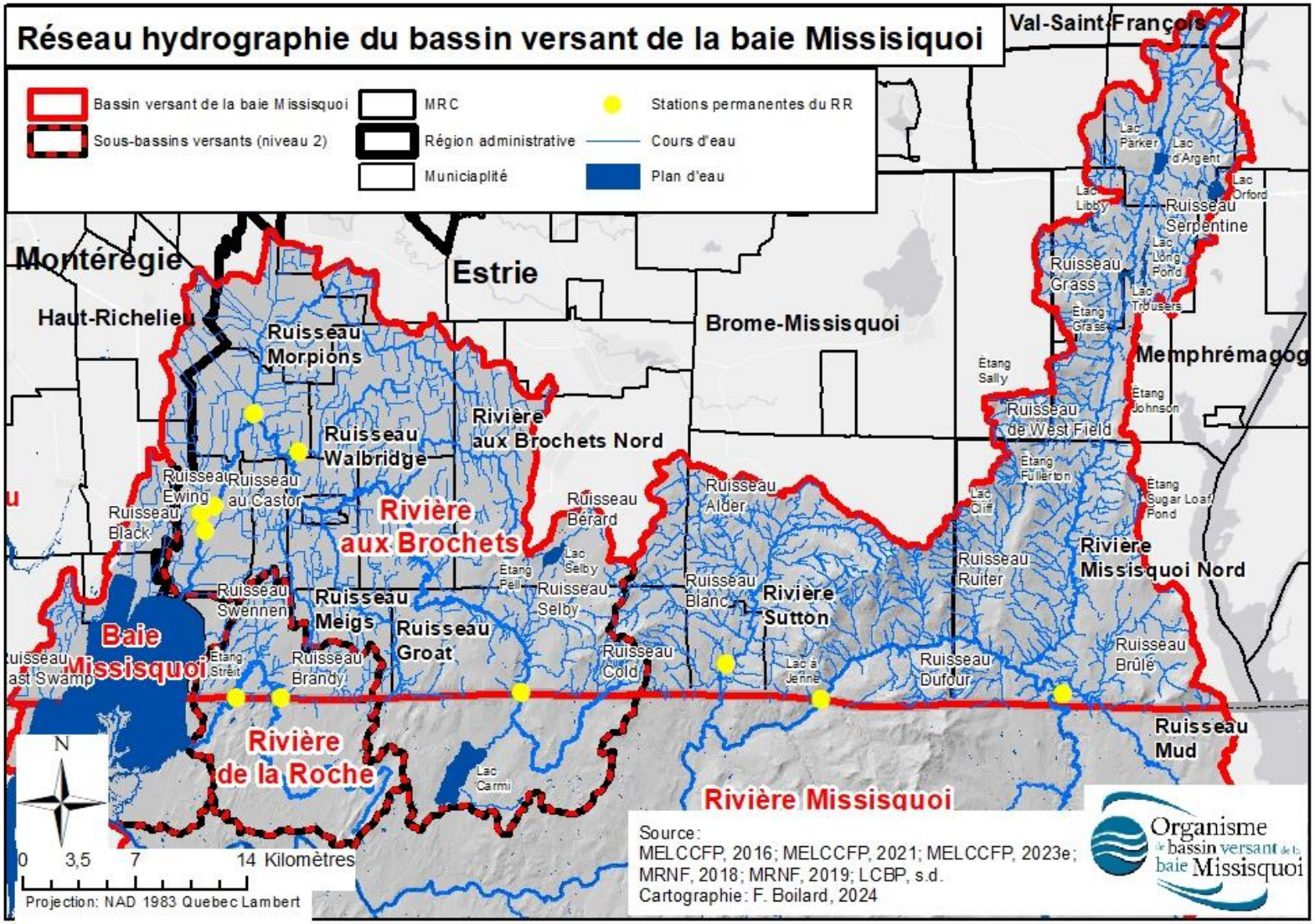
Hydrographie et hydrologie dans le bassin versant de la baie Missisquoi (BVBM)

Le dictionnaire Larousse définit l'hydrographie comme étant la partie de la géographie qui traite des eaux à l'entour du globe. D'un point de vue plus précis, il s'agit de la description des éléments qui composent le réseau hydrique d'un territoire (limites, superficies, longueur, pentes, etc.). (Larousse, s.d.) L'hydrologie, pour sa part, correspond à la science qui étudie l'écoulement des eaux sur un territoire donné (MELCCFP, s.d.a).

Le réseau hydrographique du bassin versant de la baie Missisquoi, secteur du Québec, s'étend des zones internes des Appalaches (mont Orford) jusqu'aux basses terres du Sud du Québec (baie Missisquoi). Il se trouve dans la région hydrographique du Saint-Laurent Sud-Ouest. Le bassin versant de la baie Missisquoi est en fait une division administrative du bassin versant de la rivière Richelieu. (OBVBM, 2015) D'un point de vue hydrographique, ce bassin versant est dit de niveau 1. Au Québec, un bassin versant est considéré de niveau 1 lorsque son cours d'eau principal se déverse directement dans le fleuve Saint-Laurent. Ce qui est le cas du lac Champlain par la rivière Richelieu.

Le bassin versant de la baie Missisquoi contient huit sous-bassins de niveau 2, soit des territoires drainés par des cours d'eau qui se déversent directement dans un cours d'eau de niveau 1. Ceci inclut les trois principaux cours d'eau qui se déversent dans la baie Missisquoi : la rivière Missisquoi, la rivière aux Brochets et la rivière de la Roche. Puis, le sous-bassin de la baie Missisquoi qui contient les cinq plus petits sous-bassins de niveau 2, soit ceux des ruisseaux East Swamp, McFee, Black, Beaver et Tipping. Finalement, on compte 39 sous-bassins de niveau 3 dont un se trouve dans le sous-bassin de la baie Missisquoi, quatre se trouvent dans le sous-bassin de la rivière de la Roche, 22 dans le sous-bassin de la rivière aux Brochets et 12 dans le sous-bassin de la rivière Missisquoi. (OBVBM, 2015)

La carte 1 présente l'ensemble du réseau hydrographique du bassin versant de la baie Missisquoi tout en indiquant le nom des principaux affluents qui le parcourent.



Carte 1 : Hydrographie de la portion québécoise du bassin versant de la baie Missisquoi (Tiré de : MRNF, 2018 ; MRNF, 2019 ; MELCCFP, 2016 ; MELCCFP, 2021a)

1. Hydrographie

1.1. Rivières

Le tableau 1présente les principales caractéristiques hydrographiques des sous-bassins des principaux tributaires de la baie Missisquoi.

Tableau 1 : Données hydrographiques des principaux tributaires de la baie Missisquoi (Tiré de: OBVBM, 2015)

Cours d'eau	Longueur du cours d'eau (km)		Dénivelé (m)		Pente moyenne (m/km)		Superficie du sous-bassin (km^2)		Pourcentage d'occupation du sous-bassin	
	Qc	Total	Qc	Total	Qc	Total	Qc	Total	Qc	Total
Rivière de la Roche	9	27,1	24	76	2,7	2,8	48	141	4,0%	5,0%
Rivière aux Brochets	65,2	81,7	91	186	1,4	2,3	555	656	42,0%	21,0%
Rivière Missisquoi	22,6	154	5	354	0,2	2,3	653	2246	50,0%	72,0%

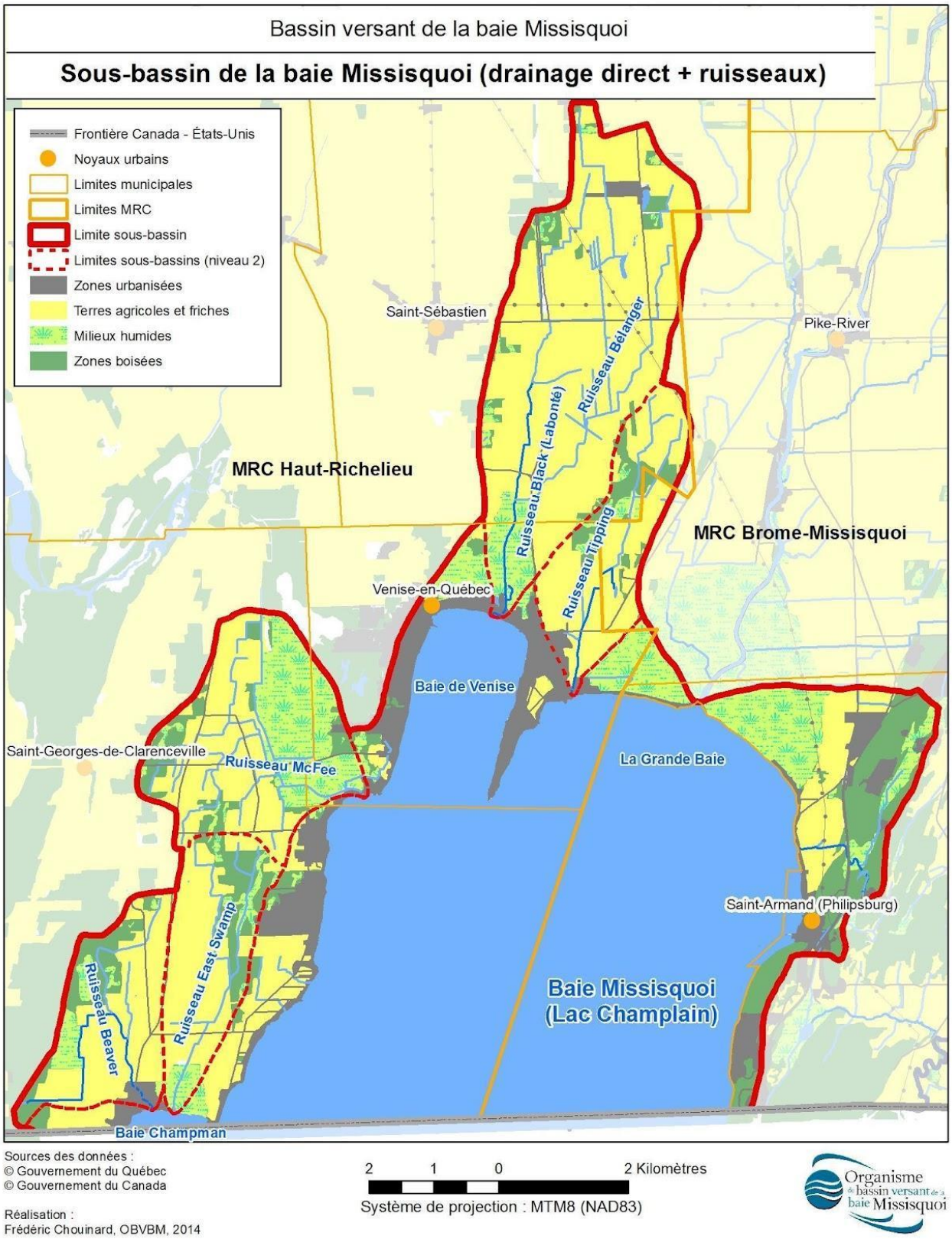
Sous-bassin de la baie Missisquoi

D'une superficie québécoise de 56 km², le sous-bassin versant de la baie Missisquoi contient cinq cours d'eau de niveau 2 (ruisseaux East Swamp, Black/Labonté, Beaver, McFee et Tipping) et un cours d'eau de niveau 3 (ruisseau Bélanger/Labonté branche 4). Le ruisseau Black est le principal tributaire, suivi du McFee et du Tipping. Ces tributaires sont principalement situés dans la portion Ouest du sous-bassin, à Saint-Georges-de-Clarenceville et Venise-en-Québec.

Tableau 2 : Superficies drainées et pourcentages d'occupation des principaux tributaires du sous-bassin de la baie Missisquoi (Tiré de: OBVBM, 2015)

Sous-bassins versants	Superficie drainée (km2)	Pourcentage d'occupation du sous-bassin
Bassins secondaires (niveau 2)		
Ruisseau Beaver	4,9	8,8%
Ruisseau Black (Labonté)	15,1	27,1%
Ruisseau East Swamp	4,7	8,4%
Ruisseau McFee	8,2	14,7%
Ruisseau Tipping	5,1	9,1%
Bassins tertiaires (niveau 3)		
Ruisseau Bélanger (Labonté branche 4)	4,7	8,4%

La carte 2 de la page suivante montre le réseau hydrographique du sous-bassin de la baie Missisquoi.



Carte 2 : Sous-bassin de la baie Missisquoi

Sous-bassin de la rivière de la Roche

La rivière de la Roche, avec une longueur totale évaluée à 27 km, ne fait qu'un bref passage en terre québécoise, dont la superficie du sous-bassin est évaluée à 48 km². En effet, elle débute sa course aux États-Unis à environ 105 m d'altitude, traverse la frontière canado-étasuniennes en s'écoulant vers le Nord et redescend presque aussitôt aux États-Unis, où la rivière traverse une zone agricole, pour ensuite se déverser dans la partie américaine de la baie Missisquoi à environ 29 m d'altitude. Au Québec, elle parcourt environ 9 km en décrivant un arc très méandré au-dessus de la frontière.

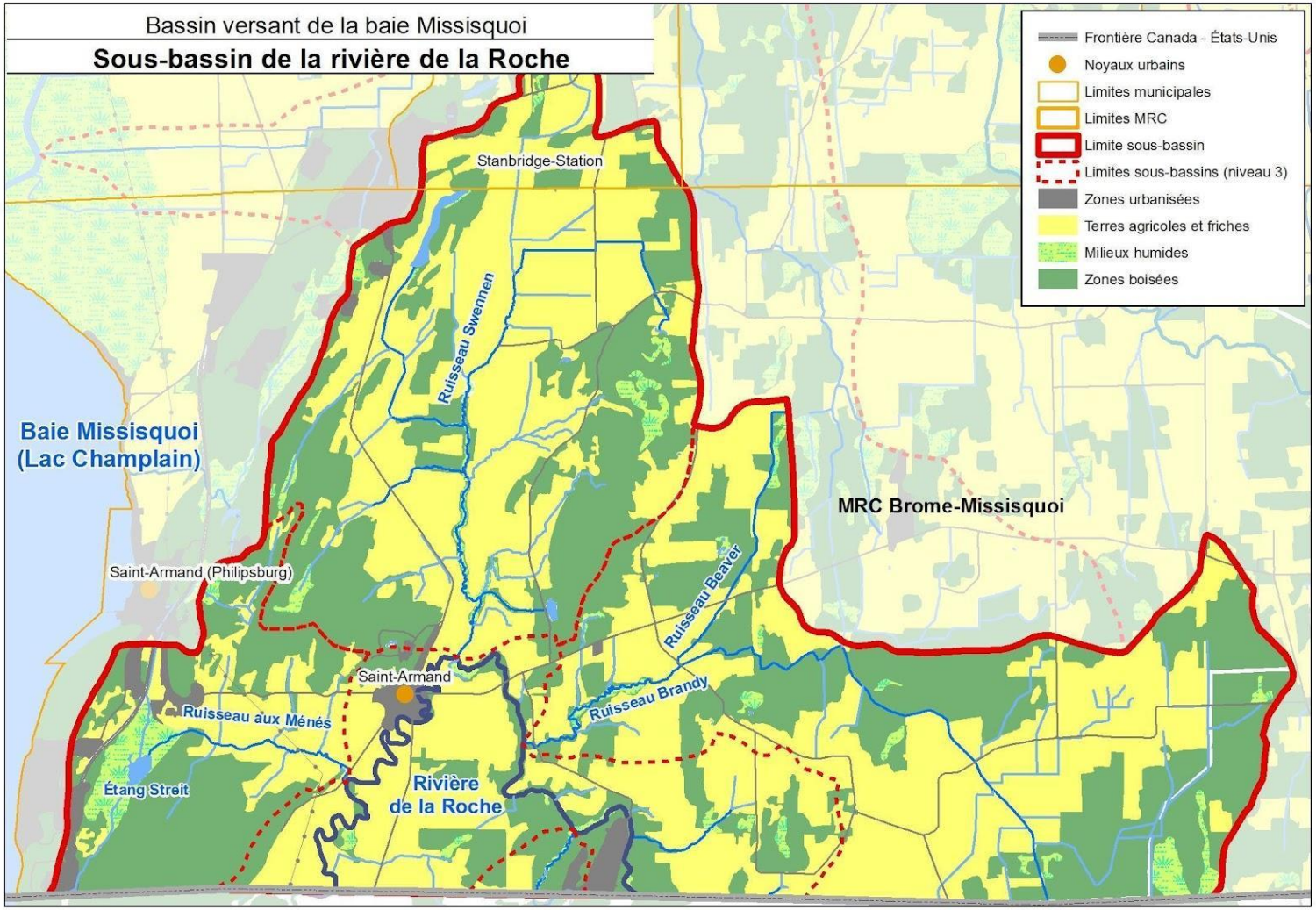
À son entrée au Canada, la rivière de la Roche est située à une altitude d'environ 54 mètres et elle ressort à une altitude de 30 mètres, soit un dénivelé de 24 mètres, représentant ainsi une pente moyenne de 2,7 mètres par kilomètre.

Au cours de ce trajet, elle recueille les eaux de quatre cours d'eau de niveau 3 dont les ruisseaux Brandy, Swennen et aux Ménés (portion québécoise). Ces tributaires sont presque exclusivement situés à Saint-Armand.

Tableau 3 : Superficies drainées et pourcentages d'occupation des principaux tributaires de la rivière de la Roche
(Tiré de: OBVBM, 2015)

Bassins versants tertiaires (niveau 3)	Superficie drainée (km2)	Pourcentage d'occupation du sous-bassin
Ruisseau Brandy	16,7	34,6%
Ruisseau aux Menés	6,0	12,4%
Ruisseau Swennen	16,7	34,6%
Autres	0,5	1,0%

La carte 3 de la page suivante montre le réseau hydrographique du sous-bassin de la rivière de la Roche.



Sources des données :
© Gouvernement du Québec
© Gouvernement du Canada

Réalisation :
Frédéric Chouinard, OBVBM, 2014

2 1 0 2 Kilomètres

Système de projection : MTM8 (NAD83)

Organisme de bassin versant de la baie Missisquoi

Carte 3 : Sous-bassin de la rivière de la Roche

Sous-bassin de la rivière aux Brochets

La rivière aux Brochets est située en majeure partie au Québec où la superficie de son sous-bassin versant est évaluée à 555 km^2. Elle prend sa source tout près de la frontière à Frelighsburg, au pied du mont Pinacle où plusieurs ruisseaux de montagne convergent, dont le ruisseau Cold. Elle coule ensuite au Vermont où elle reçoit les eaux du lac Carmi situé à environ 8 km au Sud de la frontière québécoise. Elle remonte ensuite et traverse la frontière à Frelighsburg où elle reçoit les eaux du lac Selby. Elle poursuit son cours vers le Nord en passant par Stanbridge East et Bedford. Elle reçoit les eaux des cours d'eau de Saint-Ignace-de-Stanbridge (rivière aux Brochets Nord et ruisseau Walbridge) ainsi que du Canton de Bedford et de Stanbridge Canton (ruisseau Groat et ruisseau Meigs). À Notre-Dame-de-Stanbridge, la rivière aux Brochets reçoit les eaux des ruisseaux de Sainte-Sabine et de Saint-Alexandre (ruisseau Morpions) puis elle bifurque soudainement vers le Sud. En traversant Pike River, elle est alimentée entre autres par les ruisseaux Castor et Ewing ainsi que par les tourbières marécageuses situées à son embouchure dans la baie Missisquoi, dans la municipalité de Saint-Armand. À son entrée au Québec, la rivière aux Brochets fait cinq mètres de largeur. À son embouchure, sa largeur est de 20 mètres.

Depuis le mont Pinacle à Frelighsburg, par le lac Carmi au Vermont, jusqu'à son embouchure dans la Grande Baie de la baie Missisquoi, la rivière aux Brochets parcourt environ 82 kilomètres, dont 65 km au Québec. Elle commence son parcours à 215 mètres d'altitude (mont Pinacle), traverse la frontière à une altitude d'environ 120 mètres pour terminer à une altitude de 29 mètres (lac Champlain). Le dénivelé total est donc de 186 mètres, ce qui représente une pente moyenne de 2,3 mètres par kilomètres. À sa tête, le terrain est plus montagneux et les vitesses de courants sont légèrement plus rapides que dans la partie Ouest, où la rivière s'écoule dans une plaine agricole.

Au cours de ce trajet, elle recueille les eaux de 22 cours d'eau de niveau 3 (portion québécoise). Ses principaux tributaires sont le ruisseau Morpions, le ruisseau Groat et la rivière aux Brochets Nord.

Ruisseau Morpions

Le plus important tributaire de la rivière aux Brochets, avec une longueur de 27,5 km et un sous-bassin de 112,2 km^2, le ruisseau prend sa source à Dunham, traverse Saint-Ignace-de-Stanbridge et Sainte-Sabine et se jette dans la rivière aux Brochets en aval du village de Notre-Dame-de-Stanbridge.

Ruisseau Groat

Second plus important tributaire de la rivière aux Brochets avec un sous-bassin d'une superficie de 60,8 km^2, le ruisseau Groat prend sa source à Frelighsburg où il est alimenté par le ruisseau Eccles. Il traverse les territoires de Saint-Armand, du Canton de Bedford et la ville de Bedford où il rejoint la rivière aux Brochets en plein cœur de la ville.

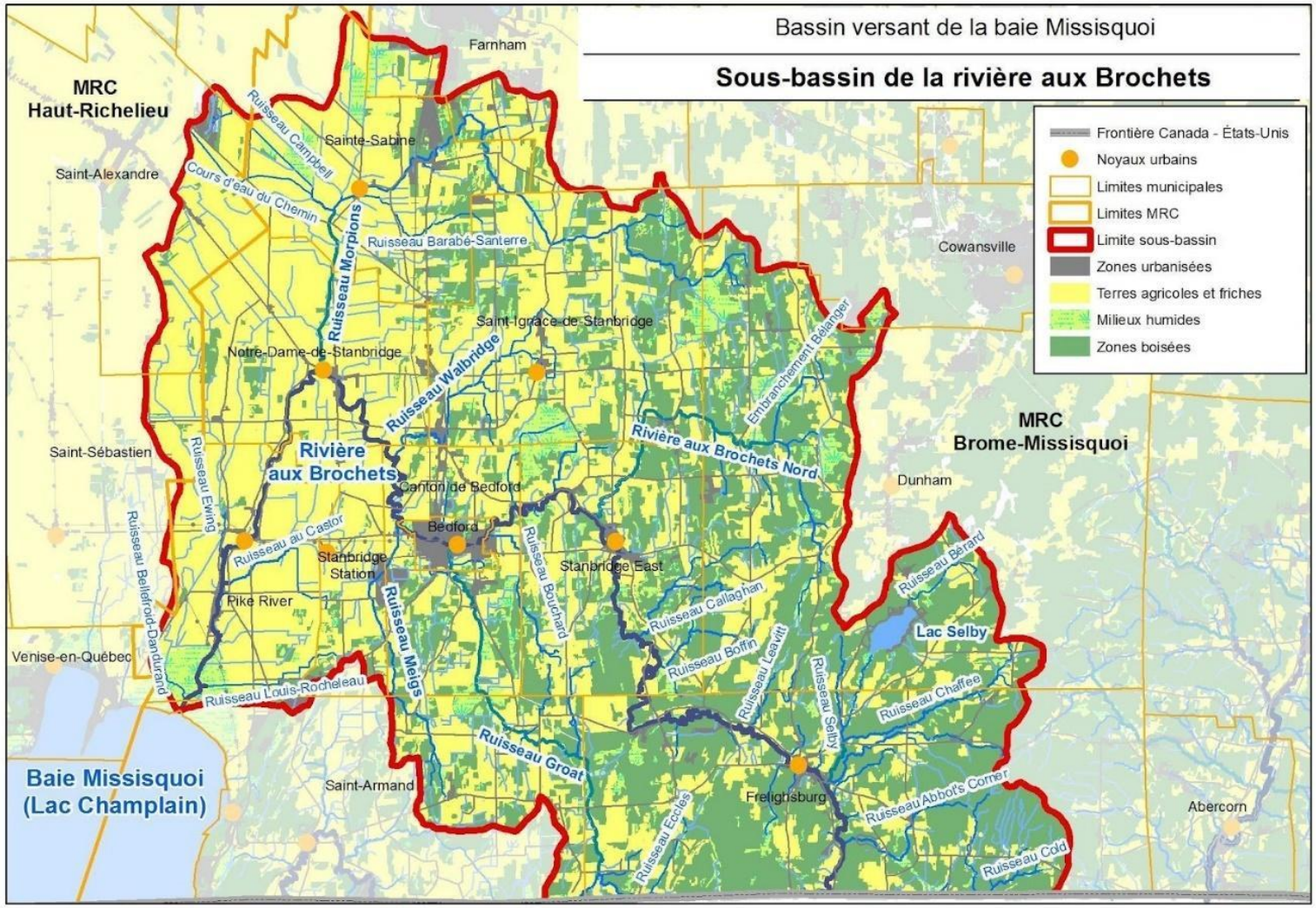
Rivière aux Brochets Nord

La rivière aux Brochets Nord est le troisième plus important tributaire de la rivière aux Brochets avec un sous-bassin estimé à 58,1 km^2. Elle prend sa source à Dunham et traverse Saint-Ignace-de-Stanbridge pour se jeter dans la rivière aux Brochets à Stanbridge-East.

Tableau 4 : Superficies drainées et pourcentages d'occupation des principaux tributaires de la rivière aux Brochets (Tiré de: OBVBM, 2015)

Bassins versants tertiaires (niveau 3)	Superficie drainée (km2)	Pourcentage d'occupation du sous-bassin
Cours d'eau Montagne	1,6	0,3%
Cours d'eau Thompson	7,4	1,3%
Rivière aux Brochets Nord	58,1	10,5%
Ruisseau au Castor	13,3	2,4%
Ruisseau Boffin	8,5	1,5%
Ruisseau Callaghan	12,2	2,2%
Ruisseau d'Abbott's Corner	5,7	1,0%
Ruisseau Ewing	29,2	5,3%
Ruisseau Furnace	5,5	1,0%
Ruisseau Groat	60,8	11,0%
Ruisseau Grotiers	2,3	0,4%
Ruisseau Leavitt	6,6	1,2%
Ruisseau Louis-Rocheleau	5,1	0,9%
Ruisseau Martindale-Montagne	2,5	0,4%
Ruisseau Meigs	25,1	4,5%
Ruisseau Morpions	112,2	20,2%
Ruisseau Octave-Gaudreau	4,2	0,8%
Ruisseau Selby	40,0	7,2%
Ruisseau Walbridge	31,7	5,7%
Autres	7,6	1,4%

La carte 4 de la page suivante montre le réseau hydrographique du sous-bassin de la rivière aux Brochets.



Carte 4 : Sous-bassin de la rivière aux Brochets

Sous-bassin de la rivière Missisquoi

La rivière Missisquoi prend sa source dans l'État du Vermont. Elle traverse la frontière à Troy et retourne aux États-Unis à Richford. Elle se déverse du côté Sud de la baie Missisquoi, près de Swanton. Dans sa portion québécoise, la rivière Missisquoi coule de l'Est vers l'Ouest sur une distance de 22,6 km en décrivant un arc tout juste au-dessus de la frontière canado-étasunienne. La portion québécoise de son sous-bassin couvre un territoire de 653 km^2.

À son entrée au Québec, la rivière Missisquoi se situe à environ 155 mètres d'altitude pour ressortir aux États-Unis à une altitude de 150 mètres, soit une faible dénivellation d'environ 5 mètres et une pente moyenne de 0,2 mètre par kilomètre. Cependant, sur son parcours total d'une longueur d'environ 154 km, sa source se situe à environ 383 m d'altitude et se termine dans la baie à environ 29 m, ce qui donne une dénivellation totale de 354 m et une pente moyenne de 2,3 m/km.

Le réseau hydrographique naturel est généralement plus dense dans la région des Appalaches que dans celle de la Plate-forme du Saint-Laurent, notamment à cause du relief plus accentué des Appalaches. Ses principaux tributaires en sol québécois sont la rivière Missisquoi Nord et la rivière Sutton. La rivière Missisquoi est aussi alimentée par plusieurs autres ruisseaux qui sillonnent cette région montagneuse. On retrouve notamment le ruisseau Ruiter, ayant à sa tête l'Étang Fullerton, et le ruisseau Mud (incluant le ruisseau Brûlé), qui s'y déversent dans le secteur du Canton de Potton. De plus, on retrouve la rivière Brock et les ruisseaux Dufour, Davis, Courser et Leavitt. À l'exception des ruisseaux Dufour et Leavitt, qui coulent du Sud vers le Nord et du ruisseau de West Field qui provient de l'étang Sally et qui s'écoule depuis l'Ouest, tous ces cours d'eau coulent du Nord vers le Sud. Le Tableau 11 présente les superficies et le pourcentage d'occupation des principaux sous-bassins des tributaires de la rivière Missisquoi.

Rivière Missisquoi Nord

La rivière Missisquoi Nord est le principal tributaire de la portion québécoise de la rivière Missisquoi. En effet, avec une superficie estimée à 282,8 km^2, elle occupe près de la moitié (43 %) de son territoire. Elle prend sa source à Bonsecours et est principalement alimentée par les lacs de tête situés à Eastman : Parker, d'Argent et Orford. À Saint-Étienne-de-Bolton la rivière s'élargit pour former le lac Trousers. Tout au long de son parcours, jusqu'à la rivière Missisquoi au Canton de Potton, elle reçoit également les eaux d'autres petits lacs comme le lac Libby, le lac Long Pond, l'étang Sally et l'étang Sugar Loaf. Elle rejoint la rivière Missisquoi un peu avant l'agglomération d'Highwater (Potton). Ses principaux tributaires sont les ruisseaux de l'Étang, de West Field et Ives.

La rivière Missisquoi Nord passe d'une altitude de 248 mètres à 158 mètres à son embouchure dans la rivière Missisquoi. Entre ces deux points, la rivière Missisquoi Nord parcourt une distance d'environ 32 km (sans tenir compte des méandres) ce qui représente une pente moyenne de 2,8 mètres par kilomètre, soit une dénivellation totale de 90 mètres.

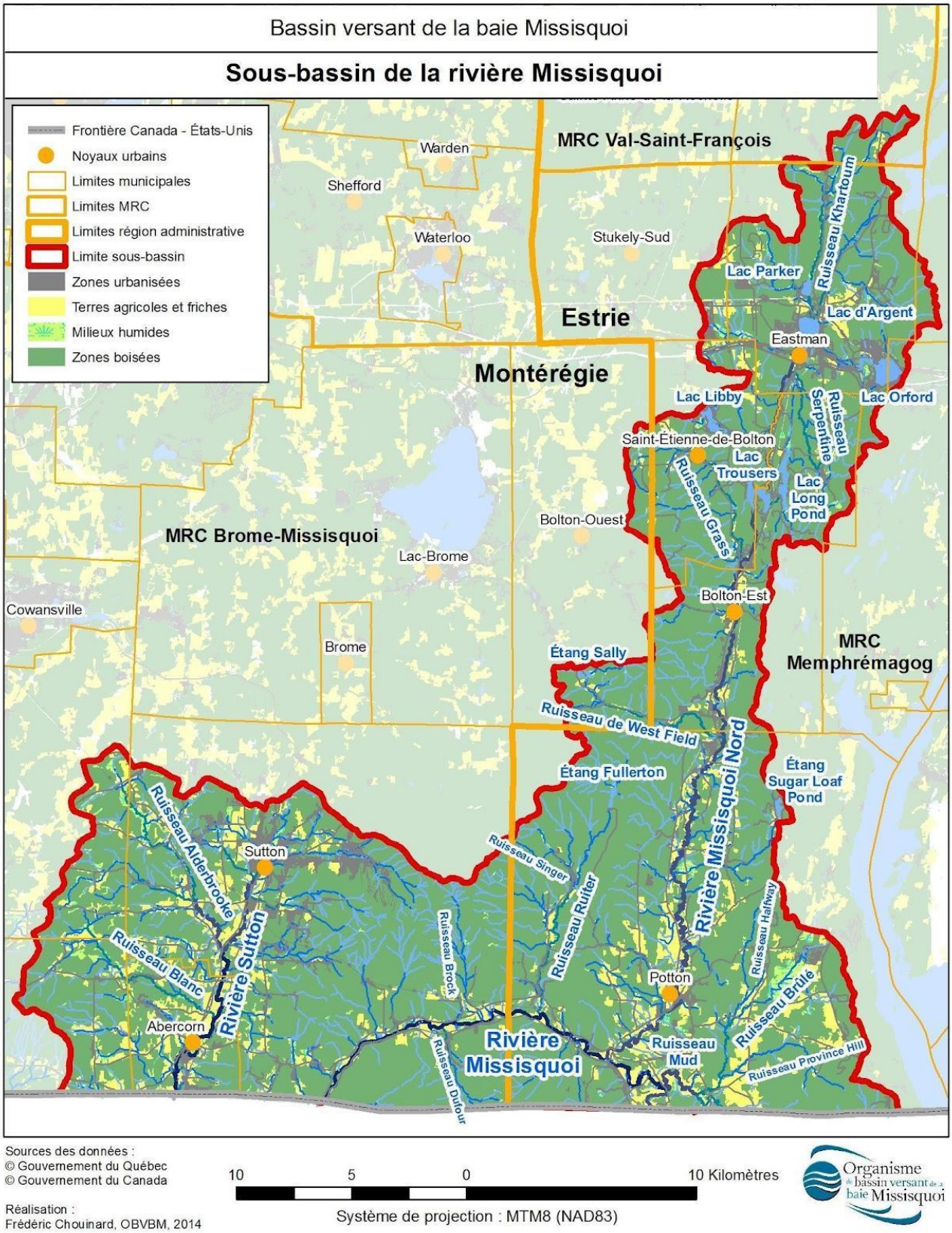
Rivière Sutton

Second plus important tributaire de la portion québécoise de la rivière Missisquoi, la rivière Sutton prend sa source dans les hauteurs des monts Sutton situés dans la ville du même nom et, par la suite, traverse la municipalité d'Abercorn pour se jeter dans la rivière Missisquoi à Richford au Vermont. Les cours d'eau de ce secteur au Québec sont très vifs. La superficie de son sous-bassin est estimée à 169,9 km^2. Elle est alimentée par les ruisseaux Alder et Blanc.

Tableau 5 : Superficies drainées et pourcentages d'occupation des principaux tributaires de la rivière Missisquoi
(Tiré de: OBVBM, 2015)

Bassins versants tertiaires (niveau 3)	Superficie drainée (km2)	Pourcentage d'occupation du sous-bassin
Rivière Brock	13,1	2,0%
Rivière Missisquoi Nord	282,8	43,3%
Rivière Sutton	169,9	26,0%
Ruisseaux Brûlé et Mud	51,7	7,9%
Ruisseau Courser	5,2	0,8%
Ruisseau Davis	7,0	1,1%
Ruisseau Dufour	7,4	1,1%
Ruisseau Leavitt	3,6	0,6%
Ruisseau Ruiter	46,4	7,1%
Autres	15,5	2,4%

La carte 5 de la page suivante montre le réseau hydrographique du sous-bassin de la rivière Missisquoi.



Carte 5 : Sous-bassin de la rivière Missisquoi

1.2. Redressement des cours d'eau

Les cours d'eau de la portion Ouest du bassin versant, dans les secteurs agricoles, ont pour la plupart été « redressés ». En effet, afin d'améliorer le drainage des terres et d'accélérer la mise en culture au printemps, le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a éliminé une bonne partie des méandres et plaines inondables des cours d'eau situés dans la plaine agricole tout en réduisant de manière importante les longueurs totales « naturelles » des cours d'eau touchés. (Lajeunesse, 2014)

Parmi les critères de conception, les cours d'eau redressés visaient à contenir une pluie d'une récurrence de 10 ans à l'intérieur du prisme du cours d'eau, sans qu'il y ait inondation des terres en culture. Dans la plupart des cours d'eau verbalisés, la profondeur minimale prévue au devis est de 5 pieds (1,5 m) dans les branches principales et d'environ 4 pieds (1,2 m) dans les branches secondaires. Cette profondeur avait pour but de permettre l'installation de sorties de drains souterrains situés à environ 1 m de profondeur moyenne dans les sols des champs. (Lajeunesse, 2014)

Ces travaux de creusage et de redressement se sont fait surtout dans la portion Ouest du bassin versant, notamment dans le sous-bassin de la rivière aux Brochets. Par exemple, le réseau hydrographique du bassin versant du ruisseau Morpions est presque entièrement rectiligne. Des travaux majeurs de redressement et de creusage du ruisseau ont été réalisés dans la section des terres du rang Kempt en 1949 puis jusqu'à l'embouchure en 1972. Ces travaux ont aussi causé le déplacement de l'embouchure du ruisseau sur près de 75 mètres à l'Ouest tout en menant à la disparition d'un archipel de petites îles situées dans la rivière aux Brochets. (CBVBM, 2003) La MAPAQ aurait même procédé au dynamitage de toute la rivière aux Brochets Nord en amont du dernier barrage jusqu'aux limites de Dunham. Le but était de faire baisser le niveau du fond du cours d'eau et permettre un écoulement plus rapide, notamment au printemps. Il y avait quelques marécages sur ce parcours. (Larocque, 2014) Plusieurs tronçons de la rivière aux Brochets ont aussi été redressés, notamment en aval du village de Frelighsburg avec la « linéarisation » d'un tronçon de près de 1,5 kilomètre dans une plaine inondable au début des années quarante (CBVBM, 2004).

Parmi les cours d'eau redressés, on compte également les ruisseaux Meigs, Campbell, Walbridge, Corey, North Branch, Ewing, Groat, au Castor, Black et East Swamp.

1.3. Plans d'eau

Le bassin versant de la baie Missisquoi comporte peu de lacs, notamment dans sa portion Ouest. La baie Missisquoi (lac Champlain) représente donc, et de loin, la plus grande surface d'eau de l'ensemble du bassin versant. Le sous-bassin de la rivière Missisquoi contient le plus grand nombre de plans d'eau, dont une série de lacs fortement prisés pour la villégiature au niveau de la rivière Missisquoi Nord. Le bassin versant de la rivière aux Brochets compte pour sa part un lac d'importance, soit le lac Selby.

Le Tableau 6 présente les caractéristiques physiques des principaux lacs et étangs présents dans le bassin versant.

Tableau 6 : Caractéristiques physiques des principaux plans d'eau du bassin versant (Tiré de : OBVBM, 2015)

Sous-bassin versant	Plans d'eau	Superficie du bassin versant (km2)	Superficie du lac (km2)	Périmètre du lac (km)	Profondeur moyenne (m)	Prodondeur maximale (m)	Temps de séjour (années)2
Baie Missisquoi	Baie Missisquoi	1311,30	46,11	36,02	2,80	4,50	0,14
Rivière de la Roche	Étang Streit	N/D	0,05	1,27	N/D	N/D	N/D
Rivière aux Brochets	Lac Selby	18,52	1,17	5,25	3,80	10,30	N/D
Rivière Missisquoi	Étang Fullerton	7,41	0,18	2,63	N/D	N/D	N/D
	Étang Sally	N/D	0,17	3,68	N/D	2,00	N/D
	Étang Sugar Loaf Pond	N/D	0,21	2,51	N/D	9,00	N/D
	Lac Parker	29,37	0,23	2,13	3,60	9,10	0,05
	Lac Orford	8,76	1,26	9,75	17,50	48,00	4,26
	Lac d'Argent	66,94	1,04	4,26	4,60	15,50	0,11
	Lac Libby	4,22	0,39	5,35	1,10	3,10	0,17
	Lac Long Pond	6,83	0,66	8,02	6,20	11,00	0,71
	Lac Trousers	119,90	0,66	6,70	4,30	11,60	0,04

Sous-bassin de la baie Missisquoi

Baie Missisquoi

La baie Missisquoi elle-même constitue le principal plan d'eau de ce sous-bassin. La baie Missisquoi occupe une superficie totale 77,5 km², dont 45,8 km² sont au Québec, soit environ 6,9 % de la superficie totale du lac Champlain (1 127 km²).

La baie possède une profondeur moyenne de 2,8 mètres et sa profondeur maximale n'est que de 4,5 mètres. La baie Missisquoi présente un littoral relativement plat dont la profondeur d'eau varie très peu. L'ANNEXE 2 présente une carte bathymétrique de la baie Missisquoi telle que mesurée en 1965. Cette dernière montre que les pentes les plus fortes se trouvent du côté de Saint-Armand, suivant la topographie du secteur.

On peut subdiviser la baie Missisquoi au Québec en quatre secteurs. La pointe Jameson sépare la baie de Venise à l'Ouest de la grande baie à l'Est où l'on retrouve l'embouchure de la rivière aux Brochets. Au Sud, la pointe de la province isole la baie Chapman le long de la frontière. Au Vermont, le grand delta de la rivière Missisquoi sépare la baie de la rivière de la Roche à l'Est, de la baie Chapman à l'Ouest. (OBVBM, 2015)

Cette configuration hydrographique formée de plusieurs baies est responsable d'une circulation hydraulique complexe. L'écoulement de la baie se fait du Nord au Sud mais les grands vents Sud-Sud-Ouest créent de forts courants qui poussent les eaux vers le Nord, vers la baie de Venise et la grande baie. (OBVBM, 2015)

L'exutoire de la baie Missisquoi est caractérisé par un important rétrécissement qui est traversé par le pont Alburg-Swanton. L'ancien pont Alburg-Swanton était composé de deux remblais totalisant 1 180 m avec une section d'ouverture de 170 m, là où se trouvait l'ancien pont. Une partie du remblai à l'Est a été enlevée (100 m) pour compenser les impacts de la construction des piliers du nouveau pont, construit juste au Sud de l'ancien pont. Notez que ce rétrécissement de l'exutoire ne provoque pas d'augmentation du niveau d'eau dans la baie. (Commission Mixte Internationale [CMI], 2005)

Étant donné le volume important d'apport en eau des rivières qui alimentent la baie ainsi que le volume d'eau relativement faible de la baie, le taux de renouvellement des eaux peut passer de d'environ un mois (ex : en période de crues) à plusieurs mois. Ainsi, les estimations du taux de renouvellement des eaux de la baie Missisquoi varient de manière assez importante selon la source : 3,5/année (Myer et Gruendling,

1979), 6/année (Girard, 1993) et 9/année (Galvez *et al.*, 2008). Le taux de renouvellement moyen des eaux de la baie Missisquoi serait donc de 7,15/année. Même si son volume d'eau est peu important par rapport à celui du lac Champlain (0,8 %), sa contribution à l'alimentation du lac Champlain représente 15 % de l'apport en eau au lac (OBVBM, 2015).

<u>Sous-bassin de la rivière de la Roche</u>

Étang Streit

L'étang Streit, situé à Saint-Armand au Sud-Est de la baie, est alimenté par le ruisseau aux Ménés, et constitue le principal plan d'eau naturel de ce sous-bassin. L'étang Streit couvre une superficie de 0,05 km^2 et se situe à une altitude d'environ 60 mètres. (OBVBM, 2015)

<u>Sous-bassin de la rivière aux Brochets</u>

Lac Selby

La rivière aux Brochets est alimentée par les eaux du lac Selby, le seul lac naturel avant d'atteindre le massif des monts Sutton. Situé à Dunham, son bassin versant couvre une superficie de 18,52 km^2. Le lac Selby, d'une profondeur maximale de 10,3 mètres et d'un périmètre de 5,25 km, fait 2,1 km dans sa portion la plus longue et occupe une superficie de 1,17 km^2, représentant ainsi le deuxième plus grand plan d'eau du bassin versant en termes de superficie. On retrouve un barrage qui régule l'écoulement du lac situé à sa décharge sur le ruisseau Selby. (OBVBM, 2015)

Plus à l'Ouest de Dunham se trouve également une étendue d'eau de plus petite envergure, l'étang Pell, délimité par un périmètre d'un peu plus de 700 mètres et qui couvre 0,03 km^2 (OBVBM, 2015).

<u>Sous-bassin de la rivière Missisquoi</u>

Le sous-bassin versant de la rivière Missisquoi compte des centaines de plans d'eau de petites superficies (OBVBM, 2015).

Les lacs Kelly, Vogel, Mud, Spruce et Mohawk, tous situés dans les montagnes du sous-bassin de la rivière Sutton, sont les plus petits de ces plans d'eau ayant des superficies inférieures à 0,02 km^2. Suivent les étangs Grass, Johnson et Olive et le lac Cliff qui ont des superficies inférieures à 0,03 km^2. Le lac à Jenne recouvre pour sa part 0,05 km^2. (OBVBM, 2015)

C'est au Nord du bassin versant de la rivière Missisquoi que l'on retrouve une série de lacs et étangs de superficies plus importantes, soit les lacs Parker, d'Argent, Orford, Libby, Long Pond, et Trousers ainsi que les étangs Sally, Fullerton et Sugar Loaf Pond. À l'exception de l'étang Fullerton, qui est localisé dans le sous-bassin versant du ruisseau Ruiter, tous ces lacs et étangs sont en fait situés dans le sous-bassin versant de la rivière Missisquoi Nord. La majorité de ces lacs sont utilisés à des fins résidentielles, de villégiature et récréatives. (OBVBM, 2015)

Lac Parker

Le lac Parker est le lac le plus Nordique de sous-bassin de la rivière Missisquoi Nord. Il est entièrement situé à Eastman. Sa superficie est de 0,23 km^2 et sa profondeur moyenne à 3,6 m (max. 9,1 m). Le temps de séjour de ses eaux est très court, estimé à seulement 17 jours (0,05 année) (RAPPEL, 2010).

Le lac Parker a un bassin versant d'une superficie de 29,37 km^2. Son principal tributaire est le ruisseau Khartoum, suivi du ruisseau de la Feuillade. (OBVBM, 2015)

Lac Orford

Avec une superficie de 1,26 km^2, le lac Orford est le plus grand lac du bassin versant de la baie Missisquoi. Ce dernier est situé dans la pointe Nord du sous-bassin de la rivière Missisquoi-Nord, sur la ligne qui sépare Eastman et Austin. Sa profondeur moyenne est de 17,5 m et sa profondeur maximale est évaluée à près de 40 m, ce qui en fait de loin le lac le plus profond du bassin versant. D'ailleurs, son temps de séjour serait le plus long, estimé à 4,26 années (RAPPEL, 2010). Le niveau d'eau du lac est contrôlé par un ouvrage de retenue sur son exutoire.

La superficie de son bassin versant est de 8,68 km^2. Son principal tributaire est le ruisseau Orford-sur-le-Lac. Au total, neuf tributaires ont été recensés. (OBVBM, 2015)

Lac d'Argent

Situé à Eastman, le lac d'Argent, d'une superficie de 1,04 km^2, est le lac de tête de la rivière Missisquoi Nord. Son bassin versant est d'environ 66,94 km^2 et inclut les lacs Parker (au Nord) et Orford (à l'est). Un total de huit tributaires alimentent le lac d'Argent dont les plus importants sont les ruisseaux Parker, Bonnallie et Orford (RAPPEL, 2006a). Il s'agit d'un lac peu profond avec une moyenne de 4,6 m et une fosse de 15,5 m de profondeur. L'exutoire du lac, situé au Sud, constitue le début de la rivière Missisquoi Nord.

Avec une profondeur maximale de 15,5 m, le lac est stratifié et on y observe une chute de la température de l'eau entre 2 et 7 m de profondeur. La bathymétrie du lac est constituée de pentes généralement douces sauf sur la portion Ouest du lac où celles-ci sont plus fortes. (RAPPEL, 2006b)

À environ 300 m en aval du lac, on retrouve un barrage de forte contenance qui sert à contrôler le niveau d'eau du lac (Centre d'expertise hydrique du Québec [CEHQ], 2002).

Lac Libby

Le lac Libby est un lac de tête situé à Saint-Étienne-de-Bolton. Sa superficie est de 0,39 km^2, sa profondeur moyenne à 1,1 m et sa fosse à 3,1 m, ce qui en fait un lac peu profond sans stratification thermique. La bathymétrie du lac est formée de pentes très douces sur l'ensemble du lac sauf sur le littoral où on observe des pentes plus fortes (RAPPEL, 2006b). Son bassin versant a une superficie de 4,22 km^2. Huit petits tributaires sans toponymes alimentent le lac Libby dont la décharge rejoint directement la rivière Missisquoi Nord (RAPPEL, 2006c).

Un petit barrage est situé sur l'exutoire du lac et sert à hausser son niveau (OBVBM, 2015).

Lac Long Pond

Le lac Long Pond, d'une superficie de 0,66 km^2, est situé à Bolton-Est. Sa profondeur moyenne est de 6,2 m. Il s'agit aussi d'un lac de tête avec un bassin versant évalué à 6,83 km^2 (RAPPEL, 2010). Ses principaux tributaires, dont aucun toponyme n'est actuellement reconnu, sont les ruisseaux du marais Nord, du marais Sud, le ruisseau Kates se jetant près de la baie située au Nord du lac ainsi que le ruisseau Jack-Galvin dans la portion Sud-Est du lac (OBVBM, 2015).

Lac Trousers

Le lac Trousers est situé sur la limite entre Bolton-Est et Saint-Étienne-de-Bolton. Sa superficie est de 0,66 km^2 et sa profondeur moyenne de 4,3 m (fosse de 11,6 m). Le lac Trousers, dont le bassin versant couvre près de 120 km^2, recueille les eaux des lacs Parker, d'Argent, Orford, Libby et Long Pond qui sont tous inclus dans son bassin versant. Il constitue une sorte d'élargissement de la rivière Missisquoi Nord, qui correspond à son principal tributaire ainsi que sa décharge principale. (OBVBM, 2015)

De plus, quatre tributaires ont été recensés : le ruisseau du lac Long Pond, le ruisseau Gamache, le ruisseau Joyal et le ruisseau Legendre qui se verse dans la Baie Legendre (OBVBM, 2015).

Étang Sally

Situé à Bolton-Ouest, l'étang Sally a une superficie de 0,17 km^2 et une faible profondeur moyenne de 2 m. Il s'agit du lac de tête de ruisseau West Field, tributaire de la rivière Missisquoi Nord. (OBVBM, 2015)

Étang Sugar Loaf Pond

L'étang Sugar Loaf Pond, situé dans le Canton de Potton, est un lac de tête d'une superficie de 0,21 km^2 et d'une profondeur maximale de 9 m. Sa décharge se jette directement dans la rivière Missisquoi Nord. (OBVBM, 2015)

Étang Fullerton

L'étang Fullerton, situé dans le Canton de Potton, a une superficie 0,18 km^2. Il s'agit du lac de tête du ruisseau Ruiter, tributaire de la rivière Missisquoi. (OBVBM, 2015)

2. Hydrologie

L'hydrologie est la mesure du débit des cours d'eau, une donnée grandement influencée par l'interaction des éléments de l'hydrographie. Le débit est la quantité d'eau qui transite à un endroit par seconde (m^3/s). Il s'agit d'une donnée fondamentale dans le portrait d'un bassin versant.

Parmi les trois principaux tributaires de la baie Missisquoi, la rivière Missisquoi est celle qui a de loin le plus important débit et la plus importante contribution en recharge hydrique de la baie avec un apport estimé à plus de 1 300 m^3/an (78 %) (Vermont department of environmental conservation [VTDEC] et New York State department of environmental conservation [NYDEC], 1997). Elle est suivie par la rivière aux Brochets avec un apport estimé à environ 300 m^3/an (18 %). Finalement, la rivière de la Roche aurait une contribution annuelle d'environ 70 m^3/an (4 %). Le débit moyen combiné de ces trois tributaires est de 70,8 m^3/seconde. (CMI, 2012)

Débits d'étiages

Les débits d'étiages sont les plus faibles débits d'eau enregistrés en période de sécheresse au moment où l'apport des eaux de ruissellement est presque nul et où l'eau souterraine constitue le principal apport des eaux de surface. Ces débits peuvent être observés en hiver lorsque la neige s'accumule mais n'alimente ni les eaux de surface ni les eaux souterraines, ou en été et au début de l'automne lorsque les quantités de précipitations sont faibles. (MELCCFP, 2023a)

Selon le Centre d'Expertise Hydrique du Québec (CEHQ), il est important de prendre en compte les débits d'étiage des cours d'eau afin de connaître les quantités d'eau qui peuvent en être puisées ou les charges en contaminants qui peuvent déversées dans un cours d'eau sans nuire aux écosystèmes aquatiques et aux usages tels que des prises d'eau. On présente les débits d'étiages annuels et estivaux selon leurs récurrences de deux ans et de 10 ans calculées sur une plage de sept jours consécutifs (Q2,7 et Q10,7) et leur récurrence de cinq ans calculés sur une plage de 30 jours consécutifs (Q5,30). (MELCCFP, 2023a)

Débits de crue

Les débits d'eau enregistrés au moment d'une augmentation importante du débit ou du niveau, soit d'une crue, constituent les débits de crue. Au Québec, les crues surviennent généralement au moment de la

fonte des neiges. Toutefois, des crues importantes peuvent se produire en été ou à l'automne à la suite d'épisodes de précipitations intenses, un phénomène que l'on nomme « crue éclaire ». (MELCCFP, 2023b)

Il est important de prendre en compte les débits de crues afin d'identifier les secteurs à risque d'inondation et pour la construction de barrages ou de ponts, notamment. On calcul généralement les débits de crue selon leur récurrence sur une période de 2 ans, 20 ans et 100 ans. Par exemple, une crue de récurrence de 20 ans signifie que la probabilité que le débit ne dépasse pas ce niveau est de 95 %. (MELCCFP, 2023b)

De plus, l'application Web intitulée "Vigilance" a été mise en place par le Gouvernement du Québec dans le cadre du Plan de protection du territoire face aux inondations. Ainsi, cette application sert à mieux vous préparer à faire face aux inondations en vous informant de la situation de la crue des eaux au Québec. Elle sert également aux intervenants municipaux et gouvernementaux pour alerter et mobiliser les intervenants en cas de situation d'urgence. (Gouvernement du Québec, 2023)

Pour le bassin de la baie Missisquoi, les stations hydrométriques 030423, 030424, 030425 et 030426 permettent de suivre l'état des crues des cours d'eau du territoire. Puis, la station 030409 suit le niveau du Lac Champlain. (Gouvernement du Québec, 2023)

Débit réservé écologique

La Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats a défini le débit réservé écologique "comme étant le débit minimum requis pour maintenir, à un niveau jugé acceptable, les habitats du poisson. Ce degré d'acceptabilité correspond à une quantité et à une qualité suffisante d'habitats pouvant assurer le déroulement normal des activités biologiques des espèces de poisson qui accomplissent, en tout ou en partie, leur cycle vital dans le ou les tronçons perturbés." (Faune et Parcs, 1999) Dans d'autres mots, le débit réservé écologique est le débit minimal qu'un cours d'eau doit avoir pour maintenir certaines activités de la faune aquatique. Ce débit réservé pour la faune ichtyologique des rivières est calculé selon les espèces aquatiques ciblées, les activités à protéger et la période de l'année. Les débits écologiques peuvent être calculés au besoin afin de planifier les usages d'un cours d'eau et d'y favoriser le maintien de la faune aquatique. (Faune et Parcs, 1999)

Stations hydrométriques

On retrouve cinq stations hydrométriques actives dans la portion québécoise du bassin versant de la baie Missisquoi dont quatre sont des stations qui mesurent le débit d'un cours d'eau et une est une station qui mesure le niveau d'un plan d'eau. La station 030423 se trouve à 3,1 km en amont de la rivière aux Brochets et mesure le débit du ruisseau Morpions. La station 030424 se trouve à Notre-Dame-de-Stanbridge (pont couvert) et compile les données de la rivière aux Brochets. Ensuite, la station 030425 se situe à Saint-Armand et capte les informations relatives au débit de la rivière de la Roche. La dernière station mesurant le débit d'un cours d'eau est la station 030426 qui est située dans la municipalité de Pike River, sur le ruisseau Ewing. Finalement, la station 030409 est située à Philipsburg et mesure le niveau d'eau du Lac Champlain. Les stations québécoises encore actives sont toutes situées dans la portion Ouest du bassin versant. (MELCCFP, 2021b)

Toutefois, six autres stations hydrométriques, aujourd'hui fermées, nous fournissent des données historiques sur les débits de cours d'eau (4 stations) et niveaux d'eau des lacs (2 stations). La station 030420 se retrouve à Bedford, à 0,7 km en aval du ruisseau Groat, et mesurait le débit de la rivière aux Brochets. La station 030422 se trouve à 1,2 km en amont de la rivière aux Brochets et enregistrait les données du ruisseau au Castor. Puis, les stations 030427 et 030428 se trouvent à Saint-Ignace-de-Stanbridge et les deux mesuraient le débit du ruisseau Walbridge. Les deux stations qui mesuraient le

niveau d'eau étaient situées sur le Lac d'Argent (station 030404) et sur le Lac Orford (station 030406). (MELCCFP, 2021b)

Du côté du Vermont, les mesures de débits de cinq stations hydrométriques ont été analysées, lesquelles sont encore en fonction. La station 04293000 est localisée aux abords de la ville de North Troy et fournit les données relatives au débit de la rivière Missisquoi (Missisquoi RIver dans le cas du Vermont) avant son entrée au Québec. La station 04293500, pour sa part, se trouve près d'East Berkshire et mesure également le débit de la rivière Missisquoi, mais après avoir passé au Québec. La station 04294000 qui est située à Swanton mesure le débit de la rivière Missisquoi, tout comme les deux autres stations. Cependant, cette station est placée juste avant que la rivière ne se jette dans la baie Missisquoi. Par la suite, la station 04294140 est localisée dans la région de Highgate Center et récolte les données de la rivière de la Roche (Rock River dans le cas du Vermont) avant qu'elle arrive au Québec. Puis, la station 04293000 se situe dans la région d'East Franklin et récolte les données du débit de la rivière aux Brochets (Pike River dans le cas du Vermont) avant qu'elle revienne au Québec. (United States Geolocial Survey [USGS], 2022)

Les stations actives qui mesurent le débit des cours d'eau ont toutes enregistré leurs débits moyens mensuels les plus élevés durant les mois de mars ou avril. Ceci démontre l'importance de la période de fonte des neiges dans le régime hydrique du bassin versant. (MELCCFP, 2021b; USGS, 2022) Pour ce qui est des débits mensuels moyens les plus faibles, ils ont généralement été enregistrés durant les mois d'août et septembre, soit en pleine saison de croissance des végétaux au moment où l'évapotranspiration est à son plus fort (Mehdil et *al.*, 2013; MELCCFP, 2021b; USGS, 2022).

Au total, les données hydrologiques de 16 stations répertoriées dans le bassin versant de la baie Missisquoi ont été analysées. Le tableau 13 ci-dessous présente les informations des différentes stations hydrométriques du bassin versant de la baie Missisquoi.

Tableau 7 : Stations hydrométriques du bassin versant (Inspiré de: MELCCFP, 2021b; USGS, 2022)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Surface drainée (km2)	Niveau (m) ou débit annuel moyen (m3/s)
030404	Lac d'Argent - Eastman	Niveau	MELCCFP	1968-1973	Fermé	65,10	29,91
030406	Lac Orford - Eastman	Niveau	MELCCFP	1970-1982	Fermé	8,60	30,09
030409	Lac Champlain - Philipsburg	Niveau	Env. Canada	1964-...	Active	21200,00	4,91
030420	Aux Brochets - à 0.7 kmen aval du ruisseau Groat	Débit	MELCCFP	1979-2012	Fermé	395,00	10,24
030422	Au Castor - à 1,2 km en amont de la rivière aux Brochets	Débit	MELCCFP	1997-2007	Fermé	8,70	0,29
030423	Morpions - à 3,1 km en amont de la rivière aux Brochets	Débit	MELCCFP	1999-...	Active	94,10	1,48
030424	Aux Brochets - Notre-Dame-de-Stanbridge (pont couvert)	Débit	MELCCFP	2001-...	Active	584,00	10,88
030425	De la Roche - Saint-Armand	Débit	MELCCFP	2001-...	Active	72,60	1,08
030426	Ewing - Pike River	Débit	MELCCFP	2001-...	Active	26,30	0,44
030427	Walbridge - sur le ruisseau principal et branche 4	Débit	MELCCFP	2001-2006	Fermé	6,30	0,11
030428	Walbridge - sur la décharge Fournier branche 25	Débit	MELCCFP	2001-2006	Fermé	7,90	0,17
04293000	Missisquoi River near North Troy, VT	Débit	USGS	1931-...	Active	339,30	7,95
04293500	Missisquoi River near East Berkshire, VT	Débit	USGS	1915-...	Active	1240,60	26,19
04294000	Missisquoi River at Swanton, VT	Débit	USGS	1990-...	Active	2201,50	48,57
04294140	Rock River near Highgate Center, VT	Débit	USGS	2010-...	Active	29,30	0,55
04294300	Pike River at East Franklin, near Enosburg Falls, VT	Débit	USGS	2001-...	Active	89,40	1,94

Les débits moyens enregistrés aux stations du bassin versant sont présentés dans les pages suivantes. Il faut cependant noter que les débits indiqués dans les tableaux sont des débits annuels moyens et que les variations de débits observées sur une base journalière peuvent être beaucoup plus importantes. Les débits indiqués peuvent également être influencés par la présence de barrages, ce qui est notamment le cas pour les rivières aux Brochets, Missisquoi Nord et Sutton.

Sous-bassin de la baie Missisquoi

On ne retrouve qu'une station hydrométrique active dans le sous-bassin de la baie Missisquoi. Cette station gérée par Environnement Canada est située à Philipsburg et sert à mesurer le niveau d'eau du lac Champlain (baie Missisquoi) (station 02OH001). (MELCCFP, 2021b; Gouvernement du Canada, 2023)

Tableau 8 : Stations hydrométriques du sous-bassin de la baie Missisquoi (Inspiré de: Gouvernement du Canada, 2023a)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Bassin versant (km2)	Niveau mensuel moyen (m)						
							Maximum		Minimum		Annuel
030409	Lac Champlain - Philipsburg	Niveau	Env. Canada	1964-2021	active	21200,0	5,52	mai	4,55	oct.	4,90

On peut observer dans le tableau 8 qu'entre 1964 et 2021 le niveau d'eau moyen de la baie Missisquoi a été de 4,90 m avec les maximums moyens en mai et les minimums moyens en octobre.

Par ailleurs, l'application Web "Vigilence" suit le niveau d'eau de la baie Missisquoi. Le tableau 9 ci-dessous présente les seuils d'inondation qui ont été calculés pour ce plan d'eau. (Gouvernement du Québec, 2023)

Tableau 9 : Seuils d'inondation pour la baie Missisquoi (Inspiré de: Gouvernement du Québec, 2023)

Seuils d'inondation	Niveau (mètre)
Seuil d'inondation majeure :	31,12
Seuil d'inondation moyenne :	30,92
Seuil d'inondation mineure :	30,61
Seuil de surveillance :	30,36

Sous-bassin de la rivière de la Roche

On retrouve deux stations de mesure du débit situées sur la rivière de la Roche. La plus en amont est située à Highgate au Vermont, près de la source de la rivière, et enregistre des données depuis 2010. Le débit moyen annuel y est de 0,41 m^3/s et le débit moyen maximum est de 0,96 m^3/s en avril. La seconde station est située sur la portion québécoise de la rivière de la Roche, environ 1 km en aval de la frontière. Entre 2001 et 2022, le débit moyen annuel enregistré était de 1,04 m^3/s avec un maximum de 2,23 m^3/s au mois de mars. (MELCCFP, 2022b; USGS, 2022)

Tableau 10 : Stations hydrométriques du sous-bassin de la rivière de la Roche (Inspiré de: MELCCFP, 2021b; USGS, 2022)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Bassin versant (km2)	Débit mensuel moyen (m3/s)				
							Maximum		Minimum		Annuel
04294140	Rock River near Highgate Center, VT	Débit	USGS	2010-2022	active	29,3	0,96	avril	0,09	août	0,41
030425	De la Roche - Saint-Armand	Débit	MELCCFP	2001-2022	active	72,6	2,23	avril	0,31	août	1,04

Le débit maximal mesuré en période de crue printanière peut être plus de 750 fois plus élevé que celui de la période d'étiage, pouvant passer de 15 m^3/s à 0,02 m^3/s dans une même année. Ce débit d'étiage en fait un cours d'eau presque stagnant (MELCCFP, 2022b).

Sous-bassin de la rivière aux Brochets

On retrouve quatre stations hydrométriques actives dans le bassin versant de la rivière de la roche ainsi que des données pour quatre stations fermées.

Tableau 11 : Stations hydrométriques du sous-bassin de la rivière aux Brochets (Inspiré de: MELCCFP, 2021b; USGS, 2022)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Bass. Vers. (km2)	Débit mensuel moyen (m3/s)				
							Maximum		Minimum		Annuel
030420	Aux Brochets - à 0,7 km en aval du ruisseau Groat	Débit	MELCCFP	1979-2012	fermée	404,0	16,01	avril	2,19	sept.	6,87
030422	Au Castor - à 1,2 km en amont de la rivière aux Brochets	Débit	MELCCFP	1997-2007	fermée	8,7	0,33	janv.	0,05	juil.	0,20
030423	Morpions - à 3,1 km en amont de la rivière aux Brochets	Débit	MELCCFP	1999-2022	active	94,1	3,49	avril	0,39	août	1,48
030424	Aux Brochets - Notre-Dame-de-Stanbridge (pont couvert)	Débit	MELCCFP	2001-2022	active	584,0	23,81	avril	3,35	sept.	10,37
030426	Ewing - Pike River	Débit	MELCCFP	2001-2022	active	26,3	0,98	avril	0,13	juil.	0,44
030427	Walbridge - sur le ruisseau principal et branche #4	Débit	MELCCFP	2001-2006	fermée	6,3	0,18	avril	0,04	sept.	0,11
030428	Walbridge - sur la décharge Fournier branche # 25	Débit	MELCCFP	2001-2006	fermée	7,9	0,29	avril	0,05	sept.	0,16
04294300	Pike River at East Franklin, near Enosburg Falls, VT	Débit	USGS	2001-2022	active	89,4	4,25	avril	0,62	sept.	1,82

Trois stations fournissent des données de débit sur la rivière aux Brochets. La station la plus en amont de la rivière aux Brochets est située à Franklin au Vermont environ 2 km en aval du lac Carmi. Entre 2001 et 2022, cette station a enregistré un débit annuel moyen de 1,82 m^3/s avec un maximum en avril de 4,25 m^3/s et un minimum de 0,62 m^3/s au mois de septembre. La seconde est située dans la Ville de Bedford environ 0,7 km en aval du ruisseau Groat. Aujourd'hui fermée, cette station est la plus ancienne des stations du MELCCFP dans le sous-bassin versant de la rivière aux Brochets. Entre 1979 et 2012, le débit moyen annuel enregistré était de 6,87 m^3/s avec un maximum de 16,01 m^3/s en avril et un minimum de 2,19 m^3/s en septembre. Finalement, la station située au pont couvert à Notre-Dame-de-Stanbridge a enregistré, entre 2001 et 2022, un débit moyen annuel de 10,37 m^3/s avec un maximum en avril de 23,81 m^3/s et un minimum de 3,35 m^3/s en septembre. (MELCCFP, 2021b; USGS, 2022)

Il existe un délai d'environ 24 heures entre le débit de la rivière aux Brochets et les quantités de pluie reçues par le bassin versant. Les petits cours d'eau réagissent encore plus rapidement aux événements de pluie, parfois en quelques heures (Caumartin & Vincent, 1994).

Le débit maximal mesuré en période de crue printanière peut parfois être plus de 600 fois plus élevé que celui de la période d'étiage, pouvant passer de plus de 125 m^3/s à moins de 0,2 m^3/s dans une même année (MELCCFP, 2021b).

Avec 33 années de données collectées à la station 030420 de la rivière aux Brochets, les débits de crues et d'étiages ont été calculés pour cette station tel que présenté dans les tableaux 18 et 19.

Tableau 12 : Débits de crues (m^3/s) de la rivière aux Brochets (station 030420) (Inspiré de: (MELCCFP, 2021b)

#	Station	Récurrence				Période utilisée
		2 ans	20 ans	50 ans	100 ans	
30420	Aux Brochets - à 0,7 km en aval du ruisseau Groat	79	146	170	188	1982-2011

Tableau 13 : Débits d'étiages à la station 030420 sur la rivière aux Brochets (Inspiré de: (MELCCFP, 2021b)

Station 030420 - rivière aux Brochets (Bedford)	Q2,7	Q10,7	Q5,30	Période utilisée
Débits d'étiages annuels (m3/s)	0,27	0,06	0,28	1982-2008
Débits d'étiages estivaux (m3/s)	0,27	0,06	0,26	

De plus, l'application Web "Vigilence" suit le débit de la rivière aux Brochets à la station 030424. Le tableau 14 ci-dessous présente les seuils d'inondation qui ont été calculés pour ce plan d'eau. (Gouvernement du Québec, 2023)

Tableau 14 : Seuils d'inondation de la rivière aux Brochets (station 030424) (Inspiré de: Gouvernement du Québec, 2023)

Seuils d'inondation	Débit (m3/s)
Seuil d'inondation mineure :	212,00
Seuil de surveillance :	180,00

Deux stations aujourd'hui fermées ont enregistré les débits dans le sous-bassin du ruisseau Walbridge à Saint-Ignace-de-Stanbridge. La première station, située sur la partie amont du ruisseau Walbridge a enregistré entre 2001 et 2006 un débit annuel moyen de 0,11 m^3/s avec un maximum de 0,18 m^3/s en avril et un minimum de 0,04 m^3/s en septembre. La seconde est plutôt sur la décharge Fournier, un affluent du Walbridge. Entre 2001 et 2006, cette station a enregistré un débit moyen annuel de 0,16 m^3/s avec un maximum mensuel moyen de 0,29 m^3/s en avril et un minimum de 0,05 m^3/s en septembre. (MELCCFP, 2021b)

Deux autres stations ont fourni des données de débit sur les ruisseaux Ewing et Castor, soit les stations 030426 et 030422. La station 030422 est fermée depuis 2007, mais les données enregistrées ont établi que le débit annuel moyen est de 0,2 m^3/s avec un maximum moyen de 0,33 en janvier et un minimum de 0,05 m^3/s en juillet. La station 030426 située sur le ruisseau Ewing est encore active. Le débit annuel moyen pour ce ruisseau est de 0,44 m^3/s avec un maximum moyen de 0,98 m^3/s au mois d'avril et un minimum moyen de 0,13 m^3/s au mois en juillet. (MELCCFP, 2021b)

Finalement, une station encore active est située sur le ruisseau Morpions à Notre-Dame-de-Stanbridge à 3,1 km en amont de la rivière aux Brochets (station 030423). Entre 1999 et 2022, le débit annuel moyen enregistré était de 1,48 m^3/s avec un maximum de 3,49 m^3/s en avril et un minimum de 0,39 m^3/s au mois d'août. (MELCCFP, 2021b)

<u>Sous-bassin de la rivière Missisquoi</u>

Le tableau 15 présente les deux stations aujourd'hui fermées qui ont enregistré les mesures du niveau de l'eau aux lacs d'Argent et Orford à Eastman.

Tableau 15 : Stations de mesure du niveau de l'eau dans le sous-bassin de la rivière Missisquoi (Inspiré de: (MELCCFP, 2021b)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Bass. Vers. (km2)	Niveau mensuel moyen (m)				
							Maximum		Minimum		Annuel
030404	Lac d'Argent - à Eastman	Niveau	MELCCFP	1968-1973	fermée	65,1	30,16	août	29,61	févr.	29,93
030406	Lac Orford - au lac Orford à Eastman	Niveau	MELCCFP	1970-1982	fermée	8,6	30,10	mai	29,88	mars	29,97

Le CEHQ a également déterminé en 2002 la cote de crue de récurrence de 20 ans pour le lac d'Argent, qu'elle établit à une élévation géodésique de 248,70 m (31,1 m) (CEHQ, 2002). La cote de crue de 2 ans, qui servira de ligne des hautes eaux, est établie 248,12 m (30,48 m), soit le niveau de l'eau lorsque les vannes du barrage sont fermées, et la cote de crue de récurrence de 100 ans est établie à 248,99 m (31,39 m).

Tableau 16 : Cotes de crues du lac d'Argent (Inspiré de: CEHQ, 2002)

Zone	Élévation géodésique (m)	Niveau (m)
Ligne des hautes eaux (0-2 ans)	248,12	30,48
Zone inondable de grand courant (0-20 ans)	248,70	31,1
Zone inondable de faible courant (20-100 ans)	248,99	31,39

On ne retrouve aucune station hydrométrique québécoise dans le sous-bassin de la rivière Missisquoi. Toutefois, trois stations mesurent le débit de la rivière Missisquoi du côté du Vermont. La première est située à environ 3,5 km en amont de la frontière à North Troy (station 04293000). Depuis 1931, le débit moyen annuel enregistré est de 8,11 m^3/s avec un maximum en avril de 25,17 m^3/s et un minimum de 3,48 m^3/s au mois d'août. La seconde est située à environ 12 km en aval de la frontière à East Berkshire (station 04293500). Active depuis 1915, cette station a enregistré une moyenne annuelle de 27,69 m^3/s. Les extrêmes de cette station ont été répertoriés au mois d'avril et au mois d'août avec des valeurs respectives de 83,53 m^3/s et 11,02 m^3/s. Finalement, la dernière station est située dans le comté de Swanton, à environ 12 km en amont de l'embouchure de la rivière dans la baie Missisquoi (station 04294000). Depuis 1990, la moyenne annuelle des débits mensuels moyens est de 51,03 m^3/s avec un maximum en avril de 136,77 m^3/s et un minimum de 18,52 m^3/s en septembre. (USGS, 2022) Le tableau 17 ci-dessous présente les informations mentionnées dans ce paragraphe.

Tableau 17 : Stations de mesure du débit dans le sous-bassin de la rivière Missisquoi (Inspiré de: USGS, 2022)

#	Station	Type	Gestion	Période couverte	Statut	Bass. Vers. (km2)	Débit mensuel moyen (m3/s)				
							Maximum		Minimum		Annuel
04293000	Missisquoi River near North Troy, VT	Débit	USGS	1931-2022	active	339,3	25,17	avril	3,48	août	8,11
04293500	Missisquoi River near East Berkshire, VT	Débit	USGS	1915-2022	active	1240,6	83,53	avril	11,02	août	27,69
04294000	Missisquoi River at Swanton, VT	Débit	USGS	1990-2022	active	2201,5	136,77	avril	18,52	sept.	51,03

Le CEHQ a également procédé en 2003 à la détermination des débits et des cotes de crues de récurrence de 2 ans, 20 ans et 100 ans pour un tronçon de la rivière Missisquoi Nord d'une longueur de 0,3 km situé entre le lac d'Argent et l'autoroute 10 (CEHQ, 2003). Le tableau suivant présente les débits de crues. La zone inondable délimitée par les cotes de crues est quant à elle présentée à la Carte 16.

Tableau 18 : Débits de crues instantanées de la rivière Missisquoi Nord à Eastman (Inspiré de: CEHQ, 2003)

Missisquoi Nord	Récurrence		
	2 ans	20 ans	100 ans
Débits de crues instantanés (m3/s)	8,1	22,6	31,9

2.1. Changements climatiques

L'Atlas Hydroclimatique du Québec méridional du MELCCFP présente un portrait de l'impact des changements climatiques sur les régimes hydrologiques (crues, étiages, hydraulicité) du Sud du Québec. Plus précisément, il s'agit d'un outil cartographique qui illustre le régime hydrique des rivières du Québec méridional dans le climat actuel et celui du futur. Les modèles étudiés indiquent que les débits des étiages

d'été et d'automne seront fort probablement plus faibles et que les durées de ces étiages seront plus longues. On s'attend à une augmentation générale des débits des cours d'eau de décembre à mars, et une diminution de mai à octobre. Aussi, on s'attend à des redoux hivernaux plus fréquents, une hausse des précipitations sous forme de pluie en hiver et au printemps ainsi que des épisodes de pluies extrêmes plus intenses en été et en automne. (MELCCFP, 2021b)

De plus, pour nous préparer à ces adaptations, des chercheurs de l'Université McGill ont effectué une modélisation climatique en partenariat avec Ouranos afin de prévoir les changements de débits dans les sous-bassins de la rivière aux Brochets. De manière générale, on peut s'attendre à ce que la fonte printanière soit devancée. En effet, on prévoit un devancement de la fonte printanière qui se déplace graduellement vers le mois de février et atteindrait son maximum au mois de mars au lieu du mois d'avril. Ils prévoient donc une augmentation d'environ 5 à 9 m^3/s du débit de la rivière aux Brochets en février et une diminution d'environ 10 à 15 m^3/s de son débit en avril. (Mehdil et *al.*, 2013)

Le phénomène expliqué dans le paragraphe ci-haut est corroboré par les plus récentes données disponibles. Effectivement, pour les stations actives, on s'aperçoit d'une nouvelle tendance depuis 2020. La majorité des débits moyens mensuels les plus élevés sont mesurés pendant le mois de mars alors qu'auparavant, ils étaient mesurés au courant du mois d'avril. (MELCCFP, 2021b; USGS, 2022)

L'augmentation du volume et de l'intensité des précipitations ainsi qu'un déplacement des cycles de fontes des neiges auront un impact sur le régime hydrologique du bassin versant. En effet, les débits des cours d'eau connaîtront des variations plus fréquentes et plus rapides et les cycles saisonniers moyens seront décalés. On s'attend à des modifications des débits de crues et d'étiages. Or, les changements climatiques font en sorte que les débits des cours d'eau seront de moins en moins prévisibles. Finalement, on prévoit une augmentation des événements hydrologiques extrêmes telles que les crues printanières hâtives et réduites, des étiages plus sévères, une augmentation potentielle des crues subites (flash flood), des crues plus fréquentes en hiver avec des risques accrus d'embâcles et d'inondations (OBVBM, 2015; MELCCFP, 2021b).

Références

Caumartin, J. et Vincent, R. (1994). Diagnostic environnemental de la rivière aux Brochets. Ministère de l'environnement et de la faune du Québec, Direction de l'aménagement des lacs et des cours d'Eau, Direction des écosystèmes aquatiques, p. 29.

Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). (2002). Programme de détermination des cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans (PDCC). Lac d'Argent, Municipalité d'Eastman. PDCC 05-L02. Ministère de l'Environnement, du Développement durable et des Parcs, Service de la connaissance et de l'expertise hydrique, Québec.

Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). (2003). Programme de détermination des cotes de crues de récurrence de 20 ans et de 100 ans (PDCC). Rivière Missisquoi Nord, Municipalité d'Eastman. PDCC 05-002. Ministère de l'Environnement, du Développement durable et des Parcs, Service de la connaissance et de l'expertise hydrique, Québec.

Commission mixte internationale (CMI). (2005). Impacts transfrontaliers du pont-jetée de la baie Missisquoi et du projet de construction d'un nouveau pont sur la baie Missisquoi, Rapport aux Gouvernements des États-Unis et du Canada, Commission mixte internationale Canada et États-Unis.

Commission mixte internationale (CMI). (2012). Rapport final à la Commission mixte internationale. Groupe d'étude international sur la baie Missisquoi. Membres du Groupe d'étude : Erik Beck (coprésident) États-Unis, Eric van Bochove (coprésident) Canada, Eric Smeltzer Vermont, Daniel Leblanc, Québec. https://www.ijc.org/sites/default/files/5%20-%20Report%20-%20Missisquoi%20Bay%20Study%20Board%20Final%20Report%20-%20French.pdf

Corporation bassin versant Baie Missisquoi (CBVBM). (2003). Caractérisation des rives de huit cours d'eau du bassin versant de la baie Missisquoi. Corporation bassin versant Baie Missisquoi. 46 p. + cartes et annexes.

Corporation bassin versant Baie Missisquoi (CBVBM). (2004). Profils historiques du bassin versant de la baie Missisquoi. Portrait du bassin versant de la baie Missisquoi. Corporation bassin versant Baie Missisquoi. 100 p. + cartes et tableaux.

Faune et Parc du Québec. (1999). Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats. Direction de la faune et des habitats. 23 p. https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PO_debits_protection_poisson_habitats.pdf

Galvez, R. et Suzanne Levine, S. (2008). Canada-USA Agreement On Eutrophication ControlAnd Protection Of Lake Champlain. abstract dans IV International Symposium on Transboundary Waters Management, Thessaloniki, Greece, 15th-18th October 2008, 4 p. https://www.inweb.gr/twm4/abs/GALVEZ%20Rosa.pdf

Girard, C. (1993). Diagnostic environnemental de la Baie Missisquoi. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Direction de l'aménagement des lacs et des cours d'eau. Programme des lacs. 33 p.

Gouvernement du Canada. (2023). Données du niveau d'eau mensuel pour CHAMPLAIN (LAC) A PHILIPSBURG (02OH001) [QC]. https://eau.ec.gc.ca/report/historical_f.html?stn=02OH001&dataType=Monthly&parameterType=Level&year=2021&mode=Table

Gouvernement du Québec. (2023). Vigilence. https://vigilance.geo.msp.gouv.qc.ca/

Larocque, G. (2014). Le redressement des cours d'eau dans le bassin versant de la rivière aux Brochets. Communication personnelle, 25 janvier 2014.

Lajeunesse, S. (2014). Le redressement des cours d'eau dans la MRC Brome-Missisquoi. Communication personnelle, 29 janvier 2014.

Larousse. (s.d.). Hydrographie. https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/hydrographie/40825

Mehdil, B., Gombault, C. et Lehner, B. (2013). Augmenter la résilience des bassins versants agricoles aux changements climatiques et aux changements d'occupation du territoire agricole à venir: Étude de cas de la Baie Missisquoi. Department of Geography, McGill University, Montréal, QC. Final Report, September 30, 2013.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2016). Zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant (ZGIEBV). [Jeu de données], dans Données Québec, mis à jour le 27 octobre 2023. https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/developpement-durable-environnement-et-lutte-contre-les-changements-climatiques

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2021a). Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ), [Jeu de données], dans Données Québec, 2021, mis à jour le 26 juin 2023. https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/crhq

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2021b). Stations hydrométriques, [Jeu de données], dans Données Québec, mis à jour le 16 octobre 2023. https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/stations-hydrometriques

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2023a). Lignes directrices pour l'estimation des débits d'étiage sur le territoire québécois. https://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/methode/index.htm#:~:text=D%C3%A9finition%20et%20variables%20des%20d%C3%A9bits%20d'%C3%A9tiage,-Un%20%C3%A9tiage%20se&text=Il%20s'agit%20donc%20des,alimente%20les%20eaux%20de%20surface.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2023b). Lignes directrices pour l'estimation des débits de crue sur le territoire québécois. https://www.cehq.gouv.qc.ca/debits-crues/methodes-estimation.htm#:~:text=2.-,D%C3%A9finition%20et%20variables%20des%20d%C3%A9bits%20de%20crues,les%20pr%C3%A9cipitations%20sous%20forme%20liquide.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (s.d.a). Le bassin versant : un territoire pour les rivières. https://www.environnement.gouv.qc.ca/jeunesse/bassin_versant/hydrologie.htm

Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF). (2018). Découpages administratifs. [Jeu de données], dans Données Québec, mis à jour le 23 octobre 2023. https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/mrn

Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF). (2019). Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ). [Jeu de données], dans Données Québec, mis à jour le 14 juillet 2023.

Organisme de Bassin Versant de la Baie Missisquoi (OBVBM). (2015). Plan directeur de l'eau du Bassin Versant de la Baie Missisquoi: Portrait 2015 https://obvbm.org/wp-content/uploads/2021/05/portrait_2015.pdf

Regroupement des Associations pour la protection de l'Environnement des lacs (RAPPEL). (2006a). Diagnostic environnemental global du bassin versant du lac d'Argent. Réd. M. Desautels, Sherbrooke, 95 p. (incluant annexes).

Regroupement des Associations pour la protection de l'Environnement des lacs (RAPPEL). (2006b). Suivi de l'eau - été 2006. Lac d'Argent (Eastman). Réd. C. Rivard-Sirois, Sherbrooke, 6 p.

Regroupement des Associations pour la protection de l'Environnement des lacs (RAPPEL). (2006c). Diagnostic environnemental global du bassin versant du lac Libby. Réd. M. Desautels, Sherbrooke, 82 p. (incluant annexes).

Regroupement des Associations pour la protection de l'Environnement des lacs (RAPPEL). (2010). Bilan phosphore et évaluation de la capacité de support du lac Trousers. J.-F. Martel et M. Dubois, 21 mars 2010, Sherbrooke.

United States Geolocial Survey (USGS). (2022). National Water Information System: Mapper. https://maps.waterdata.usgs.gov/mapper/index.html?MapCenterX=-72.83&MapCenterY=45.00&MapZoom=10&SiteGroups=sw,act,sw,ina

Vermont department of environmental conservation (VTDEC) et New York State department of environmental conservation(NYDEC). (1997). A phosphorus budget, model, and load reduction strategy for lake champlain. Lake Champlain Diagnostic-Feasibility Study. Final Report. January 1997.