175m *ASL*)

Deux complexes morainiques sont présents sur le bassin versant des rivières Nicolet et Saint-François ; la plus ancienne, située plus à l'est, la moraine du mont Ham et la moraine de Ulverton-Tingwick plus récente et situé plus à l'ouest. Ils sont tous deux constitués de sédiments de contact glaciaire (Gx) formant de courts tronçons morainiques bordés de chenaux de fonte juxtaglaciaires.

La moraine du mont Ham, particulièrement bien développée dans la région d'Asbestos, se distingue par une série discontinue de crêtes morainiques adossées sur des reliefs locaux appalachiens. L'édification de deltas de contact glaciaire à des altitudes de 265-270m asl, ainsi que de nombreuses autres évidences de terrain, prouvent que ce complexe morainique fut mis en place de façon synchrone avec l'extension maximale de la phase Sherbrooke du lac glaciaire Memphrémagog. La moraine Ulverton-Tingwick est caractérisée par deux segments qui se distinguent de par la morphologie et la taille granulométrique de ses dépôts. Cette différence est attribuable à l'environnement de la marge glaciaire lors de la construction de ces formes terminales. La présence de lacs proglaciaires, leurs profondeurs et leurs étendues déterminent le type de formes qui sera mis en place. Lorsqu'il y a présence de lacs profonds, occupant de vastes superficies, on retrouve d'avantage épandages subaquatiques alimentés par de petits eskers. Les rares segments morainiques y sont particulièrement discontinus. À l'opposé, dans un environnement où les lacs proglaciaires ayant affecté la marge glaciaire sont petits et peu profonds, les crêtes morainiques sont beaucoup plus nombreuses et constituées de crêtes de tills remaniés par les chenaux de fonte juxtaglaciaires.

Le segment morainique Ulverton dont l'extrémité nord est marquée par la colline Eliott est particulièrement discontinu et essentiellement constitué d'épandages subaquatiques alimentés par de petits systèmes d'eskers. Cette morphologie typique est attribuable à la phase de Fort Ann du lac Memphrémagog (251-254m asl) qui a affecté la marge glaciaire sur presque l'ensemble de ce segment.

Le segment Tingwick qui s'étend entre colline Eliott et Notre-Dame-de-Ham est beaucoup mieux développé même si la présence de deltas de contact glaciaire révèle la présence de lacs proglaciaires jusqu'à des altitudes de 225 à 230m asl. Ce tronçon est constitué d'une série de crêtes de till remaniées et de chenaux de fonte juxtaglaciaire adossés sur les versants des collines constituant le piémont appalachien.

Les sédiments glaciolacustres (LGd, LGb, LGa)

Les sédiments glaciolacustres se retrouvent essentiellement dans la portion amont du bassin versant à l'étude. Ces sédiments sont présents sous forme de sable, sable silteux et de gravier sableux (LGb) au bas des versants de plusieurs vallées. On y retrouve aussi, mais plus rarement, des silts et des rythmites (LGA) issus d'un plan d'eau plus profond. De nombreux deltas (LGd) ont été mis en place à l'embouchure de cours d'eau qui se déversaient dans les lacs proglaciaires et ont été identifiés sur la base de leur morphologie et de la nature des leurs matériaux

Les altitudes atteintes par les différentes phases glaciolacustres sont essentiellement observables par le remaniement des matériaux de surface et la formation de quelques gradins d'érosion. Les altitudes relatives des deltas sont cohérentes avec les différentes phases et épisodes glaciolacustres. Le retrait glaciaire vers le NNW sur les plateaux et le piémont appalachien est marqué par la moraine du mont Ham. Cette régression permet l'expansion des lacs proglaciaires Vermont (phase de Fort Ann ; max. 251-254 m asl) et Memphrémagog (phases Sherbrooke ; max. 270m asl). Le recul du front jusqu'à sa position des moraines Ulverton-Tingwick et la déglaciation progressive des Basses-Terres du haut Saint-Laurent permet par coalescence la formation du lac à Candona.

Les sédiments glaciomarins (MGd, MGb, MGA)

À partir du front appalachien, et ce jusqu'au fleuve Saint-Laurent, affleurent sur environ 27% du territoire des sédiments littoraux et pélagiques qui contiennent localement des fossiles de la Mer de Champlain. Même si apparemment non-fossilifères, les sédiments d'origine aquatique et localisés sous l'élévation de 175 m (Parent, 1987) sont aussi cartographiés comme glaciomarins. Les sédiments deltaïques glaciomarins (MGd) sont essentiellement concentrés au sein de larges épandages situés en marge du piémont appalachien *eg* à l'ouest de l'esker Warwick-Asbestos et sur les rives de la rivière Saint-François. À l'est et au sud-ouest le sommet des deltas approche la limite maximale glaciomarine, tandis que sur les rives de la Saint-François ils se situent entre 110 et 130m asl.

Les sédiments glaciomarins littoraux et périlittoraux (MGb) comprennent généralement des sables et des silts sableux de couleur grisâtre à brunâtre et montrent parfois des signes d'oxydation. Cependant, certaines lignes de rivages constituées de plages contiennent des sables graveleux. Certaines de ces plages tirent leur origine du remaniement des Sables des Vieilles Forges sous-jacents. Les sédiments d'eau profonde (MGa) sont surtout constitués de silt, de silt argileux et d'argiles silteuses parfois laminées et comprenant localement des rythmites. Dans la portion amont du bassin versant, ils sont concentrés le long d'anciens chenaux tandis que dans la portion aval, ils sont concentrés où la tranche d'eau a été supérieure à 35-45m.

Les sédiments lacustres (Ld, Lb)

Sous les élévations d'environ 65 m, on observe de grandes zones sableuses mises en place par les eaux douces du Lac à Lampsilis (Lb). L'exondation du territoire est marquée par la présence de plusieurs niveaux de plages et terrasses. À l'embouchure des rivières Nicolet et Saint-François, des deltas (Ld) se sont formés lors d'un niveau tardif du Lac à Lampsilis. La terrasse de Saint-Bathélemy à l'élévation de *ca* 16m asl surplombe la plaine moderne d'inondation du Lac Saint-Pierre.

Les sédiments alluviaux (Ap, Ac, At, Ax,)

Les sédiments d'origine fluviale, localisés à une élévation légèrement supérieure à celle du système de drainage actuel, sont cartographiés sur environ 3% du territoire à l'étude comme sédiments alluviaux. Ces derniers sont majoritairement concentrés tout le long de la rivière Nicolet, Nicolet Sud-ouest, Saint-François et de leurs principaux affluents. Près du fleuve Saint-Laurent, ces sédiments et formes fluviales sont rattachés à la phase du Proto-Saint-Laurent. Cette unité inclut les sédiments actuellement transportés par les rivières modernes.

Les sédiments éoliens (Ed)

Les sédiments éoliens sont essentiellement situés au cœur des unités littorales glaciomarines à des élévations allant de 70 à 130 m, où des dunes paraboliques d'une hauteur moyenne de 5 à 10 m sont développées suivant l'axe NE-SO. Les sédiments éoliens sont généralement constitués de sables moyens à fins, très bien triés et stratifiés.

Ils sont très bien représentés entre Sainte-Clothilde-de-Horton et Wickham. Les sédiments éoliens sont fréquemment observés autour des unités de tourbières, où l'activité éolienne a ainsi remanié le matériel granulaire disponible jusqu'à son immobilisation par la végétation.

Les sédiments organiques (O)

Les sédiments organiques observés régionalement sont surtout des tourbières. Leur répartition est assez vaste et reflète leurs modes variés de formation. Généralement, il y a un lien entre l'unité sous-jacente et la densité de tourbières. Dans le bassin versant de la Nicolet et de la Saint-François, ces milieux humides sont parfois rencontrés sur des plateaux d'élévation de l'ordre de la centaine de mètres, au-dessus des argiles de la Mer de Champlain, elle-même localisée sous-jacente à des sables d'exondation marine. Cependant, certains des sédiments organiques se retrouvent également sur de faibles épaisseurs de sédiments littoraux glaciomarins, sur le till de surface ou directement sur le roc.

Les dépôts de glissement de terrain (Cg)

Les dépôts de glissement de terrain ont été surtout cartographiés le long des rivières Nicolet, Nicolet Sud-Ouest et Saint-François. Cette unité est constituée de silt et d'argiles remaniées par des glissements de terrain et occupe le plus souvent des amphithéâtres de glissement de terrain marqués par des modelés chaotiques ou en gradins. Ces dépôts de nature argilo-silteuse sont essentiellement issus de la Mer de Champlain. Cependant, la nature sédimentaire de ces dépôts est aussi influencée par la nature du matériel sus-jacent, généralement littoral ou périlittoral du lac à Lampsilis.

6. Conclusion

Les données stratigraphiques et la synthèse cartographique présentées dans ce rapport rencontrent l'objectif d'établir une synthèse complète de la distribution et de la superposition stratigraphique des dépôts quaternaires du bassin de la rivière Nicolet et d'une partie de la rivière Saint-François.

Parmi les éléments les plus nouveaux de ce programme de cartographie, la découverte de la séquence à trois tills le long de la Nicolet Sud-Ouest représente la première évidence physique complète des trois glaciations ayant affecté les Basses-Terres du Saint-Laurent. La campagne a aussi permis de valider l'extension remarquable des Sables des Vieilles-Forges dont l'ubiquité en sous-surface pourrait être avantageusement être intégrée dans la recherche de nouveaux aquifères. Un élément final, peu discuté dans le cadre de ce rapport, est le patron cartographique marqué des argiles de la Mer de Champlain, généralement localisées à l'intérieur de chenaux de direction NE-SW. L'intégration de ces phénomènes quaternaires relativement nouveaux sera essentielle à la compréhension de l'architecture hydrostratigraphique régionale.

Références

- Caron, O., Lamothe, M. et Shilts, W.W., 2011. *Modélisation géologique 3D des sédiments quaternaires du bassin-versant de la rivière Saint-François*. Université du Québec à Montréal, rapport à l'intention du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) et du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 94 p., 1 carte (1 : 150 000).
- Chauvin, L., 1979. *Géologie des dépôts meubles - Région d'Asbestos-Disraëli: rapport préliminaire*. Ministère de l'énergie et des ressources, Québec, Direction des levés géoscientifiques, DPV-716, 13 p., 2 cartes (échelle 1: 50 000).
- Gadd, N.R., 1955. Pleistocene geology of the Becancour map-area, Quebec. (Ph.D. thesis): Urbana, University of Illinois, 191 p.
- Gadd, N.R., 1964. Moraines in the Appalachian region of Quebec, Geological Society of America Bulletin, volume 75, p. 1249-1254.
- Gadd, N.R., 1971. *Pleistocene geology of the St. Lawrence with selected passage from an unpublished manuscript: The St. Lawrence Lowland, by J.W. Goldthwaith*. Geological Survey of Canada, Memoir 359, 153 p.
- Gauchat, L., Godbout, P-M, Caron, O. et Lamothe, M. 2012 : Les dépôts quaternaires du bassin versant de la rivière Nicolet et des zones limitrophes : Compilation cartographique et modèle conceptuel stratigraphique. Affiche. Québec Explo 2012.
- Gaucher, E. et Ass., 1984. *Compilation de la géologie du Quaternaire - Région des Appalaches*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la géoinformation, Québec, Rapport DV 84-10, 89 cartes (échelle 1 :50 000).
- Globensky, Y. 1987 : *Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent*. Ministère d'Énergie et Ressources, Québec, Rapport Géologique MM-85-02.
- Godbout, P.M., Lamothe, M., Horoi, V. et Caron, O., 2011. *Synthèse stratigraphique, cartographie des dépôts quaternaires et modèle hydrostratigraphique régional, secteur de Bécancour, Québec: Rapport final*. Université du Québec à Montréal, à l'intention du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 37 p., 1 carte (échelle 1:100 000).
- Lamothe, M., 1985. Lithostratigraphy and geochronology of the Quaternary deposits of the Pierreville and St-Pierre-les-Becquets areas, Québec. Thèse de Ph.D., University of Western Ontario, London, 227 p.
- Lamothe, M., 1989. A new framework for the Pleistocene stratigraphy of Central St. Lawrence Lowland, southern Quebec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol.43, n°2, p.119-129.

Lamothe, M. , Godbout, P-M et Gauchat, L. 2013: Rapport préliminaire sur l'avancement des travaux sur la géologie du Quaternaire des bassins versant des rivières Nicolet et Saint-François, Québec, 1 carte au 100 000, 18p.

Lamothe, M., Parent, M., and Shilts, W.W., 1992, Sangamonian and Early Wisconsinan events in the St. Lawrence Lowland and Appalachians of Southern Quebec, Canada, *in* Clark, P.U. and Lea, P.D., eds., : Geological Society of America, Special Paper 270, p. 171–184.

Larocque, M., Meyzonnat, G. et Gagné S., 2013 : *Projet de connaissance des eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François : Rapport d'étape Phase I*. Ministère Développement Durable, Parcs et Environnement Québec. 73p.

McDonald, B.C., 1966. *Géologie des dépôts meubles: Richmond, Dudswell, Québec*. Commission géologique du Canada, Carte 4-1966 (échelle 1:63 360).

Occhietti, S., Balescu, S., Lamothe, M., Clet, M., Cronin, T., Ferland, P. et Pichet, P. (1996). Late Stage 5 Glacioisostatic Sea in the St. Lawrence Valley, Canada and United States. *Quaternary Research*, vol.45, p.128-137.

Parent, M., 1978. *Géomorphologie quaternaire de la région de Stoke-Watopéka*. Mémoire de Maîtrise, Dép. de Géographie, Univ. de Sherbrooke, 206 p.

Parent, M., 1987. *Late Pleistocene stratigraphy and events in the Asbestos-Valcourt region, Southeastern Québec*. Ph.D. Thesis, University of Western Ontario, London, Ontario.

Slivitzky, A. et Saint-Julien, P., 1987 : Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce, Ministère d'Énergie et Ressources, Québec, Rapport Géologique MM-85-04.

Tremblay, A., Castonguay, S., 2002. Structural evolution of the Laurentian margin revisited (southern Quebec Appalachians): Implications for the Salinian orogeny and successor basins. *Geology* , vol. 30 , p.79-82.

Tremblay, G., 1975. *Géologie du Quaternaire dans les régions de Drummondville (SW), Dudswell (E), Scotstown, Coaticook*. Ministère des Richesses naturelles, Québec, Direction générale des mines, Service de l'exploration géologique. DPV-434. 28 p., 1 carte (échelle 1: 100 000).

Warren, B. et Bouchard M., 1976. *Carte des dépôts meubles: Drummondville (31 H/16)*. Ministère des Richesses naturelles, Québec, Direction générale des mines, DPV-437, 1 carte (échelle 1: 50 000).