Eaux souterraines et hydrogéologie dans le bassin versant de la baie Missisquoi (BVBM)

Jusqu'en 2013, très peu de données étaient disponibles concernant les eaux souterraines du bassin versant de la baie Missisquoi. En effet, la seule étude disponible avait été réalisée par le Ministère de l'Environnement en 1980 (McCormack, 1981). Le manque de connaissance sur la ressource en eau souterraine est un enjeu important. Or, un portrait exhaustif est aujourd'hui disponible.

Le Projet d'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine en Montérégie Est (PACES) a été mené par l'INRS, Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE), par la Commission géologique du Canada (CGC), par l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et par l'OBV Yamaska (Carrier *et al.*, 2013a). Le projet visait à recueillir le plus d'informations possible sur les eaux souterraines de la Montérégie-Est afin d'en assurer une meilleure utilisation, gestion et protection. Le territoire étudié comprenait notamment le bassin versant de la baie Missisquoi, ainsi que ceux des rivières Richelieu et Yamaska.

La zone d'étude a été délimitée en cinq contextes hydrogéologiques distincts dont trois d'entre eux couvrent le territoire du bassin versant de la baie Missisquoi : La zone Sud de la Plate-forme du St-Laurent (Basses-terres), la zone externe des Appalaches (Piedmont) et la zone interne des Appalaches (Hautes-terres) (Carrier *et al.*, 2013a). Les limites de ces contextes hydrogéologiques correspondent aux limites des provinces et zones géologiques présentées à la section 1.3.
De plus, en 2022, l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) a publié un bulletin sur l'état des nappes pour le sud du fleuve Saint-Laurent. Dans ce rapport, on peut observer que l'état des nappes phréatiques du BVBM étaient à un niveau très bas à la suite de la recharge printanière de 2021. Toutefois, à la fin du printemps 2022, le niveau des nappes se situaient entre modérément haut et modérément bas. (Gosselien et al., 2022)

La zone Sud de la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres) englobe entièrement le sous-bassin de la baie Missisquoi ainsi que la portion Ouest du sous-bassin de la rivière aux Brochets, délimitée par la faille de Logan (carte 1). On y trouve en entier les territoires de municipalités de Clarenceville, Venise-en-Québec, Saint-Sébastien, Saint-Alexandre, Sainte-Sabine, Pike River et Notre-Dame-de-Stanbridge. Les territoires des municipalités de Saint-Armand, Stanbridge-Station, le Canton de Bedford, Farnham et Saint-Ignace-de-Stanbridge s'y trouvent en partie.

La zone externe des Appalaches (Piedmont) englobe entièrement le sous-bassin de la rivière de la Roche ainsi que la portion centrale du sous-bassin de la rivière aux Brochets, entre la faille de Logan et la faille qui délimite la zone interne des Appalaches (carte 1). Les territoires des municipalités de la Ville de Bedford et de Stanbridge-East s'y trouvent en entier, alors que les territoires des municipalités de Saint-Ignace-de-Stanbridge, du Canton du Bedford, de Stanbridge-Station, de Saint-Armand, de Dunham, de Frelighsburg et de Cowansville s'y trouvent en partie.

La zone interne des Appalaches (Hautes-terres) englobe entièrement le sous-bassin de la rivière Missisquoi ainsi que la portion Est du sous-bassin de la rivière aux Brochets (carte 1). Les territoires des municipalités du sous-bassin de la rivière Missisquoi s'y trouvent donc en totalité. Seules deux municipalités de la portion Est du sous-bassin de la rivière aux Brochets, Dunham et Frelighsburg, s'y trouvent en partie.

Aussi l'Université du Québec à Montréal (UQAM) travaille présentement sur le projet Re-Source en lien avec l'eau souterraine dans la région de la Montérégie. Ce projet REsource consiste en l'analyse isotopique de la molécule d'eau présente dans l'eau de pore des sols de Montérégie afin d'étalonner plus rapidement

et plus précisément la quantité d'eau traversant la zone non saturée du sol jusqu'à atteindre la nappe phréatique et recharger les eaux souterraines. Cette recherche vise à garantir la sécurité de l'eau et répondre aux besoins de la société au cours des prochaines décennies. (Mona, s.d.)

1. Dépôts meubles et conditions de confinement

Le type et l'épaisseur des dépôts meubles et des sédiments est une des caractéristiques qui influence le plus l'hydrogéologie en termes de qualité, quantité, disponibilité et dynamique des eaux souterraines. Par exemple, la présence d'une épaisse couche d'argile, peu perméable, réduit l'infiltration de l'eau et la recharge de l'aquifère, mais elle protège les aquifères existants contre les risques de contamination. À l'inverse, les sédiments grossiers plus perméables, comme le till, permettent une plus grande infiltration d'eau mais protègent moins les eaux souterraines contre les risques de contamination. (Carrier *et al.*, 2013a)

De manière générale, on peut observer dans le bassin versant que les couches de sédiments argileux sont plus épaisses en bordure des cours d'eau. Ceci est particulièrement le cas dans la portion Est du bassin versant où les sédiments argileux sont d'origine fluvioglaciaire, fluviatile ou glaciolacustre et exclusivement situés dans les vallées. Dans la portion Ouest du bassin versant, les dépôts argileux sont plus répandus étant donné la présence passée de la mer de Champlain. (Carrier *et al.*, 2013a)

Les conditions de confinement indiquent si la nappe phréatique est captive, semi-captive ou libre. Une nappe est considérée captive lorsqu'elle est confinée sous une couche peu perméable d'une épaisseur supérieure à 5 m, généralement formée d'argile, ce qui limite l'infiltration d'eau dans l'aquifère et les risques de contamination. Une nappe est dite libre lorsqu'elle n'est pas confinée par des sédiments peu perméables, ce qui augmente l'infiltration et la recharge et permet à la nappe de fluctuer selon les apports en eau. Toutefois, une nappe libre est plus vulnérable aux risques de contamination. On considère une nappe comme étant libre lorsque les sédiments sus-jacents sont d'une épaisseur inférieure à 1 m pour l'argile et 3 m pour les sédiments indifférenciés. (Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassin de la baie Missisquoi et portion Ouest du sous-bassin de la rivière aux Brochets

Dans ce secteur, qui correspond au contexte hydrogéologique de la zone Sud de la Plate-forme du Saint-Laurent (Basses-terres), les sédiments argileux sont moins épais que dans la portion Nord des Basses-terres et ils ne couvrent pas le territoire de manière continue. En effet, il y a présence d'un aquitard discontinu formé d'argile dont l'épaisseur moyenne est de 2,4 m et l'argile y recouvre généralement le till, des sédiments grossiers ou le roc. Le socle rocheux serait plutôt couvert de till permettant une bonne recharge de l'aquifère rocheux. L'épaisseur totale des sédiments est en moyenne de 8,2 m . (Carrier *et al.* 2013a)

Les conditions de confinement de la nappe sont généralement semi-captives à cause de la présence de couches de till, considérées semi-perméables. Des conditions de nappes libres sont aussi présentes dans ce secteur, dans une moindre mesure. On retrouve des conditions de nappes captives à Saint-Alexandre, Pike River et Stanbridge-Station (carte 1). (Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassin de la rivière de la Roche et portion Centre du sous-bassin de la rivière aux Brochets

Ce secteur correspond au contexte hydrogéologique de la zone externe des Appalaches (Piedmont). Dans les parties élevées du relief, le roc est recouvert de till de faible épaisseur qui permet une recharge importante des aquifères. On retrouve de minces couches de sable et graviers sur les littoraux de l'ancienne mer de Champlain qui recouvrent de minces couches de till ou du roc. Les sédiments argileux s'y trouvent principalement dans les vallées. L'épaisseur totale des sédiments est en moyenne de 7,5 m

avec des valeurs plus faibles (moins de 5 m) sur les hauts reliefs et plus élevées (plus de 15 m) dans les vallées. (Carrier *et al.* 2013a)

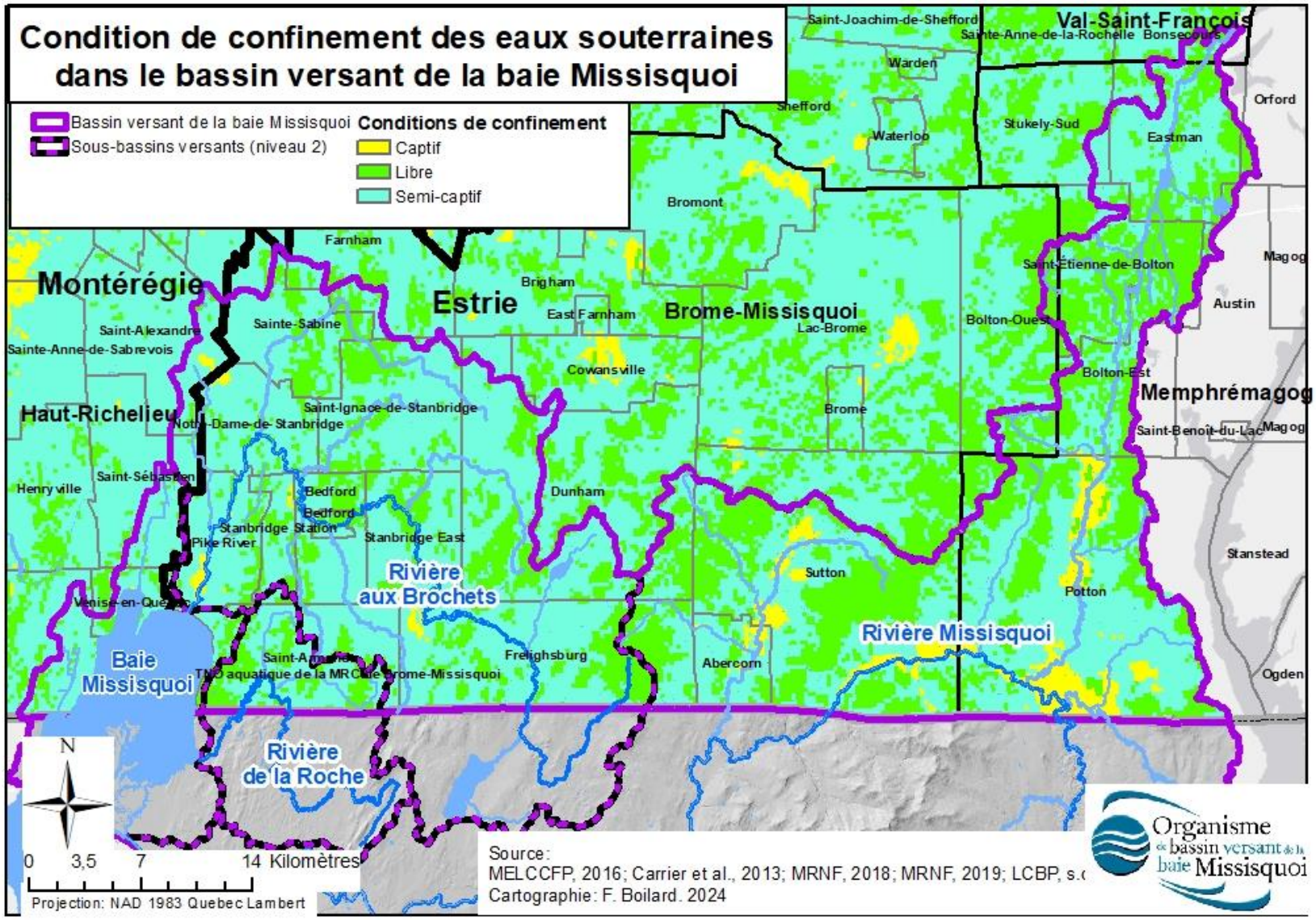
Les conditions de confinement des nappes sont principalement semi-captives. On y retrouve aussi de grandes étendues de nappes en conditions libres. Un secteur de nappes en conditions captives se trouve à Frelighsburg (carte 1). (Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassin de la rivière Missisquoi et portion Est du sous-bassin de la rivière aux Brochets

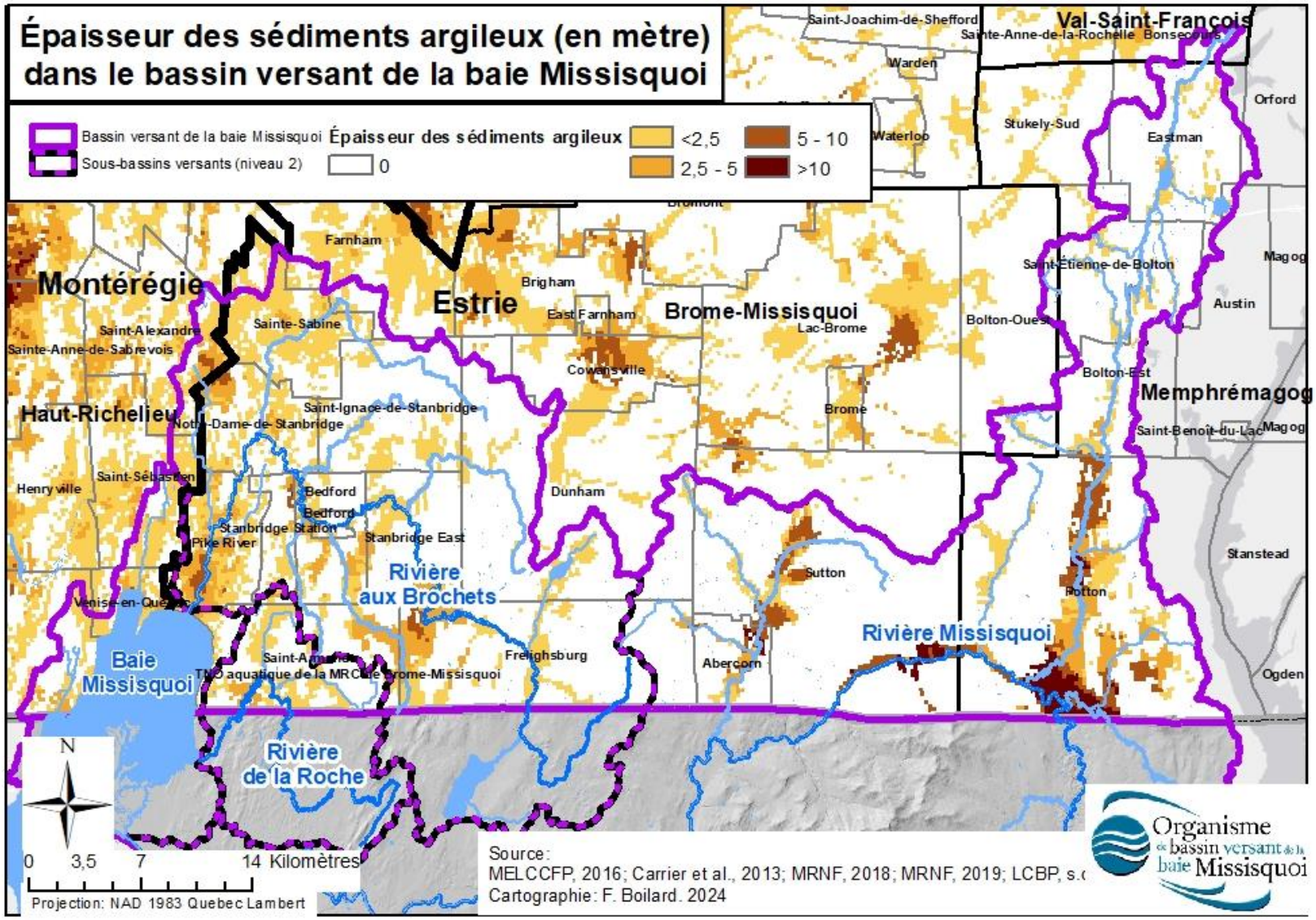
Dans ce secteur, qui correspond au contexte hydrogéologique de la zone interne des Appalaches (Hautes-terres), le roc des hauts reliefs, caractéristiques de ce secteur montagneux, est couvert d'une mince couche de sédiments de type till, ce qui favorise la recharge des eaux souterraines. Les couches de dépôts meubles y sont généralement plus épaisses dans ces vallées. Des couches de silts argileux dont l'épaisseur varie entre 2 et 10 m se trouvent dans les vallées. D'ailleurs, la présence d'un couvert de sédiments fins dans les vallées réduit la vulnérabilité des eaux souterraines. L'épaisseur moyenne des sédiments est de 6,6 m, mais généralement inférieure à 5 m dans les hauteurs du relief et parfois supérieure à 30 m dans les vallées. (Carrier *et al.* 2013a)

Les conditions de confinement des nappes sont généralement libres sur les hauts reliefs et semi-captives à captives dans les vallées. C'est dans ce secteur que l'on retrouve les plus grandes étendues de nappes captives, principalement dans les vallées des rivières Sutton, Missisquoi Nord à Potton et Missisquoi à Potton et Sutton (carte 1). (Carrier *et al.* 2013a)

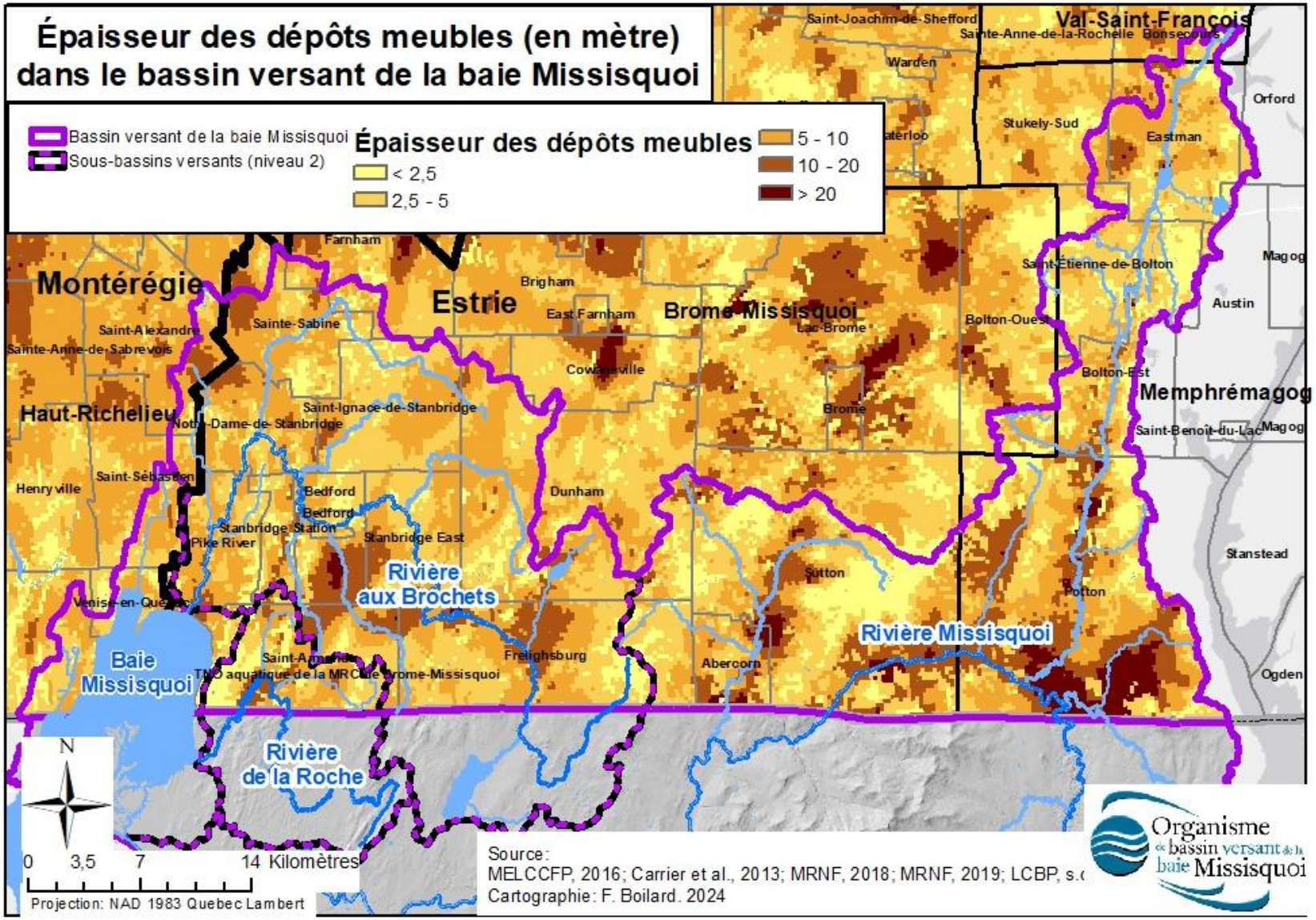
La carte 1 présente les conditions de confinement des nappes dans le bassin versant. La carte 2 illustre l'emplacement des sédiments argileux dans le bassin versant alors que la carte 3 présente l'épaisseur des dépôts meubles dans le bassin versant. Notez que les secteurs où les nappes sont captives correspondent aux secteurs où l'épaisseur des sédiments argileux est supérieure à 5 m.



Carte 1 : Conditions de confinement des eaux souterraines dans le bassin versant (Tiré de : Carrier et al., 2013)



Carte 2 : Épaisseur des sédiments argileux dans le BVBM (Tiré de : Carrier et al., 2013)



Carte 3 : Épaisseur des sédiments argileux dans le BVBM (Tiré de : Carrier et al., 2013)

2. Piézométrie et écoulement

La piézométrie est la mesure de l'élévation du niveau de la nappe phréatique (charge hydraulique) par rapport au niveau moyen de la mer. (Carrier *et al.* 2013a)

De manière générale, les niveaux piézométriques suivent la topographie. Ainsi, dans le bassin versant, les hauteurs piézométriques sont principalement situées dans les secteurs montagneux des sous-bassins de la rivière aux Brochets (mont Pinacle) et de la rivière Missisquoi (massif du mont Sutton). (Carrier *et al.* 2013a)

L'écoulement des eaux souterraines se fait des zones où leur niveau est plus élevé vers les zones où leur niveau est plus bas, comme une sorte de bassin versant souterrain que l'on nomme sous-bassin hydrogéologique.

Dans la portion Ouest du bassin versant, les crêtes et les creux piézométriques sont orientés Nord-Sud. Ceci indique que l'écoulement des eaux souterraines est orienté Est-Ouest, soit des Appalaches vers la baie Missisquoi principalement, ou d'autres zones de résurgence. (Carrier *et al.* 2013a)

Dans la portion Est du bassin versant, l'écoulement des eaux souterraines varie selon la topographie locale, allant des zones de recharge dans les montagnes vers les zones de résurgence dans les vallées. Il y aurait aussi un écoulement plus profond et plus lent des Appalaches vers leur Piedmont. Celui-ci aurait été démontré par la géochimie des eaux souterraines du Piedmont qui serait d'un type appalachien plus « évolué ». (Carrier *et al.* 2013a)

L'écoulement de l'eau souterraine est plus faible dans la portion Ouest que dans la portion Est à cause des gradients hydrauliques horizontaux (changements latéraux de niveau d'eau) qui y sont plus faibles (Carrier *et al.* 2013a).

Dans le cas du bassin versant de la baie Missisquoi, les limites des sous-bassins hydrogéologiques des aquifères rocheux ont été délimitées et suivent en grande partie les limites du bassin versant. Toutefois, les eaux souterraines du sous-bassin de la rivière du Sud s'écoulent plutôt en direction de la baie Missisquoi même si les eaux de surface de la rivière du Sud s'écoulent quant à elles dans la rivière Richelieu. À l'inverse, les eaux souterraines des secteurs des lacs Orford et Long Pond s'écoulent plutôt vers le lac Memphrémagog et la rivière Saint-François et les eaux souterraines du secteur en amont du ruisseau Alder s'écoulent vers la rivière Yamaska, et ce, même si les eaux de surface de ces lacs et cours d'eau s'écoulent vers la baie Missisquoi. Il est à prendre en considération que les eaux souterraines peuvent alimenter les cours d'eau et les lacs lorsque ceux-ci sont en contact avec l'aquifère de roc fracturé. (Carrier *et al.* 2013a)

Tel que mentionné précédemment, peu d'information était disponible sur l'état des eaux souterraines de la région avant la réalisation de ce projet. Seulement quatre puits d'observation, dont un était inactif, étaient présents dans la région d'étude. Dans le cadre de cette étude, plusieurs forages ont été réalisés dont 34 ont été convertis en puits d'observation qui ont été intégrés dans le réseau de suivi du niveau des eaux souterraines du MELCCFP. (Carrier *et al.* 2013a)

Le réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) possède aujourd'hui six puits d'observation du niveau de l'eau souterraine (piézométrie) dans le bassin versant de la baie Missisquoi, soit un à Saint-Ignace-de-Stanbridge (03030012), un à Frelighsburg (03030013), deux à Sutton (03030017 et 03030018), un à Potton (03030014) et un à Eastman (03030015). Donc, quatre de ces puits sont situés dans le sous-bassin de la rivière Missisquoi, soit ceux de Sutton, Potton et Eastman. Celui à Frelighsburg et celui à Saint-Ignace-de-Stanbridge sont dans le sous-bassin de la rivière aux Brochets. (MELCCFP, 2022) Le tableau

suivant montre les niveaux d'eau moyens de ces puits d'observations ainsi que leurs maximums et minimums historiques.

Tableau 25 : Stations piézométriques dans le bassin versant (Inspiré de: MELCCFP, 2022)

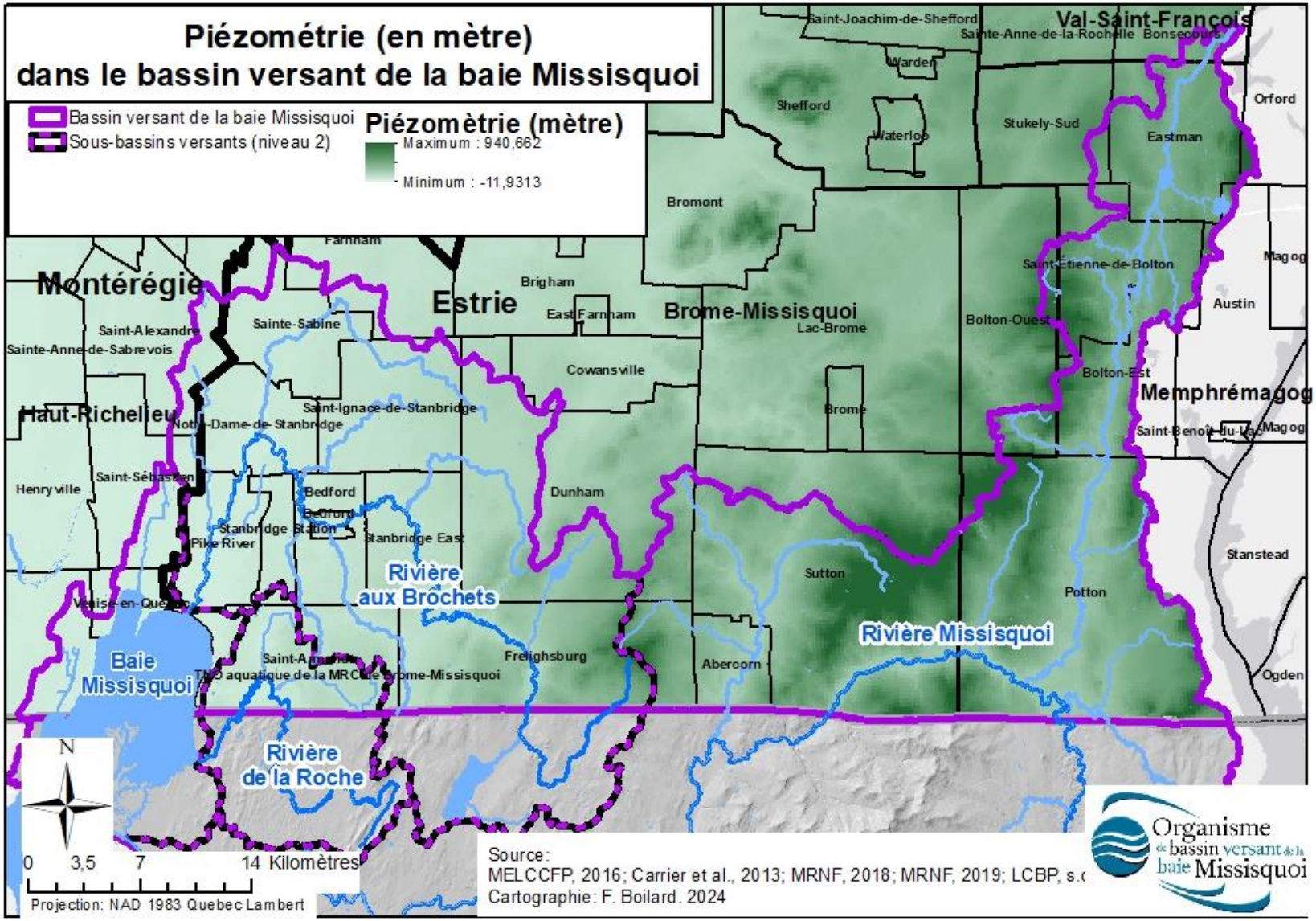
Piézomètre	Municipalité	Nappe	Influencé	Élévation géodésique (m)	Niveau moyen (m)	Max. (date)	Min. (date)	Tendance niveau	Température moyenne	Tendance température	Période
03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	captive	non	83,22	81,94	82,61 (2011-09)	80,93 (2018-09)	baisse	8,60	légère baisse	2010-2022
03040013	Frelighsburg	libre	non	106,38	95,55	97,46 (2019-05)	91,98 (2019-10)	baisse	6,60	forte baisse	2010-2022
03040014	Potton	captive	non	194,99	176,15	177,02 (2019-06)	175,23 (2022-03)	légère baisse	7,75	légère hausse	2010-2022
03040015	Eastman	captive	non	251,01	249,85	250,81 (2014-04)	249,00 (2021-09)	baisse	6,18	hausse	2010-2022
03040017	Sutton	captive	ND	158,75	158,90	159,36 (2014-04)	158,34 (2021-09)	légère baisse	7,49	légère baisse	2011-2022
03040018	Sutton	captive	ND	158,73	158,95	159,43 (2014-04)	158,55 (2021-09)	stable	8,07	légère hausse	2012-2022

Selon les données disponibles sur les forages, la profondeur des puits augmente de l'Ouest du bassin versant vers l'Est. La nappe phréatique est effectivement moins profonde dans la plaine des sous-bassins de la baie Missisquoi, de la rivière de la Roche et des portions Ouest et Centre de la rivière aux Brochets que dans les reliefs montagneux des sous-bassins de la rivière Missisquoi et de la portion Est de la rivière aux Brochets. (Carrier *et al.* 2013a) Le tableau suivant présente la profondeur médiane des puits par sous-bassin (contexte hydrogéologique).

Tableau 26 : Profondeur moyenne des puits au roc par sous-bassin (Inspiré de: Carrier *et al.*, 2013a)

Contexte hydrogéologique	Sous-bassins	Profondeur (m)	Plage
Plate-forme sud	baie Missisquoi, rivière aux Brochets (portion Ouest)	12	4 à 38 m
Appalaches (zone externe)	rivière de la Roche, rivière aux Brochets (portion Centre)	31	8 à 71 m
Appalaches (zone interne)	rivière Missisquoi, rivière aux Brochets (portion Est)	43	16 à 78 m
Moyenne bassin		**28,7**	

La carte 4 illustre la profondeur de la nappe phréatique à travers le bassin versant.



Carte 4 : Profondeur de la nappe phréatique dans le bassin versant (Tiré de : Carrier et al., 2013)

3. Recharge et résurgence

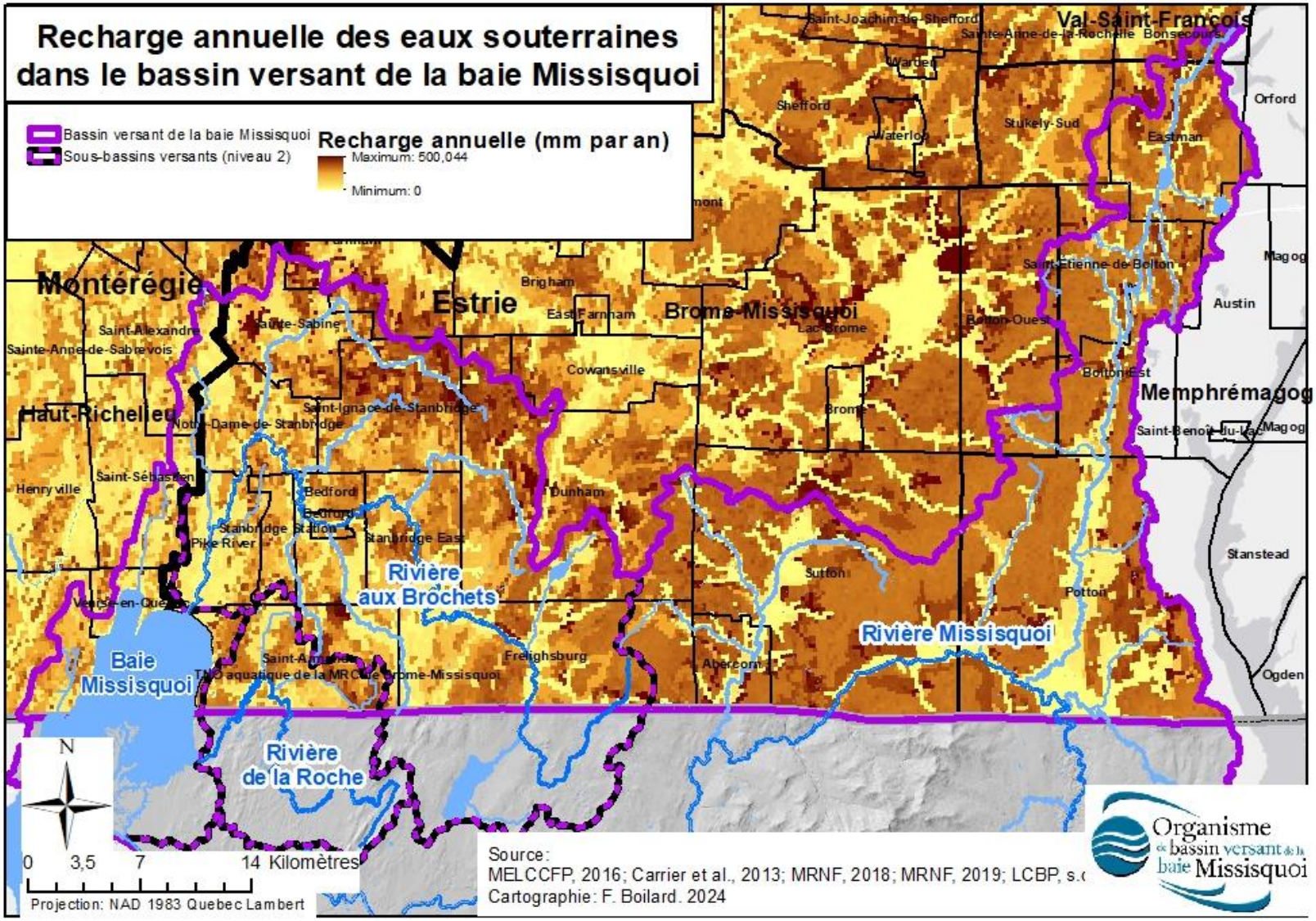
La recharge moyenne annuelle des eaux souterraines est la quantité d'eau qui s'infiltre effectivement jusqu'à l'aquifère. Pour obtenir cette donnée, on soustrait des précipitations totales l'évapotranspiration, le ruissellement de surface, le ruissellement de sous-surface et l'emmagasinement. (Gouvernement du Canada, 2014) Le tableau suivant présente la recharge moyenne annuelle par sous-bassin (contexte hydrogéologique).

Tableau 27 : Recharge moyenne annuelle (1979-2010) (Inspiré de Carrier *et al.* 2013a)

Contexte hydrogéologique	Sous-bassins	Recharge (mm/an)
Plate-forme sud	- baie Missisquoi - rivière aux Brochets (portion Ouest)	100,1
Appalaches (zone externe)	- rivière de la Roche - rivière aux Brochets (portion Centre)	114,7
Appalaches (zone interne)	- rivière Missisquoi - rivière aux Brochets (portion Est)	183,1
Moyenne bassin		**132,6**

De plus, une étude portant spécifiquement sur le sous-bassin de la rivière aux Brochets a permis d'estimer la recharge annuelle moyenne pour ce territoire à 160 mm/an (Carrier *et al.* 2013a).

La carte 5 illustre les valeurs de recharge moyenne annuelle à travers le bassin versant.



Carte 5 : Recharge moyenne annuelle des eaux souterraines dans le bassin versant (Tiré de Carrier et al., 2013)

L'étude a aussi permis de localiser les principales zones de recharge et de résurgence des eaux souterraines dans le bassin versant. Les liens hydrauliques entre les aquifères rocheux et les eaux de surface ont également été définis.

Les zones de recharges préférentielles sont les zones, situées hors des zones captives, où la recharge annuelle est supérieure à 250 mm/an et où on retrouve un dôme piézométrique d'une superficie supérieure à 1 km². Les zones de résurgence préférentielles sont les zones situées hors des zones captives et des zones de recharge de 50 mm/an et moins, et qui se trouvent dans les dépressions piézométriques où la nappe est affleurante (moins de 1m de profondeur). Les zones de résurgence correspondent généralement à des secteurs où l'on trouve des cours d'eau ou des milieux humides. (Carrier *et al.* 2013a)

Les liens hydriques potentiels entre les milieux humides et les eaux souterraines du bassin versant n'ont pu être déterminés lors de cette étude et demeurent donc largement inconnus. Toutefois, les auteurs affirment que certains types de milieux humides sont généralement associés à des zones de résurgence des eaux souterraines (ex. : tourbières de type « fen ») ou à des zones de recharge des eaux souterraines (ex. : tourbières de type « bog » (ombrotrophes)). (Carrier *et al.* 2013a)

On distingue trois catégories de liens hydrauliques : direct, direct discontinu ou indirect diffus, indirect diffus ou inexistant. Un lien sera direct lorsque l'aquifère est directement connecté à des eaux de surface. Un lien sera direct discontinu ou indirect diffus lorsque des sédiments peu perméables comme l'argile créent un obstacle. Finalement, un lien est indirect diffus ou inexistant lorsque les sédiments peu perméables rendent le lien quasi nul ou que ce lien est tout simplement inexistant. (Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassin de la baie Missisquoi et portion Ouest du sous-bassin de la rivière aux Brochets

On retrouve peu de zones de recharge dans cette portion du bassin versant. Seules deux grandes zones de recharge se trouvent dans le secteur dont une à Saint-Alexandre et une sur la limite entre Saint-Sabine et Saint-Ignace-de-Stanbridge. Dans ces zones, la recharge se fait à travers le till vers des nappes semi-captives. (Gouvernement du Canada, 2014)

C'est toutefois dans cette portion du sous-bassin que l'on retrouve les plus importantes zones de résurgences, soit dans la baie Missisquoi et autour de la région de l'embouchure de la rivière aux Brochets (Gouvernement du Canada, 2014).

Les liens hydrauliques entre les aquifères et les eaux de surface y sont majoritairement direct discontinu ou indirect diffus à cause du type et de l'épaisseur de dépôts meubles (surtout du till) sur le roc. Cependant, on observe de grands tronçons de liens directs entre les eaux souterraines et le ruisseau Morpions, dans sa partie amont et à son embouchure. Près de l'embouchure du ruisseau, à Notre-Dame-de-Stanbridge, la rivière aux Brochets serait en lien direct avec l'aquifère. (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassin de la rivière de la Roche et portion Centre du sous-bassin de la rivière aux Brochets

Dans cette portion du bassin versant on retrouve de grandes zones de recharge des eaux souterraines à Saint-Armand, Stanbridge-East, Saint-Ignace-de-Stanbridge et Dunham (Gouvernement du Canada, 2014).

On y retrouve aussi quelques importantes zones de résurgence concentrées dans la région Sud de Bedford et à Saint-Armand. L'étude indique aussi la présence de résurgence d'eaux souterraines régionales en provenance des Appalaches. (Carrier *et al.* 2013a)

Les liens hydrauliques sont principalement direct discontinu ou indirect diffus. On retrouve cependant de grands tronçons de la rivière aux Brochets, du ruisseau Groat et de la rivière aux Brochets Nord qui ont des liens directs avec les eaux souterraines. (Carrier *et al.* 2013a)

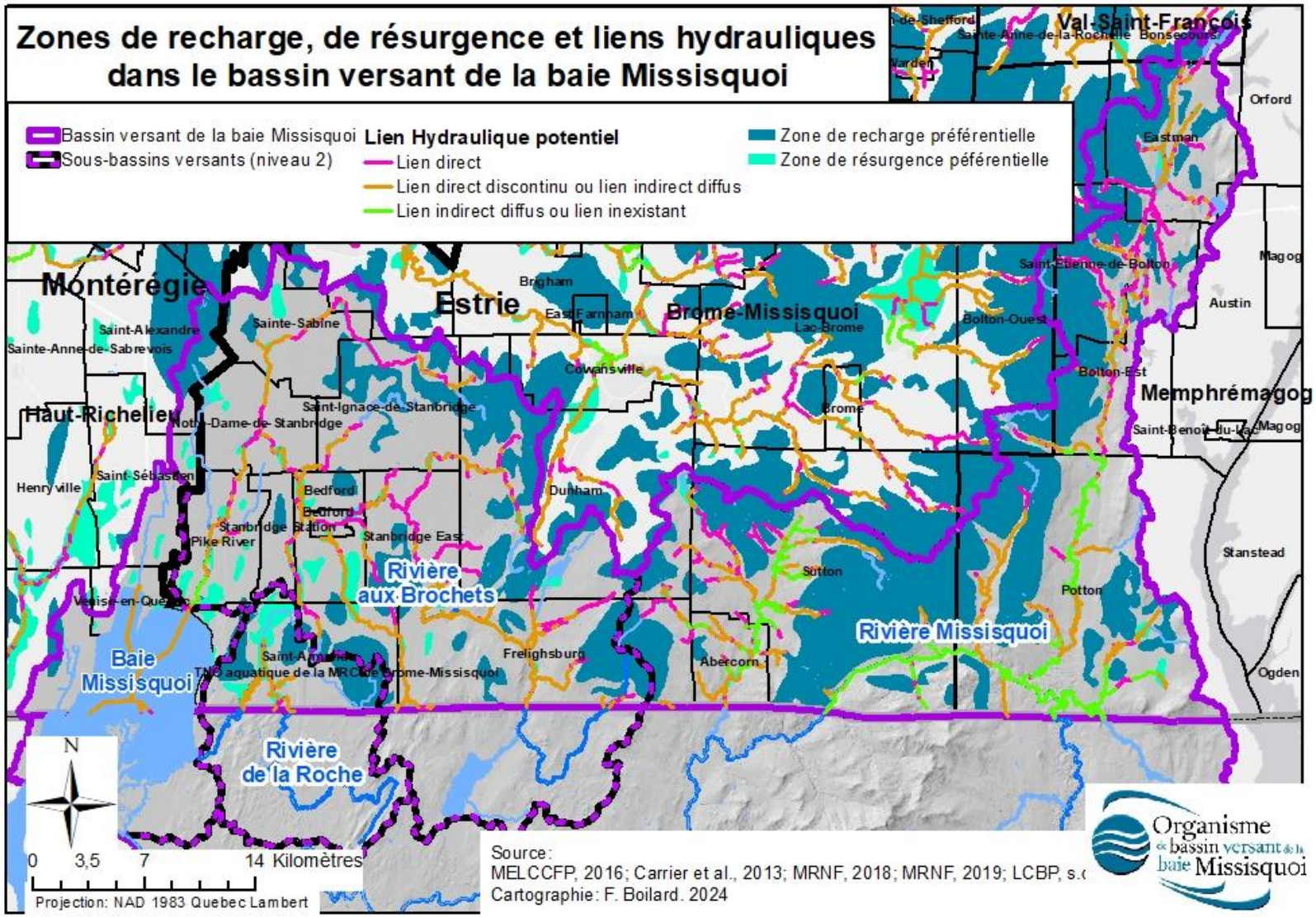
<u>Sous-bassin de la rivière Missisquoi et portion Est du sous-bassin de la rivière aux Brochets</u>

La zone interne des Appalaches a la plus importante zone de recharge en eaux souterraines de toute la Montérégie Est (zone d'étude). Les plus importantes zones de recharges sont effectivement situées sur les montagnes et les hauteurs du relief, caractéristique de ce secteur montagneux, à cause qu'elles sont couvertes d'une mince couche de sédiments de type till. En effet, d'immenses zones de recharge se trouvent sur les flancs Ouest du sous-bassin de la rivière Missisquoi Nord ainsi que sur le massif du mont Sutton. (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a)

À l'inverse, on y retrouve très peu de zones de résurgence. Seules quelques petites zones se trouvent dans les vallées, telles que celles des rivières Sutton et Missisquoi Nord, ainsi que dans d'autres dépressions du relief présente sur ce territoire, comme en amont du ruisseau Alder (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a).

La présence de sédiments fins dans les vallées fait en sorte que les liens hydriques entre les aquifères rocheux de la région et les cours d'eau se font généralement de manière discontinue ou indirecte. C'est dans ce secteur que liens indirects diffus ou inexistants sont les plus abondants entre les aquifères et les eaux de surface. Par exemple, la portion québécoise de la rivière Missisquoi est presque entièrement isolée des eaux souterraines. De grands tronçons des rivières Missisquoi Nord et Sutton également. Les cours d'eau en lien direct sont surtout situés dans la partie amont de la rivière Missisquoi Nord et dans la portion Ouest du sous-bassin de la rivière Sutton. (Carrier *et al.* 2013a)

La carte 6 présente la répartition des zones de recharges et de résurgence et des liens hydrauliques à travers le bassin versant.



Carte 6 : Zones de recharge et de résurgence et liens hydrauliques dans le bassin versant (Tiré de Carrier et al., 2013)

4. Vulnérabilité des aquifères dans le roc

Certaines activités anthropiques constituent des risques de contamination des eaux souterraines. Le potentiel de contamination des aquifères varie en fonction de leurs caractéristiques hydrogéologiques. La vulnérabilité des aquifères a été estimée en utilisant l'indice DRASTIC, couramment utilisé pour ce genre d'évaluation. Il s'agit d'une méthode qui prend en compte sept paramètres pondérés selon leur importance. Les deux plus importants paramètres sont la profondeur de la nappe et l'impact de la zone vadose, qui est la zone non saturée située entre la zone racinaire et la nappe. Les autres éléments pris en compte par cet indice sont le taux de recharge annuelle, le type de milieu aquifère et la conductivité hydraulique, le type sol et la pente. (Carrier *et al.*, 2013a; Aller *et al.,* 1987) Il est à noter que l'indice de vulnérabilité DRASTIC présenté ici n'a été évalué que pour les aquifères dans le roc et ne s'applique donc pas aux aquifères dans les dépôts meubles. Cet indice sommaire ne peut pas être utilisé pour évaluer la conformité au *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP), pour lequel une étude hydrogéologique spécifique au site doit être réalisée.

Sous-bassin de la baie Missisquoi et portion Ouest du sous-bassin de la rivière aux Brochets

Dans ce secteur, les conditions semi-captives amènent une vulnérabilité des nappes en grande partie intermédiaire. Or, à certains endroits, la vulnérabilité est élevée, voire très élevée, notamment dans les secteurs où la recharge est plus élevée, les sols plus perméables et la zone saturée plus mince. C'est le cas du sous-bassin du ruisseau Morpions dans les secteurs de Saint-Sabine, Farnham et Saint-Ignace de Stanbridge où la vulnérabilité est très élevée. D'ailleurs, la vulnérabilité des eaux souterraines de cette portion du bassin versant varie entre intermédiaire et très élevée. (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a)

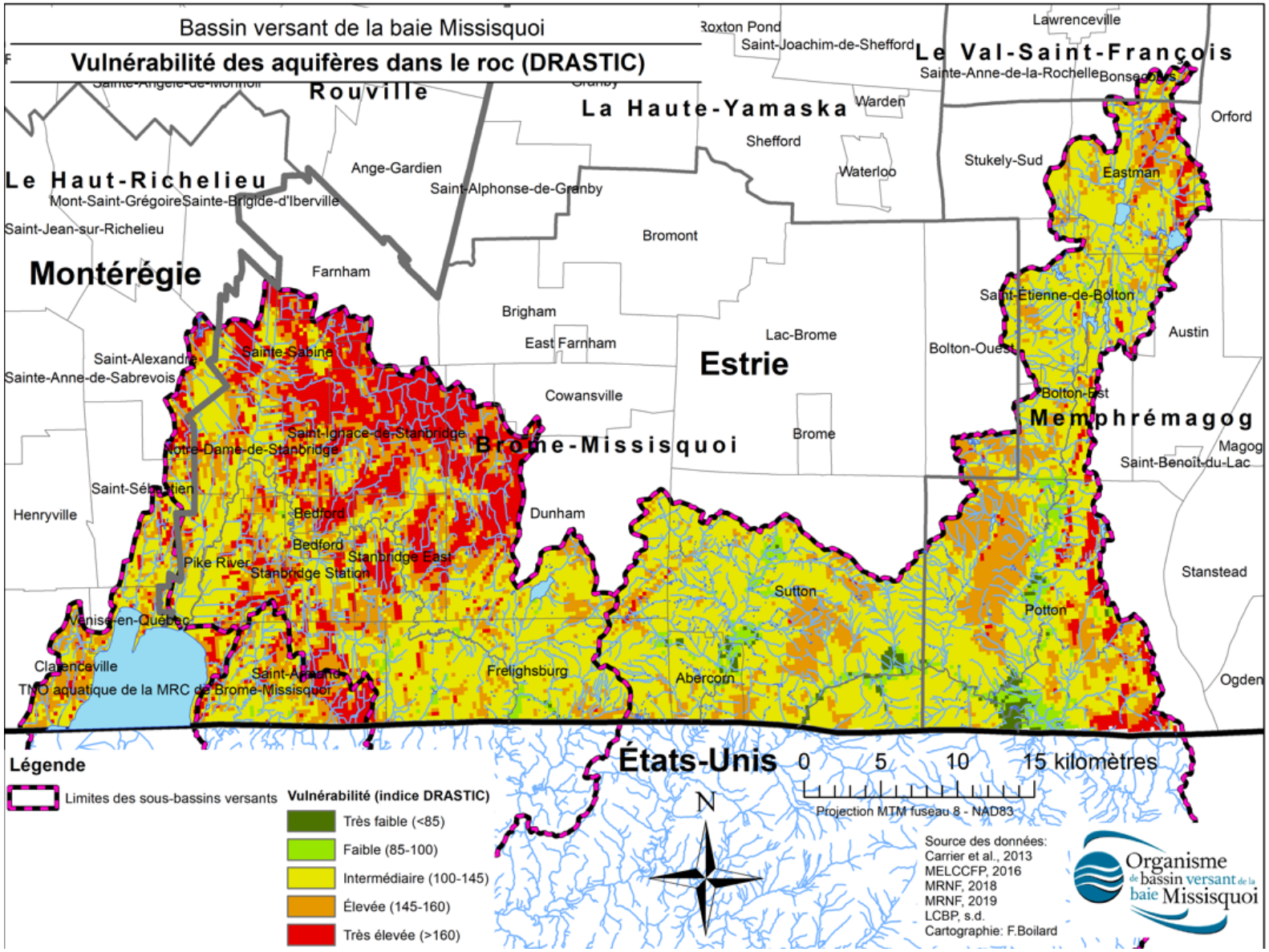
Sous-bassins des rivières de la Roche et aux Brochets (portion Centre)

On retrouve dans cette portion du bassin versant de grandes étendues où la vulnérabilité des eaux souterraines est très élevée. En effet, le territoire de la municipalité de Saint-Ignace-de-Stanbridge est presque entièrement à vulnérabilité très élevée. La portion Nord de Dunham incluse dans le bassin versant est également à vulnérabilité très élevée, c'est aussi le cas pour la portion Est de Saint-Armand en amont du ruisseau Meigs. Seules quelques petits secteurs du territoire ont une vulnérabilité moindre, en amont du ruisseau Groat et au sud de la rivière de la Roche. En somme, c'est dans ce contexte hydrogéologique que la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination est la plus élevée. (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a)

Sous-bassins des rivières Missisquoi et aux Brochets (portion Est)

Les pentes fortes réduisent la vulnérabilité des aquifères, cette zone est donc en grande partie à vulnérabilité intermédiaire. En effet, c'est dans cette portion du bassin versant que les eaux souterraines sont les moins vulnérables. C'est aussi ici qu'on retrouve les seuls secteurs où la vulnérabilité de l'aquifère est très faible, aux environs des rivières Sutton et Missisquoi. Or, certains secteurs ont des pentes plus modérées et des zones de recharge préférentielles, ce qui leur confère une vulnérabilité élevée, voire très élevée, sur le flanc Est du sous-bassin de la rivière Missisquoi. Le sous-bassin du ruisseau Ruiter est aussi en grande partie à vulnérabilité élevée ainsi que le secteur des monts Sutton. (Gouvernement du Canada, 2014; Carrier *et al.* 2013a)

La carte 7 présente les niveaux de vulnérabilité aquifères dans le roc du bassin versant selon l'indice DRASTIC.



Carte 7 : Vulnérabilité des aquifères dans le roc selon l'indice DRASTIC (Tiré de : Carrier et al., 2013)

Références

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H. et Petty, R. (1987). DRASTIC: Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, Office of Research and Development, Environmental Protection Agency, 1987, 622 pages. http://rdn.bc.ca/cms/wpattachments/wpID3175atID5999.pdf.

Carrier, M.-A., Lefebvre, R., Rivard, C., Parent, M., Ballard, J.-M., Benoit, N., Vigneault, H., Beaudry, C., Malet, X., Laurencelle, M., Gosselin, J.-S., Ladevèze, P., Thériault, R., Beaudin, I., Michaud, A., Pugin, A., Morin, R., Crow, H., Gloaguen, E., Bleser, J., Martin, A. et Lavoie, D. (2013a). Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, rapport final INRS R-1433, soumis en juin 2013. https://www.environnement.gouv.qc.ca/_PACES/rapports-projets/MonteregieEst/MON-scientif-INRS-201306.pdf

Gosselin, J.S., Huchet, F., Lefebvre, R., 2022. Production d'un Bulletin sur l'état des nappes et d'un portrait du réseau de suivi des eaux souterraines - Rapport final R2104, mars 2022. https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/bulletin-2022-printemps.pdf

Gouvernement du Canada. (2014). Taux de recharge de l'eau souterraine, Programme géoscientifique des eaux souterraines. https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/06f84764-8134-7b5a-589c-d9703a2cb5e5

McCormack, R. (1981). Étude hydrogéologique bassin versant de la rivière Richelieu, Ministère de l'environnement, programme de connaissances intégrées. https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Gaz_de_schiste/documents/DB14/Richelieu/DB14_EE_4Rapport.pdf

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2022). Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec. https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm

Mona, J. M. (s.d.) Amélioration des outils de gestion de l'eau par analyse isotopique des profils de sol pour estimer la recharge des eaux souterraines en Montérégie. https://hydro-sciences.uqam.ca/les-projets/re-source/