Atlas du bassin versant de la **rivière Châteauguay**

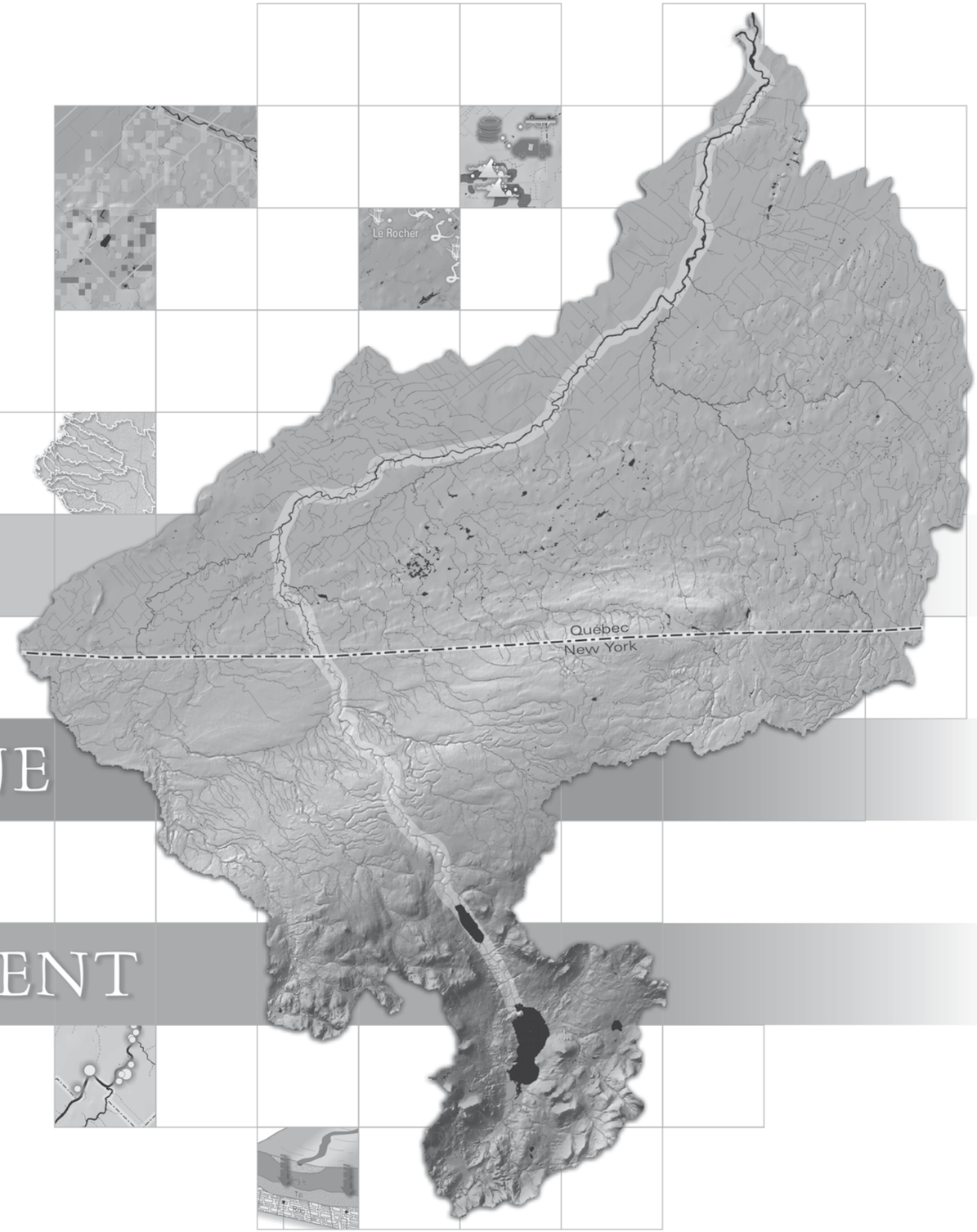
TERRITOIRE

EAU SOUTERRAINE

AMÉNAGEMENT

Québec

Atlas du bassin versant de la **rivière Châteauguay**



TERRITOIRE

EAU SOUTERRAINE

AMÉNAGEMENT

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Coordination : Nadine Roy[1]

Auteurs : Marie-Josée Côté[2], Yves Lachance[2], Charles Lamontagne[1], Miroslav Nastev[3], Renée Plamondon[1], Nadine Roy[1]

Conception graphique et mise en page : Yves Lachance[2]

Collaboration spéciale : Nicolas Benoît[4], Pierre-André Bourque[5], Daniel Blanchette[6], Anne Croteau[6], Marie-Pierre Dagenais[7], David A. Franzi[8], Réjean Godin[9], Roger Morin[10], Luc Lamontagne[11], Michel Lamothe[7], Rasim Latifovic[12], Marc-André Lavigne[6], Denis Lavoie[3], René Lefebvre[6], Tommy Tremblay[7]
Société de conservation et d'aménagement du bassin versant de la rivière Châteauguay
MRC de Beauharnois-Salaberry
MRC Le Haut-Saint-Laurent
MRC Les Jardins-de-Napierville
MRC de Roussillon

Géomatique : Ruth Boivin[3], Marie-Josée Côté[2], Yves Lachance[2]

Collaborateurs internes : Pierre Aquin[2], Patrick Beauchesne[2], Sophie Benoît[2], Daniel Bérubé[2], Normand Boulianne[1], Sylvie Chevalier[1], Line Couillard[2], Pascale Dubois[1], François Fréchette[1], Andrée Giroux[2], Martin Joly[2], Tingxian Li[2], Diane Myrand[1], Michel Ouellet[1], Raymond Perron[1], Frédéric Poisson[2]
Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie
Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de l'Estrie et de la Montérégie

1. Direction des politiques de l'eau, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
2. Direction du patrimoine écologique et des Parcs, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
3. Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada
4. École Polytechnique de Montréal
5. Université Laval
6. Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement
7. Université du Québec à Montréal
8. Plattsburgh State University
9. Université du Québec à Chicoutimi
10. United States Geological Survey
11. Agriculture et Agroalimentaire Canada
12. Centre canadien de télédétection

Cette production n'aurait pu être réalisée sans la collaboration financière et scientifique de la Commission géologique du Canada et de l'Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

Référence à citer :

CÔTÉ, M.-J., LACHANCE, Y., LAMONTAGNE, C., NASTEV, M., PLAMONDON, R., ROY, N., 2006. *Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Collaboration étroite avec la Commission géologique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 64 p.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction V

Territoire

Localisation 2
Occupation du sol 3
Réseau hydrographique 4
Limites administratives 5
Climat 6
Réseau de drainage 7
Grandes unités naturelles 8
Paysages régionaux 9
Pédopaysages 10
Milieux humides 12
Espèces menacées ou vulnérables 14
Aires protégées 16

Eau souterraine

Histoire géologique 20
Propriétés hydrogéologiques du roc 22
Propriétés hydrogéologiques des sédiments quaternaires 24
Contextes hydrogéologiques 26
Niveaux d'eau souterraine 28
Bilan hydrologique du bassin versant 30
Recharge de l'aquifère régional 32
Vulnérabilité de l'aquifère régional à la contamination 34
Géochimie 36
Problèmes de potabilité 37
Problèmes esthétiques 38

Aménagement

Grandes affectations du territoire 42
Contraintes naturelles et anthropiques 44
Qualité des eaux de surface 46
Utilisation de l'eau souterraine 48
Pérennité de l'eau souterraine 50
Protection de l'eau souterraine 52

Conclusion 55

Références 56

INTRODUCTION

Origine de l'étude

Au printemps 2003, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), en collaboration étroite avec la Commission géologique du Canada (CGC) et l'Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE), entreprenait un projet de caractérisation hydrogéologique du bassin versant de la rivière Châteauguay. Par cette initiative, le MDDEP donnait suite à l'un des engagements de la Politique nationale de l'eau (PNE), soit de réaliser un inventaire des grands aquifères du Québec. Cette étude a également permis d'amorcer le développement d'un réseau provincial de mesure et de surveillance de la quantité et de la qualité des eaux souterraines du Québec dont l'expansion progressera parallèlement à la réalisation de l'inventaire des grands aquifères; une compréhension de l'hydrogéologie est nécessaire pour choisir judicieusement l'emplacement des stations.

Objectifs de l'étude

La caractérisation hydrogéologique d'un bassin versant consiste à recueillir les données décrivant, à l'échelle régionale, les caractéristiques de la ressource eau souterraine, c'est-à-dire celles du contenant que sont les formations géologiques aquifères et celles de son contenu, l'eau souterraine. La connaissance acquise permet de cerner la disponibilité de la ressource eau souterraine, soit l'importance des gisements aquifères et leur comportement (recharge, liens avec le réseau hydrique), ainsi que d'en apprécier la qualité. Cette connaissance permet aux gestionnaires et aux usagers du territoire de mieux anticiper l'impact de leurs actions et de leurs choix et donc d'être en mesure d'apporter les ajustements requis afin que leurs décisions s'inscrivent pleinement dans une perspective de développement durable.

Bien que la volonté de définir l'hydrogéologie du bassin versant de la rivière Châteauguay soit l'élément moteur de la présente étude, les actions du MDDEP ont été réalisées dans une optique de gestion intégrée du territoire, conformément aux orientations de la PNE. Ainsi, la portée de l'étude a été étendue afin d'incorporer des éléments de connaissance des contextes écologique, hydrologique et humain du bassin versant.

Trois objectifs étaient à la base de cette étude :

- Constituer une base de données décrivant les contextes écologique, hydrologique et hydrogéologique à l'échelle du bassin versant.
- Développer des outils cartographiques d'analyse adaptés à la gestion durable du territoire et de l'eau.
- Sensibiliser les intervenants régionaux à l'importance d'une gestion intégrée et durable du territoire et de l'eau, notamment en assurant le transfert des connaissances par la production de documents de vulgarisation.

Pourquoi un atlas?

Considérant la masse importante de données produites et colligées pour le territoire du bassin versant de la rivière Châteauguay, le transfert des connaissances écologiques et hydrogéologiques aux intervenants régionaux passe inévitablement par la production d'un document de vulgarisation, qui se présente ici sous la forme d'un atlas.

L'Atlas permet notamment de :

- Présenter et diffuser les principales informations colligées pour le bassin versant sur une base cartographique et visuelle.
- Disposer d'un outil pédagogique soulignant aux intervenants régionaux l'importance de la connaissance écologique et hydrogéologique pour un aménagement durable du territoire.
- Présenter une information vulgarisée afin de permettre son intégration dans certains outils de planification du territoire, notamment dans les schémas d'aménagement et de développement et les plans directeurs de l'eau.

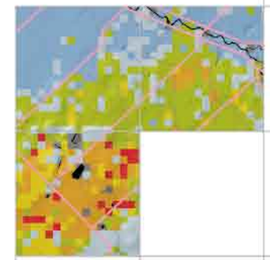
L'Atlas constitue à la fois une vue d'ensemble et une vision simplifiée des données disponibles à l'échelle régionale. Ces données sont présentées à l'aide de cartes thématiques et interprétatives accompagnées d'un texte explicatif sommaire, qui sont regroupées en trois thèmes principaux :

- Le territoire
- L'eau souterraine
- L'aménagement

Il importe de préciser que, compte tenu de l'échelle de représentation utilisée (échelle régionale), les cartes présentées dans cet atlas ne peuvent être utilisées pour formuler des conclusions à l'échelle locale. De plus, bien que l'Atlas porte sur le bassin versant de la rivière Châteauguay, pour plusieurs des thématiques, la superficie cartographiée s'étend à l'extérieur du bassin versant. Le lecteur intéressé par une ou plusieurs des thématiques présentées est invité à contacter le Ministère pour se procurer les données.

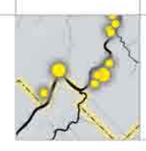
L'Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay est avant tout une invitation à tous les gestionnaires et usagers du territoire à parfaire leurs connaissances du bassin versant de la rivière Châteauguay en vue d'une gestion concertée effectuée dans l'esprit d'un développement durable.

Atlas du bassin versant de la **rivière Châteauguay**



TERRITOIRE

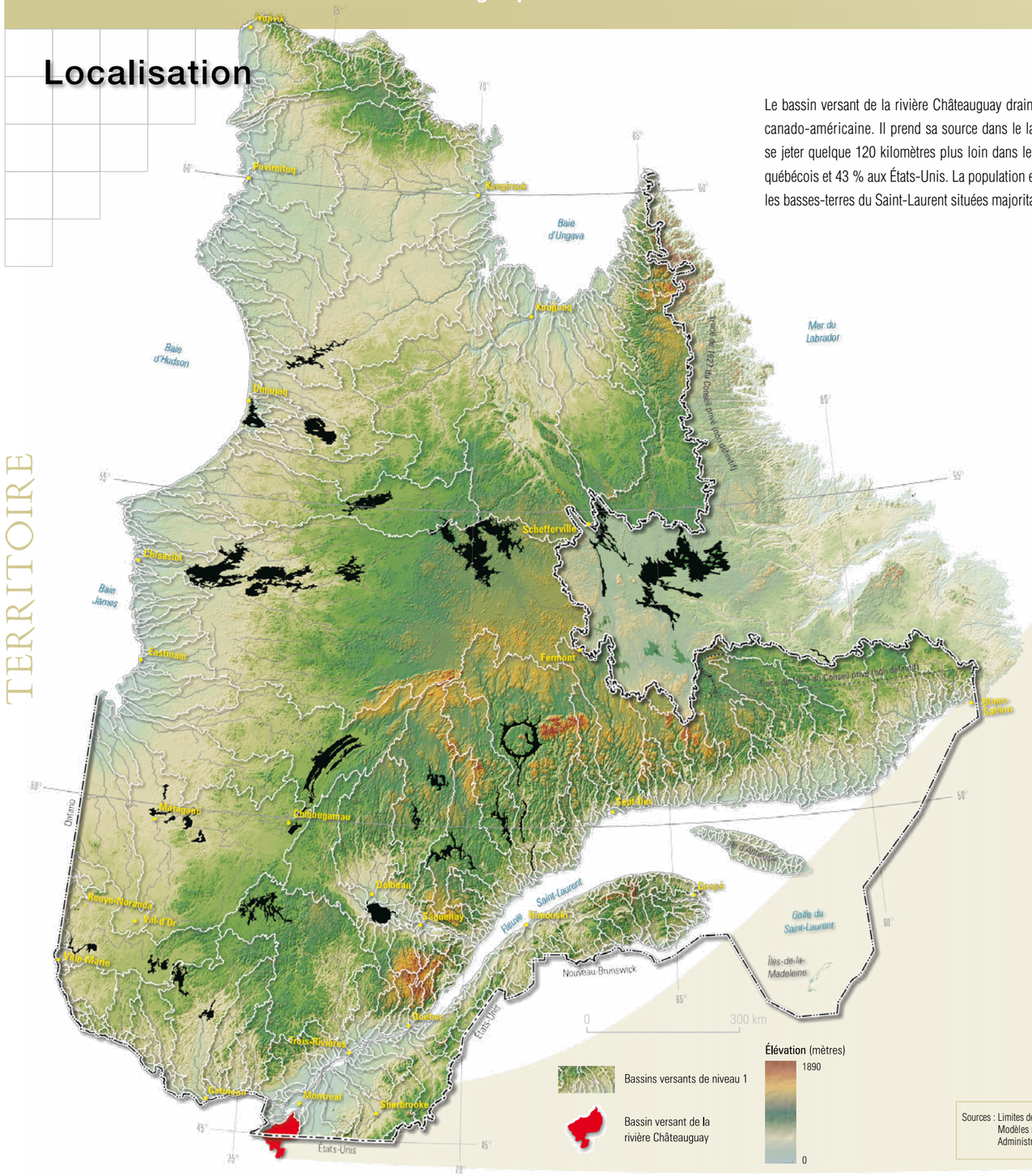
Localisation
Occupation du sol
Réseau hydrographique
Limites administratives
Climat
Réseau de drainage
Grandes unités naturelles
Paysages régionaux
Pédopaysages
Milieux humides
Espèces menacées ou vulnérables
Aires protégées

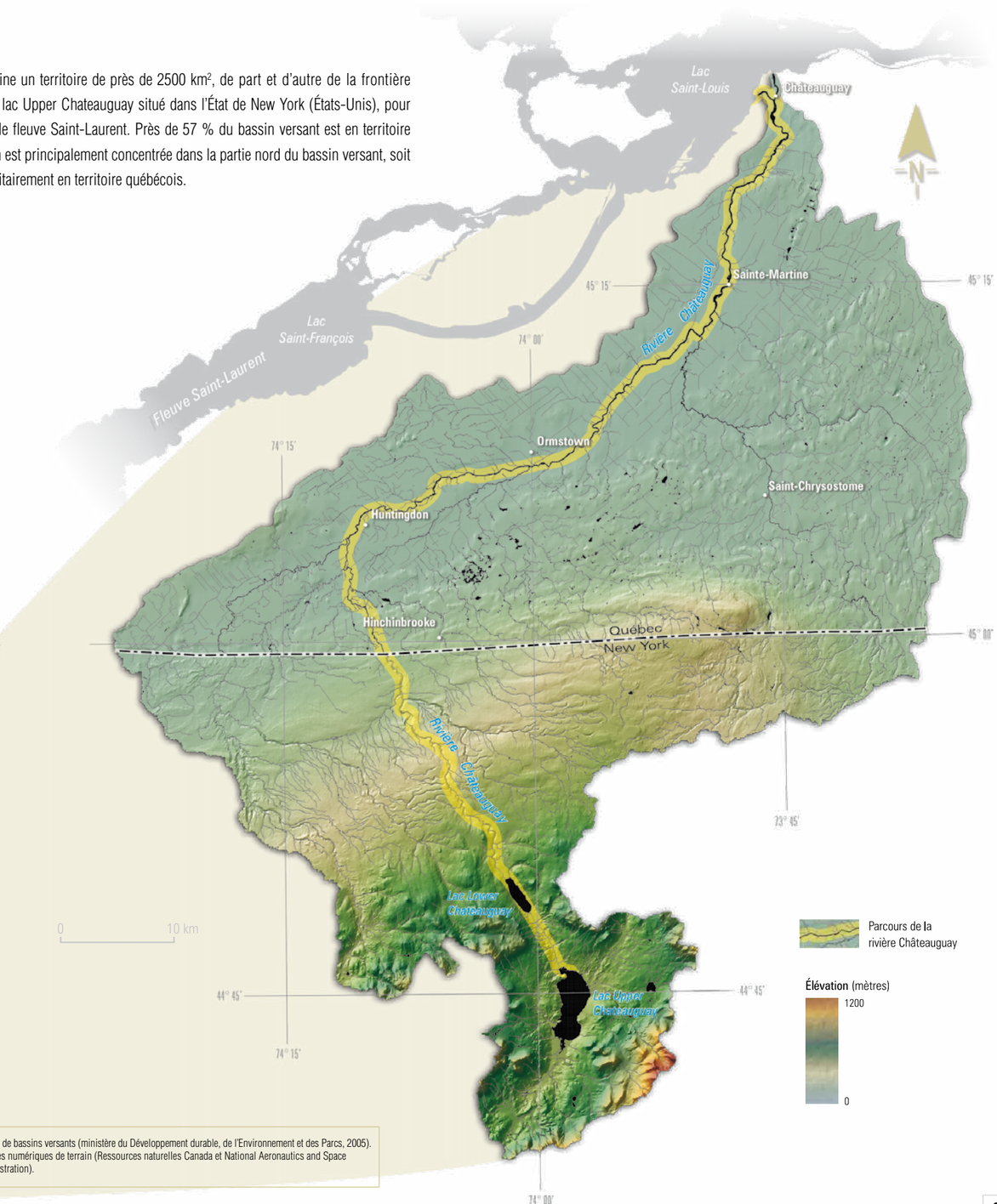


TERRITOIRE

Localisation

Le bassin versant de la rivière Châteauguay draine un territoire de près de 2500 km², de part et d'autre de la frontière canado-américaine. Il prend sa source dans le lac Upper Chateauguay situé dans l'État de New York (États-Unis), pour se jeter quelque 120 kilomètres plus loin dans le fleuve Saint-Laurent. Près de 57 % du bassin versant est en territoire québécois et 43 % aux États-Unis. La population est principalement concentrée dans la partie nord du bassin versant, soit les basses-terres du Saint-Laurent situées majoritairement en territoire québécois.

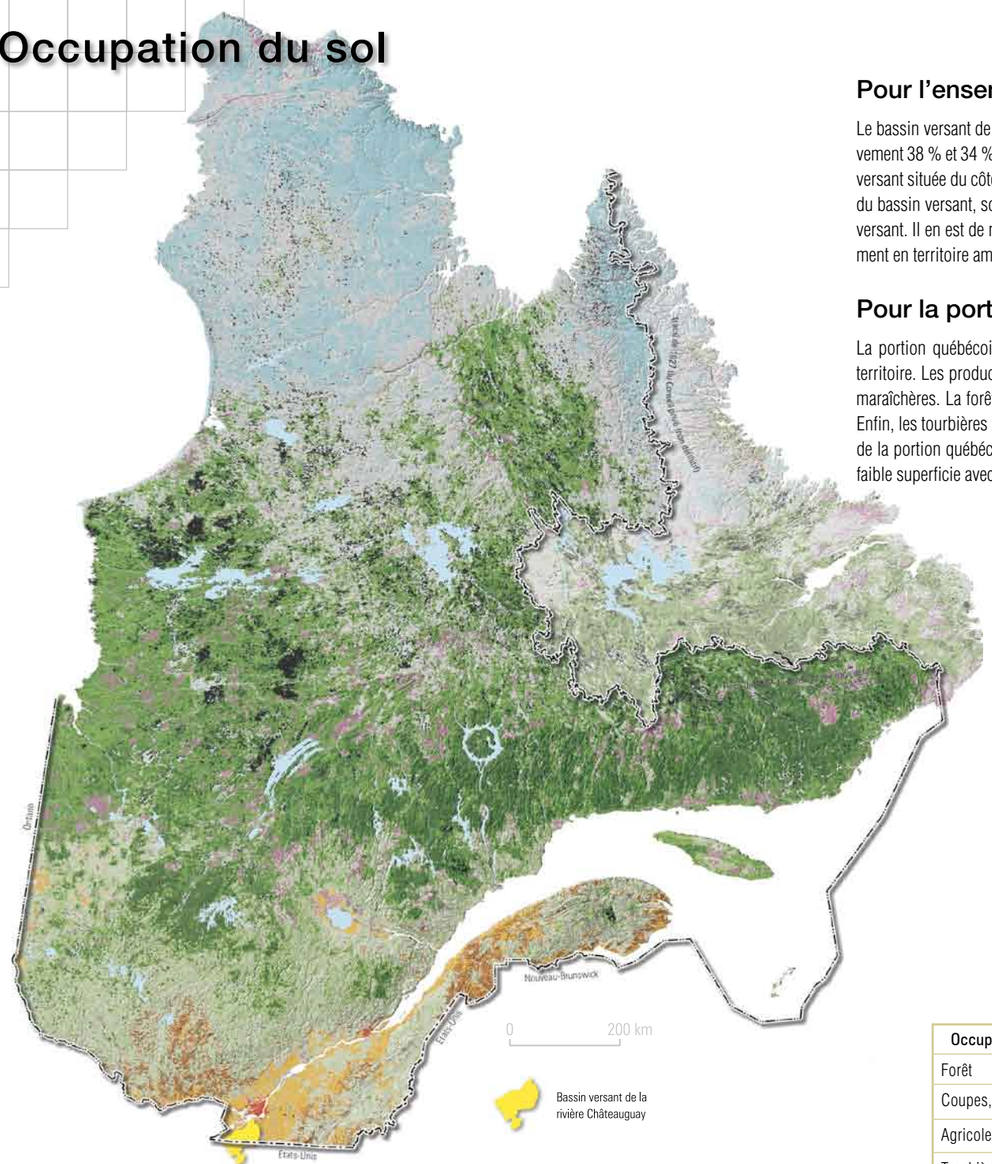




Sources : Limites de bassins versants (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005). Modèles numériques de terrain (Ressources naturelles Canada et National Aeronautics and Space Administration).

TERRITOIRE

Occupation du sol



Couvert végétal
- Forêt résineuse dense
- Forêt résineuse claire
- Forêt résineuse ouverte
- Forêt feuillue
- Forêt mélangée dominance résineux
- Forêt mélangée

Couvert végétal
- Forêt mélangée dominance feuillue
- Brûlis
- Tourbières et arbustaies humides
- Herbacée
- Lande boisée
- Landes, lichens et arbustres

Couvert végétal
- Toundra

Occupation du sol
- Eau, neige et glace
- Agricole
- Urbain

Pour l'ensemble du bassin versant

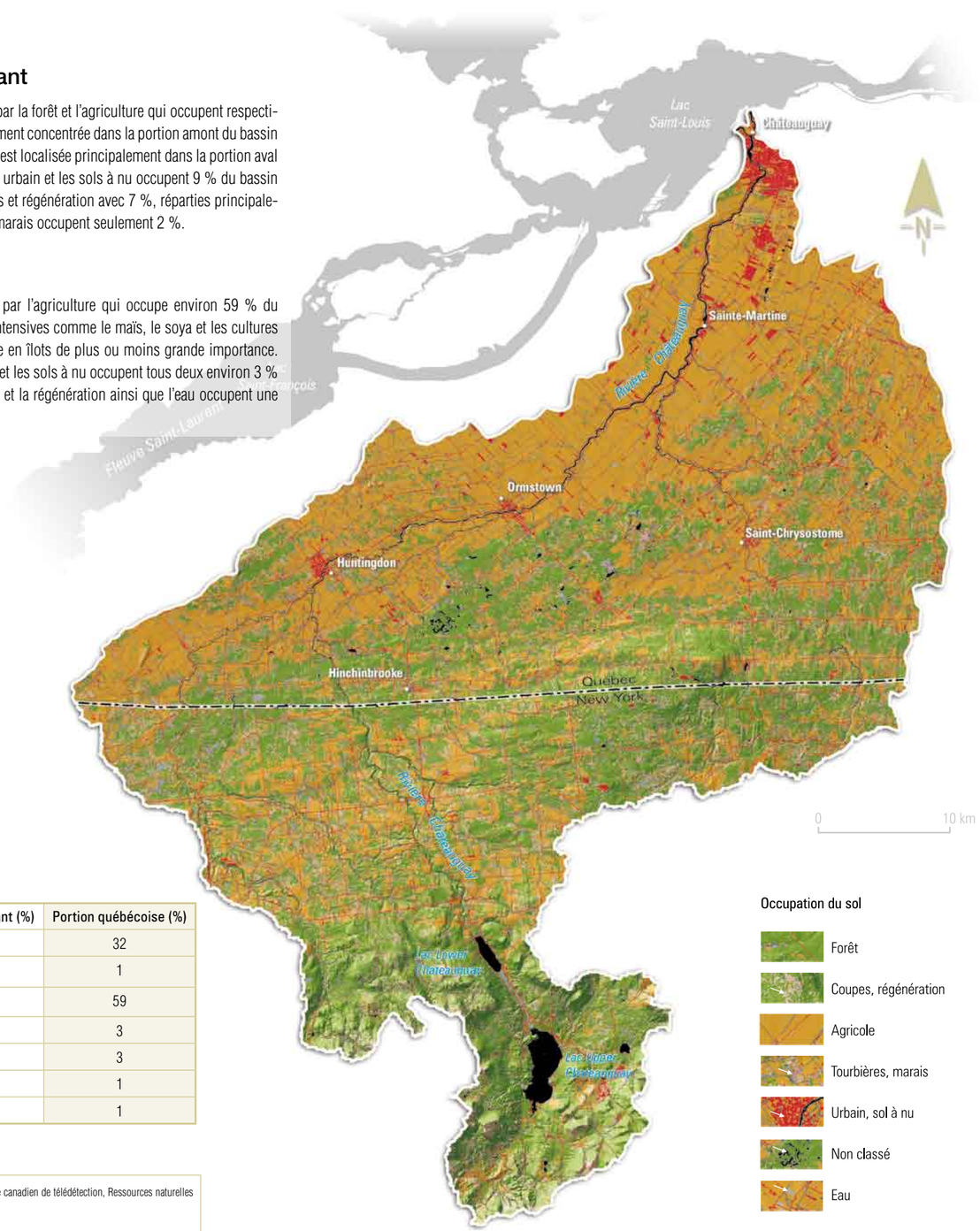
Le bassin versant de la rivière Châteauguay est dominé par la forêt et l'agriculture qui occupent respectivement 38 % et 34 % du territoire. La forêt est principalement concentrée dans la portion amont du bassin versant située du côté américain, tandis que l'agriculture est localisée principalement dans la portion aval du bassin versant, soit en territoire québécois. Le milieu urbain et les sols à nu occupent 9 % du bassin versant. Il en est de même pour l'eau. Suivent les coupes et régénération avec 7 %, réparties principalement en territoire américain. Enfin, les tourbières et les marais occupent seulement 2 %.

Pour la portion québécoise

La portion québécoise du bassin versant est dominée par l'agriculture qui occupe environ 59 % du territoire. Les productions végétales sont des cultures intensives comme le maïs, le soya et les cultures maraîchères. La forêt occupe pour sa part 32 % répartie en îlots de plus ou moins grande importance. Enfin, les tourbières et marais ainsi que le milieu urbain et les sols à nu occupent tous deux environ 3 % de la portion québécoise du bassin versant. Les coupes et la régénération ainsi que l'eau occupent une faible superficie avec chacune 1 % du territoire.

Occupation du sol	Tout le bassin versant (%)	Portion québécoise (%)
Forêt	38	32
Coupes, régénération	7	1
Agricole	34	59
Tourbières, marais	2	3
Urbain, sol à nu	9	3
Eau	9	1
Non classé	2	1

Sources : Image satellitaire classifiée (Latifovic, R. 2004. Centre canadien de télédétection, Ressources naturelles Canada).
Image NOAA reclassifiée (Beaubien *et al.*, 1997)

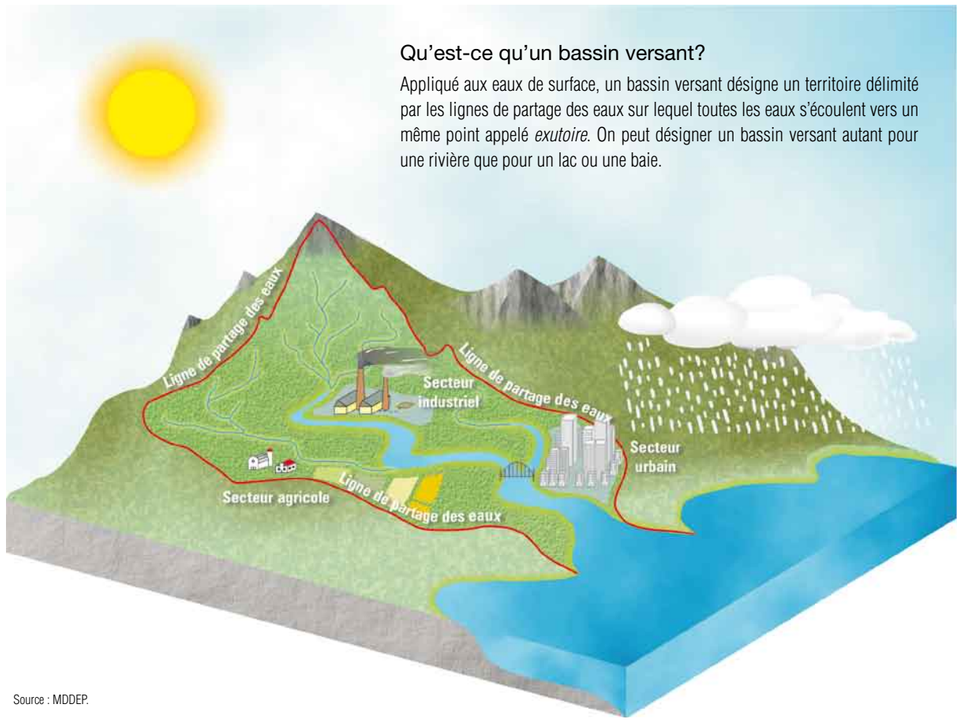


TERRITOIRE

Réseau hydrographique

La rivière Châteauguay

La rivière Châteauguay draine un bassin versant d'environ 2500 km². De sa source, située dans les hautes-terres des Adirondacks, jusqu'à son embouchure au fleuve Saint-Laurent, elle parcourt 121 km, soit 53 km dans l'État de New York (États-Unis) et 68 km dans la province de Québec. Situés à sa tête, les lacs Upper Chateauguay et Lower Chateauguay totalisent une superficie de 12,6 km² et sont alimentés par les eaux de ruissellement provenant des Adirondacks.



Source : MDDEP.

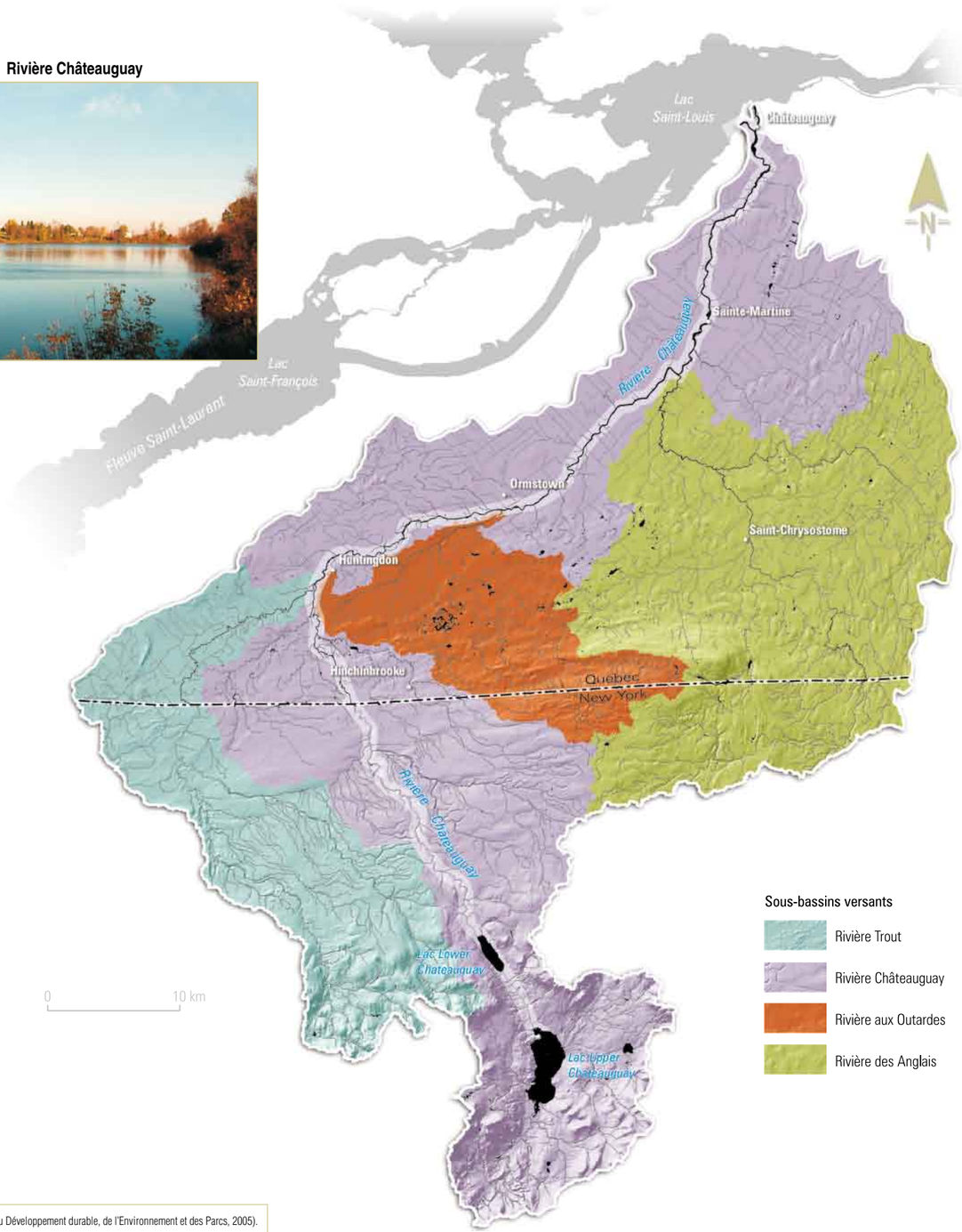
Les sous-bassins versants

De l'ouest vers l'est, les tributaires de la rivière Châteauguay les plus importants sont les rivières Trout, aux Outardes et des Anglais. Ces tributaires prennent leur source dans les hautes-terres des Adirondacks du côté américain de la frontière. À l'échelle régionale, le drainage est contrôlé par le fleuve Saint-Laurent, qui constitue la principale zone de résurgence de l'eau.

Sous-bassin	Superficie (km²)	Proportion dans le bassin versant
Rivière Châteauguay	1191	47 %
Rivière des Anglais	693	28 %
Rivière Trout	390	16 %
Rivière aux Outardes	226	9 %
Total	2501	100 %

Rivière Châteauguay

Photo : MDDEP.



Source : Limites de sous-bassins versants (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005).

TERRITOIRE

Limites administratives

Le bassin versant de la rivière Châteauguay est à cheval sur la frontière qui sépare le Québec des États-Unis, plus précisément de l'État de New York. La portion québécoise du bassin versant occupe environ 1440 km², soit un peu plus de 57 %, tandis que la portion américaine occupe 1056 km² , soit près de 43 % du bassin versant. Quatre municipalités régionales de comté (MRC) (du Haut-Saint-Laurent, Les Jardins-de-Napierville, de Beauharnois-Salaberry et de Roussillon) et deux comtés (Franklin et Clinton) se partagent le territoire du bassin versant. Au Québec, c'est la MRC du Haut-Saint-Laurent qui occupe la plus grande superficie, soit près de 62 % du territoire.

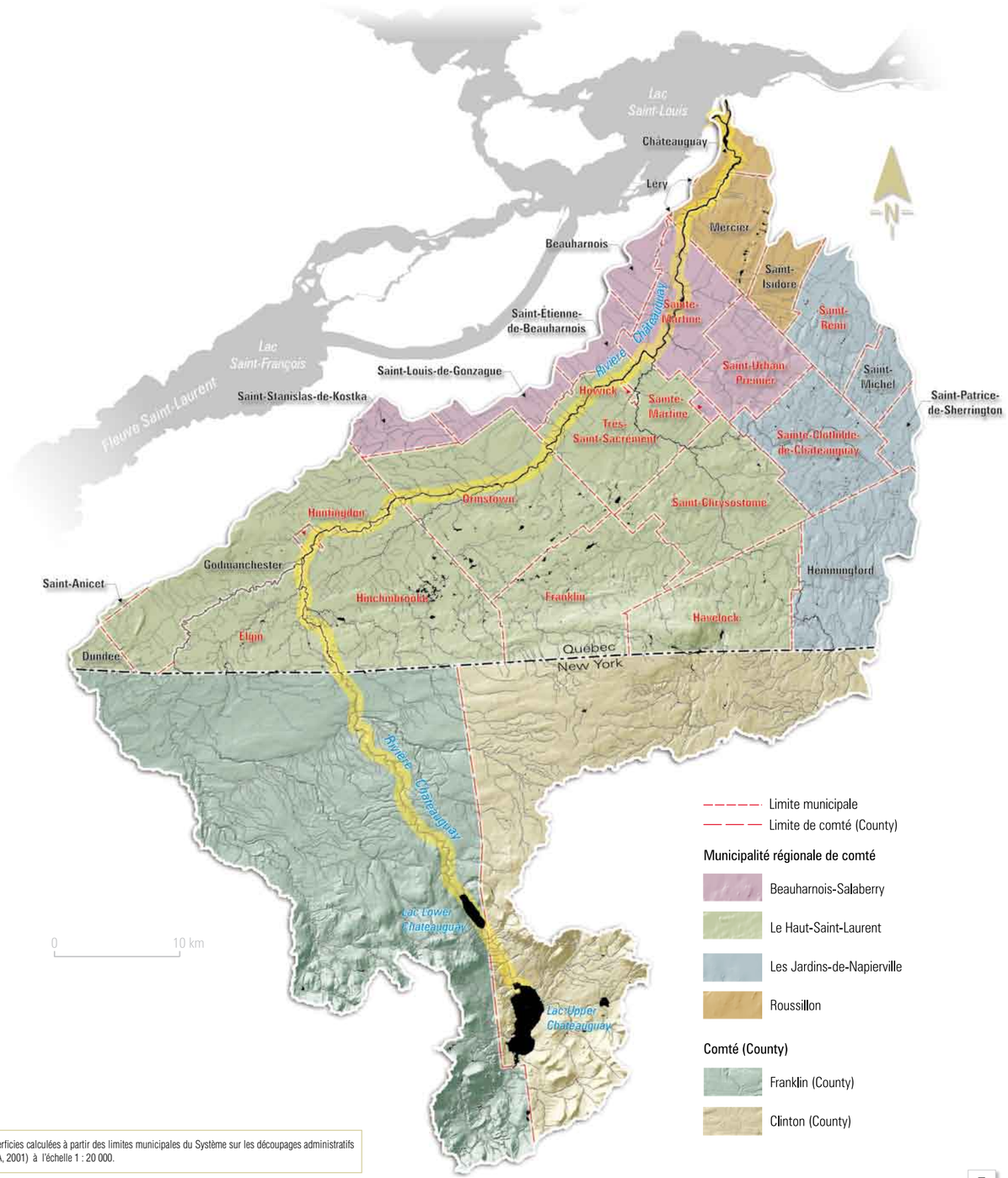
Liste des MRC dans le bassin versant

Nom	Superficie dans le bassin (km²)	Pourcentage du bassin versant	
		Total	Portion québécoise
MRC de Roussillon	92	3	6
MRC de Beauharnois-Salaberry	197	7	13
MRC Les Jardins-de-Napierville	271	10	18
MRC Le Haut-Saint-Laurent	884	35	61
Comté de Franklin	620	24	-
Comté de Clinton	436	17	-

Dans la portion québécoise, 27 municipalités se partagent le territoire. De celles-ci, 12 sont entièrement comprises dans le bassin versant. Enfin, les principales agglomérations sont Châteauguay, Ormstown, Huntingdon, Sainte-Martine et Hinchinbrooke.

Liste des municipalités dans la portion québécoise du bassin versant

Municipalités	MRC	Superficie dans le bassin versant (km²)	Pourcentage dans le bassin versant
Elgin	Le Haut-Saint-Laurent	69	100
Howick	Le Haut-Saint-Laurent	1	100
Sainte-Martine	Beauharnois-Salaberry	64	100
Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Les Jardins-de-Napierville	78	100
Saint-Urbain-Premier	Beauharnois-Salaberry	53	100
Huntingdon	Le Haut-Saint-Laurent	2	100
Havelock	Le Haut-Saint-Laurent	89	100
Saint-Chrysostome	Le Haut-Saint-Laurent	100	100
Très-Saint-Sacrement	Le Haut-Saint-Laurent	98	100
Franklin	Le Haut-Saint-Laurent	112	100
Ormstown	Le Haut-Saint-Laurent	143	100
Hinchinbrooke	Le Haut-Saint-Laurent	149	99
Mercier	Roussillon	42	91
Godmanchester	Le Haut-Saint-Laurent	110	79
Saint-Rémi	Les Jardins-de-Napierville	52	66
Hemmingford	Les Jardins-de-Napierville	99	63
Saint-Isidore	Roussillon	28	55
Saint-Étienne-de-Beauharnois	Beauharnois-Salaberry	19	47
Saint-Michel	Les Jardins-de-Napierville	26	43
Châteauguay	Roussillon	19	42
Saint-Stanislas-de-Kostka	Beauharnois-Salaberry	16	26
Saint-Louis-de-Gonzague	Beauharnois-Salaberry	23	25
Beauharnois	Beauharnois-Salaberry	19	23
Saint-Patrice-de-Sherrington	Les Jardins-de-Napierville	14	15
Léry	Roussillon	1	13
Dundee	Le Haut-Saint-Laurent	4	6
Saint-Anicet	Le Haut-Saint-Laurent	1	0

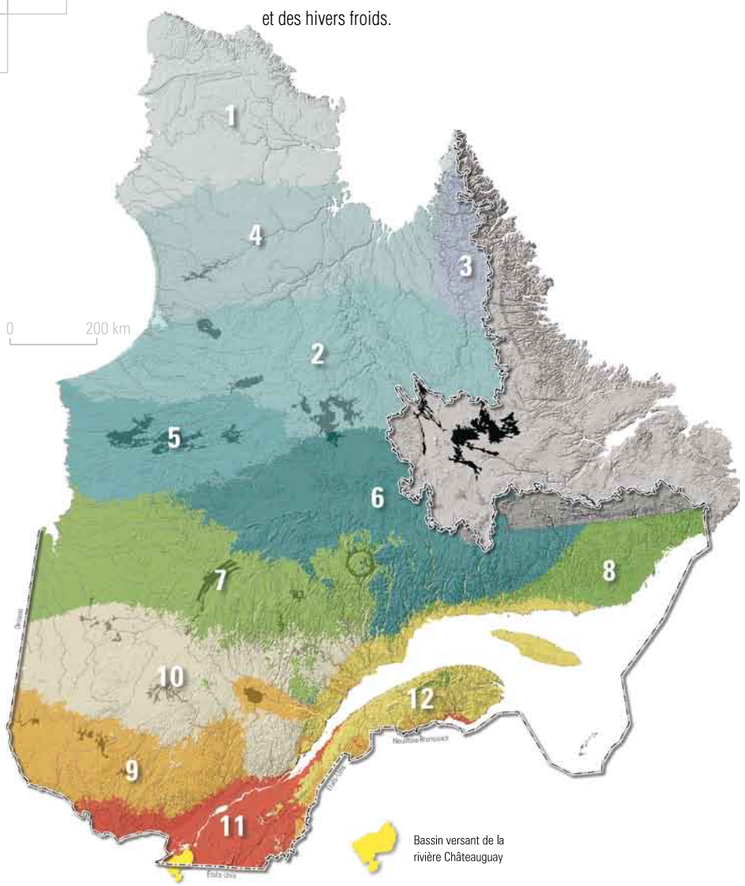


Source : Superficies calculées à partir des limites municipales du Système sur les découpages administratifs (SDA, 2001) à l'échelle 1 : 20 000.

TERRITOIRE

Climat

Le bassin versant de la rivière Châteauguay est sous l'influence d'un climat de type modéré, sub-humide à saison de croissance longue. Cela se traduit généralement par des étés chauds et des hivers froids.



Les bioclimats du Québec

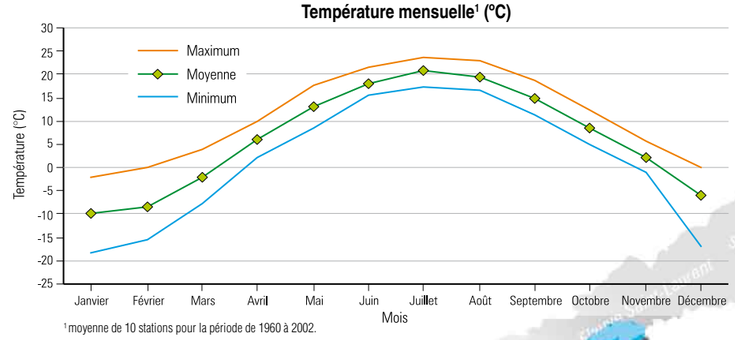
Source : GERARDIN, V. et D. McKenney (2001).

Classe	Température (ºC)	Précipitations (mm)	Saison de croissance
1	polaire	semi-aride	très courte
2	subpolaire froide	modérée	très courte
3	polaire	modérée	courte
4	polaire	modérée	très courte
5	subpolaire froide	modérée	courte
6	subpolaire froide	sub-humide	courte
7	subpolaire froide	sub-humide	moyenne
8	subpolaire	humide	courte
9	subpolaire douce	sub-humide	longue
10	subpolaire	humide	moyenne
11	modérée	sub-humide	longue
12	subpolaire	sub-humide	moyenne

Aperçu des conditions météorologiques

Les **températures** observées pour les 10 stations du bassin versant de la rivière Châteauguay sont très similaires. La température annuelle moyenne est d'environ **6,3 °C**. Le mois de janvier est le plus froid (moyenne de -9,9 °C) et le mois de juillet le plus chaud (moyenne de 20,7 °C). En général, le sol est gelé de la mi-novembre à la mi-mars.

Température mensuelle[1] (ºC)



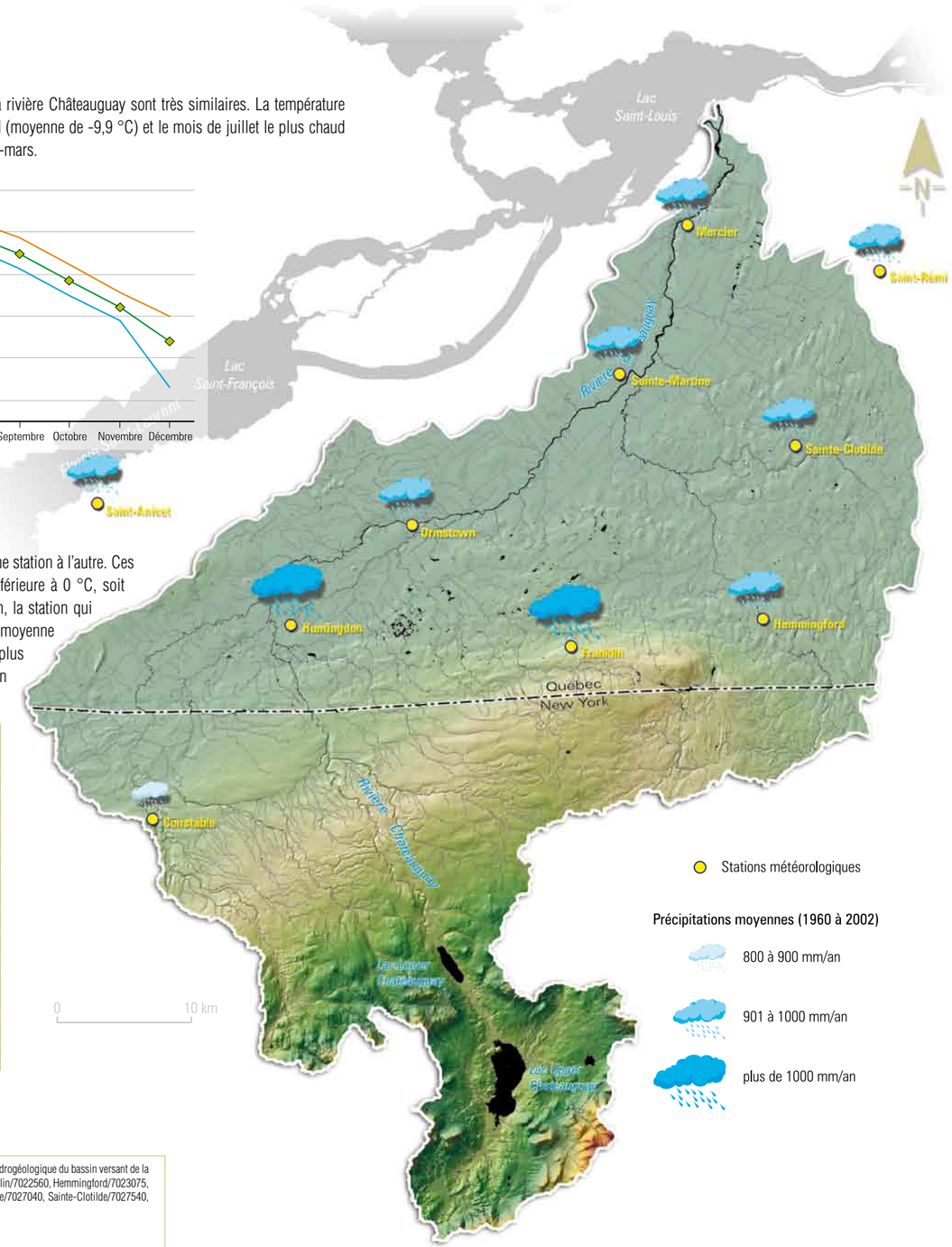
[1] moyenne de 10 stations pour la période de 1960 à 2002.

Contrairement aux températures, les **précipitations** sont très variables d'une station à l'autre. Ces précipitations tombent sous forme de neige lorsque la température est inférieure à 0 °C, soit de décembre à mars principalement. Pour la portion québécoise du bassin, la station qui enregistre les précipitations annuelles les plus faibles est Hemmingford (moyenne de 918 mm/an), et la station qui enregistre les précipitations annuelles les plus importantes est Franklin (moyenne de 1039 mm/an), principalement en raison de son altitude plus élevée.

Station météorologique	Précipitations (mm/an)			Altitude (mètres)
	Minimum	Moyenne	Maximum	
Franklin	764	1039	1485	145
Hemmingford	679	918	1281	61
Huntingdon	660	1014	1384	49
Mercier	705	931	1328	31
Ormstown	665	925	1234	46
Saint-Anicet	655	957	1228	53
Sainte-Martine	700	949	1331	38
Sainte-Clotilde	683	987	1267	56
Saint-Rémi	768	985	1227	53
Constable	630	877	1103	128

Source : Les données météorologiques présentées proviennent des stations retenues pour la caractérisation hydrogéologique du bassin versant de la rivière Châteauguay. Au Canada : Canadian Daily Climate Data, Environnement Canada, stations Franklin/7022560, Hemmingford/7023075, Huntingdon/7023240, Mercier/7024878, Ormstown/7025745, Saint-Anicet/7026836, Sainte-Martine/7027040, Sainte-Clotilde/7027540, Saint-Rémi/7027690. Aux États-Unis : station Constable 1S/ WBAN 301723.

Pour en savoir plus, consulter le mémoire de Anne Croteau (2006).



Réseau de drainage

Dans la partie amont du bassin (**1**), la rivière s'écoule rapidement suivant une pente prononcée vers le nord-ouest. Par endroits , la rivière a creusé des canyons relativement étroits à travers le till et les grès. Le réseau de drainage naturel y est dense et bien développé, et les sols ont un potentiel d'érosion élevé en raison de la pente.

Lorsque la rivière atteint les dépôts granulaires principalement situés en bordure du mont Covey Hill (**2**), la densité du réseau de drainage diminue considérablement. Les sédiments grossiers en contact direct avec le roc semblent avoir une grande capacité d'accumuler l'eau des précipitations, réduisant du coup le drainage de surface à un phénomène d'infiltration et d'écoulement de l'eau dans le sol.

À l'approche de la jonction avec la rivière Trout située un peu avant Huntingdon (**3**), le terrain accidenté fait place à la vaste plaine du Saint-Laurent et l'écoulement de surface devient beaucoup plus lent.

Dans la partie aval du bassin, la rivière effectue un virage à 90 degrés vers le nord-est, bloquée par le champ de drumlins de Huntingdon-Cazaville (**4**). Ça et là, le paysage présente des dépressions remplies d'eau résultant du faible drainage sur le till. Plusieurs de ces dépressions sont demeurées remplies d'eau depuis le retrait des glaciers dans la région, ou se sont remplies à la suite d'événements de précipitation importants et/ou une fonte des neiges trop rapide, qui a créé une érosion importante apportant de grandes quantités de sédiments fins qui bloquent l'infiltration. Ces conditions ont favorisé l'établissement de tourbières et de zones humides où les matières organiques ont progressivement comblé les dépressions.

Une fois sur la plaine argileuse (**5**), le réseau naturel de drainage se transforme en un réseau structuré et plutôt dense, formé le plus souvent par des drains agricoles. Le développement des sols fertiles pour une vocation agricole a commencé au début des années 1800 avec l'arrivée massive de colons. Le drainage des champs, des sols organiques et des milieux humides ainsi que la déforestation se poursuivent toujours. De plus, des travaux d'excavation et d'approfondissement des lits de certaines rivières ont été réalisés dans les années 1960, pour accélérer l'évacuation des eaux de fonte au printemps. Toutes ces interventions sur le réseau de drainage naturel ont conduit inévitablement à l'augmentation des probabilités d'inondation ; ces probabilités sont les plus élevées à l'embouchure de la rivière Châteauguay (**6**). Enfin, la déforestation et le drainage des sols favorisent le ruissellement de surface plus important et plus rapide, provocant une plus grande érosion des sols et des rives.

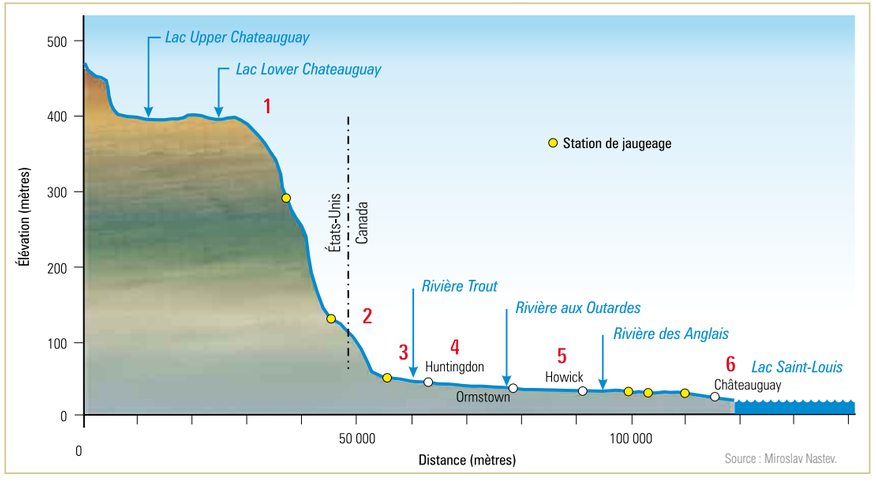
Drainage agricole

Photo : MDDEP.

Terres noires de Sainte-Clotilde

Photo : Tommy Tremblay, UQAM.

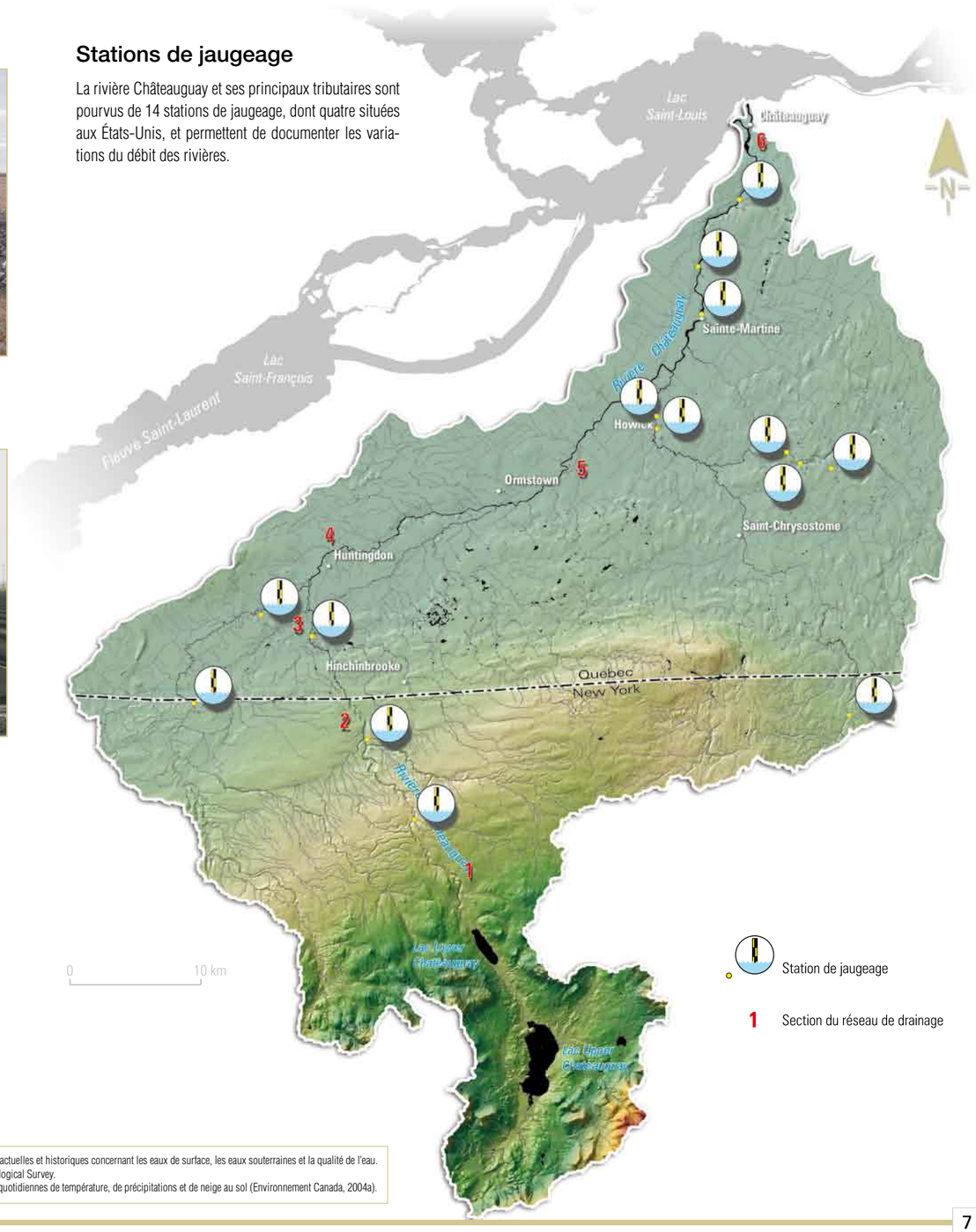
Profil de la rivière Châteauguay



Source : Miroslav Nastev.

Stations de jaugeage

La rivière Châteauguay et ses principaux tributaires sont pourvus de 14 stations de jaugeage, dont quatre situées aux États-Unis, et permettent de documenter les variations du débit des rivières.

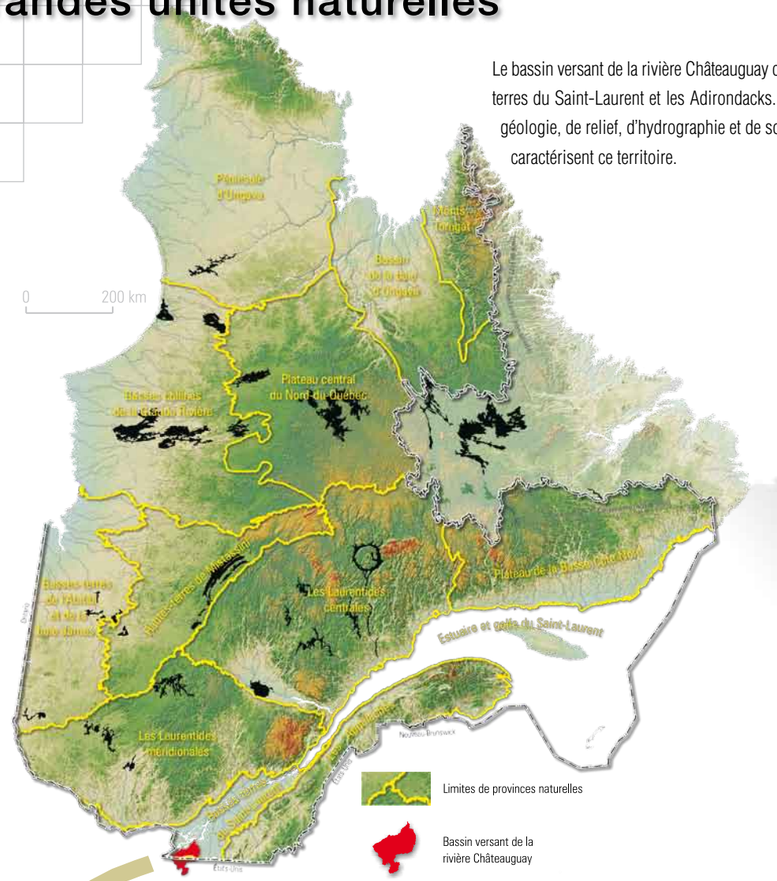


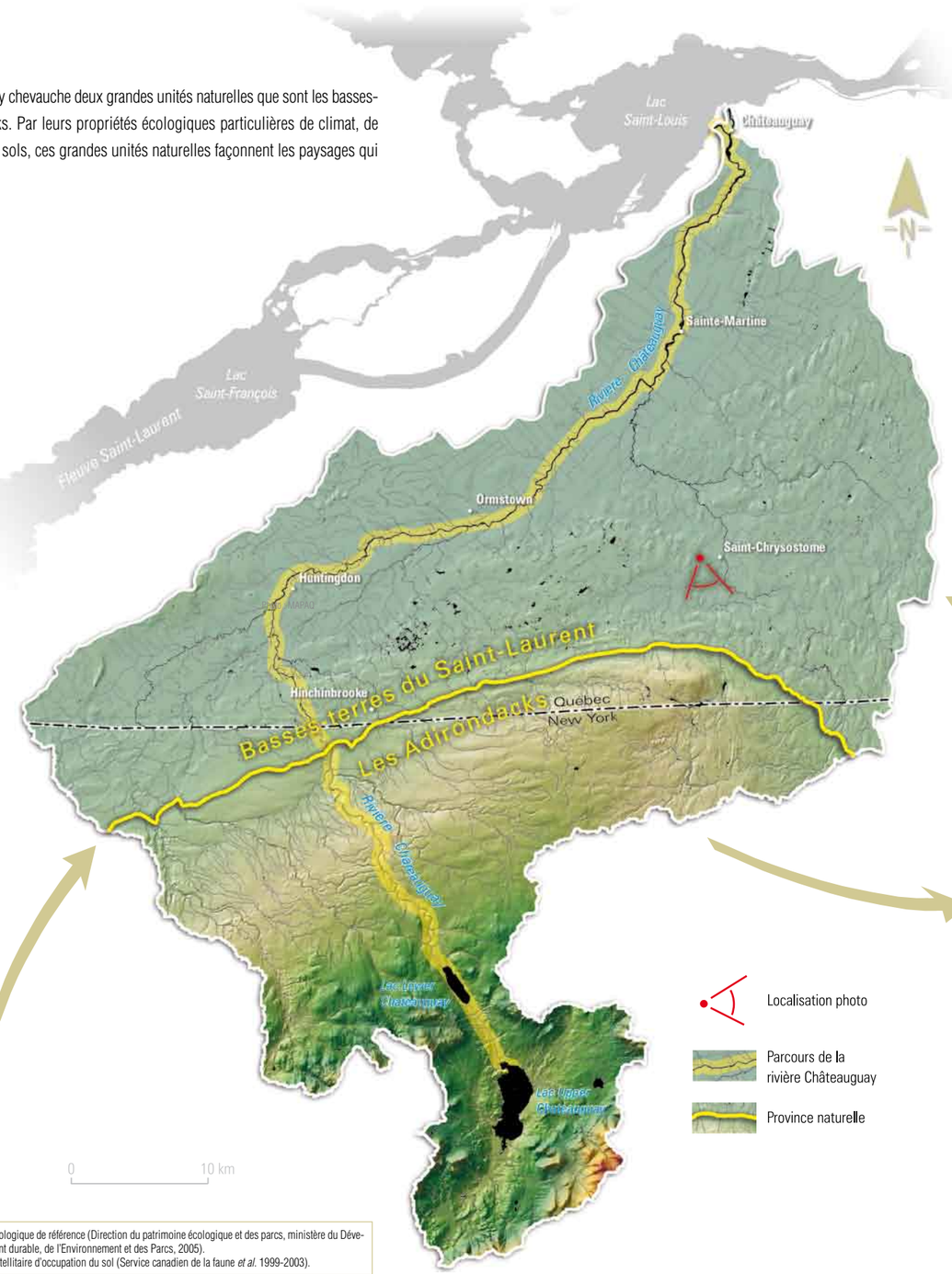
Sources : Données actuelles et historiques concernant les eaux de surface, les eaux souterraines et la qualité de l'eau. U. S. Geological Survey.
Données quotidiennes de température, de précipitations et de neige au sol (Environnement Canada, 2004a).

TERRITOIRE

Grandes unités naturelles

Le bassin versant de la rivière Châteauguay chevauche deux grandes unités naturelles que sont les basses-terres du Saint-Laurent et les Adirondacks. Par leurs propriétés écologiques particulières de climat, de géologie, de relief, d'hydrographie et de sols, ces grandes unités naturelles façonnent les paysages qui caractérisent ce territoire.





Une réalité bien visible sur le terrain
(voir localisation sur la carte)

Photo : MDDEP.

Sources : Cadre écologique de référence (Direction du patrimoine écologique et des parcs, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005).
Image satellitaire d'occupation du sol (Service canadien de la faune *et al.* 1999-2003).

Basses-terres du Saint-Laurent

Photo : MAPAQ.

Les **basses-terres du Saint-Laurent** reposent sur une plate-forme de roches sédimentaires comblée par des dépôts marins (mer de Champlain), des dépôts glaciaires et des tourbières. Elles sont coupées en deux par le Saint-Laurent, lequel reçoit les eaux des affluents qui naissent dans les Appalaches ou dans le Bouclier canadien.

Les Adirondacks

Photo : Jean-Eric Baribeau.

Massif montagneux situé au nord de l'État de New York, les **Adirondacks** sont composés de vieilles roches métamorphiques du Bouclier canadien au centre et de roches sédimentaires plus récentes aux alentours. Au nord, un petit bout du piedmont des Adirondacks traverse la frontière canado-américaine; il est connu sous le nom de « Covey Hill ». Ce secteur appartient à la province géologique de la plate-forme du Saint-Laurent et le socle rocheux est principalement constitué de grès de Postdam.

Paysages régionaux

La partie québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay se divise en huit portions de territoire qui distinguent les principaux paysages régionaux du bassin versant. Ces paysages sont composés de patrons de relief particuliers auxquels sont associés une géologie, des formes de terrain, des types de sols et une configuration particulière du réseau hydrographique.

Occupation du sol

- Résineux
- Mélangé
- Feuillus
- Coupes, régénération
- Cultures annuelles
- Cultures pérennes
- Agricole (autres)
- Tourbières, marais
- Urbain

Paysages régionaux

- Limite de district écologique

0 — 5 km

Plaine ravinée de Châteauguay

Cuvette de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay

Plaine de Sainte-Martine

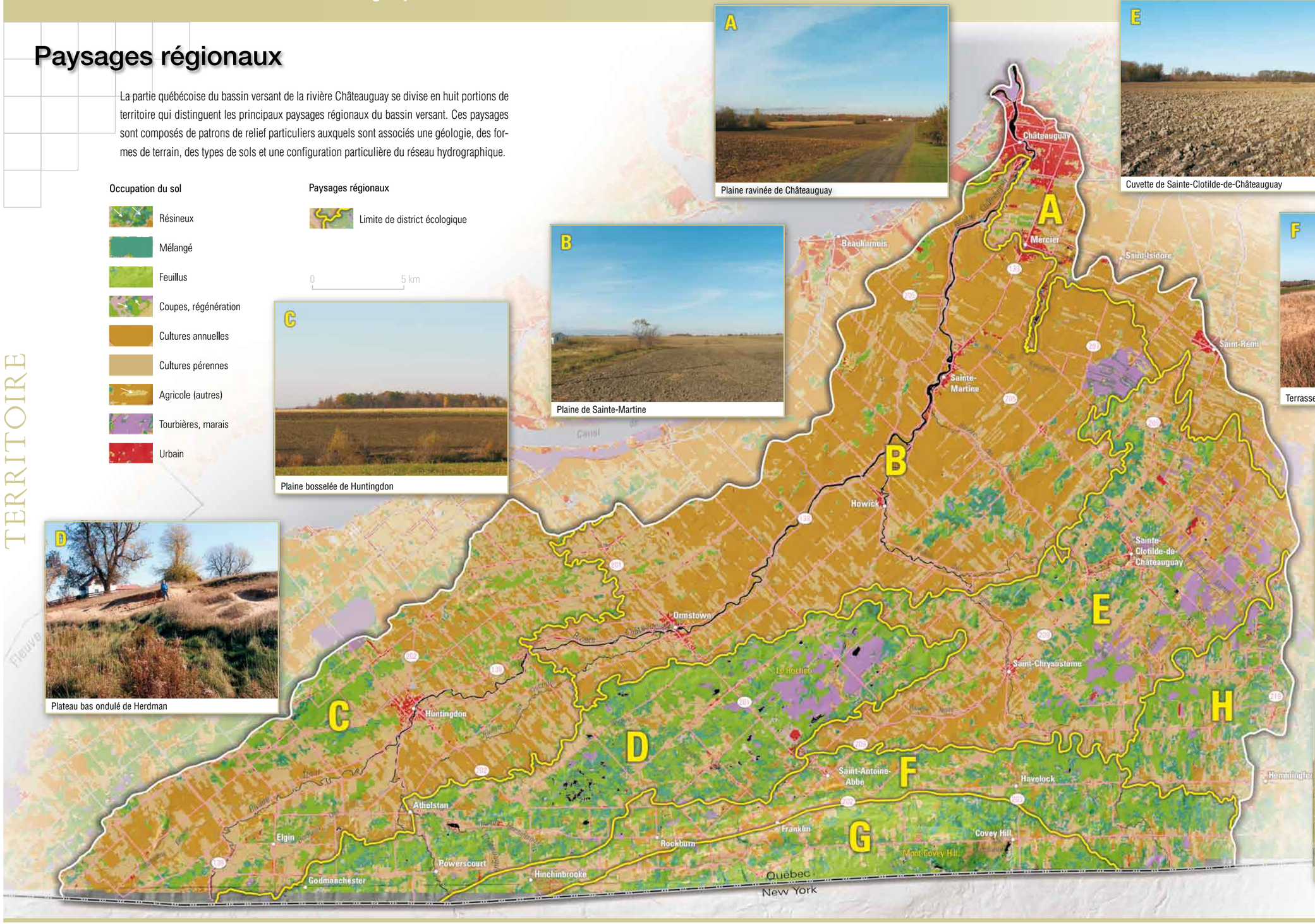
Terrasse de Saint-Antoine-Abbé

Plaine bosselée de Huntingdon

Basse colline de Covey Hill

Plateau bas ondulé de Herdman

Plaine ondulée de Hemmingford



Photos : MDDEP.

Pédopaysages

La partie québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay se retrouve presque exclusivement dans la province pédologique des basses-terres du Saint-Laurent à moins de 160 m d'altitude. Ce territoire doit son individualité et son aspect particulier à un ensemble de facteurs physiques permanents : altitude, relief, formations géologiques, dépôts meubles et association de sols.

Pédopaysage du plateau de Covey Hill (160–340 m)

Le plateau de Covey Hill est le pédopaysage le plus méridional de la portion québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay. Il est formé principalement d'affleurements rocheux de grès de Potsdam et d'amas glaciaires accumulés en tas irréguliers sur un relief bosselé formé de coteaux séparés par des dépressions plus ou moins profondes et étroites au fini organique. Les dépôts glaciaires sont disposés en placages formés de tills minces, de modérément à mal drainés, acides, de granulométrie squelettique-sableuse incluant de nombreux cailloux de grès (séries de sols Covey et Rockburn). Ces sols se classent dans le grand groupe taxonomique des brunisols dystriques ou des gleysols humiques selon leur position dans le paysage. Localement, il y a de faibles étendues de dépôts glacio-lacustres mal drainés, neutres et de granulométrie loameuse; ce sont des gleysols humiques (série Havelock).

Pédopaysage des terrasses marines (90-160 m)

Depuis le plateau de Covey Hill en descendant le versant nord, on aborde le premier pédopaysage associé à la province des basses-terres du Saint-Laurent, soit les terrasses marines. Il se présente comme une suite d'étages formés de paliers verticaux disposés suivant l'inclinaison générale de la pente fortement inclinée (jusqu'à 30 %) vers l'aval du bassin versant. Ce secteur a été recouvert par des dépôts glaciaires et surtout des plages marines, remaniés ultérieurement par les activités littorales de la mer de Champlain. Les sols sont plus ou moins profonds, bien drainés, d'acides à neutres, formés de graviers et de sables interstratifiés, parfois avec la présence de nombreux coquillages marins; ce sont des brunisols dystriques ou eutriques (série Franklin).

Pédopaysage de la plaine vallonnée (60-90 m)

Ce pédopaysage est constitué d'une plaine fortement vallonnée (1 à 15 % de pente), dominée par une série de longs côteaux morainiques plus ou moins continus d'orientation nord-est sud-ouest. Entre ceux-ci se trouvent de vastes et profondes dépressions comblées par des dépôts organiques. Les côteaux, surélevés de huit à 25 m au-dessus de la plaine environnante, sont composés de tills remaniés. Ce pédopaysage présente trois types de tills remaniés intimement liés. Ceux-ci alternent avec des affleurements rocheux ou sont parfois disposés sous de très minces placages de blocailles d'origine glacielle. Le premier till est plutôt acide, de granulométrie squelettique-sableuse, avec de nombreux fragments de grès de Postdam (séries Perrot et Rockburn). Le deuxième est de neutre à alcalin, avec une matrice brune, de granulométrie squelettique-loameuse avec une pétrographie constituée d'un mélange à peu près égal de fragments de grès de Postdam et de dolomie de Beekmantown et quelques éléments laurentiens (série Norton). Le dernier till, est presque exclusivement dolomitique et présente une distribution plus ponctuelle et intimement liée à l'assise géologique locale qui est la dolomie de Beekmantown. Encastré dans une matrice d'un brun olivâtre, ce till alcalin et calcaire a une granulométrie squelettique-loameuse (séries Saint-Bernard et Herdman). Tous ces tills forment des caténas de drainage selon leur position le long du gradient de pente des moraines locales. Ainsi, au sommet des dorsales, les tills acides se classent parmi les podzols humo-ferriques, alors que les tills dolomitiques neutres ou alcalins forment des brunisols mélaniques. En milieu de pente, il y a généralement des brunisols dystriques ou eutriques souvent gleyifiés et en pied de pente, sur des terrains faiblement inclinés ou plats, des gleysols humiques.

Au pied de ces dépôts glaciaires remaniés et délavés, il y a des étalements d'alluvions anciennes et profondes, mal drainées, d'acides à neutres, de granulométrie sableuse ou loameuse-grossière, déposées en placage sur les tills; ce sont des gleysols humiques (série Botreaux). Dispersés, ici et là, on retrouve des cordons fluvio-glaciaires, profonds, bien drainés, acides et stratifiés à granulométrie squelettique-sableuse ou loameuse, (série Grande-Ligne) et des dépôts de plages marines profonds de bien à mal drainés, acides, de granulométrie sableuse, parfois avec un fini éolisé ou des lits graveleux dans le substratum (séries Sorel, Saint-Jude et Saint-Amable). Ces sables forment des podzols humo-ferriques sur les sommets des vallons et deviennent plus gleyifiés en terrains plats, avec parfois la présence d'un horizon d'ortstein discontinu dans le sous-sol.

Au centre des paysages morainiques, il y a des sols de milieux humides, des marécages ou des terres noires minces sur des sols minéraux. Ces sols sont constitués de matériaux organiques, d'acides à neutres, de très à assez décomposés, accumulés au-dessus des tills régionaux ou parfois sur des dépôts lacustres stratifiés; ce sont des humisols ou mésisols terriques. Au centre des cuvettes se trouvent des tourbières ombrotrophes profondes, acides, constituées de matériaux organiques peu décomposés, soit des fibrisols typiques.

Pédopaysage de la plaine ondulée (45-60 m)

Les pédopaysages suivants reposent en profondeur sur une assise géologique faite en partie de strates peu plissées de roches sédimentaires aux couches légèrement inclinées et composées surtout de shales, de grès et de calcaires de l'époque Ordovicienne.

Au nord-est, le pédopaysage de la plaine ondulée (1 à 8 % de pente) est marqué de crêtes morainiques de faible amplitude, d'orientation sud-ouest nord-est, associées à d'épars coteaux allongés d'eskers fortement vallonnés (8 à 15 % de pente) brisant l'horizontalité de la plaine. Les tills remaniés typiques sont profonds, alcalins, d'un brun jaunâtre, constitués de sable et de limon calcareux, avec une bonne proportion de graviers, de cailloux, parfois même de pierres, dérivés de calcaires, grès, siltstones, dolomies et shales avec quelques éléments laurentiens (séries Napierville et Saint-Mathieu). Les dépôts fluvio-glaciaires du Coteau Sainte-Marguerite sont profonds, bien drainés, acides, de granulométrie squelettique-sableuse ou loameuse, stratifiés de lits sableux et podzolizés (série Grande-Ligne). Par endroits, sur cet esker remanié par la mer de Champlain, il y a présence de coquillages; les sols sont alors de neutres à alcalins et calcaires; ce sont des brunisols eutriques (série Sainte-Philomène).

Au sud-ouest, le pédopaysage est plutôt marqué par l'abondance entre les croupes morainiques de dépôts lacustres ou fluvio-lacustres déposés dans des dépressions en longues bandes parallèles, vestige du lac Saint-François. Ces sols sont imparfaitement à mal drainés, neutres à alcalins, de granulométrie loameuse, stratifiés de lits ou de lamelles de limon, de sable fin et d'argile et reposent en profondeur sur l'argile marine (séries Saint-Anicet et Sainte-Barbe); ce sont des gleysols humiques ou des gleysols humiques régosoliques.

Pédopaysage de la plaine horizontale (35-45 m)

Ce pédopaysage sert d'exutoire au bassin versant de la rivière Châteauguay et de ses tributaires qui vont se jeter dans le lac Saint-François à la hauteur de la municipalité de Châteauguay. Cette région fut successivement le principal bassin de sédimentation des argiles et des limons déposés lors de l'invasion de la mer de Champlain, venue recouvrir les dépôts glaciaires de l'époque Quaternaire. Elle est formée de matériaux marins et glacio-lacustres déposés à plat. Les argiles marines se composent à plus de 60 % d'argile, de couleur grise à gris olivâtre, collante, massive, neutre ou alcaline, voire calcaire avec la présence de coquillages marins. Ces sols profonds, de mal à imparfaitement drainés, appartiennent aux gleysols humiques (séries Sainte-Rosalie et Saint-Urbain), parfois aux brunisols gleyifiés ou régosols gleyifiés près de zones ravinées (série Rideau). À l'extrémité nord du bassin, il y a de grandes aires d'argile marine de couleur gris brunâtre, remaniée fluviatilement par le Proto-Saint-Laurent ou résultant d'immenses glissements de terrain régionaux (série Providence). Il y a aussi des dépôts glacio-lacustres, ancêtre de l'ancien lac proglaciaire Chambly. Ces sols profonds et mal drainés, de neutres à alcalins, sont constitués d'argile brun rougeâtre, stratifiés de lamelles ou de lits de limon ou de sable très fin (séries Chambly et Bearbrook). En transition, on découvre des placages (< 1 m) d'argile reposant sur les dépôts glaciaires (séries Châteauguay et Saint-Blaise). Tous ces sols sont généralement horizontaux ou faiblement inclinés (1 à 5 %) vers les cours d'eau actuels; ce sont des gleysols humiques et des brunisols mélaniques éluviés et gleyifiés vers le haut des pentes. On retrouve, ici et là, des sables marins d'eau peu profonde, mal drainés à cause de leur position horizontale et de leur faible épaisseur sur un substratum imperméable et argileux (séries Aston, Beauharnois, Saint-Damase et Saint-Valentin). Ces sols sont surtout des gleysols humiques, parfois des brunisols dystriques ou eutriques gleyifiés sur le sommet des ondulations.

Pédopaysage de la plaine alluviale (< 35 m)

La plaine alluviale de la rivière Châteauguay et de ses affluents constitue ce pédopaysage. Les alluvions se sont déposées près de la rivière sur d'anciennes terrasses ou sur de basses platières encaissées dans d'anciens méandres encore exposés aux inondations printanières. Ces sédiments ont été déposés au moment où toutes les eaux ralenties, et chargées de fins débris en suspension, réintégraient les lits anciens de la rivière. Ces sols sont de mal à modérément drainés, neutres, stratifiés d'argile, de limon et de sable très fin et reposent entre un à trois mètres de profondeur sur l'argile marine (séries Howick et Ormstown). Ce sont, près des cours d'eau, des gleysols orthiques ou des régosols orthiques et parfois des brunisols eutriques sur les terrasses supérieures anciennes. Certains processus d'érosion hydrique et de déplacement de sédiments continuent d'être actifs le long des cours d'eau actuels, près des escarpements anciens ou des ravins fortement entaillés. Par contre, le réseau hydrographique de la rivière Châteauguay est très jeune, les courants transportent très peu de sédiments, outils indispensables au creusement et à la formation de nouvelles terrasses alluviales.

Source : Adapté de Lamontagne, L. et A. Martin. 2006. Les pédopaysages du bassin versant de la rivière Châteauguay. Agriculture et Agro-alimentaire Canada. Laboratoire de pédologie et d'agriculture de précision.

Pédopaysages

Province pédologique des Laurentides (> 160 mètres)

Région pédologique des hautes-terrasses des Laurentides (180 à 600 mètres)

- Pédopaysage du plateau de Covey Hill (160 à 340 mètres)

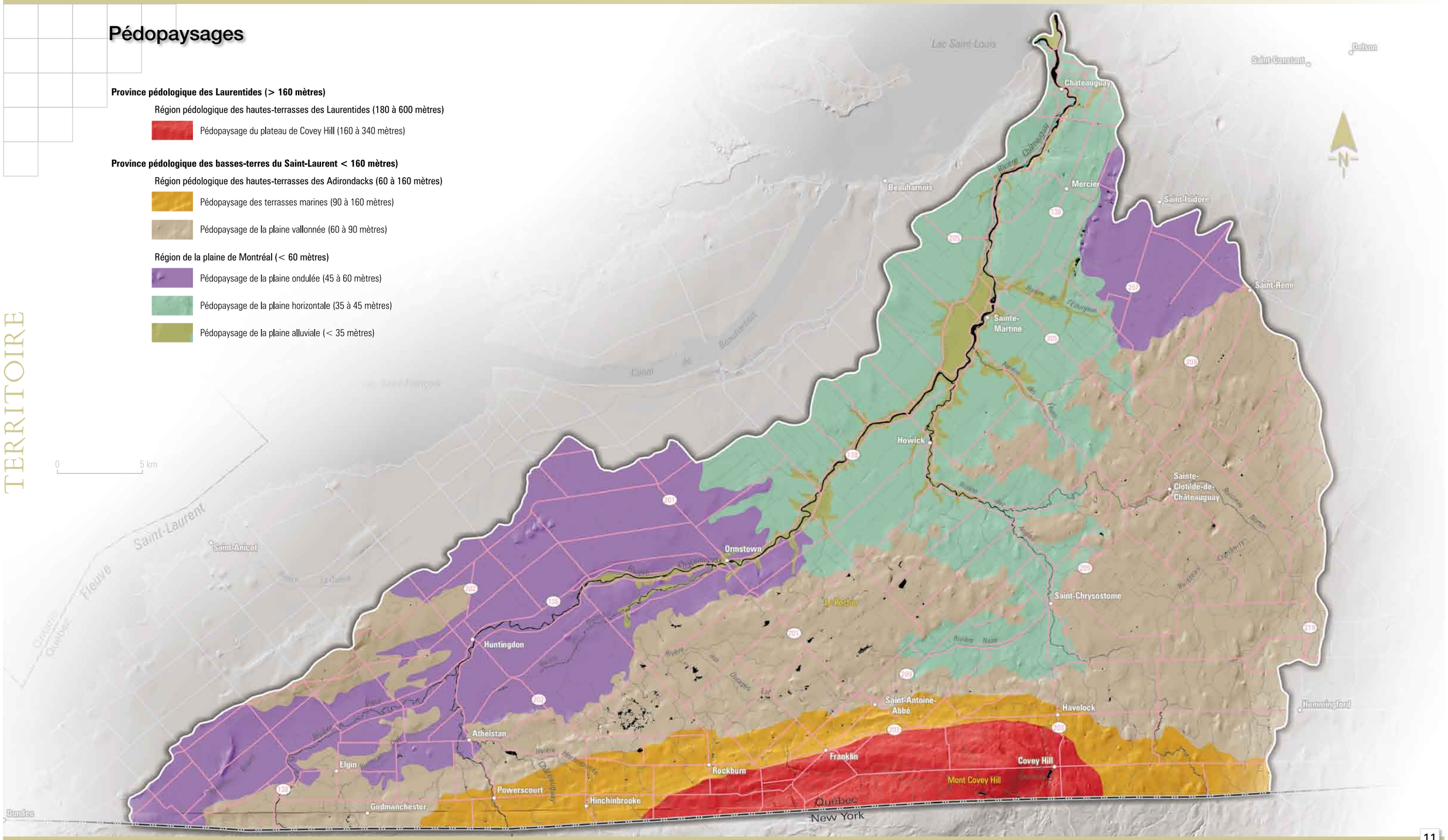
Province pédologique des basses-terres du Saint-Laurent < 160 mètres)

Région pédologique des hautes-terrasses des Adirondacks (60 à 160 mètres)

- Pédopaysage des terrasses marines (90 à 160 mètres)
- Pédopaysage de la plaine vallonnée (60 à 90 mètres)

Région de la plaine de Montréal (< 60 mètres)

- Pédopaysage de la plaine ondulée (45 à 60 mètres)
- Pédopaysage de la plaine horizontale (35 à 45 mètres)
- Pédopaysage de la plaine alluviale (< 35 mètres)



Milieux humides

Les milieux humides présents dans la portion québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay se répartissent en quatre zones de concentration. Ces zones sont intimement liées au contexte géomorphologique et influencent le type et la configuration des milieux humides qui s'y trouvent. Ces zones sont donc expliquées à l'intérieur des limites des paysages régionaux du bassin versant de la rivière Châteauguay.

Zone 1 – Le Rocher

La première zone de concentration se trouve à l'extrême est du plateau bas ondulé de Herdman. Ce secteur forme comme une presqu'île de dépôts résiduels et morainiques, connectée au sud par les collines de Covey Hill et avançant vers le nord-est dans les dépôts marins argileux. Deux grandes zones humides autrefois rattachées se distinguent. Celle située à l'ouest présente des mares et des zones arbustives et herbacées qui laissent peu à peu la place à des peuplements forestiers d'érables rouges et de feuillus intolérants (bouleaux à papier et peupliers) à mesure que l'on se déplace vers l'est. Celle de l'ouest présente une partie humide herbacée et arbustive dans laquelle passent des lanières orientées nord-est plus ou moins sèches. Il s'agit de plis morainiques plus ou moins bien drainés, couverts par des bouleaux à papier et des peupliers.

Zone 2 - Terres noires de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay

La deuxième zone la plus importante est située dans la cuvette de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay et dans le nord de la plaine ondulée de Hemmingford. Le territoire est recouvert d'un dépôt glaciaire dans ces parties convexes et d'un dépôt organique dans la grande dépression centrale. On distingue, dans la typologie des milieux humides, les forêts de feuillus sur tourbe composées de feuillus intolérants (bouleaux à papier et peupliers) et les forêts de résineux sur tourbe composées d'un couvert d'épinettes noires et/ou d'épinettes rouges.

Zone 3 - Terrasses de Sainte-Antoine-Abbé

La troisième zone se situe au pied des collines de Covey Hill, au centre du plateau bas ondulé de Herdman et dans les terrasses de Saint-Antoine-Abbé. Les milieux humides sont de petites tailles. Marais, marécages ou tourbières jouxtent généralement les mares et les ruisseaux situés à l'intérieur des boisés, dans les dépressions du contrefort couvert de dépôts glaciaires qui surplombe la plaine argileuse.

Zone 4 – Marais et marécages Marguerite-D'Youville

La rivière Châteauguay termine sa course dans le fleuve Saint-Laurent en un estuaire à deux bras qui entoure une île principalement couverte de marais à quenouilles et de marécages arborés. Ces milieux humides se présentent de part et d'autre des bras de la rivière dans un axe nord-est sud-ouest, juste derrière d'anciens cordons de plage qui longent la rive du fleuve. Cette zone fait partie de l'ancien delta de la rivière qui se jetait alors vers le nord. La carte nous montre les anciens chenaux recouverts de dépôts organiques et les anciennes îles formées d'alluvions d'argile, de limon et de sable.

Si elles se distinguent par le type et la superficie des milieux humides, ces zones ont une histoire commune. Comme cela c'est produit pour la plupart des milieux humides composés de terres noires, les pratiques agricoles ont réduit le nombre et la superficie des terres humides, autant pour les tourbières que pour les marais et marécages sur des dépôts minéraux fins. Dans le bassin versant voisin, celui de la rivière Laguerre, deux grandes tourbières ayant les mêmes caractéristiques sont également largement exploitées. Il s'agit du Large Tea Field et du Small Tea Field.

Sources : L'Atlas de conservation des terres humides des secteurs à vocation agricole de la vallée du Saint-Laurent (Service canadien de la faune et Canards Ilimités, 1999).
Feuillets pédologiques échelle 1 : 20 000 (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement).

Qu'est-ce qu'un milieu humide?

Il correspond à l'ensemble des sites saturés d'eau ou inondés pendant une période suffisamment longue pour influer, dans la mesure où ils sont présents, sur la végétation et le substrat. De plus, sont inclus dans les milieux humides les sites où un processus actif ou inactif d'entourbement a permis la mise en place d'un dépôt de tourbe, de même que les portions du rivage, lesquelles ne sont inondées que lors des marées d'équinoxes ou des crues exceptionnelles.

Pour la portion québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay, on trouve principalement trois types de milieux humides qui se définissent comme suit :

Le marais

« Les marais sont des habitats dominés par des herbaçaies sur substrat minéral partiellement ou complètement submergé au cours de la saison de croissance. Dans la majorité des cas, ils sont en lien avec un cours d'eau, mais peuvent également être isolés. »

Source : Adaptation de Payette et Rochefort (2001).

Le marécage arboré ou arbustif

« Les marécages sont dominés par une végétation ligneuse, arborescente ou arbustive, croissant sur un sol minéral ou organique soumis à des inondations saisonnières ou caractérisé par une nappe phréatique élevée et une circulation d'eau enrichie de minéraux dissous. Ils sont soit isolés, soit en lien avec un cours d'eau. »

Source : Adaptation de Payette et Rochefort (2001).

La tourbière

« La tourbière est un terme générique qualifiant tous les types de terrains recouverts de tourbe. Il s'agit d'un milieu à drainage variable où le processus d'accumulation organique prévaut sur les processus de décomposition et d'humidification, peu importe la composition botanique des restes végétaux. La tourbe, que l'on qualifie également de sol organique, doit cependant avoir une épaisseur minimale. Un sol est dit organique lorsque la matière organique est peu décomposée et présente une épaisseur de plus de 60 cm, ou lorsque la matière organique est bien décomposée avec une épaisseur de plus de 40 cm. »

Source : Adaptation de Payette et Rochefort, (2001) et du système canadien de classification des sols (1998).

La tourbière

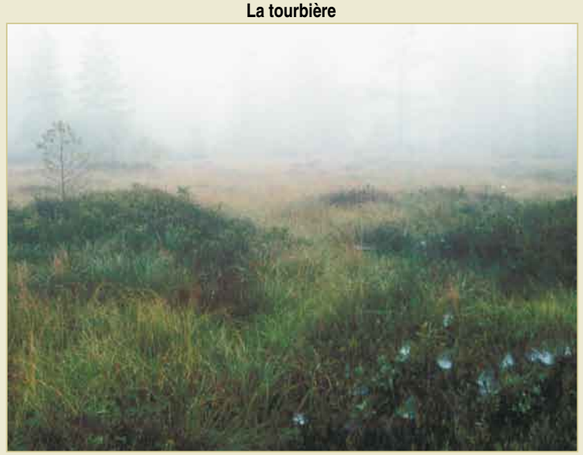


Photo : CNC.

Le marais

Photo : Mireille Sager.

Le marécage arboré

Photo : Rodolph Balej.

Milieux humides

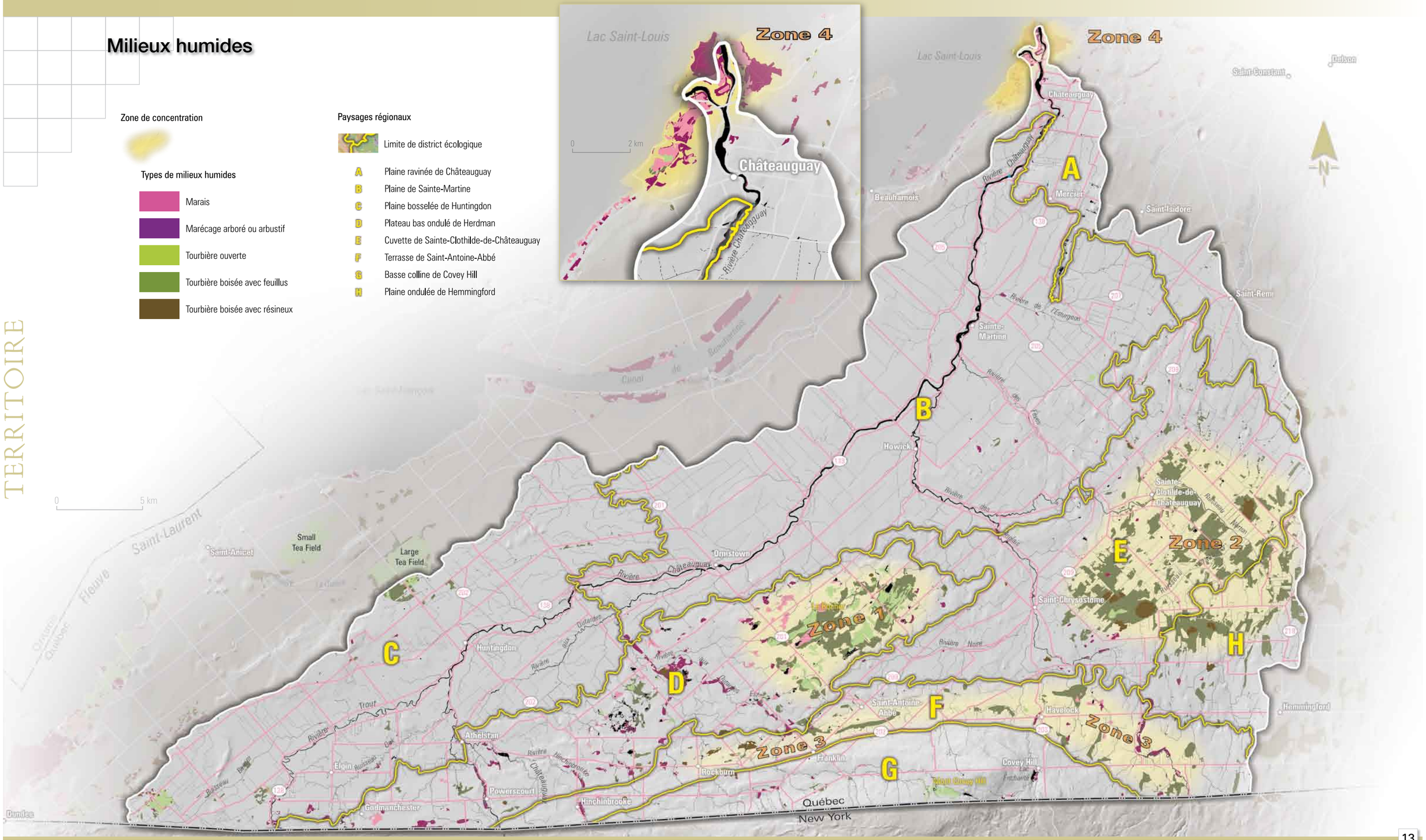
Zone de concentration

Types de milieux humides

- Marais
- Marécage arboré ou arbustif
- Tourbière ouverte
- Tourbière boisée avec feuillus
- Tourbière boisée avec résineux

Paysages régionaux

- Limite de district écologique
- A Plaine ravinée de Châteauguay
- B Plaine de Sainte-Martine
- C Plaine bosselée de Huntingdon
- D Plateau bas ondulé de Herdman
- E Cuvette de Sainte-Clothilde-de-Châteauguay
- F Terrasse de Saint-Antoine-Abbé
- G Basse colline de Covey Hill
- H Plaine ondulée de Hemmingford

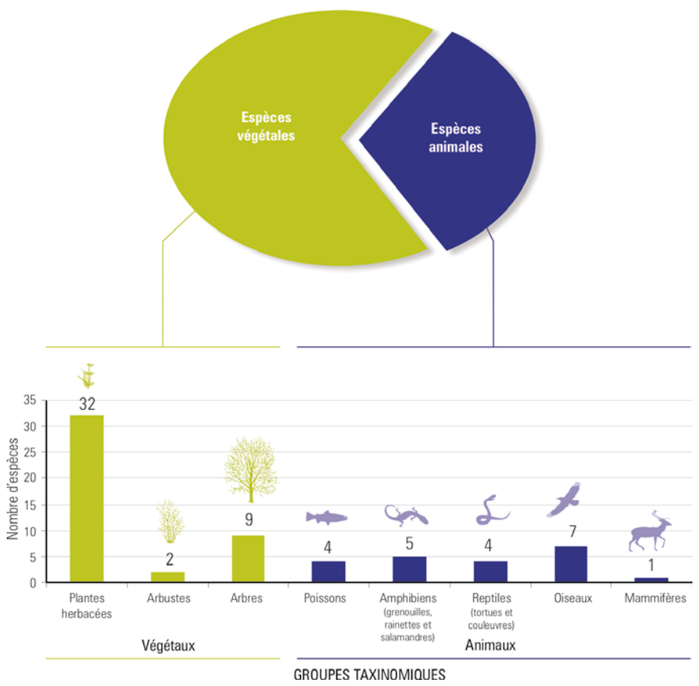


Espèces menacées ou vulnérables

Un territoire abritant plus de 60 espèces menacées ou vulnérables

Jusqu'à ce jour, 64 espèces menacées ou vulnérables[1] ont été répertoriées sur le territoire du bassin versant de la rivière Châteauguay. Les deux tiers d'entre elles sont des plantes, les autres, des animaux. Les plantes comprennent 32 espèces herbacées, deux espèces arbustives et, ce qui est remarquable, neuf des 12 espèces d'arbres menacées ou vulnérables du Québec. Du côté de la faune, les oiseaux et les amphibiens sont les mieux représentés, comptant respectivement sept et cinq espèces. Avec quatre espèces, les reptiles et les poissons arrivent *ex æquo*, tandis que les mammifères n'ont qu'un seul représentant, le lynx roux.

Répartition des 64 espèces menacées ou vulnérables du bassin versant de la rivière Châteauguay selon leur groupe taxinomique



Espèces menacées

[1] Dans le texte, l'expression « espèces désignées menacées ou vulnérables » comprend les espèces légalement désignées et celles susceptibles de l'être.

[2] Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) fait partie d'un réseau de centres de données sur la conservation répartis dans toute l'Amérique. Sa mission consiste à recueillir, consigner, analyser et diffuser l'information sur les éléments de la biodiversité, et plus particulièrement sur les espèces menacées ou vulnérables. Le CDPNQ est géré par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (http://www.cdpnq.gouv.qc.ca).

Des exigences écologiques variées

Les espèces menacées ou vulnérables se répartissent sur le territoire en fonction de leurs exigences écologiques. Bien qu'un petit nombre fréquente les milieux transformés par les activités humaines, comme les pâturages et les friches, la majorité privilégie les milieux naturels peu perturbés.

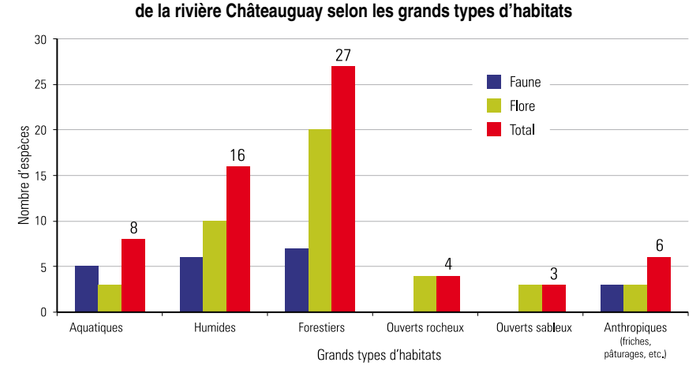
C'est la forêt qui abrite le plus grand nombre d'espèces menacées ou vulnérables : 27 au total. Au sein de cet habitat, elles occupent différentes niches écologiques. L'ail des bois et le ginseng à cinq folioles, par exemple, croissent sur le parterre ombragé des érablières à érable à sucre. La doradille ambulante, une petite fougère de forme triangulaire, s'installe uniquement sur des substrats rocheux de nature calcaire; on ne la trouve donc que dans les secteurs où la géologie est favorable. La salamandre sombre du Nord et la salamandre sombre des montagnes exigent, pour leur part, la présence de sources ou de petits ruisseaux.

Les milieux humides, incluant les tourbières, étangs, marais et marécages, représentent le second habitat en importance pour les espèces menacées ou vulnérables. Une dizaine d'espèces végétales et six espèces animales y sont étroitement associées. Le secteur des grandes tourbières du plateau ondulé de Herdman, où se juxtaposent plusieurs types de milieux humides, offre à plusieurs d'entre elles un refuge idéal. On y trouve, notamment, quatre populations importantes de rainettes faux-grillons de l'Ouest ainsi que les seules populations connues sur le territoire du troglodyte à bec court, de la bartonie de Virginie et de la woodwardie de Virginie.

Les cours d'eau constituent, pour leur part, un habitat essentiel pour huit espèces menacées ou vulnérables. La zizanie à fleurs blanches, appelée aussi riz sauvage, et la peltandre de Virginie poussent littéralement les « pieds » dans l'eau. Le fouille-roche gris, un petit poisson qui ne dépasse pas 40 mm de longueur à maturité, vit dans les sections des cours d'eau aux berges encore naturelles et où l'eau est de bonne qualité. En 1996, sa présence a été notée dans la rivière des Anglais, la rivière aux Outardes, la rivière Noire et le ruisseau Allen.

Enfin, sept espèces menacées ou vulnérables occupent des habitats marginaux, rocheux ou sableux, souvent délaissés par l'agriculture en raison des conditions peu propices pour cette activité : sol mince, substrat acide ou drainage excessif. Il s'agit d'espèces végétales bien adaptées à ces conditions et souvent exclusives à ce type de milieu. Le pin rigide, dont la plus grosse population au Québec se trouve sur des affleurements de grès au sud-est d'Ormstown, en est un exemple. C'est d'ailleurs pour assurer la protection d'une grande partie de cette population que la réserve écologique du Pin-Rigide a été constituée en 1978.

Répartition des espèces menacées ou vulnérables du bassin versant de la rivière Châteauguay selon les grands types d'habitats



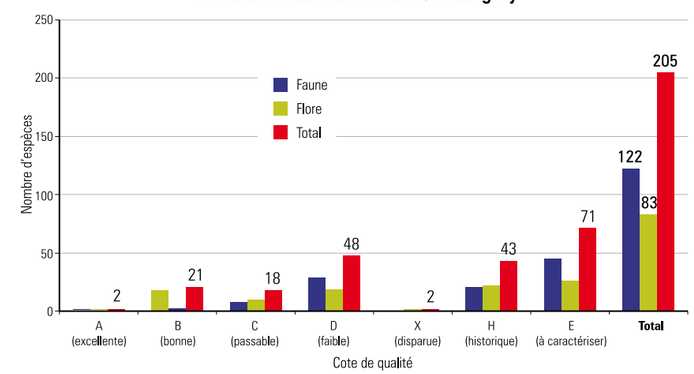
Un portrait qui se précise d'année en année

Au fil des ans, les 64 espèces menacées ou vulnérables du bassin versant de la rivière Châteauguay ont fait l'objet de 205 observations consignées en tant qu'occurrences au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec[2] . Un peu plus du cinquième de ces observations sont historiques (H), ayant été faites il y a plus de 25 ans. De fait, pour neuf espèces végétales et deux espèces fauniques, les seules données disponibles sont de cette nature si bien que leur présence sur le territoire se doit d'être validée par de nouveaux inventaires. C'est le cas de la lamproie du Nord, aperçue pour la dernière fois en 1976, et du galéaris remarquable, une orchidée forestière dont l'unique mention date de 1928.

La majorité des données sur les espèces menacées ou vulnérables sont toutefois plus récentes. Lorsqu'elles sont détaillées, ces données permettent d'attribuer aux occurrences répertoriées une cote de qualité qui varie de A (excellente) à D (faible). Cette évaluation tient compte de différents facteurs comme la taille des populations, leur vitalité et la qualité de l'habitat. Les occurrences qui présentent des cotes A, B ou C sont considérées comme viables et, en l'absence de perturbations, elles devraient pouvoir se maintenir à long terme. On en compte une quarantaine sur le territoire. Quant aux occurrences de cote D, leur survie est précaire et tributaire de la mise en place de mesures adéquates de rétablissement. La disparition de deux occurrences (cote X), dont une d'ail des bois, a par ailleurs été constatée sur le territoire.

Quand les renseignements sur une occurrence se limitent à des coordonnées géographiques, une cote E lui est attribuée; des données supplémentaires sont alors requises pour bien la caractériser. Le nombre relativement élevé d'occurrences historiques (43) et de cote E (71) indique qu'en dépit de l'accroissement de nos connaissances des efforts substantiels restent à faire pour compléter le portrait de la situation des espèces menacées ou vulnérables sur le territoire, d'autant plus que plusieurs milieux n'ont sans doute jamais été visités.

Cotes de qualité des 205 occurrences d'espèces menacées ou vulnérables du bassin versant de la rivière Châteauguay



Des espèces légalement protégées

À l'heure actuelle, neuf espèces menacées ou vulnérables du bassin versant de la rivière Châteauguay sont légalement protégées au Québec; quatre le sont à titre d'espèces menacées et cinq comme espèces vulnérables. Les espèces désignées menacées sont le ginseng à cinq folioles, l'orme liège, la pie grièche migratrice et le pin rigide. En raison de leur situation un peu moins préoccupante, l'ail des bois, la floerkée fausse-proserpinie, le fouille-roche gris, la rainette faux-grillon de l'Ouest et la tortue géographique ont été désignés vulnérables.

Les 55 autres espèces sont en attente d'évaluation et se trouvent sur des listes officielles d'espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Sans être légalement protégées, ces espèces font néanmoins l'objet d'une attention particulière, notamment lors de l'évaluation de l'impact environnemental des projets de développement.

TERRITOIRE

Espèces menacées ou vulnérables

Le territoire du bassin versant de la rivière Châteauguay abrite 64 espèces menacées ou vulnérables : 43 plantes et 21 animaux. Ces espèces ont été observées à 205 emplacements différents sur le territoire (occurrences). Comme le révèle la carte ci-dessous, les milieux forestiers, les milieux humides et les cours d'eau constituent leurs principaux habitats.

- Occurrences d'espèces menacées ou vulnérables
  - Végétaux
  - Poissons
  - Amphibiens (grenouilles, rainettes et salamandres)
  - Reptiles (tortues et couleuvres)
  - Oiseaux
  - Mammifères

Occupation du sol

- Forêt
- Agricole
- Tourbières, marais
- Urbain

Note : Un point peut représenter plus d'une occurrence.

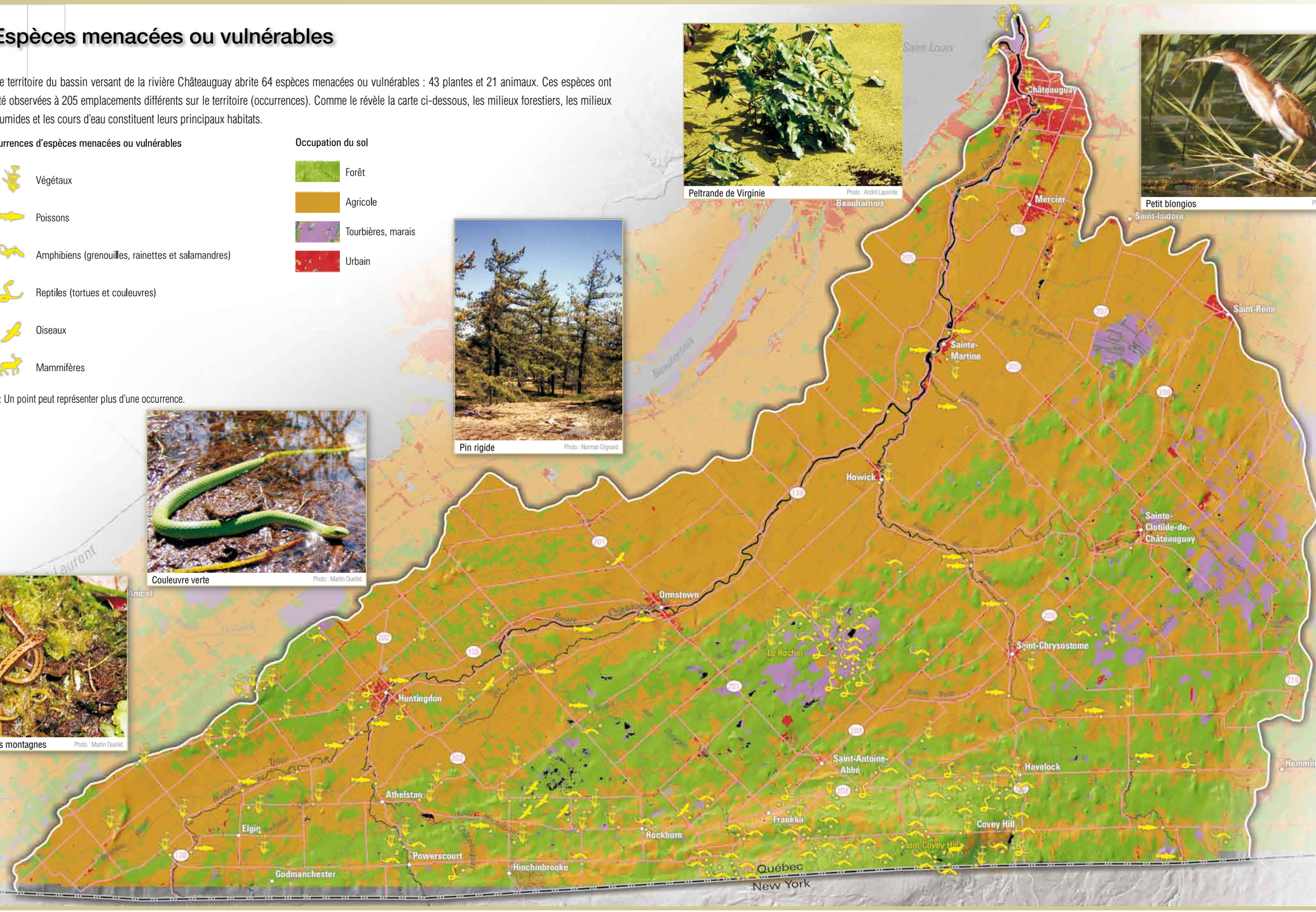
Peltrande de Virginie
Photo : André Lapointe.

Petit blongios
Photo : Yves Leduc.

Pin rigide
Photo : Norman Dignard.

Couleuvre verte
Photo : Martin Ouellet.

Salamandre sombre des montagnes
Photo : Martin Ouellet.



Aires protégées

Dans la partie québécoise du bassin versant, on retrouve quatre aires protégées distinctes, dont deux réserves écologiques, un refuge faunique et une réserve naturelle. Une aire protégée est définie comme « un territoire, en milieu terrestre ou aquatique, géographiquement délimité, dont l'encadrement juridique et l'administration visent spécifiquement à assurer la protection et le maintien de la diversité biologique et des ressources naturelles et culturelles associées. » (Loi sur la conservation du patrimoine naturel, L.R.Q., c. C-61.01, article 2). Elle vise d'abord l'atteinte d'objectifs de conservation des espèces et de leur variabilité génétique et du maintien des processus naturels et des écosystèmes qui entretiennent la vie et ses diverses expressions. Toute activité ayant cours sur le territoire ou sur une portion de territoire d'une aire protégée ne doit pas altérer le caractère biologique essentiel de l'aire protégée.

Qu'est-ce qu'une réserve écologique?

Une réserve écologique est une aire protégée qui assure la conservation des écosystèmes dans leur état naturel. Elle peut également sauvegarder des espèces menacées ou vulnérables de même que des composantes particulières du milieu où évolue un ensemble diversifié de processus naturels. Seules les activités de gestion, de recherche ou d'éducation y sont autorisées. Sa gestion relève du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

1 Réserve écologique du Pin-Rigide

Occupant une superficie de 66 hectares, la réserve écologique du Pin-Rigide protège le seul peuplement de pin rigide actuellement connu, qui soit d'une superficie appréciable au Québec. Listé comme espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable, le pin rigide se trouve ici à la limite nord de son aire de répartition. Il croît sur des sols pauvres en éléments nutritifs, caractérisés par des affleurements de grès séparés par des dépressions tourbeuses. Par ailleurs, deux espèces fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables se retrouvent dans la réserve écologique, à savoir la salamandre à quatre doigts et le troglodyte à bec court.

2 Réserve écologique du Boisé-des-Muir

Ce territoire préserve une érablière sucrière à hêtre et pruche. Cette ancienne forêt de l'époque précoloniale renferme des spécimens d'érables à sucre âgés entre 150 et 320 ans, de hêtres à grandes feuilles âgés de 250 ans et de pruches du Canada âgés de plus de 300 ans. Ce type de forêt est exceptionnel au Québec.

Qu'est-ce qu'un refuge faunique?

Un refuge faunique est un statut qui permet la conservation de l'habitat de la faune ou d'une espèce faunique sur ces territoires. Certaines limitations à l'utilisation des ressources fauniques et accessoirement aux conditions de pratique d'activités récréatives sont appliquées. Sur les terres du domaine de l'État, ces limitations sont fixées par règlement du gouvernement (ministère des Ressources naturelles et de la Faune). Sur les terres privées, elles découlent d'une entente intervenue entre le propriétaire du territoire et le gouvernement.

3 Refuge faunique Marguerite-D'Youville

Une entente intervenue en 1993 entre la congrégation des Sœurs Grises, la Fondation de la faune du Québec et la Ville de Châteauguay a permis de créer le refuge faunique Marguerite D'Youville, qui se situe sur l'île Saint-Bernard. Dans l'archipel de Montréal, peu de milieux naturels a été aussi bien protégé. Les marais, les marécages, les rives, les prairies, l'érablière à caryers et la chênaie qu'on y trouve constituent des écosystèmes exceptionnels qui abritent des espèces fauniques et floristiques des plus diversifiées et parfois rares. Enfin, à toutes ces richesses s'ajoute la grande valeur patrimoniale de ce site, marquée par la présence d'artéfacts archéologiques et l'architecture d'une autre époque. Les lieux abritent plus de 190 espèces d'oiseaux, 25 espèces de poissons, 11 espèces de mammifères et une dizaine d'espèces d'amphibiens et de reptiles. Certaines apparaissent sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables.

Qu'est-ce qu'une réserve naturelle?

Une réserve naturelle est un milieu naturel privé qui est légalement reconnu par le ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs afin d'en assurer la conservation.

4 Réserve naturelle du Coteau-de-la-Rivière-La Guerre

La réserve naturelle du Coteau-de-la-Rivière-La Guerre se situe dans une région à forte prédominance agricole (culture maraîchère ou élevage). Elle résulte de la régénération forestière, après coupe ou par la suite de l'abandon du pâturage ou des cultures, depuis plusieurs années voire quelques décennies. Elle se compose de deux parcelles de terrains, soit le secteur montée Quesnel et le secteur Chemin du Rang 4. Ce dernier fait partie du bassin de la rivière Châteauguay.

Situé sur la crête du coteau entre Saint-Anicet et Godmanchester, la partie nord du secteur Chemin du Rang 4 est plus élevée et sèche que sa partie sud. On y trouve une diversité de milieux naturels : plusieurs milieux forestiers sur station sèche et humide à divers stades de succession d'âge variant de 10 à 80 ans, plusieurs milieux humides, un étang permanent et de nombreux étangs temporaires, deux plantations à l'abandon et une clairière colonisée par le chêne à gros fruits, le tilleul d'Amérique et le clavalier d'Amérique. Dans le secteur Chemin du Rang 4, on trouve une importante biodiversité dont les éléments les plus rares sont la couleuvre mince, le dindon sauvage, la grenouille des marais et l'ail des bois. Ce secteur offre également un potentiel intéressant à plusieurs autres espèces rares dont la paruline à ailes dorées et le coulicou à bec jaune.

Aires protégées et désignations québécoises

Désignation	Législation	Responsable
Écosystème forestier exceptionnel	Loi sur les forêts	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Habitat floristique d'une espèce menacée ou vulnérable	Loi sur les espèces menacées ou vulnérables	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Habitat faunique (11 types d'habitats)	Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune, Loi sur les espèces menacées ou vulnérables	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Milieu marin protégé	Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent	Agence Parcs Canada et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Milieu naturel protégé par une institution scolaire	An Act for the establishment of free schools and the advancement of learning in this province	L'institution royale pour l'avancement des sciences (Université McGill)
Parc de la Commission de la capitale nationale (Canada)	Loi sur la capitale nationale	Commission de la capitale nationale (Canada)
Parc d'intérêt récréotouristique et de conservation	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, Loi sur les cités et villes, Code municipal du Québec, Loi sur les compagnies, Loi sur les corporations canadiennes	Municipalité, personne morale
Parc et lieu historique national	Loi sur les lieux et monuments historiques	Agence Parcs Canada
Parc national et réserve de parc national (Canada)	Loi sur les parcs nationaux du Canada	Agence Parcs Canada
Parc national	Loi sur les parcs	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Parc régional urbain	Charte de la Ville de Montréal	Ville de Montréal
Paysage humanisé	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Paysage humanisé projeté	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Refuge d'oiseaux migrateurs	Loi de 1994 sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs, Loi sur les espèces sauvages du Canada	Ministère de l'Environnement du Canada
Refuge faunique	Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Réserve aquatique	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve aquatique projetée	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve de biodiversité	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve de biodiversité projetée	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve écologique	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve écologique projetée	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Réserve nationale de faune	Loi sur les espèces sauvages du Canada	Ministère de l'Environnement du Canada
Réserve naturelle	Loi sur la conservation du patrimoine naturel	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Bande riveraine de rivière à saumon	Loi sur les forêts	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Site protégé par la Fondation de la faune du Québec	Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune	Fondation de la faune du Québec
Site protégé par une charte d'organisme privé	Loi sur les compagnies, Code civil du Québec, Loi sur les corporations canadiennes	Personne morale

Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005.

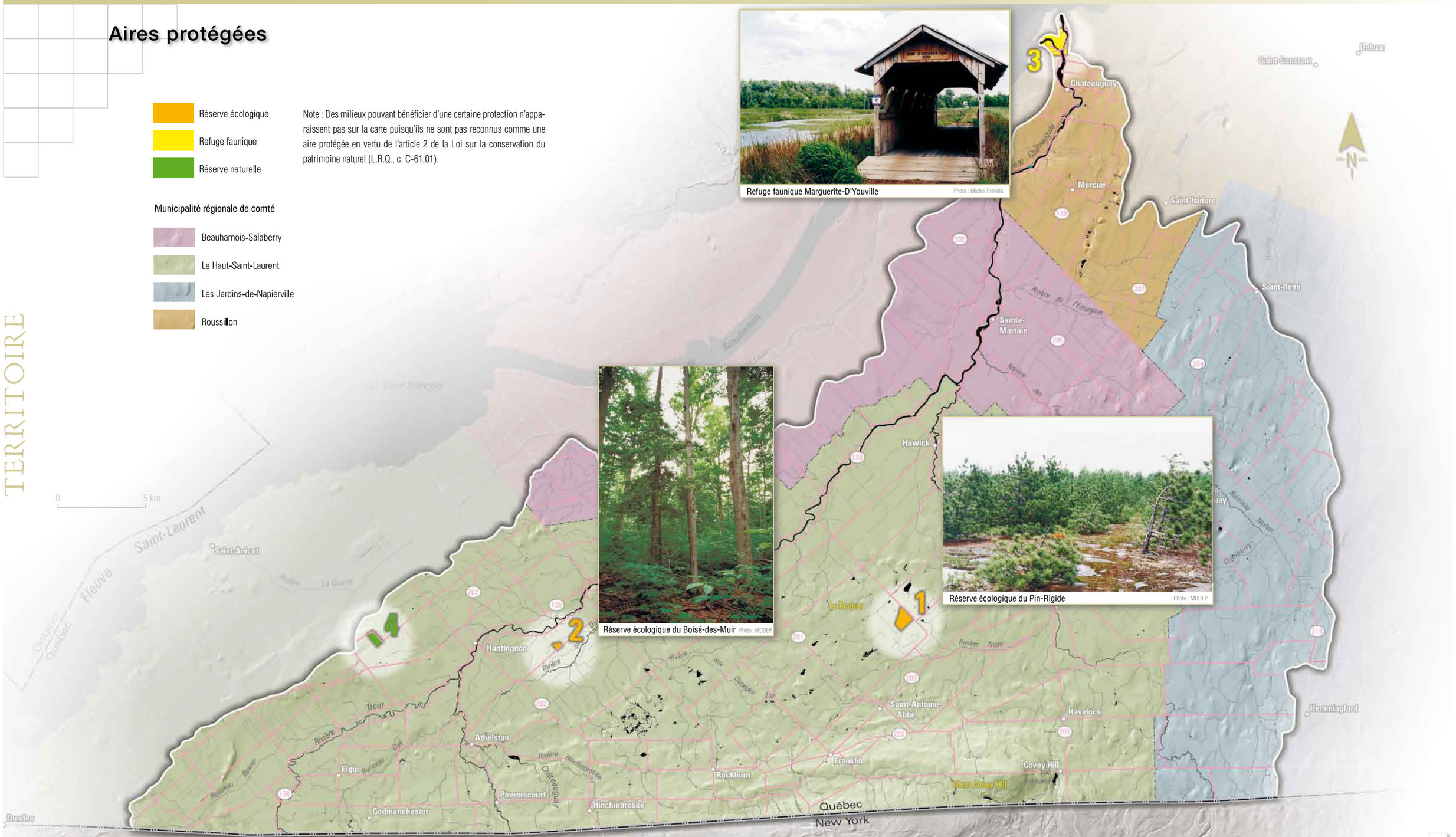
Aires protégées

- Réserve écologique
- Refuge faunique
- Réserve naturelle

Note : Des milieux pouvant bénéficier d'une certaine protection n'apparaissent pas sur la carte puisqu'ils ne sont pas reconnus comme une aire protégée en vertu de l'article 2 de la Loi sur la conservation du patrimoine naturel (L.R.Q., c. C-61.01).

Municipalité régionale de comté

- Beauharnois-Salaberry
- Le Haut-Saint-Laurent
- Les Jardins-de-Napierville
- Roussillon

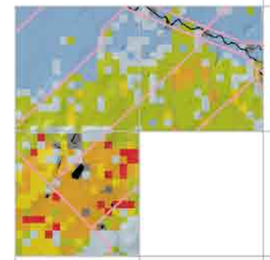


Refuge faunique Marguerite-D'Youville Photo : Michel Préville.

Réserve écologique du Boisé-des-Muir Photo : MDDEP.

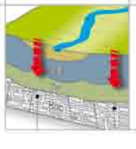
Réserve écologique du Pin-Rigide Photo : MDDEP.

Atlas du bassin versant de la **rivière Châteauguay**



EAU SOUTERRAINE

- Histoire géologique
- Propriétés hydrogéologiques du roc
- Propriétés hydrogéologiques des sédiments quaternaires
- Contextes hydrogéologiques
- Niveaux d'eau souterraine
- Bilan hydrologique du bassin versant
- Recharge de l'aquifère régional
- Vulnérabilité de l'aquifère régional à la contamination
- Géochimie
- Problèmes de potabilité
- Problèmes esthétiques



Histoire géologique

Pourquoi expliquer l'histoire géologique?

L'usage du territoire par les humains et les écosystèmes est intimement lié au contexte géologique. Par exemple, si les plaines sont propices à l'agriculture, il en est autrement pour les montagnes. De la même façon, la disponibilité de l'eau souterraine dépend aussi de la géologie du milieu, et plus particulièrement des propriétés des différentes unités géologiques dans lesquelles l'eau circule, qu'il s'agisse de roc ou de sédiments meubles.

La compréhension de l'histoire géologique d'une région permet de connaître la nature et la disposition des différentes unités géologiques qui y sont présentes. Ces informations sont incontournables pour comprendre l'écoulement de l'eau souterraine, et constituent de bons indices pour déterminer les meilleurs aquifères.

L'ère du Précambrien : la création des premiers continents

Il était une fois, il y a plus de 2,5 milliards d'années…

L'histoire géologique de la région commence à la période de l'Archéen, il y a plus de 2,5 milliards d'années. La Terre est alors bien différente de celle que l'on connaît aujourd'hui. Une mince croûte terrestre se développe progressivement à la surface du globe pour former les premiers noyaux continentaux entourés des premiers océans.

Successivement, ces premiers continents se feront partiellement éroder et les fragments et particules arrachés seront réintégrés dans les roches qui se forment et se déforment au rythme des collisions entre les plaques tectoniques qui composent la croûte terrestre. Pendant près de 2 milliards d'années, soit de - 2 500 millions à - 544 millions d'années, ces continents continuent de croître.

Les hautes-terres des Laurentides et des Adirondacks, qui bordent aujourd'hui la vallée du Saint-Laurent au nord-ouest et au sud, sont surtout constituées de roches intrusives et volcaniques datant de cette période. Ces roches forment le socle précambrien sur lequel vont se déposer plus tard les formations des Basses-Terres du Saint-Laurent.

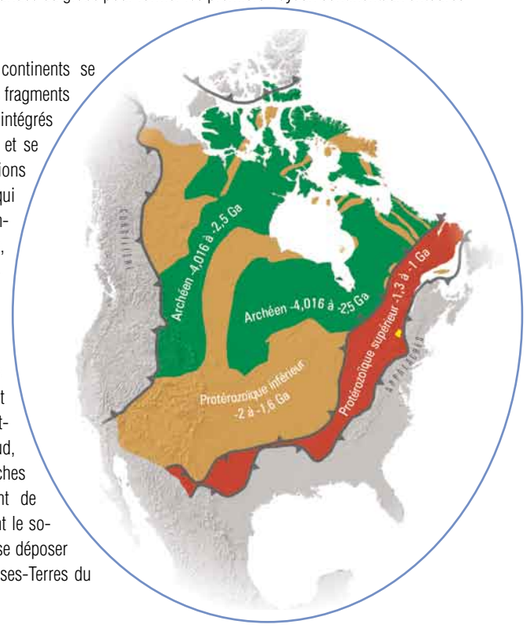


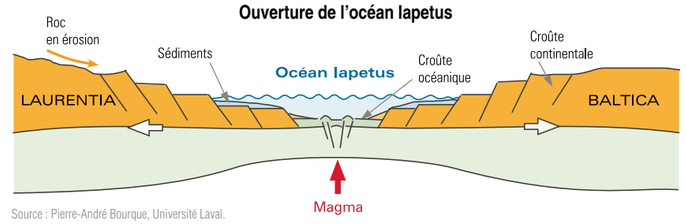
Illustration du noyau précambrien du continent actuel de l'Amérique du Nord

Source : Pierre-André Bourque, Université Laval.

L'ère du Paléozoïque : la formation des Basses-Terres du Saint-Laurent

Au tout début du Paléozoïque, le socle précambrien forme un massif au relief modéré qui s'érode progressivement. Une Amérique du Nord bien différente de celle qu'on connaît aujourd'hui, et que les géologues ont appelée « Laurentia », se sépare graduellement des continents voisins à l'est pour laisser place à un nouvel océan appelé « Iapetus ». L'ouverture de cet océan provoque une succession d'invasions et de retraits d'eau de mer dans la région aujourd'hui couverte par le bassin versant de la rivière Châteauguay, générant une suite de processus qui vont créer les roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent.

Ouverture de l'océan Iapetus

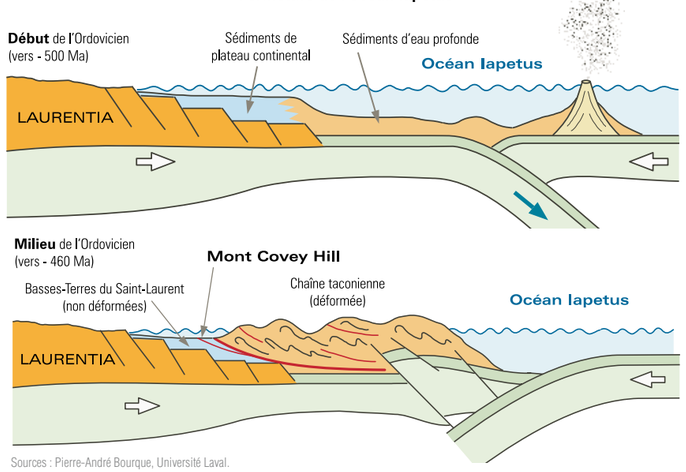


Source : Pierre-André Bourque, Université Laval.

Les roches du socle précambrien sont ainsi initialement recouvertes par des sédiments grossiers provenant de l'érosion du socle (et qui deviendront des grès et des conglomérats). Ces premières formations sont à leur tour recouvertes par des sédiments chimiques fins d'origine marine (et qui deviendront les dolomies et les calcaires) qui se déposent au fond de l'eau, à une profondeur de plus en plus grande à mesure que l'eau de l'océan submerge cette région. Finalement, cette séquence sédimentaire est complétée par la déposition de sédiments fins argileux, qui deviendront des shales et des siltstones, qui constituent les dernières roches sédimentaires de la région.

Il y a environ 500 millions d'années, l'océan Iapetus commence à se refermer. La compression latérale des sédiments marins et de la croûte océanique soulève les roches du fond marin qui deviendront la chaîne des Appalaches. La région de la rivière Châteauguay étant située à proximité de la collision continentale, les roches sédimentaires (à l'origine déposées en strates horizontales) ont été faiblement plissées, faillées et inclinées. Dans la région, ces contraintes ont atteint leur maximum il y a environ 460 millions d'années. C'était aussi la **naissance du mont Covey Hill**.

Fermeture de l'océan Iapetus



Sources : Pierre-André Bourque, Université Laval.

Du Dévonien au Quaternaire : un bout d'histoire perdu

Pour la suite du Paléozoïque et toute l'ère Mésozoïque, l'histoire géologique de la région est fragmentaire. On suppose qu'un vaste océan recouvrait le sud du Québec et qu'il y a eu accumulation de calcaires, mais le retrait des mers et une longue période d'érosion ont effacé toutes les traces des processus sédimentaires qui ont pu se produire du Dévonien jusqu'au Quaternaire.

L'histoire géologique en bref…

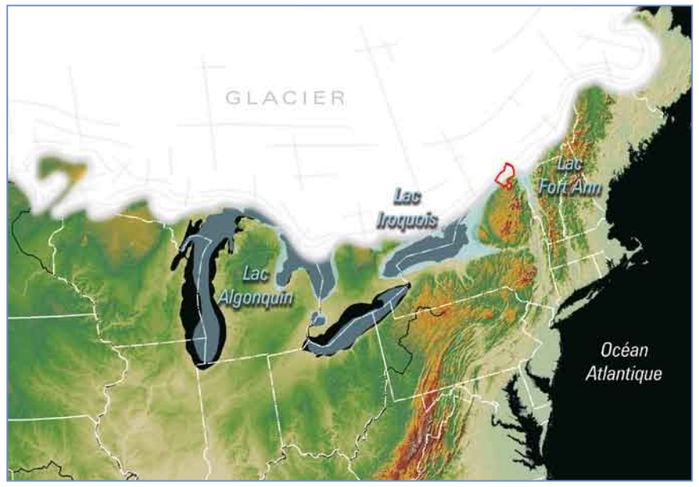
Âge (millions d'années)	Ère	Période	Événement dans le bassin versant de la rivière Châteauguay	
Aujourd'hui	Cénozoïque	Quaternaire	- 10 000 ans : retrait de la mer de Champlain - 11 800 ans : mer de Champlain - 12 500 ans : début du retrait du glacier au Québec - 75 000 ans : début de la dernière glaciation	Glaciations
- 1,6				
- 66,4		Tertiaire		Aucun dépôt préservé
- 144	Mésozoïque	Crétacé	- Formation des Montérégiennes	
- 208		Jurassique		
- 245		Trias		
- 286	Paléozoïque	Permien		
- 360		Carbonifère	- 310 Ma : 3e phase de la formation des Appalaches	
- 408		Dévonien	- 390 Ma : 2e phase de la formation des Appalaches	
- 438		Silurien		
- 505		Ordovicien	- 460 Ma : 1re phase de la formation des Appalaches : déformation des roches sédimentaires et naissance du mont Covey Hill	Formation des Basses-Terres du Saint-Laurent
- 544		Cambrien	- 540 Ma : ouverture de l'océan Iapetus	Construction des hautes terres des Laurentides et des Adirondacks
- 2500	Précambrien	Protérozoïque		
		Archéen		Formation des premiers noyaux continentaux

L'échelle des temps géologiques

Le Quaternaire : beaucoup de glace, beaucoup d'eau et beaucoup de sédiments!

Bien qu'il y ait eu au moins trois glaciations majeures en Amérique du Nord pendant la période du Quaternaire, au Québec, la dernière glaciation a effacé les traces des précédentes, de sorte que les sédiments quaternaires proviennent tous de la dernière glaciation. Des travaux de recherche indiquent que les glaciers ont commencé à se retirer du Québec il y a environ 12 500 ans. Pendant le retrait des glaciers, les Basses-Terres du Saint-Laurent ont été occupées successivement par une série de lacs proglaciaires et finalement par la mer de Champlain, qui a laissé derrière elle des dépôts marins constitués de sables fins et d'argiles marines qui recouvrent les dépôts laissés par les glaciers.

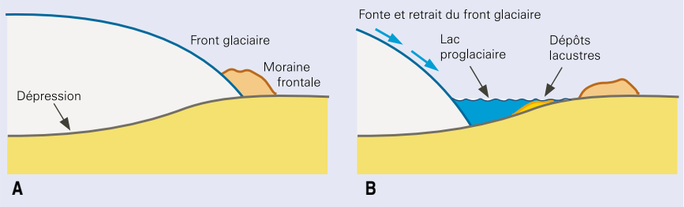
Lacs proglaciaires Algonquin, Iroquois et Fort Ann, il y a environ 12 500 ans



Source : adapté de David A. Franzi, Plattsburgh State University.

Lacs proglaciaires

Les lacs proglaciaires qui se forment au front des glaciers sont le résultat de l'accumulation des eaux de fonte du glacier dans les dépressions formées par le rabotage du glacier et l'enfoncement du terrain sous son poids. Les différents sédiments accumulés dans ce milieu aquatique sont des **dépôts lacustres**.



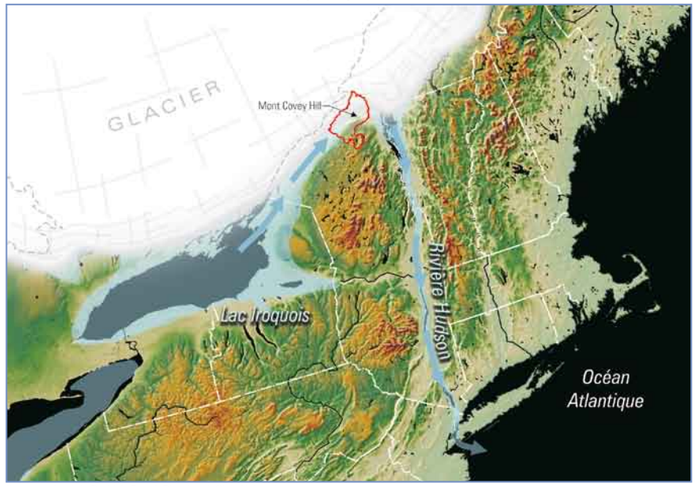
Source : Pierre-André Bourque, Université Laval.

Le gouffre de Covey Hill : un souvenir de l'ère glaciaire!

Un point intéressant de l'histoire géologique de la région est associé à ces lacs proglaciaires. Il y a environ 13 400 ans, une brèche s'est créée au nord-est du lac Iroquois, un lac précurseur de l'actuel lac Ontario, provoquant le drainage rapide de l'eau par-dessus le mont Covey Hill, vers la vallée du lac Champlain, la vallée de la rivière Hudson et l'océan Atlantique. Les géologues croient que le niveau du lac se serait abaissé de 120 mètres. Sur son passage, cette masse d'eau se déplaçant à grande vitesse a érodé les sédiments qui étaient par-dessus et autour du mont Covey Hill, et a creusé le gouffre de Covey Hill.

Source : http://www.whoi.edu/mr/pr.do?id=2078

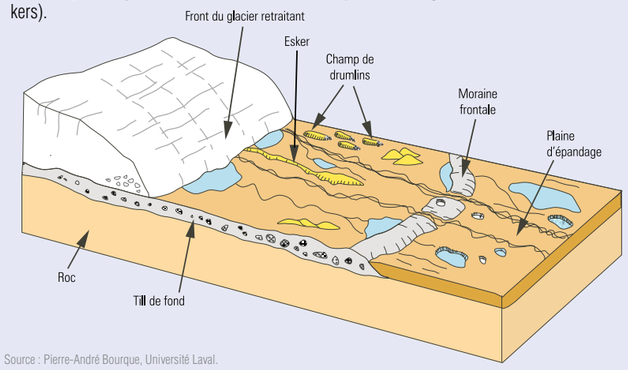
Déversement du lac Iroquois par-dessus le mont Covey Hill



Source : adapté de David A. Franzi, Plattsburgh State University.

L'héritage des glaciers

Le déplacement lent du glacier et la succession de gel/dégel qui s'effectue à sa base arrachent des matériaux au substrat rocheux et les redéposent sur place (till de fond, drumlin) ou aux marges du glacier (moraines frontale et latérales, till, blocs erratiques). Ces matériaux sédimentaires produits directement par l'action de rabotage de la glace sur la roche sont appelés **dépôts glaciaires** ou **moraines**. Par la suite, les eaux de fonte du glacier redistribuent ces matériaux sur la plaine d'épandage, et façonnent différentes formes de **dépôts fluvio-glaciaires** (entre autres, les eskers).



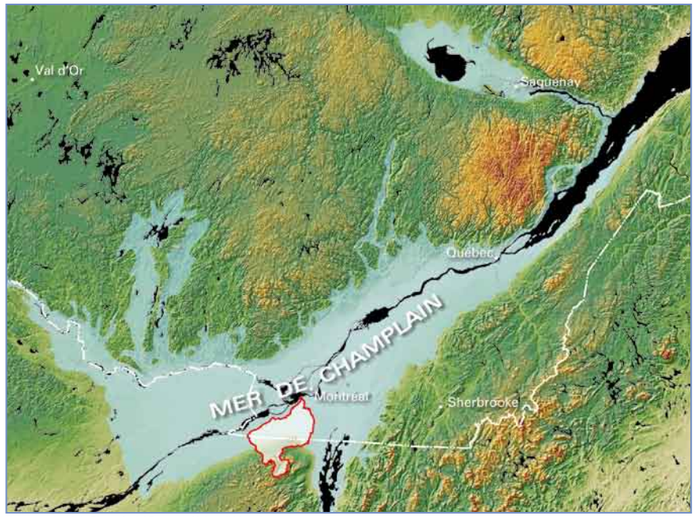
Source : Pierre-André Bourque, Université Laval.

La mer de Champlain : la dernière invasion marine

Il y a 11 800 ans, le front de glace s'est retiré au nord de ce qui est aujourd'hui la vallée du Saint-Laurent. La dépression proglaciaire se trouvait sous le niveau de la mer et en contact avec l'océan, de sorte que les eaux salées marines ont envahi la région, donnant ainsi naissance à la mer de Champlain.

Le principal héritage de la mer de Champlain est l'épaisse couche d'argiles marines qui recouvre 36 % du bassin versant de la rivière Châteauguay.

Étendue maximale de la mer de Champlain



Source : adapté de Pierre-André Bourque, Université Laval.

De la mer de Champlain à aujourd'hui

Avec la fonte des glaciers, le terrain s'est relevé et la mer de Champlain s'est vidée par le fleuve Saint-Laurent, laissant la place à une vaste plaine d'argile de laquelle émergent par endroits des eskers, des drumlins et des affleurements rocheux.

Au cours de ce processus, de grandes tourbières se sont installées dans des lacs formés par la rétention temporaire des eaux entre les crêtes des drumlins. Avec l'écoulement des eaux et la dégradation de la matière organique, la plupart de ces tourbières a été remplacée par les terres noires qui se trouvent aujourd'hui à divers endroits dans le bassin versant, notamment à l'est et à l'ouest.

Source : Les renseignements ci-dessus et les images présentées (sauf indication contraire) sont inspirés du site Web « Planète Terre » conçu et rédigé par M. Pierre-André Bourque, professeur de géologie à l'Université Laval. Toute erreur n'engage que les auteurs de l'atlas.

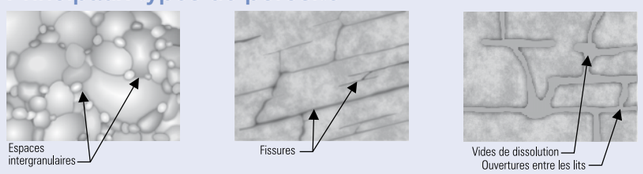
Pour en savoir plus, consulter le site Web : http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Propriétés hydrogéologiques du roc

La cartographie des unités géologiques : l'évaluation du contenant

L'eau souterraine est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les porosités du milieu géologique, c'est-à-dire les fractures et les espaces entre les grains, que ce soit dans le sol, les dépôts meubles ou le roc. Plus la porosité du milieu géologique est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.

Principaux types de porosité



La **porosité primaire** correspond aux espaces intergranulaires dans la matrice (entre les grains ou les cristaux), alors que la **porosité secondaire** correspond aux fissures, aux ouvertures entre les lits et aux vides de dissolution.

Pour qu'une unité géologique soit intéressante pour l'approvisionnement en eau souterraine, il faut aussi que cette eau se renouvelle, c'est-à-dire qu'il faut que les vides communiquent entre eux pour que l'eau puisse circuler d'un endroit à l'autre. En bref, pour évaluer si le contenant qu'est le milieu géologique constitue un bon aquifère, il faut connaître sa porosité, son degré de fracturation et sa capacité à transmettre l'eau rapidement d'un vide à l'autre. Les hydrogéologues peuvent déterminer ces propriétés par différents essais dans les trous de forages (obturateurs, injection, pompage, etc.) et par l'observation du roc et des dépôts meubles.

Aquifère et aquifère régional

On appelle **aquifère** une unité géologique qui présente un potentiel pour l'approvisionnement en eau souterraine. À l'échelle de la région, les différentes roches sédimentaires constituent les aquifères les plus intéressants. Comme ces différents aquifères sont en contact les uns avec les autres et qu'ils recouvrent toute la région, on parle parfois de **l'aquifère régional**.

Les aquifères de roches cristallines et métamorphiques

Les roches cristallines et métamorphiques d'âge précambrien sont exposées à la tête du bassin versant, dans les hautes-terres des Adirondacks aux États-Unis. Dans la portion québécoise du bassin versant, elles sont présentes partout en profondeur, mais toujours sous les roches sédimentaires. C'est pourquoi elles n'apparaissent pas sur la carte.

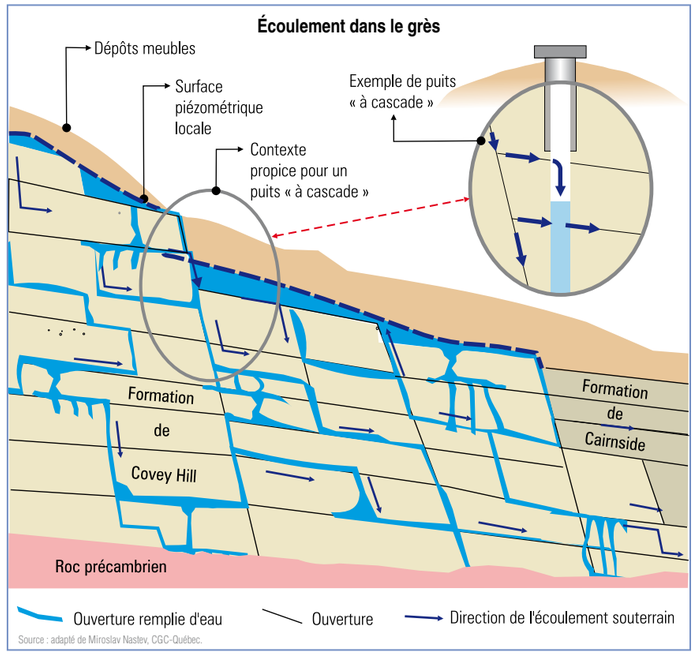
En raison de leurs origines, ces roches ont une porosité primaire très faible. En fait, l'eau circule surtout le long des fractures formées par le refroidissement des roches, leur déformation tectonique et le relâchement de pression à la suite de la fonte des glaciers. Généralement, ces ouvertures sont plus fréquentes près de la surface et deviennent plus rares et plus petites en profondeur, de sorte que la quantité d'eau qu'un puits peut fournir par mètre de puits foré décroît avec la profondeur de ce puits. Les roches cristallines et métamorphiques transmettent donc une certaine quantité d'eau, mais la quantité qu'elles peuvent emmagasiner est faible, et les puits induisent le plus souvent des rabattements assez importants même pour de faibles débits de pompage. Généralement, les puits forés dans ces roches fournissent un débit de quelques dizaines de litres par minute, ce qui permet d'alimenter une résidence, sans plus.

Les aquifères de grès (formations de Cairnside et de Covey Hill)

Les grès ceinturent les roches cristallines des hautes-terres des Adirondacks et sont présents en profondeur partout dans la région.

Les grès sont des roches sédimentaires formées par l'accumulation de grains de sable (ou d'autre matériel de la même taille) en milieu aquatique. Même si la porosité des grès de la région est assez élevée (de 4 à 30 %, avec une moyenne de 10 %), la plus grande partie des espaces intergranulaires est remplie d'argile, de ciment de silice ou de carbonate. Par conséquent, l'eau souterraine circule surtout le long des ouvertures secondaires, c'est-à-dire dans les fissures et fractures ou entre les lits. En général, après s'être infiltrée verticalement le long des fissures et des fractures, l'eau circule horizontalement le long des lits à partir des zones de recharge situées en hauteur vers les zones de résurgence situées à la base des pentes et le long des rivières principales.

La présence de puits qui « cascadent » aux environs du mont Covey Hill illustre ce phénomène : l'eau circule près de la surface le long des lits et tombe dans ces puits pour ensuite continuer son chemin dans une fracture plus profonde. Si la roche transmettait l'eau dans toutes les directions, comme une éponge, ce phénomène n'existerait pas.



Source : adapté de Miroslav Nastev, CGC-Québec.

Les grès de la région ne se comportent pas tous de la même façon. Celui de Covey Hill présente de rares zones conductrices d'eau, soit environ une zone conductrice très étendue pour plusieurs dizaines de mètres de profondeur, alors que le grès de Cairnside présente un plus grand nombre de fractures moins étendues ou discontinues.

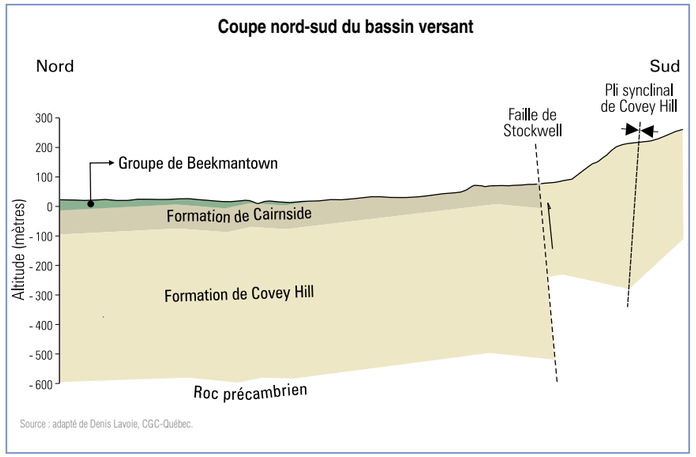
Les essais par obturateurs ont révélé que certaines fractures sont ouvertes sur plus d'un kilomètre. Cette observation confirme les résultats d'essais de pompage qui ont montré qu'un pompage important peut avoir un impact sur un puits situé à plus d'un kilomètre s'il est localisé dans la même fracture.

Par conséquent, selon le réseau de fractures intercepté par un puits, la quantité d'eau disponible sera plus ou moins importante, et les grès de la région constitueront de plus ou moins bons aquifères.

Les aquifères de dolomie et calcaire (formations de Laval, de Beauharnois et de Theresa)

Les aquifères de dolomie et calcaire de l'Ordovicien moyen à inférieur recouvrent plus de la moitié de la région, mais représentent une faible épaisseur par rapport aux grès sur lesquels ils reposent.

La dolomie et le calcaire sont des roches chimiques formées par la précipitation de minuscules grains de carbonate de calcium dans l'eau de mer ou par l'accumulation de fossiles marins. Ces roches sont constituées de lits individuels d'épaisseur variant de quelques centimètres à plus d'un mètre. Chaque lit est séparé du suivant par un horizon plus boueux qui marque un changement dans le régime sédimentaire.



Source : adapté de Denis Lavoie, CGC-Québec.

En général, ces roches ont une porosité primaire très faible, car les grains qui les forment sont très petits. Par contre, les ouvertures entre les lits permettent une bonne circulation d'eau. De plus, comme ces roches sont formées de particules en partie solubles, la circulation de l'eau agrandit les ouvertures existantes. En raison de cette porosité secondaire, les dolomies et les calcaires peuvent souvent fournir des débits intéressants suffisants pour alimenter des petites collectivités. Ce sont donc de bons aquifères.

La dolomie étant une roche en général très fracturée parce que mécaniquement peu résistante, en théorie on s'attendrait à ce que l'eau y circule facilement dans toutes les directions. Toutefois, des essais par obturateurs ont révélé que l'eau qui circule dans les dolomies de la région emprunte un nombre limité d'horizons qui transmettent beaucoup d'eau. Il est possible que ces « conduits naturels » soient causés par la dissolution de minces lits de gypse présents dans la roche. Pour les puits qui interceptent ces horizons, les dolomies de la région constituent de très bons aquifères.

Source : inspiré de Denis Lavoie (2005), Roger Morin (communication personnelle), Nastev et autres (2004 et en préparation), Réjean Godin (en préparation), Y. Globensky (1987) et T.H. Clark (1965).

Géologie du roc

EAU SOUTERRAINE

Ordovicien moyen

Groupe de Chazy

Formation de Laval : calcaire

Ordovicien inférieur

Brèche de Havelock : fragments dolomitiques et calcareux; grès

Groupe de Beekmantown

Formation de Beauharnois : dolomie

Formation de Theresa : grès et dolomie interstratifiés

Cambrien supérieur

Groupe de Potsdam

Formation de Cairnside : grès quartzitique

Formation de Covey Hill : conglomérat et grès

Faille indéterminée

Pli anticlinal

Affleurement

Faille normale

Pli synclinal

0 5 km

Lac Saint-Louis

Saint-Constant

Delson

Châteauguay

Mercier

Saint-Isidore

Saint-Rémi

Beauharnois

Sainte-Martine

Howick

Sainte-Clotilde-de-Châteauguay

Saint-Anicet

Ormstown

Saint-Chrysostome

Huntingdon

Saint-Antoine-Abbé

Havelock

Hemmingford

Athelstan

Faille de Stackwell

Franklin

Pli synclinal du Covey Hill

Covey Hill

Elgin

Rockburn

Powerscourt

Hinchinbrooke

Godmanchester

Québec

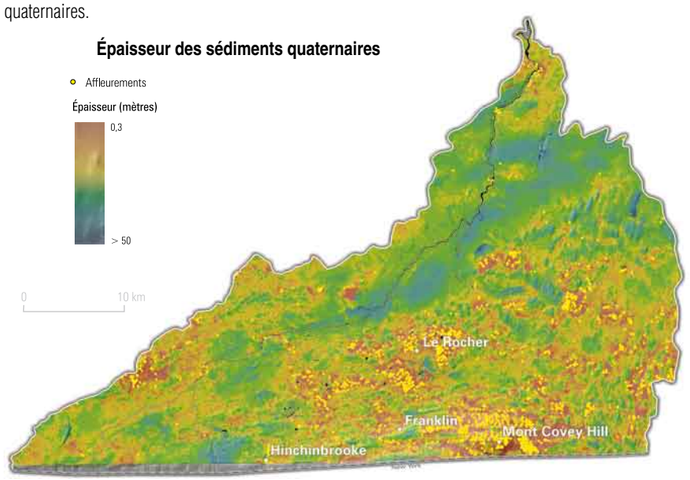
New York

Fleuve Saint-Laurent

Propriétés hydrogéologiques des sédiments quaternaires

Beaucoup de sédiments!

Les sédiments quaternaires recouvrent presque toute la surface du bassin, à l'exception de quelques zones d'affleurement situées sur Le Rocher, sur le flanc nord du mont Covey Hill et en élévation aux États-Unis. En général, l'épaisseur des dépôts meubles est de quelques mètres seulement, mais sous le lit de la rivière Châteauguay cette épaisseur peut atteindre 45 m, en raison de la présence d'une ancienne vallée, beaucoup plus large que la vallée actuelle, aujourd'hui comblée par les sédiments quaternaires.



Des sédiments qui ont de l'influence

Les sédiments quaternaires ont un effet important sur le comportement de l'eau souterraine dans le bassin, car leur perméabilité et leur épaisseur influent sur la recharge en contrôlant la quantité d'eau qui peut parvenir à l'aquifère régional. Par exemple, les sédiments grossiers qui sont associés aux eskers et aux anciennes plages de la mer de Champlain sont des voies de prédilection pour l'infiltration et la recharge de l'aquifère régional.

Ces dépôts orientent également notre usage du territoire. Par exemple, les sédiments graveleux de Covey Hill se drainent trop rapidement pour y implanter de grandes cultures, alors que, à l'opposé, les sédiments fins lacustres et marins se drainent si mal qu'il est nécessaire d'y installer des systèmes de drainage.

Par **sédiments quaternaires**, on entend les divers dépôts meubles qui sont présents dans le bassin :

- Les sédiments mixtes d'origine glaciaire, peu perméables.
- Les sables et graviers d'origine fluvio-glaciaire et post-glaciaire. Ce sont des sédiments grossiers, perméables, déposés en marge du glacier ou par des mécanismes reliés aux cours d'eau : eskers, alluvions, plaines d'épandage.
- Les silts et argiles d'origine lacustre et marine. Ce sont des sédiments fins, peu perméables, déposés en eau profonde.
- Les dépôts organiques formés dans les tourbières.

Par ailleurs, tous ces sédiments ont pu être remaniés ou modifiés par des mécanismes post-glaciaires surtout reliés à l'invasion de la mer de Champlain.

Les sédiments glaciaires

Les tills sont des sédiments mixtes (grossiers et fins) composés de roche broyée, transportée et déposée directement sur le roc par les glaciers. Vu leur granulométrie très variée, ces sédiments sont peu perméables. Cependant, comme ils couvrent une portion importante de la superficie du bassin, l'infiltration de l'eau à travers ces sédiments constitue une composante non négligeable du bilan hydrologique régional.

Pour la majeure partie de la région, la portion supérieure du till a été remaniée par les vagues de la mer de Champlain, et constitue une couche plus perméable que le till non remanié. Par endroits, le till forme des drumlins, qui sont de petites collines de forme ovale à parois escarpées, disposées parallèlement au sens de déplacement du glacier. Ces drumlins sont recouverts d'une couche plus ou moins épaisse de till remanié, de sables et graviers littoraux ou de silts lacustres.

Les sédiments littoraux post-glaciaires (sables et graviers)

Autour du mont Covey Hill, à des élévations comprises entre 70 et 165 m (au-dessus du niveau de la mer), se trouvent des sables et graviers littoraux très perméables, formés par le remaniement du till par les vagues de la mer de Champlain. Aux endroits où ces sédiments reposent directement sur le roc, l'eau des précipitations peut s'infiltrer rapidement jusqu'à l'aquifère régional. Lorsqu'ils reposent sur une couche de till non remanié, l'infiltration est beaucoup moins importante.

Till remanié par les vagues de la mer de Champlain

Photo : Tommy Tremblay, UQAM.

Ainsi, sur le flanc nord-est du mont Covey Hill, ces sédiments sont souvent en contact direct avec le roc, alors qu'aux environs de Hitchinbrooke une couche de till épaisse et continue les sépare du roc.

Le village de Franklin et ses environs sont caractérisés par une bande de graviers remaniés par les eaux de la mer de Champlain. À la base de ces sédiments, des forages suggèrent la présence d'une couche de till discontinue d'épaisseur relativement importante (± 15 m) qui recouvre le roc. D'autres forages situés près de cette localité montrent que les graviers littoraux sont parfois en contact direct avec le roc sous-jacent. Il apparaît probable que la région de Franklin comprenne un aquifère de surface local au-dessus du till non remanié, et un aquifère profond (l'aquifère régional) sous le till (dans le roc).

Les sédiments fluvio-glaciaires (eskers)

Les eskers présents dans la région ont été mis en place par les eaux de fonte des glaciers qui formaient des rivières sur le glacier ou à l'intérieur de celui-ci. Typiquement, un esker est constitué d'une crête représentant le lit de la rivière et d'une frange de sédiments en forme de cônes d'épandage subaquatiques (un peu comme un delta). L'ancien lit de la rivière est constitué de sédiments grossiers, donc très perméables, mais les cônes d'épandage sont composés de sédiments plus fins, moins perméables. Les eskers peuvent contenir de très grandes quantités d'eau et les transmettre très rapidement.

Les sédiments éoliens (dunes de sable)

À quelques endroits dans la région, par exemple au nord-ouest de l'esker « Beaver crossing », les vents ont remanié les sables des eskers et ont formé des dunes.

Les sédiments lacustres (silts)

Pendant la période glaciaire, plusieurs lacs d'eau douce se sont succédé dans la région, soit avant la mer de Champlain (lac Iroquois et lac Lampsilis), soit après (lac Candona). Ces lacs temporaires ont laissé derrière eux des grandes étendues de sédiments fins silteux (rarement sableux ou argileux) relativement peu perméables, qui peuvent se trouver à différents niveaux dans la séquence stratigraphique (c'est-à-dire au-dessus ou au-dessous des argiles de la mer de Champlain).

Les sédiments marins (argiles de la mer de Champlain)

Les argiles de la mer de Champlain forment une grande plaine qui repose sur les sédiments glaciaires et fluvio-glaciaires de la région, et peuvent aussi être présentes dans les cuvettes situées entre les drumlins. L'épaisseur de ces argiles dépend à la fois de la profondeur du roc et de l'espace entre les drumlins. Au milieu des cuvettes, l'épaisseur des argiles est généralement de cinq à 15 mètres. En bordure des cuvettes la couche est plus mince, mais cette épaisseur augmente très rapidement en raison des pentes escarpées des flancs des drumlins. Généralement, on peut considérer que cette bordure « mince » où l'argile a moins de cinq mètres d'épaisseur est d'environ 100 mètres de largeur.

Dans la région, les argiles de la mer de Champlain sont reconnues pour être quasi imperméables, en raison de leur épaisseur importante et de leur intégrité (peu de fracturation, pas de remaniement, peu d'altération). Par conséquent, partout où elles sont présentes, l'infiltration de l'eau vers l'aquifère régional est très limitée.

Curieusement, les argiles de la mer de Champlain ne contiennent que très peu de minéraux de la famille des argiles. Elles portent le nom d'argiles parce qu'elles sont constituées de minuscules (< 2 microns) fragments de roche qui ont la taille des vraies argiles.

Les sédiments alluviaux post-glaciaires (sables et graviers)

Les sédiments alluviaux sont formés par l'action des cours d'eau qui remanient les sédiments glaciaires. Typiquement, ils sont très perméables, mais dans la région, ils sont peu communs en raison du manque de matériel grossier dans les sédiments (notamment dans le till) de ce secteur.

Les dépôts organiques

La plupart des grandes superficies de terres noires de la région situées à l'est et à l'ouest du bassin sont des reliques d'anciennes tourbières reposant sur des couches de sédiments peu perméables.

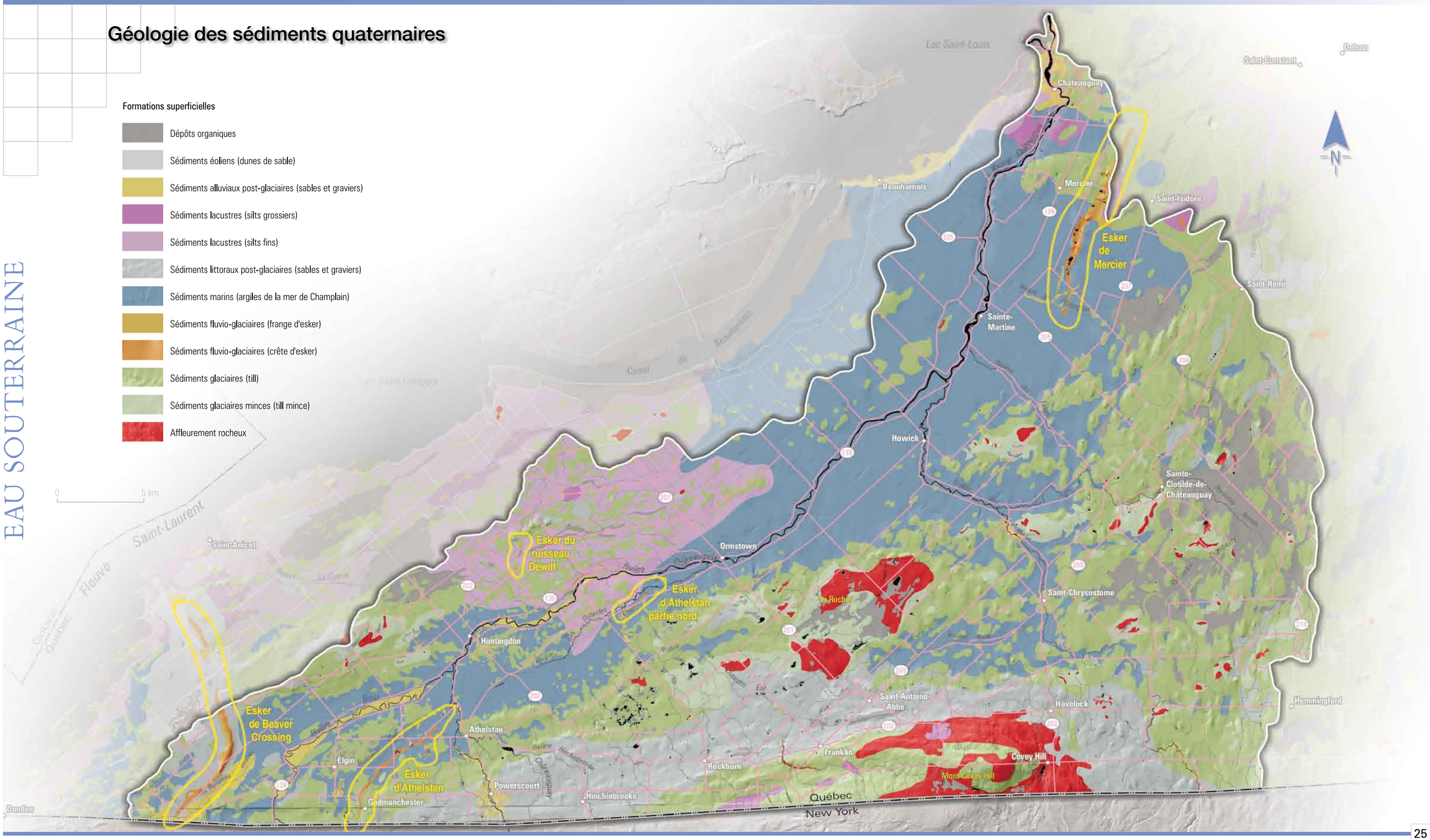
Pour comprendre l'hydrologie des grandes tourbières du bassin, il faut savoir que la plupart d'entre elles doivent leur existence aux drumlins, ces collines peu perméables qui constituent de véritables barrières au drainage hydrographique normal de la région. Vers la fin de la dernière glaciation, ces drumlins ont retenu l'eau de fonte des glaciers pendant un certain temps, créant ainsi des lacs temporaires dans lesquels se sont déposés les sédiments peu perméables qui forment aujourd'hui le fond des tourbières. Par conséquent, la plupart des grandes tourbières de la région sont des aquifères perchés, sans contact direct avec l'aquifère régional.

Toutefois, certaines tourbières ont été formées dans des dépressions ou encore directement sur le roc (par exemple sur Le Rocher) et peuvent être en contact avec la nappe phréatique.

Source : Texte et cartes adaptés de Tommy Tremblay et Michel Lamothe (2005), et de Luc Lamontagne (2005).

EAU SOUTERRAINE

Géologie des sédiments quaternaires



Contextes hydrogéologiques

De façon générale, l'eau souterraine du bassin versant, comme l'eau de surface, s'écoule d'un point haut vers un point bas, soit de l'amont vers l'aval, des États-Unis vers le fleuve Saint-Laurent. Cependant, les différentes unités géologiques influent sur l'écoulement des eaux souterraines, selon qu'elles constituent des milieux perméables laissant passer l'eau ou des milieux moins perméables créant des barrières naturelles à l'écoulement.

De façon plus particulière, l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère régional du bassin de la rivière Châteauguay est surtout influencé par la nature et l'épaisseur des sédiments quaternaires. Ces caractéristiques déterminent notamment le degré de confinement de l'eau souterraine et les directions d'écoulement.

Confinement de l'écoulement souterrain

Globalement, les conditions de nappe libre se trouvent là où les dépôts meubles sont peu épais et perméables, ainsi qu'aux endroits où le roc affleure en surface, situation observée surtout dans les zones de haute altitude du sud du bassin. À l'opposé, l'épaisse couche de sédiments fins et peu perméables que l'on trouve dans les zones de faible altitude confine l'écoulement souterrain, l'isolant ainsi de l'écoulement de surface.

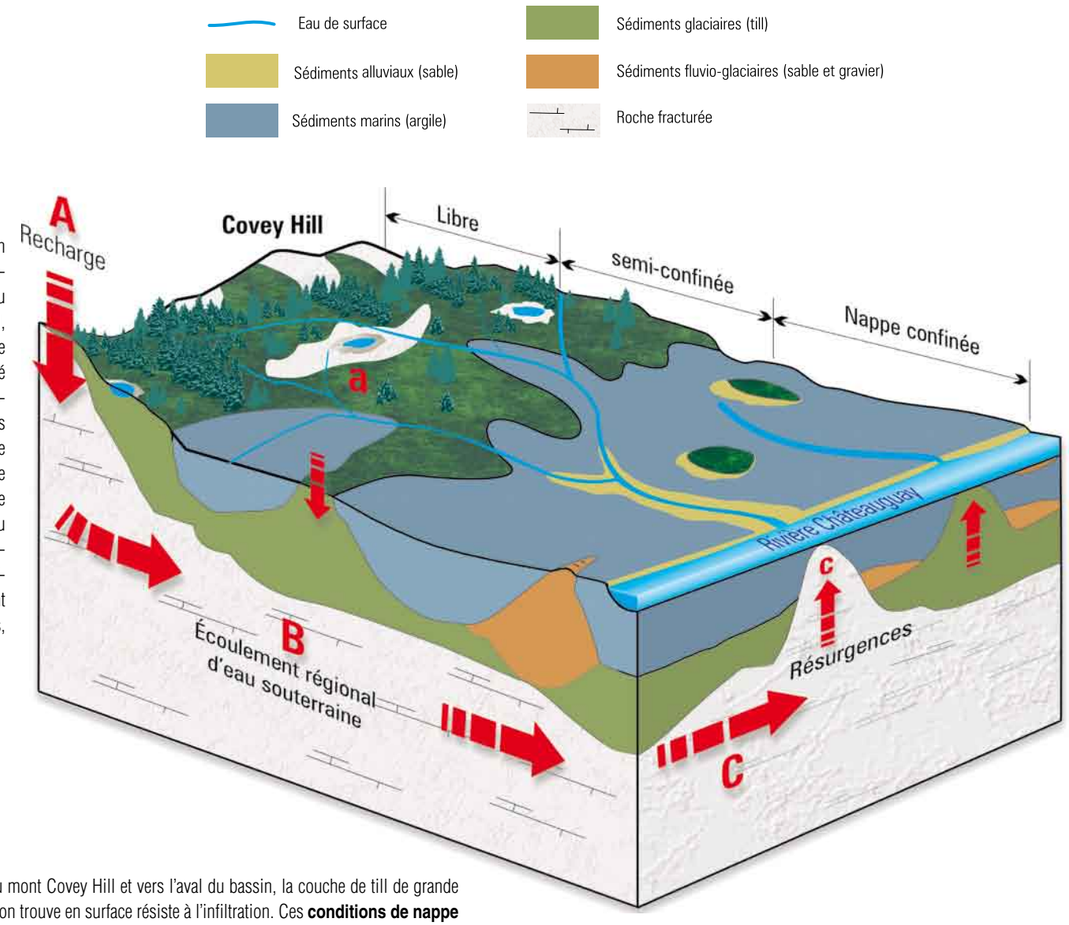
Compte tenu de ces observations, la carte « Géologie des sédiments quaternaires » peut être simplifiée pour représenter les conditions de confinement de l'écoulement souterrain en **trois contextes hydrogéologiques distincts :**

- **Conditions de nappe libre** : roc affleurant en surface ou recouvert par une mince couche de till d'épaisseur inférieure à trois mètres. De telles conditions se trouvent à de hautes altitudes aux États-Unis, sur le mont Covey Hill, sur Le Rocher (limite de partage des eaux située à l'ouest de Huntingdon), et entre Saint-Chrysostome et Sainte-Clotilde-de-Châteauguay.
- **Conditions de nappe confinée** : roc recouvert par une couche d'argile et/ou silt d'épaisseur supérieure à cinq mètres. Cette situation est surtout observée dans la vallée de la rivière Châteauguay et sur les rives du fleuve Saint-Laurent, à des altitudes de moins de 60 mètres au-dessus du niveau de la mer.
- **Conditions de nappe semi-confinée** : roc recouvert par une couche de till de plus de trois mètres d'épaisseur et/ou une couche argileuse ou silteuse d'épaisseur inférieure à cinq mètres. Cette catégorie constitue une condition de confinement intermédiaire observée dans les autres portions du bassin.

Source : Mémoire de Anne Croteau (INRS-ETE 2006).

Influence des contextes hydrogéologiques sur l'écoulement

Modèle conceptuel de l'écoulement souterrain

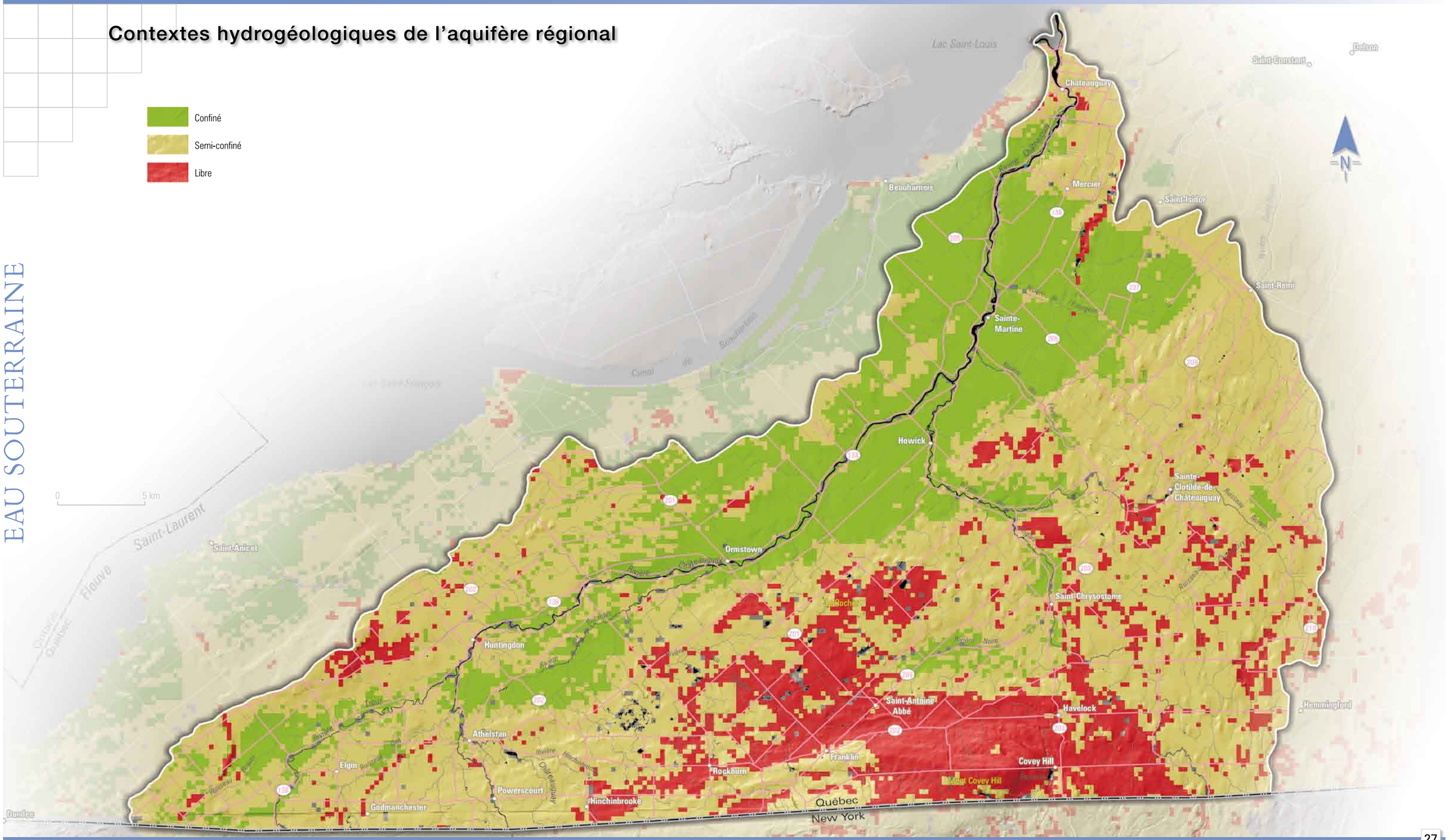


A En haute altitude, l'aquifère régional est en **conditions de nappe libre**, ce qui favorise l'infiltration rapide et l'**écoulement vertical** de l'eau souterraine. Une fois dans l'aquifère régional, l'eau circule suivant les lits et fractures du roc. Le dénivelé important, jumelé à une grande quantité d'eau dont l'écoulement est confiné dans la roche, favorise des conditions artésiennes (puits jaillissant) pour plusieurs des puits forés à grande profondeur ou situés en bas de pente, comme au pourtour du mont Covey Hill. La présence de nombreux petits lacs et de milieux humides au pied du mont (**a**) reflète cette circulation importante d'eau souterraine reliée aux variations d'altitude qui forcent l'eau à s'écouler et qui provoquent des fuites, appelées résurgences ou suintements, une fois au pied du mont.

B Au pied du mont Covey Hill et vers l'aval du bassin, la couche de till de grande étendue que l'on trouve en surface résiste à l'infiltration. Ces **conditions de nappe semi-confinée** font en sorte qu'une fois dans l'aquifère régional rocheux l'**écoulement** est **plutôt horizontal**.

C Dans les secteurs de plus faible altitude, des dépôts d'argile et de silt recouvrent les sédiments glaciaires, formant ainsi une couche quasi imperméable qui crée des **conditions de nappe confinée. L'écoulement souterrain se trouve ainsi complètement isolé de l'écoulement de surface** sur de grandes superficies, sauf en certains endroits où des ouvertures dans cette couche permettent la résurgence de l'eau souterraine dans les cours d'eau (**c**). En période d'étiage, donc de faible précipitation, ces résurgences assurent un certain débit d'écoulement dans les cours d'eau et, en ce sens, la survie des écosystèmes qui y sont associés.

Contextes hydrogéologiques de l'aquifère régional



EAU SOUTERRAINE

Niveaux d'eau souterraine

Le niveau de la nappe phréatique : une question d'équilibre

La profondeur de l'eau souterraine fluctue avec les variations saisonnières des précipitations. Cette profondeur peut également être affectée localement par les prélèvements qui s'effectuent dans l'aquifère. Au sein de l'aquifère, il se crée une sorte d'état d'équilibre qui fait en sorte que la plage de fluctuation saisonnière des niveaux d'eau demeure relativement constante d'une année à l'autre.

En conditions normales, le volume d'eau qui pénètre l'aquifère (principalement les précipitations) étant égal à celui qui en sort, la réserve en place demeure constante (la réserve est le volume d'eau présent dans ce réservoir que constituent les formations géologiques dites aquifères). Toutefois, une augmentation significative des prélèvements (ex. : un accroissement du nombre de puits) ou une variation marquée et durable des précipitations d'une année à l'autre (ex. : climat sec) crée un changement d'état d'équilibre traduisant une modification de la réserve en place. Un tel changement se reflétera sur les niveaux d'eau sous la forme d'un déplacement de la plage de leur fluctuation saisonnière (à la baisse dans le cas des exemples précédents).

Pourquoi suivre les niveaux d'eau?

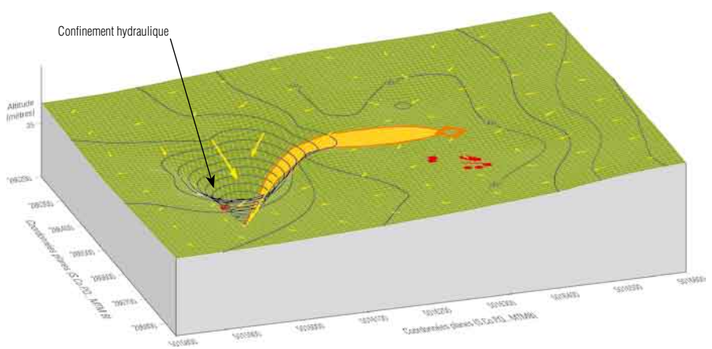
Le suivi des fluctuations des niveaux d'eau permet d'abord d'**évaluer s'il y a diminution des réserves d'eau**. Les données passées servent ainsi à évaluer si les niveaux observés correspondent à une variation habituelle ou anormale.

En conditions d'écoulement naturel, les fluctuations du niveau d'eau sont négligeables. Toutefois, lorsque les niveaux sont influencés par des pompages intermittents, comme des pompages saisonniers (par exemple en agriculture), ces variations peuvent être significatives. Par ailleurs, une variation des précipitations peut également faire varier le niveau d'eau. Le suivi des niveaux d'eau permet donc de **comprendre l'effet des modifications anthropiques ou naturelles sur la réserve en place, et donc sur la disponibilité de la ressource**.

Par ailleurs, en présence d'une zone de contamination, comme celle de Mercier, il est requis de suivre les niveaux d'eau pour s'assurer que le système de confinement hydraulique exerce un contrôle durable de la contamination.

Système de confinement hydraulique de Mercier

Le panache de contamination (en orange) est arrêté par le pompage de l'usine de traitement de l'eau souterraine.



Fluctuations observées dans le bassin versant

Fluctuations annuelles

Avec la fonte des neiges et les pluies printanières, au printemps, le niveau de l'eau souterraine dans le sol s'élève pour se rapprocher de la surface. Au cours de l'été, avec la résurgence de l'eau dans les rivières et l'évapotranspiration, le niveau d'eau redescend pour atteindre son minimum vers la fin de la période de croissance de la végétation (septembre-octobre). Par la suite, les niveaux remontent en deux paliers. Le premier est associé aux pluies d'automne et le second, plus important, au dégel du printemps.

Niveaux d'eau dans le puits 8R

Fluctuations à long terme

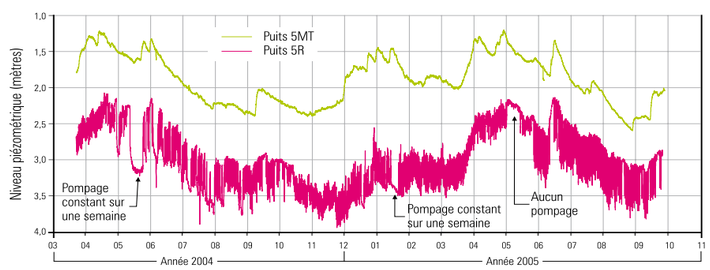
D'après les résultats obtenus à l'analyse des hydrographes de 32 puits du bassin (voir carte ci-dessous), les fluctuations annuelles moyennes sont plus prononcées dans les aquifères en condition de nappe libre et semi-confinée (2,7 m) que dans les aquifères à nappe confinée (1,6 m). Dans la région, les puits mis en place pour assurer un suivi au site de Mercier n'ont pas révélé de tendance (ni à la baisse ni à la hausse) des niveaux d'eau souterraine pendant la période 2000 à 2005.

Niveaux d'eau dans le puits 03097094

Fluctuations causées par les pompages

Les pompages provoquent également des fluctuations du niveau d'eau. Par exemple, au site des puits 5R et 5MT, les niveaux d'eau du puits au roc varient d'environ 50 cm chaque jour en raison d'un pompage à proximité alors que les niveaux dans les dépôts meubles demeurent constants.

Niveaux d'eau dans les puits 5R (au roc) et 5 MT (dans les dépôts meubles)



Piézométrie de l'aquifère régional

La piézométrie, aussi appelée le niveau piézométrique, est le niveau que l'eau souterraine atteint dans un sondage ou un puits foré ouvert à l'atmosphère. Si on pouvait connaître la piézométrie de l'aquifère régional en tous points de la région, la surface imaginaire qui relierait tous les niveaux mesurés s'appellerait **la surface piézométrique**. Cette surface doit être considérée comme **une surface imaginaire qui détermine les directions d'écoulement de l'eau souterraine**. C'est un peu comme si chaque goutte d'eau s'écoulait en suivant les pentes de la surface piézométrique, du haut vers le bas.

Pour représenter la surface piézométrique sur une carte, on trace des lignes entre différents points de même niveau piézométrique (appelées isopièzes ou courbes piézométriques), exactement comme avec les courbes topographiques. Comme l'écoulement de l'eau souterraine se fait des points de piézométrie élevée aux points de piézométrie plus basse, l'écoulement de l'eau souterraine se fait perpendiculairement aux courbes piézométriques.

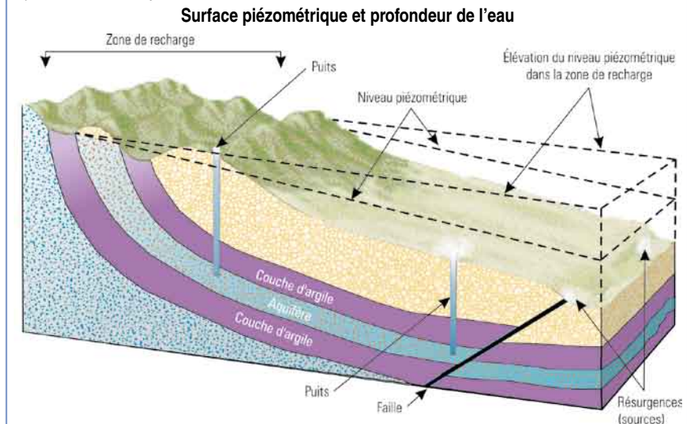
Il est à noter que la surface piézométrique ne doit pas être interprétée comme la profondeur de l'eau souterraine, ni celle de l'aquifère.

Qu'est-ce qui cause les puits jaillissants?

Dans un forage ouvert à l'atmosphère, le niveau de l'eau atteint une élévation qu'on appelle la surface piézométrique. Dans certaines conditions, comme au pied de certaines collines, il arrive que la surface piézométrique est plus élevée que la surface du sol. Dans ce contexte, si l'aquifère est en condition de nappe libre, la surface de la nappe phréatique sera plus élevée que le sol, et il en résultera une zone de résurgence qui peut se présenter sous la forme d'un plan d'eau ou d'un marécage.

Par contre, si l'aquifère est confiné, par exemple par une couche d'argile imperméable, l'eau n'atteint pas la surface parce qu'elle est retenue par la couche d'argile. Toutefois, si on perce l'argile pour creuser un puits, l'eau sera libérée et pourra s'élever dans le forage jusqu'au niveau piézométrique de cet endroit, causant ainsi un puits jaillissant. Ce phénomène a été observé en plusieurs endroits près du mont Covey Hill.

Surface piézométrique et profondeur de l'eau



Source : La carte présentée a été réalisée à partir des données recueillies pour 153 puits et piézomètres au roc, ~3500 forages effectués par les puisatiers répertoriés dans le Système d'information hydrogéologique, 30 résurgences, 13 puits d'observation du MDDEP, ~1000 mesures effectuées dans la zone de Mercier, 29 mesures rapportées dans des rapports techniques et 120 mesures de niveaux d'eau de surface. Après élimination des données erronées, les altitudes des niveaux recueillis ont été déterminées en utilisant le modèle d'élévation numérique. L'interpolation entre les différentes mesures a été réalisée par krigeage.

Pour en savoir plus, consulter Nicolas Benoît, École Polytechnique de Montréal (2005).

Piézométrie de l'aquifère régional

EAU SOUTERRAINE

Piézométrie (mètres)

- 21 à 30
- 31 à 40
- 41 à 50
- 51 à 60
- 61 à 80
- 81 à 100
- 101 à 150
- 151 à 200
- 201 à 250
- 251 à 300
- 301 à 350

Point de mesure

Direction de l'écoulement

Courbe piézométrique

Réseau de suivi des niveaux d'eau

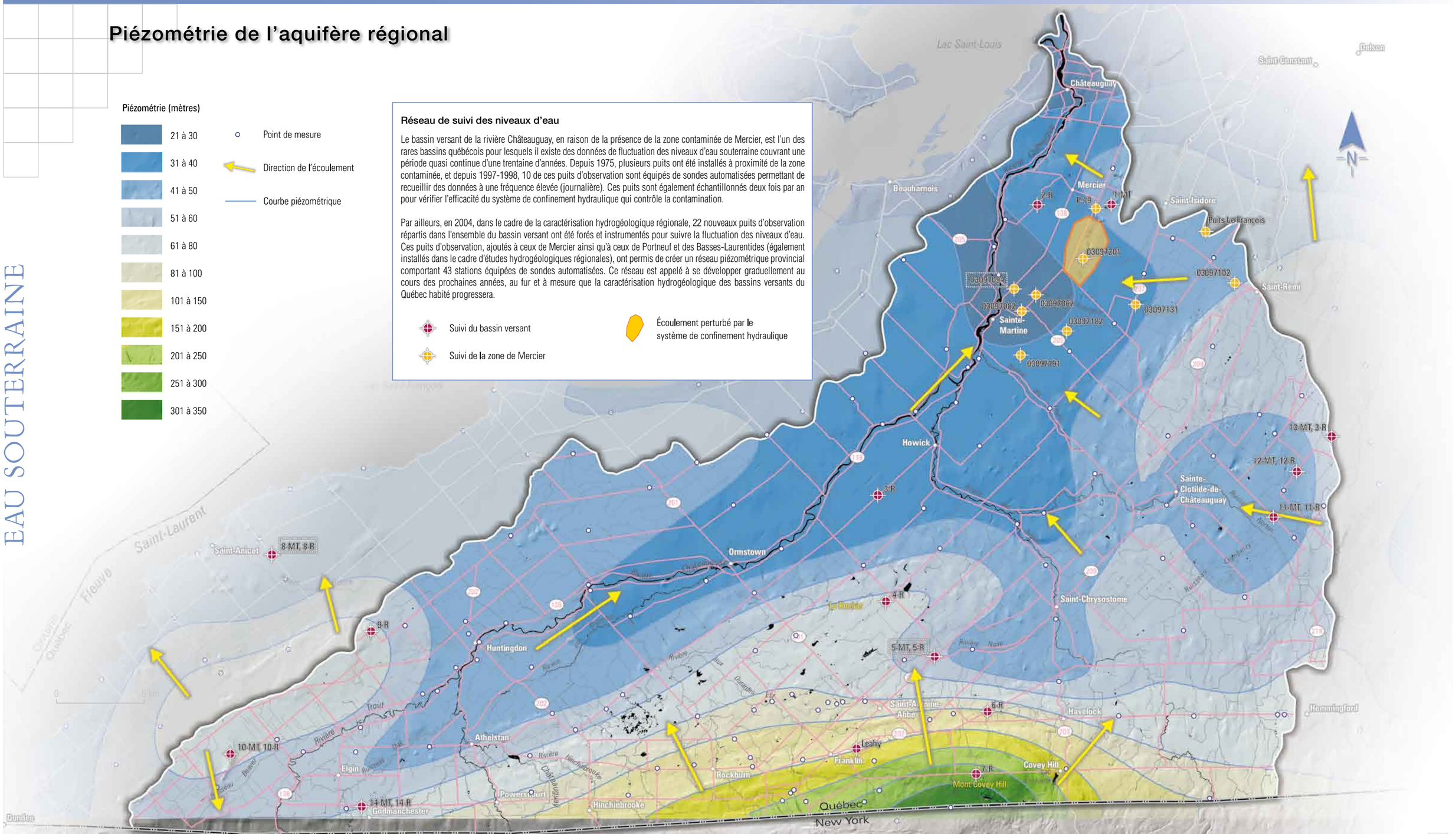
Le bassin versant de la rivière Châteauguay, en raison de la présence de la zone contaminée de Mercier, est l'un des rares bassins québécois pour lesquels il existe des données de fluctuation des niveaux d'eau souterraine couvrant une période quasi continue d'une trentaine d'années. Depuis 1975, plusieurs puits ont été installés à proximité de la zone contaminée, et depuis 1997-1998, 10 de ces puits d'observation sont équipés de sondes automatisées permettant de recueillir des données à une fréquence élevée (journalière). Ces puits sont également échantillonnés deux fois par an pour vérifier l'efficacité du système de confinement hydraulique qui contrôle la contamination.

Par ailleurs, en 2004, dans le cadre de la caractérisation hydrogéologique régionale, 22 nouveaux puits d'observation répartis dans l'ensemble du bassin versant ont été forés et instrumentés pour suivre la fluctuation des niveaux d'eau. Ces puits d'observation, ajoutés à ceux de Mercier ainsi qu'à ceux de Portneuf et des Basses-Laurentides (également installés dans le cadre d'études hydrogéologiques régionales), ont permis de créer un réseau piézométrique provincial comportant 43 stations équipées de sondes automatisées. Ce réseau est appelé à se développer graduellement au cours des prochaines années, au fur et à mesure que la caractérisation hydrogéologique des bassins versants du Québec habité progressera.

Suivi du bassin versant

Suivi de la zone de Mercier

Écoulement perturbé par le système de confinement hydraulique



Bilan hydrologique du bassin versant

Pour assurer la pérennité de l'eau souterraine dans une région, il est d'abord nécessaire de connaître les quantités disponibles et le taux de renouvellement. L'estimation de ces quantités peut se faire en dressant le bilan hydrologique du bassin versant.

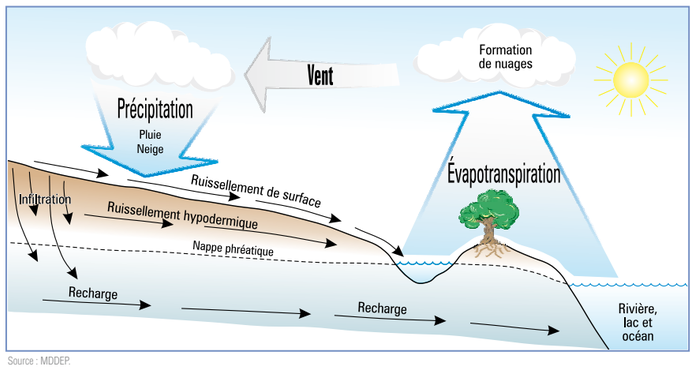
Le bilan hydrologique

Le bilan hydrologique est une évaluation des quantités d'eau qui contribuent aux différentes étapes du cycle de l'eau : la précipitation, l'évapotranspiration, le ruissellement de surface et l'infiltration, qui se distribue entre le ruissellement hypodermique et la recharge.

Le cycle de l'eau

- La **précipitation**, sous forme de pluie ou de neige, est la source d'apport en eau. Elle dépend principalement des conditions climatiques.
- L'**évapotranspiration** correspond à l'eau qui est transpirée par les plantes et évaporée au niveau du sol. Elle dépend du type de végétation, des propriétés physiques du sol, de la température et du taux d'humidité dans l'air.
- Le **ruissellement de surface** (ou écoulement de surface) survient lors d'un évènement de précipitation durant lequel la capacité d'infiltration du sol est atteinte de sorte que l'eau ne peut plus le pénétrer et s'écoule en surface. Il dépend, entre autres, du climat, de la pente, du type, des propriétés physiques et de l'utilisation du sol.
- L'**infiltration** (qui devient l'écoulement de l'eau souterraine) se divise en deux parties :
  - Le **ruissellement hypodermique** s'effectue près de la surface et est constitué de l'eau qui s'infiltre dans le sol et qui circule horizontalement dans les couches supérieures jusqu'à ce qu'elle face résurgence à la surface, par la pente du terrain ou dans un cours d'eau, ou bien jusqu'à ce qu'elle s'infiltre plus bas vers l'aquifère.
  - La **recharge** correspond à l'eau qui atteint l'aquifère. Le partage entre le ruissellement hypodermique et la recharge dépend surtout des propriétés hydrogéologiques des formations géologiques.

Le cycle de l'eau

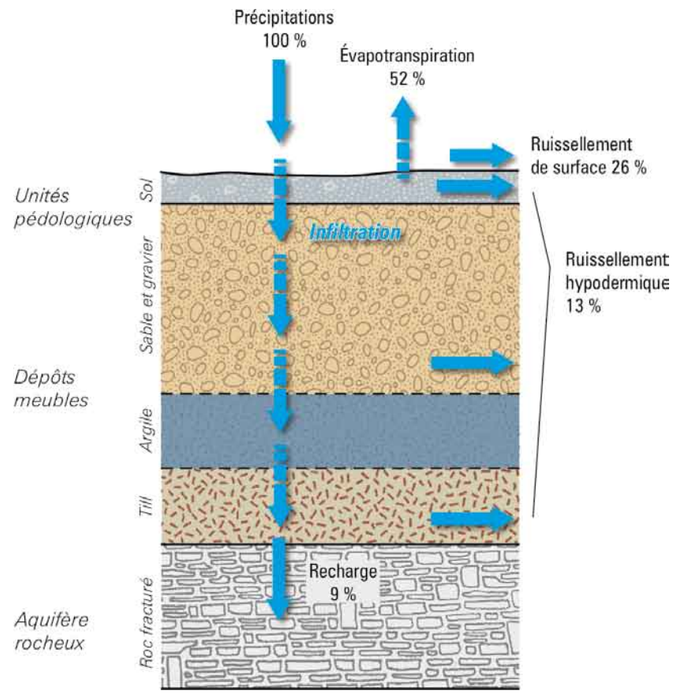


Source : MDDEP.

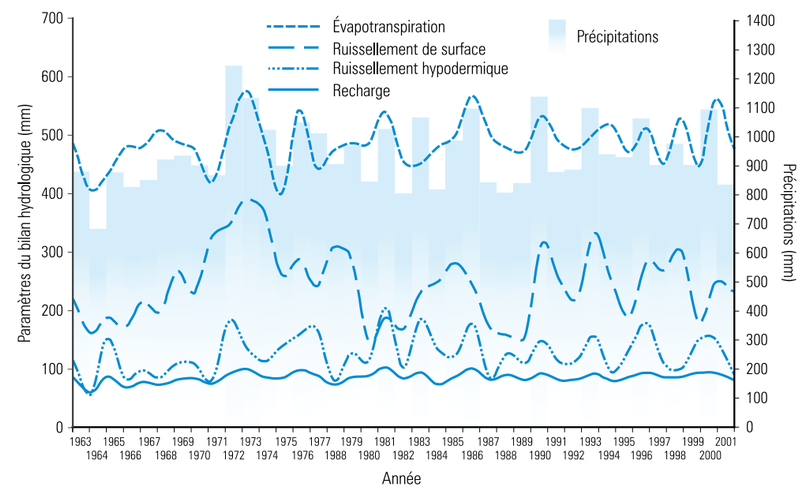
Le bilan hydrologique en chiffres

Le bilan hydrologique annuel moyen calculé pour la période de 1963 à 2001 révèle que 52 % des précipitations annuelles sont directement retournées dans l'atmosphère par évapotranspiration, que respectivement 26 % et 13 % des précipitations sont récupérées par les ruissellements de surface et hypodermique, et que la recharge moyenne à l'aquifère régional représente seulement 9 % des précipitations annuelles, c'est-à-dire l'équivalent d'une lame d'eau de 86 mm de hauteur sur l'ensemble du bassin versant.

Bilan hydrologique annuel moyen



Bilan hydrologique annuel du bassin versant pour la période de 1963 à 2001



Le graphique du bilan hydrologique annuel du bassin versant pour la période de 1963 à 2001 permet de constater que l'aquifère agit comme un réservoir qui atténue les fluctuations annuelles, c'est-à-dire que ça prend plusieurs années de précipitations « extrêmes » (très faibles ou très élevées) pour observer une variation marquante sur la recharge. En effet, si le ruissellement de surface varie selon les précipitations, à l'opposé, la recharge semble peu affectée par les variations de précipitations. Par conséquent, la quantité d'eau souterraine disponible est moins sensible aux variations ponctuelles des précipitations que la quantité d'eau de surface.

Les facteurs qui affectent le bilan hydrologique

Pour évaluer les quantités d'eau qui participent aux différentes étapes du bilan hydrologique, on utilise les données relatives aux principaux facteurs qui peuvent affecter le bilan.

Types de données	Exemple d'impact sur le bilan
données météorologiques (température, précipitations, vent, rayonnement solaire et humidité relative)	Quand le sol est gelé, l'eau ne peut pas s'infiltrer.
couverture végétale (profondeur des racines, densité du couvert végétal et saison de croissance des végétaux)	Plus la végétation est mature et dense, plus la transpiration est importante.
pentes du terrain (dérivées de la carte topographique et du modèle numérique du terrain)	Plus la pente est abrupte, plus le ruissellement de surface est important.
carte pédologique (type de sol de surface)	Plus le sol est fin et compact, plus le ruissellement de surface est important.
image satellite d'utilisation du sol	En zone urbaine le ruissellement est plus important qu'en zone cultivée.
densité du drainage de surface (cours d'eau et drainage agricole)	La présence de nombreux cours d'eau et systèmes de drainage agricole réduit l'infiltration efficace, donc la recharge.
cartes géologiques du socle rocheux et des dépôts meubles (porosité, fracturation, ordre et superposition des unités géologiques)	Si l'aquifère est recouvert d'argile ou s'il est peu poreux et non fracturé, le ruissellement hypodermique sera très important et la recharge sera très faible.

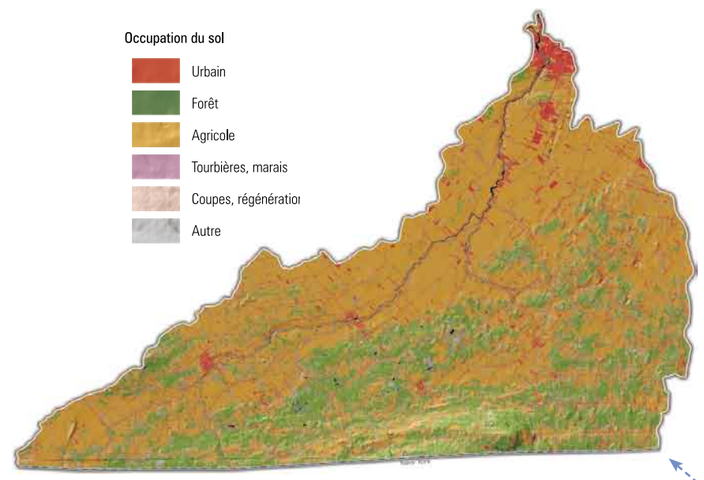
Source : Les données présentées constituent les résultats de l'estimation de la recharge à l'aquifère régional à partir d'une méthode basée sur le bilan hydrologique. Les paramètres du bilan hydrologique (évapotranspiration, ruissellement de surface, ruissellement hypodermique, recharge) sont estimés à partir du logiciel HELP, version 3.07 (développé pour le U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development). Celui-ci est relié à un système d'information géographique (SIG) afin d'intégrer la référence spatiale des variables estimées. La zone à l'étude est divisée en 48 335 mailles de 250 m x 250 m. Les données climatiques journalières, les propriétés physiques des sols, les propriétés de drainage vertical et horizontal, l'utilisation du sol et la couverture végétale sont utilisées pour caractériser chacune des mailles. Les paramètres du bilan sont calés sur le bassin versant de la rivière des Anglais à partir de la séparation d'hydrogrammes de rivières (de 1960 à 2002). Les estimations présentées utilisent les données météorologiques et les mesures de débits de rivières disponibles pour la période de 1960 à 2002 et excluent les prélèvements d'eau.

Pour en savoir plus, consulter Anne Croteau, INRS-ETE (2006).

L'impact des activités anthropiques

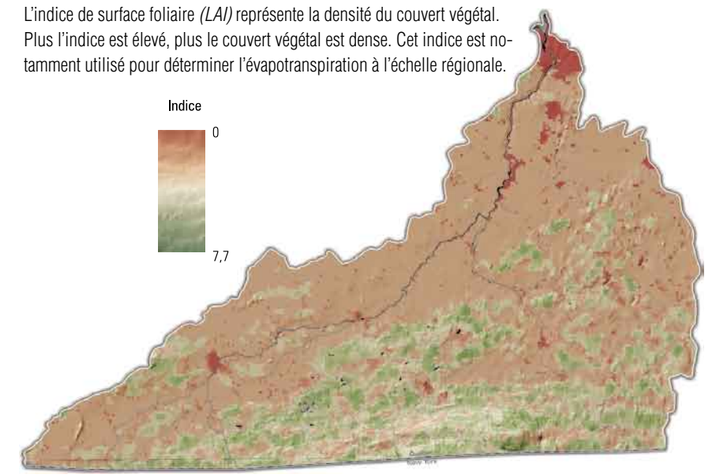
Les activités anthropiques ne sont pas sans effet sur la distribution des paramètres du bilan hydrologique. L'utilisation des sols (défrichage, culture, asphaltage), par exemple, peut diminuer l'évapotranspiration et augmenter le ruissellement de surface. L'augmentation du ruissellement aura pour conséquence d'entraîner l'érosion, le détachement et le transport de particules de sols vers les cours d'eau, et ainsi d'affecter la qualité de l'eau de surface et des habitats aquatiques qui s'y trouvent.

1- Occupation du sol



2- Indice de surface foliaire

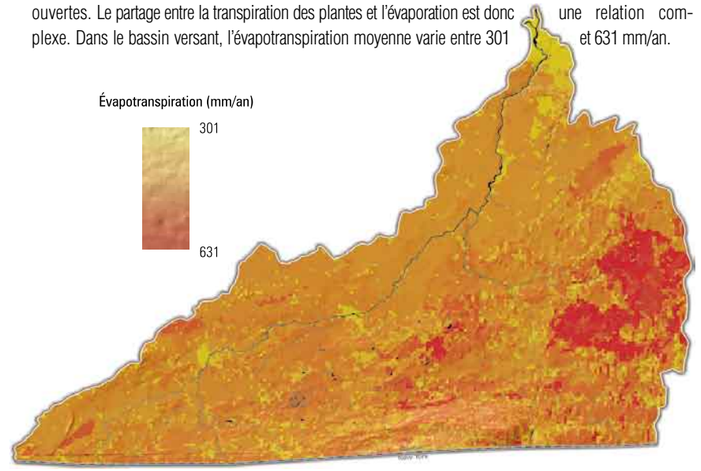
L'indice de surface foliaire *(LAI)* représente la densité du couvert végétal. Plus l'indice est élevé, plus le couvert végétal est dense. Cet indice est notamment utilisé pour déterminer l'évapotranspiration à l'échelle régionale.



Note : L'indice de surface foliaire a été calculé en utilisant un algorithme d'analyse d'images satellites, ce qui permettait de couvrir une grande région rapidement. La calibration a été effectuée au moyen de photographies hémisphériques prises sur le terrain à l'été 2004.

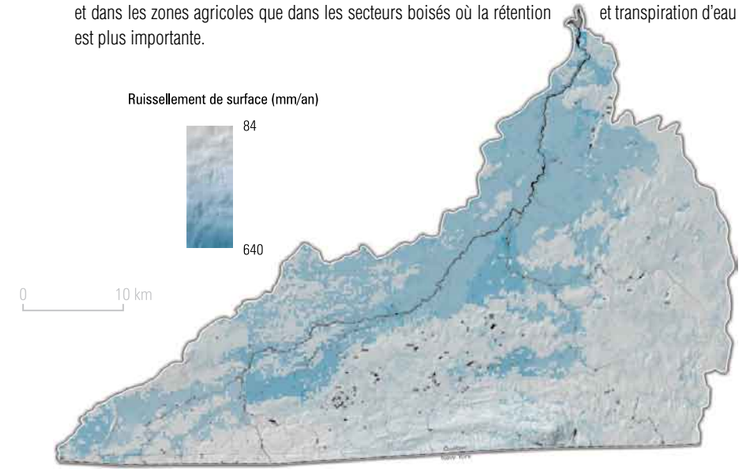
3- Évapotranspiration

Plus la couverture végétale est mature et dense, plus la transpiration des plantes est importante. L'évaporation est quant à elle la plus importante sur les surfaces d'eau, les milieux humides et les surfaces ouvertes. Le partage entre la transpiration des plantes et l'évaporation est donc une relation complexe. Dans le bassin versant, l'évapotranspiration moyenne varie entre 301 et 631 mm/an.



4- Distribution spatiale du ruissellement de surface

La comparaison des cartes d'occupation du sol et de la distribution spatiale du ruissellement de surface illustre bien que le ruissellement de surface moyen annuel est plus élevé dans les secteurs urbains et dans les zones agricoles que dans les secteurs boisés où la rétention et transpiration d'eau est plus importante.



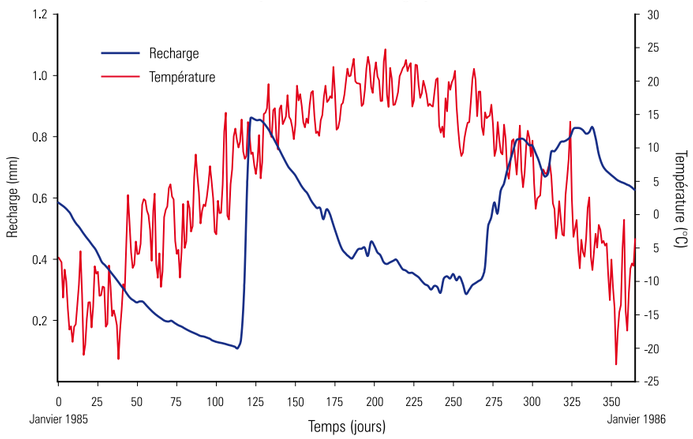
Recharge de l'aquifère régional

Distribution de la recharge sur une année

Au Québec, le principal facteur déterminant les périodes de recharge importante est la température, parce qu'elle contrôle la forme des précipitations (pluie ou neige) et l'état du sol en surface (gelé ou non). Au printemps, la période de dégel où les températures grimpent au-dessus de 0 °C favorise l'infiltration de l'eau accumulée à la surface du sol sous forme de neige durant l'hiver. À l'automne, la hausse de la recharge est reliée à la diminution du couvert végétal et donc à la réduction de l'utilisation de l'eau par les plantes (transpiration) qui devient alors disponible pour la recharge (avant le gel du sol). Ainsi, les périodes de recharge les plus importantes se situent au printemps et à l'automne. Une telle distribution est typique des conditions climatiques observées dans le sud du Québec.

L'analyse de la distribution de la recharge sur une période d'une année permet surtout de voir l'influence du climat et son impact sur la variation du taux de recharge dans le temps. Cette compréhension est nécessaire pour évaluer l'impact des changements climatiques sur la recharge.

Distribution temporelle de la recharge pour l'année 1985



Source : Anne Croteau, INRS-ETE (2006).

Distribution de la recharge et de la température pour l'année 1985 (moyennes globales pour l'ensemble du bassin). L'année 1985 a été choisie parce qu'elle représente une année typique en termes de précipitations. Les résultats annuels peuvent être obtenus en faisant la somme des résultats pour chaque jour.

La recharge de l'aquifère régional

La **recharge** correspond à la quantité d'eau qui s'ajoute à l'aquifère et constitue le renouvellement de l'eau souterraine. L'estimation de la recharge d'un aquifère est donc essentielle pour évaluer la pérennité de l'eau souterraine et en assurer le développement durable.

Dans le bassin versant de la rivière Châteauguay, l'**aquifère régional** est constitué des roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent. Par conséquent, l'eau qui s'infiltre jusqu'à cet aquifère représente la recharge de l'aquifère régional.

Distribution de la recharge sur le bassin versant

De façon générale, les principaux facteurs affectant la recharge sont le climat, la géologie, la topographie, les propriétés physiques des sols et la végétation en place. Comme ces facteurs varient d'un endroit à l'autre, la recharge n'est pas uniforme sur l'ensemble d'un bassin versant. À l'échelle régionale, il est intéressant de pouvoir déterminer les zones de recharge importante pour mieux les protéger.

Dans le cas du bassin versant de la rivière Châteauguay, la présence de dépôts meubles et leurs propriétés physiques constituent les facteurs ayant le plus d'effet sur le taux de recharge. Ainsi, les zones d'affleurement rocheux et les dépôts meubles perméables définissent les principales zones de recharge. En particulier, les environs du mont Covey Hill (roc et sédiments littoraux) et du Rocher représentent la zone de recharge la plus importante à l'échelle régionale. Les eskers d'Athelstan, de Beaver Crossing et de Mercier constituent aussi des zones de recharge importantes. Ces eskers se composent principalement de matériaux grossiers (sables et graviers) perméables qui reposent en grande partie directement sur l'aquifère régional, permettant ainsi à l'eau de s'infiltrer facilement jusqu'à cette nappe profonde. Quant aux zones de recharge faible, elles se trouvent principalement dans la plaine argileuse. Cette diversité géologique fait en sorte que **la recharge annuelle moyenne de l'aquifère régional** (calculée pour la période de 1963 à 2001) **varie de 0 à 404 mm/an d'un endroit à l'autre dans le bassin versant.**

En comparant la distribution de la recharge avec l'occupation du sol, on observe qu'en zone urbaine la recharge est relativement faible. Cependant, la recharge est probablement sous-estimée dans les zones urbaines, parce que les fuites des infrastructures anthropiques (aqueducs, bassins de drainage, fosses septiques, etc.) qui n'ont pas été considérées ici peuvent constituer un apport non négligeable aux eaux souterraines.

Source : Les données présentées constituent les résultats de l'estimation de la recharge à l'aquifère régional à partir d'une méthode basée sur le bilan hydrologique. Les paramètres du bilan hydrologique (évapotranspiration, ruissellement de surface, ruissellement hypodermique, recharge) sont estimés à partir du logiciel HELP, version 3.07 (développé pour le U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development). Celui-ci est relié à un système d'information géographique (SIG) afin d'intégrer la référence spatiale des variables estimées. La zone à l'étude est divisée en 48 335 mailles de 250 m x 250 m. Les données climatiques journalières, les propriétés physiques des sols, les propriétés de drainage vertical et horizontal, l'utilisation du sol et la couverture végétale sont utilisées pour caractériser chacune des mailles. Les paramètres du bilan sont calés sur le bassin versant de la rivière des Anglais à partir de la séparation d'hydrogrammes de rivières (de 1960 à 2002). Les estimations présentées utilisent les données météorologiques et les mesures de débits de rivières disponibles pour la période de 1960 à 2002 et excluent les prélèvements d'eau.

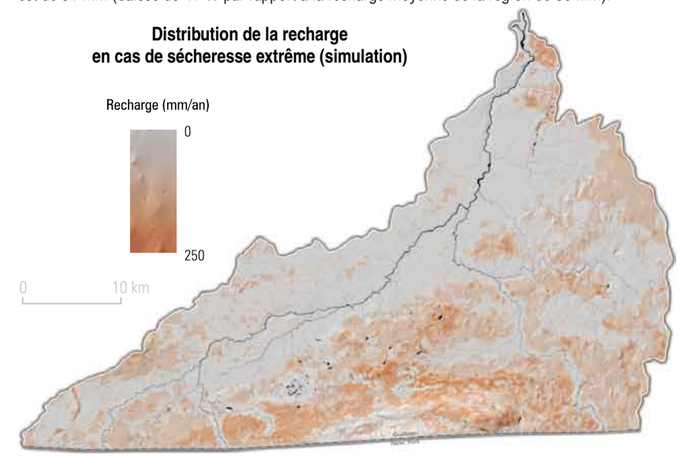
Pour en savoir plus, consulter Anne Croteau, INRS-ETE (2006).

Impact des changements climatiques sur la recharge

Pour connaître l'impact éventuel des changements climatiques, la recharge peut être calculée (simulée) pour des conditions climatiques extrêmes enregistrées dans le bassin versant, tout en conservant les données physiques de la zone d'étude. Il serait aussi possible d'utiliser des modèles de prévision des conditions climatiques futures, mais ces modèles manquent de précision à l'échelle du bassin versant et ne peuvent pas être validés.

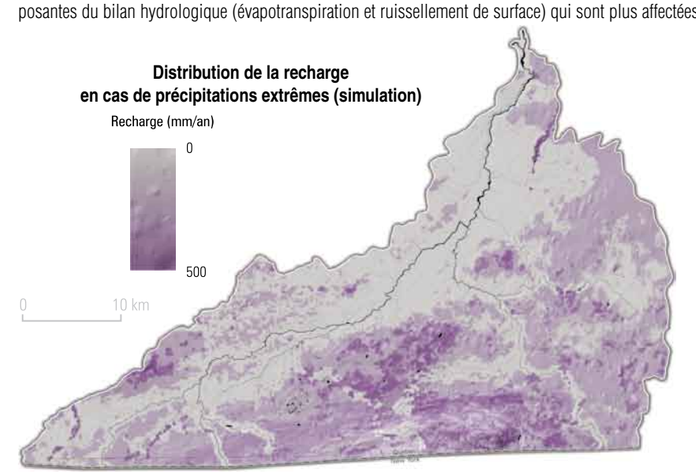
Par exemple, pour simuler une période de sécheresse extrême, la recharge est calculée pour une situation où l'année la plus sèche (1964) se répéterait pendant six ans. Dans cette simulation, la précipitation est de 683 mm (baisse de 29 % par rapport à la précipitation moyenne de 958 mm) et la recharge moyenne est de 51 mm (baisse de 41 % par rapport à la recharge moyenne de la région de 86 mm).

Distribution de la recharge en cas de sécheresse extrême (simulation)

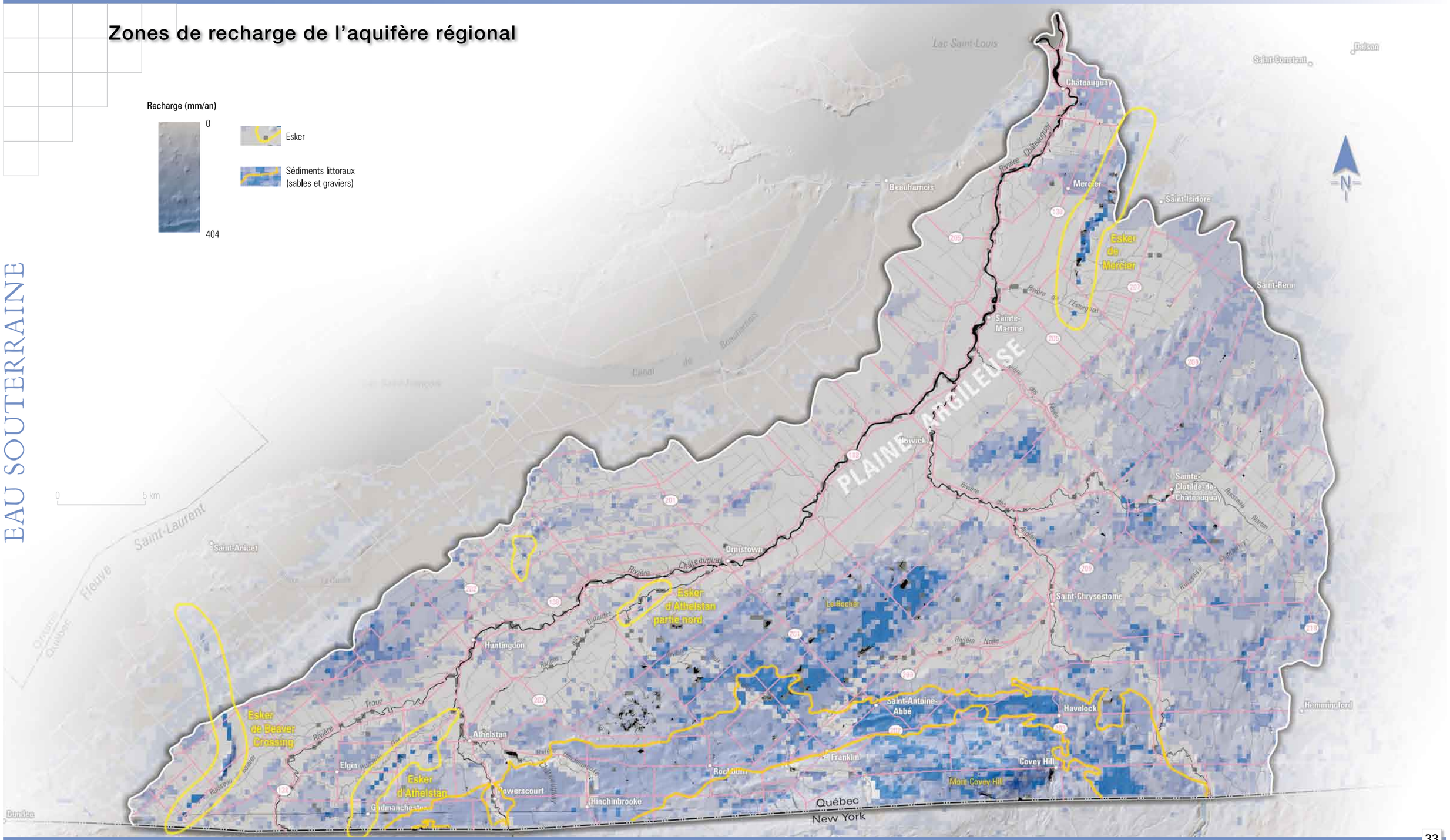


De la même façon, un scénario humide peut être simulé en répétant pendant six ans les conditions de l'année la plus humide (1972). Dans cette simulation, la précipitation est de 1243 mm (hausse de 30 % par rapport à la précipitation moyenne, 958 mm) et la recharge moyenne est de 99 mm (hausse de 15 % par rapport à la recharge moyenne pour la région, 86 mm). La variation de la recharge est moins importante dans ce cas que dans la simulation d'une période de sécheresse; ce sont alors les autres composantes du bilan hydrologique (évapotranspiration et ruissellement de surface) qui sont plus affectées.

Distribution de la recharge en cas de précipitations extrêmes (simulation)



Zones de recharge de l'aquifère régional



Vulnérabilité de l'aquifère régional à la contamination

Pourquoi cartographier la vulnérabilité à l'échelle régionale?

La protection d'un aquifère régional aussi étendu que celui du bassin versant de la rivière Châteauguay constitue un défi de taille, surtout en territoire habité. Heureusement, l'effort à fournir pour protéger l'aquifère n'est pas le même partout. En effet, suivant les variations de la topographie, de la pédologie et de la géologie, certaines parties de l'aquifère sont naturellement mieux protégées que d'autres et sont donc moins vulnérables à une éventuelle contamination causée par les activités de surface.

La cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet donc de classer par ordre de priorité les zones à protéger et de mieux choisir les emplacements des activités susceptibles d'affecter la qualité des eaux souterraines.

Risque ou vulnérabilité?

Le **risque** de contamination d'une eau souterraine est un concept qui considère deux facteurs : la présence d'une substance contaminante et la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère à la contamination.

La **vulnérabilité** intrinsèque se définit comme étant « la sensibilité de l'aquifère à toute contamination provenant de la surface du sol », en faisant abstraction des propriétés du contaminant.

La méthode DRASTIC

Il existe de nombreuses méthodes pour évaluer la vulnérabilité des aquifères. La plus utilisée est la méthode DRASTIC, qui a été créée aux États-Unis par la National Water Well Association (NWWA) et l'Environmental Protection Agency (EPA) pour cartographier la vulnérabilité intrinsèque des aquifères à l'échelle régionale.

Cette méthode évalue la vulnérabilité d'un aquifère à la contamination à partir de **sept paramètres** : la **profondeur de l'eau**, la **recharge**, la **nature géologique de l'aquifère**, la **texture du sol**, la **topographie**, l'**impact de la zone vadose** et la **conductivité hydraulique**. Chaque paramètre est cartographié individuellement, puis les résultats sont combinés pour obtenir la carte des indices de vulnérabilité DRASTIC. Les indices obtenus peuvent varier entre 23 et 226. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable.

Il est important de savoir que la méthode DRASTIC suppose qu'un éventuel contaminant serait localisé à la surface du sol, et qu'il s'infiltrerait à travers les différentes couches géologiques jusqu'à l'aquifère régional de la même façon que l'eau de la recharge, sans effet de retard et sans réaction avec le milieu environnant. Par conséquent, pour évaluer s'il y a un risque qu'une activité contamine l'eau souterraine dans une zone vulnérable, il faut également considérer la nature des contaminants émis par cette activité, leur localisation et leur comportement dans l'environnement.

Application concrète

Au Québec, la méthode DRASTIC est actuellement utilisée dans le cadre de l'application du Règlement sur le captage des eaux souterraines (Q-2, r.1.3) pour déterminer si l'épandage de déjections animales peut être effectué sans restriction au sein de l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage d'eau souterraine à des fins de consommation humaine dont le débit moyen d'exploitation est supérieur à 75 m³/jour.

Une vulnérabilité dictée par le contexte hydrogéologique

La vulnérabilité de l'aquifère régional varie d'un point à l'autre du bassin versant de la rivière Châteauguay en fonction de la géologie et des conditions d'écoulement de l'eau souterraine.

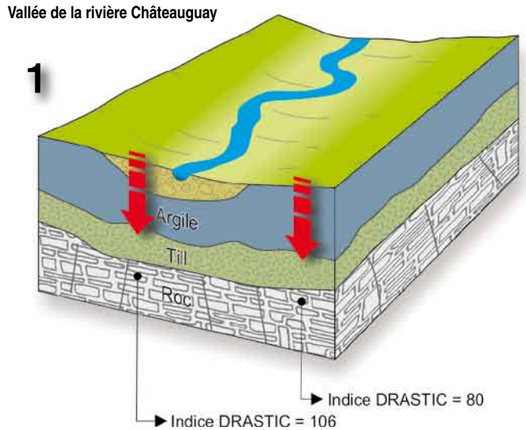
L'aquifère régional est constitué des différentes roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent.

La superposition de la carte de la géologie des sédiments quaternaires avec la carte de la vulnérabilité montre clairement que les zones de forte vulnérabilité correspondent aux zones d'affleurement du roc et aux zones caractérisées par une faible épaisseur du till. De même, l'observation des cartes du taux de recharge et des contextes hydrogéologiques permet de constater que les zones de vulnérabilité élevée coïncident avec les zones de recharge et les portions de l'aquifère qui sont en condition de nappe libre ou semi-confinée.

Ainsi, aux endroits où l'aquifère est confiné par plus de trois mètres d'argile, l'indice DRASTIC est inférieur à 60, alors que sous les sables et graviers en condition de nappe libre la vulnérabilité est supérieure à 180. Entre ces deux extrêmes, on trouve une variété de contextes plus ou moins vulnérables.

Exemples d'indices de vulnérabilité de l'aquifère régional

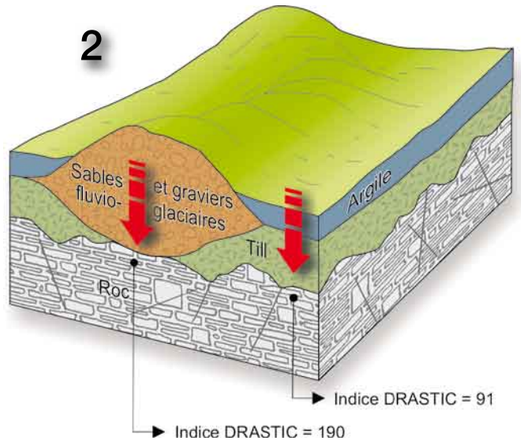
Vallée de la rivière Châteauguay



De chaque côté de la vallée de la rivière Châteauguay, le till glaciaire est recouvert par d'épaisses couches d'argiles marines quasi imperméables. Même si par endroits on observe des sédiments alluviaux perméables en surface, l'indice DRASTIC du roc est relativement faible partout en raison de la présence de cette couche d'argile qui agit comme une barrière imperméable à l'écoulement.

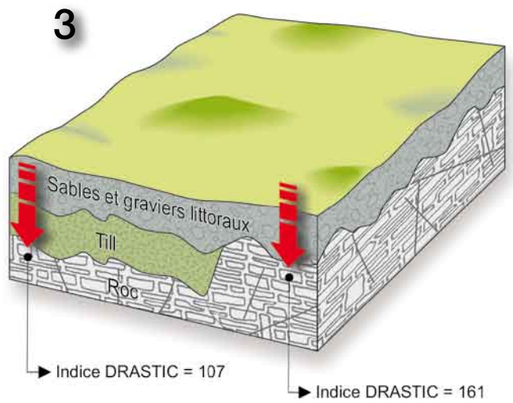
Source : Miroslav Nastev, CGC-Québec (2005). Il est à noter que les indices de vulnérabilité DRASTIC ont été calculés en utilisant les résultats de la cartographie régionale (présentés sur les différentes cartes de cet atlas). En raison de l'échelle d'acquisition des données, des caractéristiques ponctuelles peuvent avoir échappé à la cartographie, de sorte que la vulnérabilité réelle pourrait localement être différente de ce qui est présenté ici. Par conséquent, il serait imprudent de conclure qu'un site en particulier est vulnérable ou protégé à partir de cette carte sans réaliser une étude locale.

Esker de Mercier



Dans le secteur de l'esker de Mercier, comme en plusieurs autres endroits, les dépôts de sables et graviers fluvio-glaciaires perméables qui affleurent à travers les couches de till et d'argile sont en contact direct avec le roc, créant ainsi un chemin d'accès à l'aquifère pour un contaminant déposé en surface. Dans ces cas, l'indice DRASTIC est beaucoup plus élevé que dans le reste de la région.

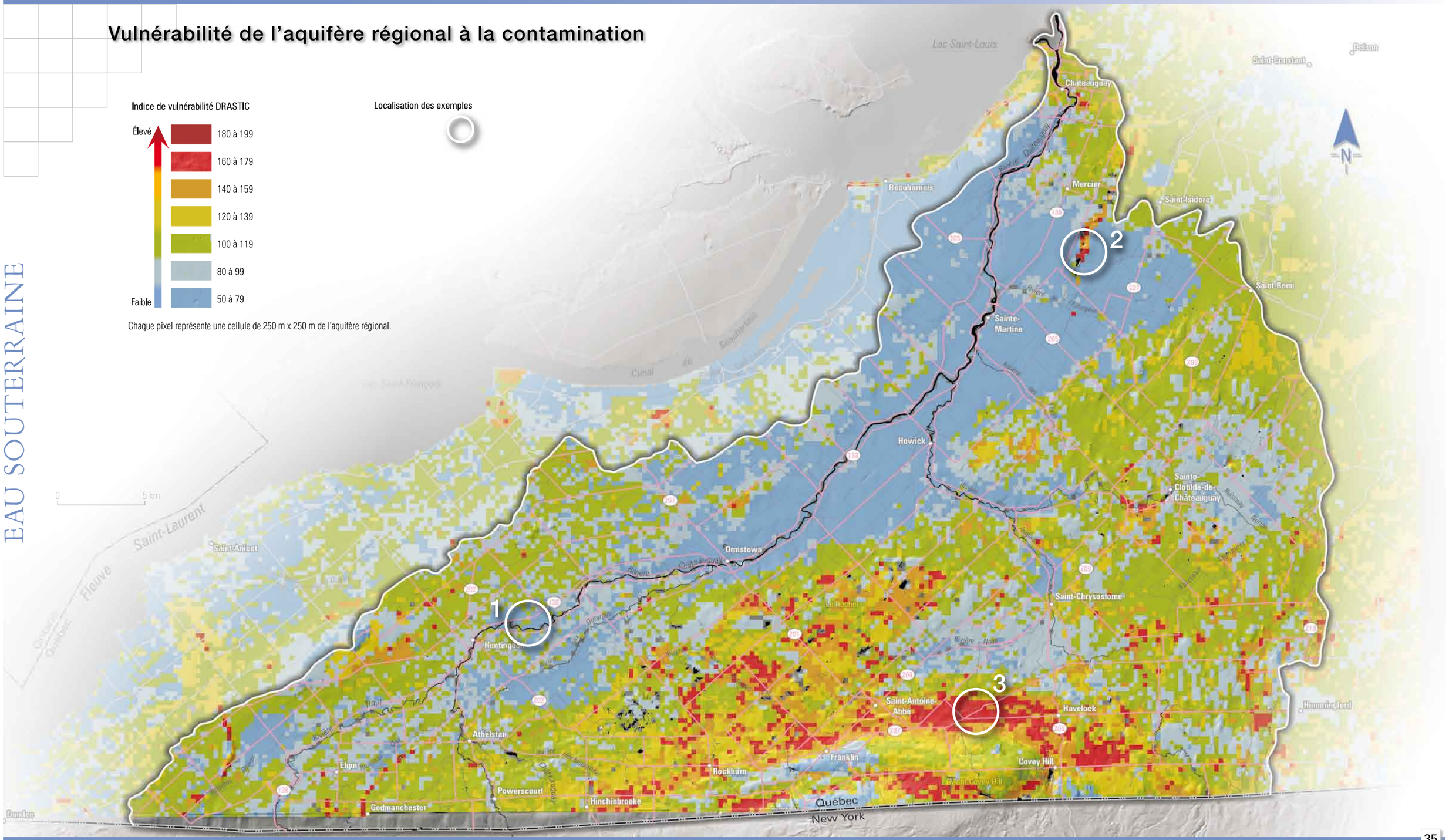
Secteur de Covey Hill



Aux environs du mont Covey Hill, l'aquifère rocheux est recouvert d'une couche de till d'épaisseur variable que les vagues de la mer de Champlain ont remanié dans la partie supérieure, de sorte que les particules fines initialement présentes dans la matrice ont été emportées. Il en résulte des sables et graviers littoraux très perméables. Ainsi, les parties du roc en contact avec ces dépôts ont une vulnérabilité plus élevée que les parties du roc recouvertes par le till non remanié.

EAU SOUTERRAINE

Vulnérabilité de l'aquifère régional à la contamination



Géochimie

Pourquoi caractériser la qualité physicochimique de l'eau souterraine?

Puisque la qualité physicochimique de l'eau souterraine dépend en partie du milieu géologique dans lequel elle circule, certains problèmes éprouvés à un endroit peuvent être présents dans d'autres endroits où le contexte géologique est semblable. La détermination des problèmes observés dans une région et de leurs causes permet donc d'**anticiper les problèmes potentiels de qualité**.

De plus, cette caractérisation physicochimique permet d'**établir les teneurs de fond de la région**, c'est-à-dire les concentrations naturelles des différents paramètres physicochimiques. Ces valeurs peuvent alors être utilisées pour déterminer si la contamination observée sur un site est d'origine naturelle ou anthropique.

Enfin, parce que les éléments chimiques contenus dans l'eau proviennent des unités géologiques dans lesquelles l'eau circule, les concentrations observées permettent aussi aux hydrogéologues de **mieux comprendre l'écoulement de l'eau souterraine**.

Notes

* Les normes et objectifs sont habituellement présentés en mg/ℓ. En raison des faibles concentrations mesurées, certains paramètres ont été convertis en µg/ℓ de façon à faciliter la lecture du tableau (1 mg/ℓ = 1000 µg/ℓ).

** Normes d'eau potable du Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r.18.1.1) dans la version du 26 octobre 2005.

*** Le «-t» signifie total.

**** La norme québécoise pour l'arsenic est actuellement en révision et pourrait être abaissée à 10 ou 5 µg/ℓ .

***** Objectifs esthétiques recommandés par Santé Canada en date du 6 décembre 2005.

Source : Les données présentées sont les résultats d'une campagne d'échantillonnage réalisée à l'été 2004 dans le cadre de la *Caractérisation hydrogéologique du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Avec l'accord des propriétaires, 144 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans des puits privés, municipaux, scolaires ou appartenant au MDDEP. Ces 144 points ont été choisis de façon à représenter tous les contextes géologiques et hydrogéologiques du bassin versant. Les 144 échantillons d'eau souterraine ont été analysés au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) du MDDEP pour 39 paramètres chimiques et trois paramètres microbiologiques. Pour en savoir plus, consulter Daniel Blanchette, INRS-ETE (2006).

Concentrations observées dans l'eau souterraine

Paramètres	Unités *	Critères	Puits dans les dépôts meubles et à l'interface avec le roc (17)					Puits au roc (127)				
			10e percentile	25e percentile	50e percentile	75e percentile	90e percentile	10e percentile	25e percentile	50e percentile	75e percentile	90e percentile
Paramètres santé		Normes **										
As-t ***	µg/ℓ	25 ****	0,11	0,18	0,44	0,85	1,12	0,11	0,21	0,41	0,89	3,2
B-t	mg/ℓ	5	0,007	0,009	0,014	0,057	0,44	0,007	0,016	0,047	0,12	0,30
Ba-t	mg/ℓ	1	0,026	0,067	0,097	0,24	0,54	0,026	0,047	0,090	0,14	0,23
Cd-t	µg/ℓ	5	< 0,004	0,007	0,009	0,012	0,014	0,004	0,006	0,010	0,016	0,024
Cr-t	µg/ℓ	50	< 0,04	0,20	0,35	0,50	1,5	< 0,04	< 0,04	0,09	0,48	1,4
Cyanure total	mg/ℓ	0,2	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<0,003	<0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
F	mg/ℓ	1,5	0,06	0,10	0,18	0,28	0,40	0,06	0,10	0,17	0,34	0,46
Hg-t	µg/ℓ	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,02	0,03
NO_2-NO_3	mg N/ℓ	10	< 0,02	< 0,02	0,02	0,08	4,5	< 0,02	< 0,02	0,02	0,05	0,41
Pb-t	µg/ℓ	10	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,07	< 0,02	< 0,02	0,04	0,09	0,24
Se-t	µg/ℓ	10	< 0,3	< 0,3	< 0,3	<0,3	<0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
U-t	µg/ℓ	20	0,014	0,16	0,44	0,77	1,2	0,031	0,082	0,25	0,70	1,5
Paramètres esthétiques		Objectifs*****										
Cl	mg/ℓ	250	0,6	6,7	23	43	75	3,8	10	27	75	160
Couleur	U.C.V.	15	< 1	1	2	6	10	< 1	1	2	3	6
Cu-t	µg/ℓ	1000	0,10	0,20	0,35	0,56	1,5	0,20	0,35	0,90	2,1	4,4
Dureté	mg $CaCO_3$/ℓ	200 ou 500	122	215	303	335	428	128	203	281	376	449
Fe-t	mg/ℓ	0,3	0,003	0,029	0,23	0,40	1,2	0,006	0,064	0,36	0,77	1,7
$H_2S_{(g)}$	mg/ℓ	0,05	0,002	0,004	0,006	0,007	0,008	0,002	0,004	0,006	0,008	0,015
MDT	mg/ℓ	500	332	353	524	622	787	240	419	539	729	1 020
Mn-t	mg/ℓ	0,05	0,000	0,009	0,021	0,057	0,17	0,002	0,011	0,029	0,082	0,15
Na-t	mg/ℓ	200	3,5	7,4	14	37	99	5,4	11,1	26	61	150
pH	---	6,5-8,5	7,2	7,3	7,4	7,7	7,9	7,0	7,2	7,5	7,7	8,0
Température	°C	15	8,6	9,3	9,6	10,1	12,1	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
SO_4	mg/ℓ	500	14	47	63	120	190	19	45	78	150	250
Zn-t	µg/ℓ	5 000	< 0,7	< 0,7	2,3	4,7	13	< 0,7	1,4	3,7	7,0	15
Autres paramètres physicochimiques												
Conductivité spécifique à 25°C	mS/cm	---	0,443	0,565	0,683	0,818	1,142	0,405	0,569	0,780	1,061	1,464
Oxygène dissous	mg/ℓ	---	0,10	0,23	0,35	2,11	3,54	0,12	0,16	0,29	0,88	3,01
Eh	mV	---	- 50	+ 59	+ 82	+ 137	+ 271	- 4	+ 51	+ 96	+ 157	+ 300
Ag-t	µg/ℓ	---	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,004
Al-t	µg/ℓ	---	0,1	0,3	1,2	1,5	2,7	0,2	0,2	0,5	0,8	2,0
Alcalinité totale	mg $CaCO_3$/ℓ	---	150	210	275	320	460	130	180	260	310	370
Br-t	mg/ℓ	---	0,003	0,007	0,011	0,013	0,021	0,004	0,006	0,012	0,023	0,14
Ca-t	mg/ℓ	---	31	53	75	98	130	29	48	68	100	140
CID	mg/ℓ	---	37	50	64	77	120	29	46	62	75	93
COD	mg/ℓ	---	0,3	0,5	1,0	2,2	2,5	0,4	0,8	1,1	1,9	5,9
I-t	µg/ℓ	---	< 0,5	1,1	1,5	3,1	5,6	< 0,5	1,0	2,0	4,1	10
K-t	mg/ℓ	---	1,0	1,8	2,5	6,6	9,3	1,3	2,0	3,5	5,5	14
Li-t	µg/ℓ	---	0,95	2,5	4,0	6,5	9,0	1,1	2,4	5,1	7,5	12
Mg-t	mg/ℓ	---	11	22	33	37	45	9,0	22	32	41	52
NH_4	mg N/ℓ	---	< 0,02	0,03	0,13	0,22	0,29	< 0,02	0,02	0,10	0,22	0,41
Ni-t	µg/ℓ	---	< 0,02	0,16	0,44	0,69	1,2	< 0,02	< 0,02	0,30	0,81	1,6
P-t	mg/ℓ	---	< 0,002	< 0,002	0,009	0,015	0,025	< 0,002	0,002	0,009	0,026	0,056
Ptot-inorg.	mg/ℓ	---	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Si-t	mg/ℓ	---	4,7	5,5	5,8	6,8	7,8	3,8	4,7	5,4	6,4	7,4
Sr-t	mg/ℓ	---	0,12	0,20	0,65	0,88	3,2	0,13	0,29	0,67	1,7	5,5
Sulfures totaux	mg/ℓ	---	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

Problèmes de potabilité

L'eau souterraine : toujours une eau de qualité?

L'eau souterraine est généralement de meilleure qualité que l'eau de surface (lac, rivière, ruisseau), en raison de la capacité filtrante du sol. Par contre, sa qualité n'est jamais garantie et des précautions doivent être prises pour éviter sa contamination microbiologique et chimique.

La contamination microbiologique de l'eau souterraine est généralement causée par les activités anthropiques en surface, et dépend donc beaucoup de notre vigilance à protéger nos sources d'eau potable. Par contre, la contamination chimique, elle, est souvent d'origine naturelle et peut résulter du contact prolongé de l'eau avec des roches en profondeur.

Une « contamination » d'origine naturelle?

Certains des éléments chimiques présents dans le roc et les dépôts meubles peuvent se dissoudre dans l'eau souterraine et, par conséquent, en modifier la qualité. Il arrive ainsi que, de façon naturelle, ces éléments soient présents dans l'eau souterraine à des concentrations pouvant présenter un risque pour la santé ou provoquer des effets désagréables chez ceux qui la consomment : l'eau peut avoir un goût salé, une couleur jaunâtre, dégager une odeur ou encore produire des taches sur les vêtements, les appareils sanitaires (bains, éviers, toilettes) et les électroménagers.

Paradoxalement, une eau qui présente une apparence physique douteuse peut être sans danger sur le plan de la santé, alors qu'une eau en apparence claire et limpide peut contenir certains éléments en concentrations dommageables pour la santé. Une analyse appropriée de l'eau est donc nécessaire pour détecter s'il y a un problème, et préciser s'il existe un traitement approprié.

Qualité de l'eau souterraine

Compte tenu de l'intérêt que présente l'eau souterraine comme source d'approvisionnement en eau potable, la qualité de l'eau souterraine est définie selon son contenu microbiologique et physicochimique, en se basant sur des normes d'eau potable et des objectifs esthétiques.

Une eau de bonne qualité est donc une eau qui respecte les normes d'eau potable et les objectifs esthétiques en vigueur.

Normes d'eau potable

Différents organismes déterminent des valeurs guides pour l'eau potable (recommandations et normes) en fonction des risques pour la santé et des technologies de traitement disponibles. Ces valeurs de référence sont constamment en révision, et sont appelées à changer en fonction des avancées scientifiques et techniques.

Au Québec, le MDDEP collabore avec Santé Canada pour déterminer les concentrations maximales acceptables pour différents paramètres chimiques, physiques, microbiologiques ou radiologiques. Si un seul de ces paramètres présente une concentration supérieure à la **norme** d'eau potable, l'eau sera déclarée non potable. Ces normes sont établies par le Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r.18.1.1). La potabilité de l'eau souterraine peut être vérifiée à partir de quelques paramètres microbiologiques et d'une douzaine de paramètres chimiques qui représentent les problèmes les plus courants affectant la potabilité : arsenic, bore, baryum, cadmium, chrome, cyanures, fluorures, mercure, nitrates, plomb, sélénium et uranium. Dans les eaux souterraines du Québec, l'arsenic, le baryum, les fluorures et les nitrates représentent les composés les plus susceptibles de présenter une concentration supérieure à la norme établie.

Qu'en est-il pour le bassin versant de la rivière Châteauguay?

À l'exception des environs du site contaminé des lagunes de Mercier[1], **de façon générale l'eau souterraine est naturellement potable sur l'ensemble du bassin versant** de la rivière Châteauguay. Toutefois, la campagne d'échantillonnage réalisée à l'été 2004 a révélé des dépassements ponctuels des normes d'eau potable[2] pour le baryum (Ba), les fluorures (F) et les nitrates (NO_3^-).

Potabilité

Baryum (Ba) — Dépassement de la norme (> 1 mg/ℓ). — Dépassement de la moitié de la norme.

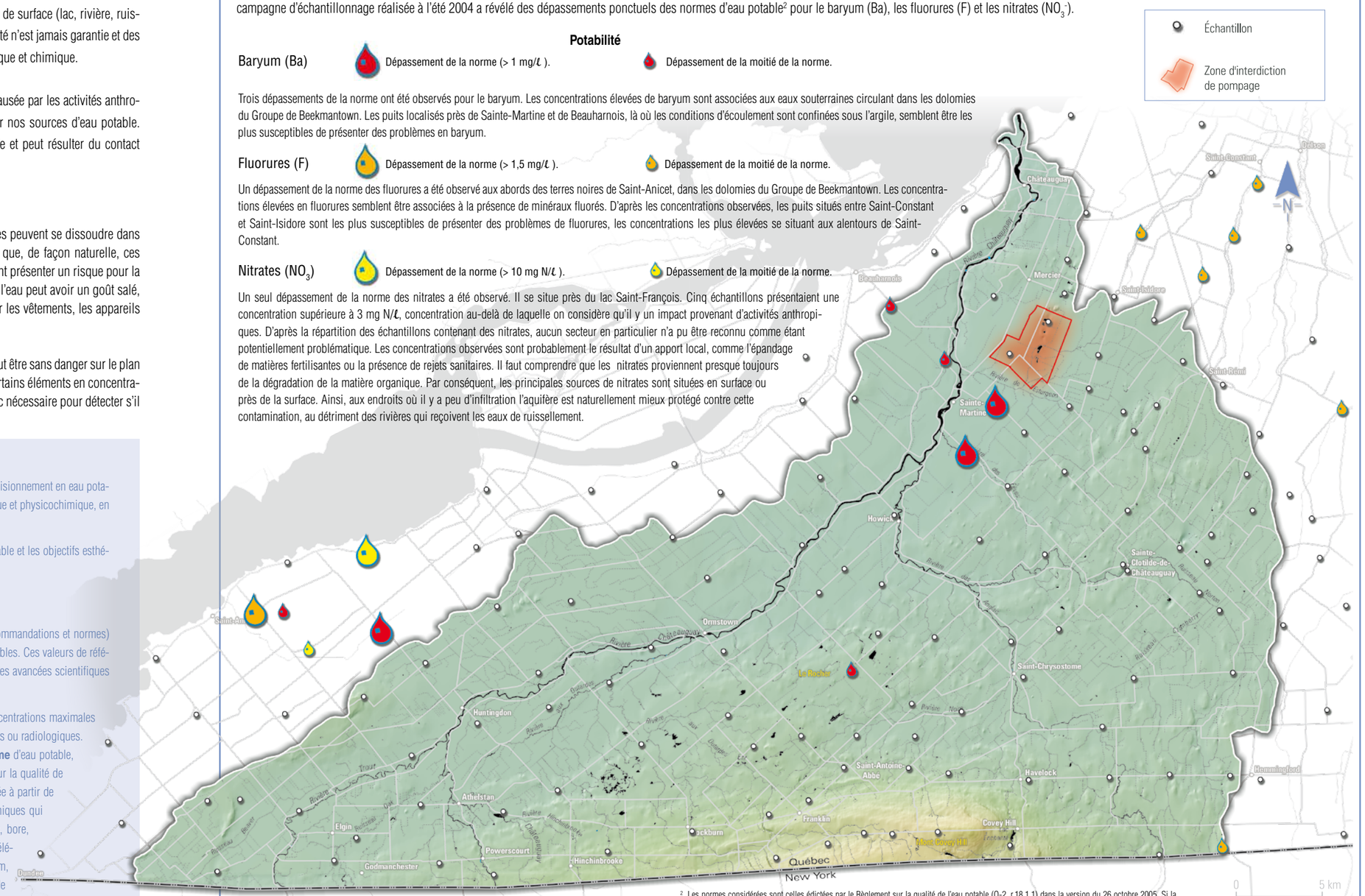
Trois dépassements de la norme ont été observés pour le baryum. Les concentrations élevées de baryum sont associées aux eaux souterraines circulant dans les dolomies du Groupe de Beekmantown. Les puits localisés près de Sainte-Martine et de Beauharnois, là où les conditions d'écoulement sont confinées sous l'argile, semblent être les plus susceptibles de présenter des problèmes en baryum.

Fluorures (F) — Dépassement de la norme (> 1,5 mg/ℓ). — Dépassement de la moitié de la norme.

Un dépassement de la norme des fluorures a été observé aux abords des terres noires de Saint-Anicet, dans les dolomies du Groupe de Beekmantown. Les concentrations élevées en fluorures semblent être associées à la présence de minéraux fluorés. D'après les concentrations observées, les puits situés entre Saint-Constant et Saint-Isidore sont les plus susceptibles de présenter des problèmes de fluorures, les concentrations les plus élevées se situant aux alentours de Saint-Constant.

Nitrates (NO_3) — Dépassement de la norme (> 10 mg N/ℓ). — Dépassement de la moitié de la norme.

Un seul dépassement de la norme des nitrates a été observé. Il se situe près du lac Saint-François. Cinq échantillons présentaient une concentration supérieure à 3 mg N/ℓ, concentration au-delà de laquelle on considère qu'il y un impact provenant d'activités anthropiques. D'après la répartition des échantillons contenant des nitrates, aucun secteur en particulier n'a pu être reconnu comme étant potentiellement problématique. Les concentrations observées sont probablement le résultat d'un apport local, comme l'épandage de matières fertilisantes ou la présence de rejets sanitaires. Il faut comprendre que les nitrates proviennent presque toujours de la dégradation de la matière organique. Par conséquent, les principales sources de nitrates sont situées en surface ou près de la surface. Ainsi, aux endroits où il y a peu d'infiltration l'aquifère est naturellement mieux protégé contre cette contamination, au détriment des rivières qui reçoivent les eaux de ruissellement.



[1] Voir l'encadré de la page 44 « Le site contaminé des lagunes de Mercier ».

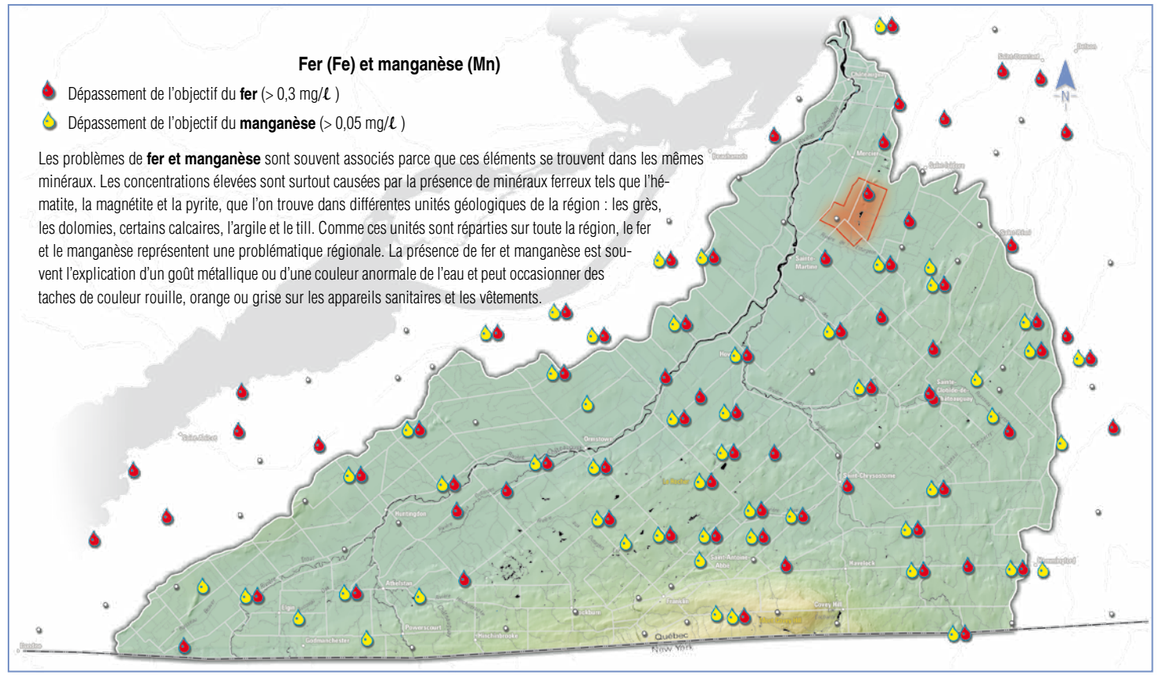
[2] Les normes considérées sont celles édictées par le Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r.18.1.1) dans la version du 26 octobre 2005. Si la norme pour l'arsenic était abaissée à 10 ou 5 µg/ℓ tel qu'il est projeté, il y aurait aussi un ou cinq cas hors norme pour l'arsenic (selon la norme).

Problèmes esthétiques

Qu'en est-il pour le bassin versant de la rivière Châteauguay ?

Dans le bassin versant de la rivière Châteauguay, les problèmes les plus courants de qualité d'eau sont associés à des paramètres esthétiques. Ces problèmes ne constituent pas de danger pour la santé. Les problèmes de dureté, fer et manganèse, ainsi que de matières dissoutes totales sont si répandus qu'ils peuvent être qualifiés de problématique régionale. Par ailleurs, la campagne d'échantillonnage réalisée à l'été 2004 a également révélé des problèmes ponctuels en sodium et chlorures, sulfates et sulfures, pH et couleur.

Malgré ces quelques problèmes, **l'eau souterraine de la région est généralement de bonne qualité esthétique**.

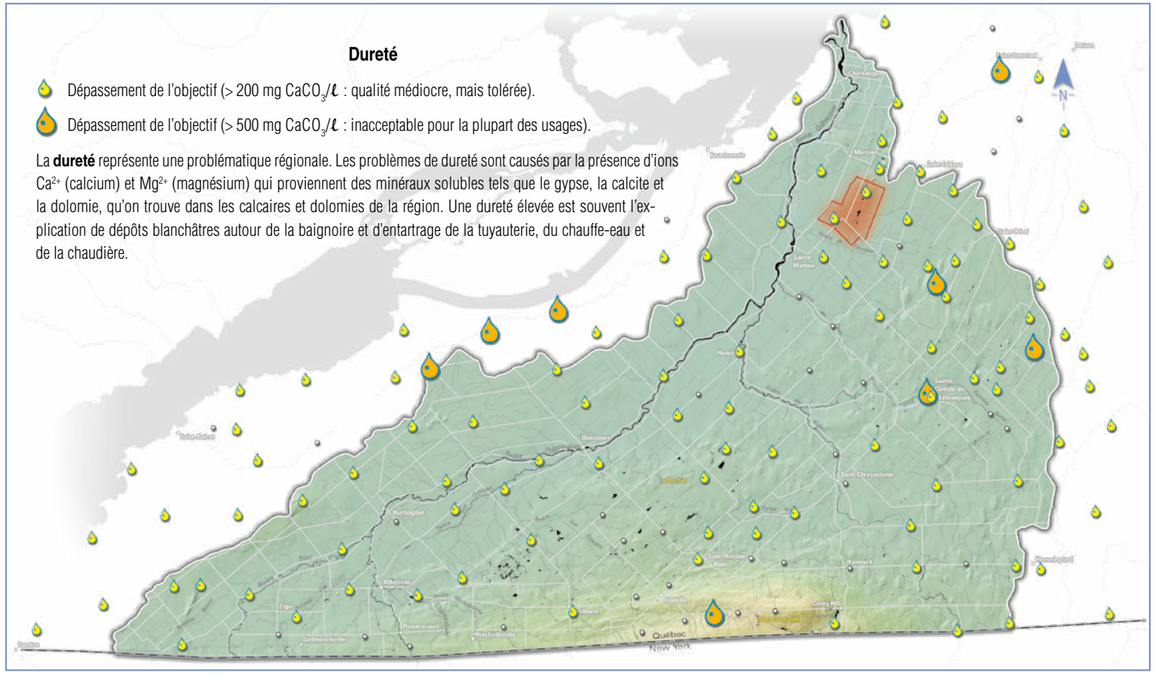


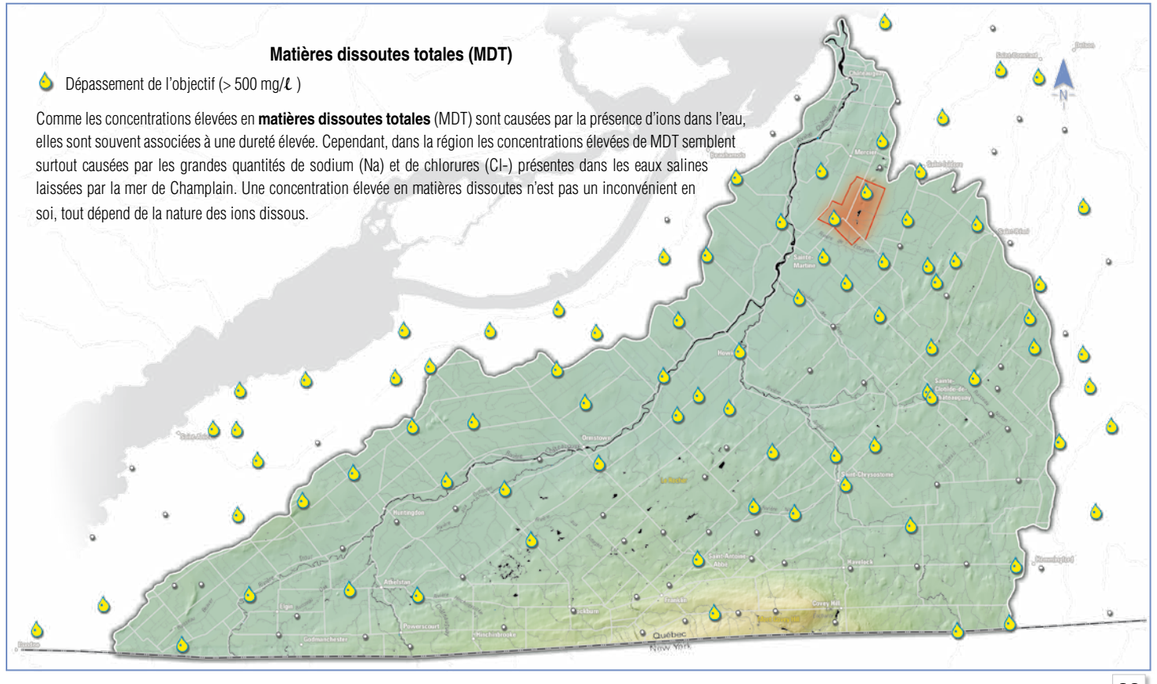
Objectifs esthétiques

Plusieurs paramètres n'ont pas d'incidence sur la santé, mais peuvent rendre l'usage de l'eau souterraine moins attrayant lorsqu'ils sont présents à des concentrations élevées. Compte tenu des nuisances d'ordre esthétique possibles (goût, couleur, etc.), Santé Canada recommande des objectifs esthétiques pour les paramètres suivants : chlorures, couleur, cuivre, dureté, fer, sulfures, matières dissoutes totales, manganèse, sodium, pH, sulfates, zinc. Si l'un de ces paramètres présente une concentration supérieure à l'objectif esthétique établi par Santé Canada, on dira que l'eau présente un problème esthétique.

Échantillon

Zone d'interdiction de pompage





EAU SOUTERRAINE

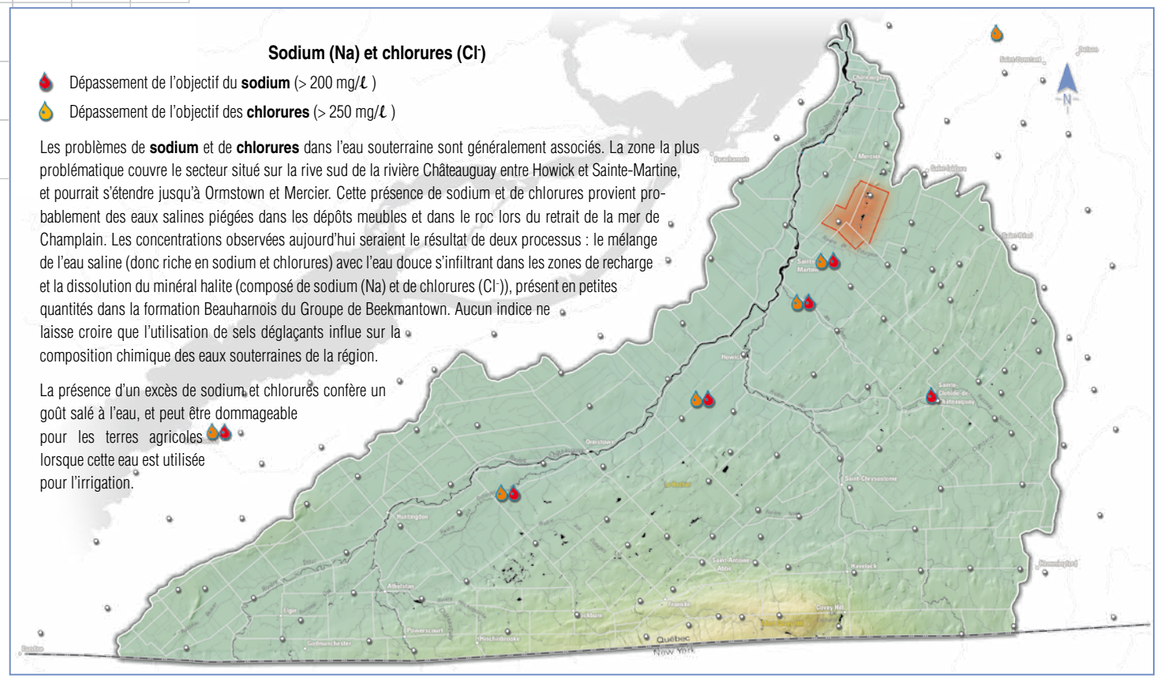
Sodium (Na) et chlorures (Cl^-)

Dépassement de l'objectif du **sodium** (> 200 mg/ℓ)

Dépassement de l'objectif des **chlorures** (> 250 mg/ℓ)

Les problèmes de **sodium** et de **chlorures** dans l'eau souterraine sont généralement associés. La zone la plus problématique couvre le secteur situé sur la rive sud de la rivière Châteauguay entre Howick et Sainte-Martine, et pourrait s'étendre jusqu'à Ormstown et Mercier. Cette présence de sodium et de chlorures provient probablement des eaux salines piégées dans les dépôts meubles et dans le roc lors du retrait de la mer de Champlain. Les concentrations observées aujourd'hui seraient le résultat de deux processus : le mélange de l'eau saline (donc riche en sodium et chlorures) avec l'eau douce s'infiltrant dans les zones de recharge et la dissolution du minéral halite (composé de sodium (Na) et de chlorures (Cl^-)), présent en petites quantités dans la formation Beauharnois du Groupe de Beekmantown. Aucun indice ne laisse croire que l'utilisation de sels déglaçants influe sur la composition chimique des eaux souterraines de la région.

La présence d'un excès de sodium et chlorures confère un goût salé à l'eau, et peut être dommageable pour les terres agricoles lorsque cette eau est utilisée pour l'irrigation.



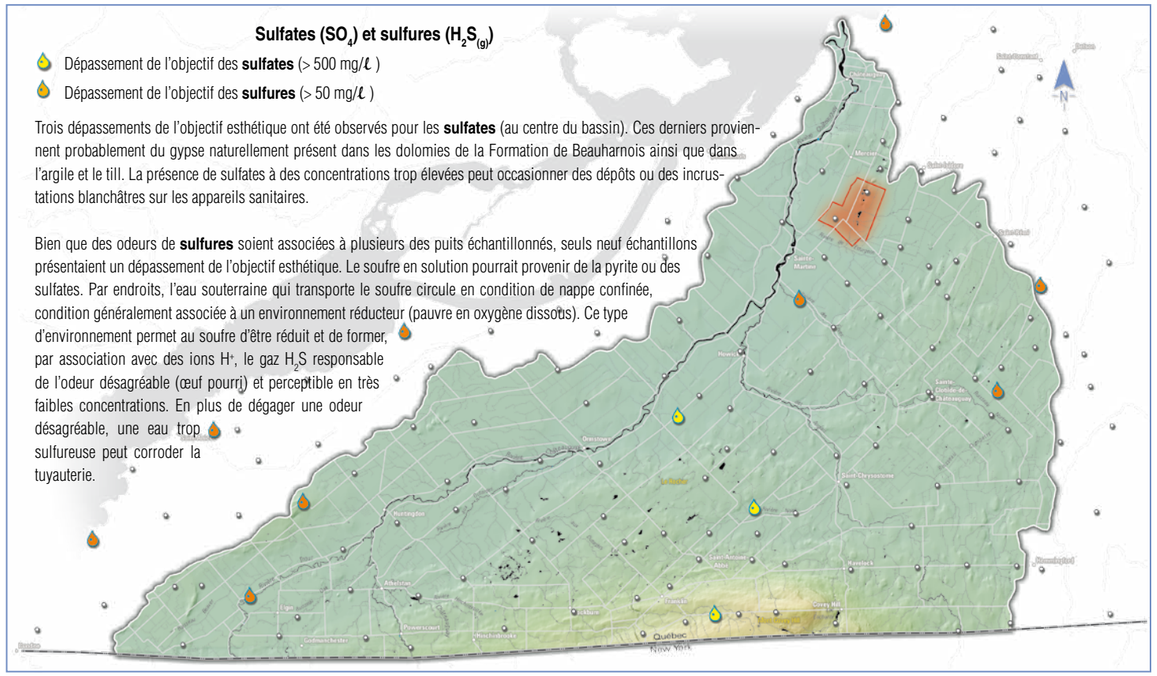
Sulfates (SO_4) et sulfures ($H_2S_{(g)}$)

Dépassement de l'objectif des **sulfates** (> 500 mg/ℓ)

Dépassement de l'objectif des **sulfures** (> 50 mg/ℓ)

Trois dépassements de l'objectif esthétique ont été observés pour les **sulfates** (au centre du bassin). Ces derniers proviennent probablement du gypse naturellement présent dans les dolomies de la Formation de Beauharnois ainsi que dans l'argile et le till. La présence de sulfates à des concentrations trop élevées peut occasionner des dépôts ou des incrustations blanchâtres sur les appareils sanitaires.

Bien que des odeurs de **sulfures** soient associées à plusieurs des puits échantillonnés, seuls neuf échantillons présentaient un dépassement de l'objectif esthétique. Le soufre en solution pourrait provenir de la pyrite ou des sulfates. Par endroits, l'eau souterraine qui transporte le soufre circule en condition de nappe confinée, condition généralement associée à un environnement réducteur (pauvre en oxygène dissous). Ce type d'environnement permet au soufre d'être réduit et de former, par association avec des ions H^+, le gaz H_2S responsable de l'odeur désagréable (œuf pourri) et perceptible en très faibles concentrations. En plus de dégager une odeur désagréable, une eau trop sulfureuse peut corroder la tuyauterie.



Échantillon

Zone d'interdiction de pompage

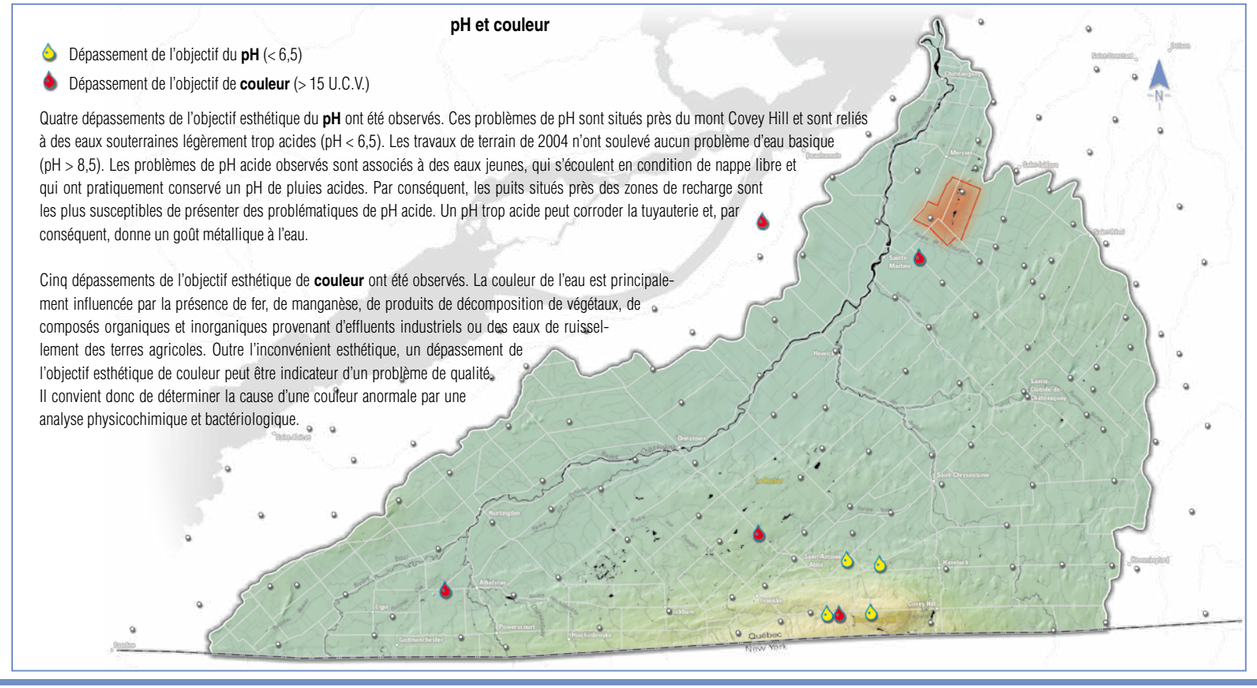
pH et couleur

Dépassement de l'objectif du **pH** (< 6,5)

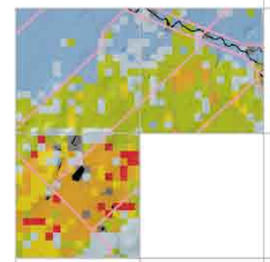
Dépassement de l'objectif de **couleur** (> 15 U.C.V.)

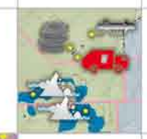
Quatre dépassements de l'objectif esthétique du **pH** ont été observés. Ces problèmes de pH sont situés près du mont Covey Hill et sont reliés à des eaux souterraines légèrement trop acides (pH < 6,5). Les travaux de terrain de 2004 n'ont soulevé aucun problème d'eau basique (pH > 8,5). Les problèmes de pH acide observés sont associés à des eaux jeunes, qui s'écoulent en condition de nappe libre et qui ont pratiquement conservé un pH de pluies acides. Par conséquent, les puits situés près des zones de recharge sont les plus susceptibles de présenter des problématiques de pH acide. Un pH trop acide peut corroder la tuyauterie et, par conséquent, donne un goût métallique à l'eau.

Cinq dépassements de l'objectif esthétique de **couleur** ont été observés. La couleur de l'eau est principalement influencée par la présence de fer, de manganèse, de produits de décomposition de végétaux, de composés organiques et inorganiques provenant d'effluents industriels ou des eaux de ruissellement des terres agricoles. Outre l'inconvénient esthétique, un dépassement de l'objectif esthétique de couleur peut être indicateur d'un problème de qualité. Il convient donc de déterminer la cause d'une couleur anormale par une analyse physicochimique et bactériologique.



Atlas du bassin versant de la **rivière Châteauguay**





Grandes affectations du territoire

Contraintes naturelles et anthropiques

Qualité des eaux de surface

Utilisation de l’eau souterraine

Pérennité de l’eau souterraine

Protection de l’eau souterraine

AMÉNAGEMENT

Grandes affectations du territoire

Le bassin versant de la rivière Châteauguay, un territoire à vocation agricole

La carte des grandes affectations du territoire nous indique que 95 % du territoire du bassin versant de la rivière Châteauguay est consacré aux affectations agricole et agroforestière et 3 % à l'affectation urbaine. Le reste du territoire (2 %) est réparti presque également entre les autres affectations.

Qu'est-ce qu'une affectation?

Une affectation constitue la vocation à laquelle on veut consacrer un territoire. La vocation découle de l'utilisation actuelle du territoire et de la vocation vers laquelle on désire tendre. Elle est établie à partir des potentiels et des contraintes du milieu.

Répartition des affectations dans la partie québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay

Affectations	Superficie km²	Proportion
Agricole	1097,5	75,1 %
Agroforestière	295,7	20,2 %
Conservation	0,7	0,05 %
Industrielle	3,3	0,2 %
Publique	4,8	0,3 %
Récréative	13,1	0,9 %
Résidentielle	5,04	0,3 %
Urbaine	42,1	2,9 %
Non classifiée	0,003	0,000 %
Total	1462,3	100 %

Une activité agricole diversifiée…

Les activités agricoles occupent une place importante sur ce territoire. De fait, la culture maraîchère domine à l'est, alors que l'élevage et les grandes cultures prévalent dans la vallée de la rivière Châteauguay. La pomiculture occupe également une partie importante du territoire le long de la frontière; les parcelles forestières, particulièrement propices aux feuillus, abondent dans tout le bassin versant.

…qui s'explique par le contexte physiographique.

La prédominance d'activités agricoles au nord et le caractère plus forestier en bordure de la frontière s'expliquent par le fait que le bassin versant de la rivière Châteauguay couvre deux régions naturelles : les basses-terres du Saint-Laurent au nord et les Adirondacks au sud. Le secteur des basses-terres du Saint-Laurent est caractérisé principalement par un relief de plaine sur lequel on trouve des dépôts d'argiles et de limons marins de la mer de Champlain, ce qui en fait un secteur favorable aux activités agricoles. Quant à la région des Adirondacks, sa topographie est constituée de collines, de monts, de plateaux et de grandes vallées. La majorité des reliefs est recouverte de dépôts glaciaires plus ou moins pierreux et de texture fine, tandis que les fonds de vallées sont souvent couverts par des sables et graviers. Bien qu'il soit possible de pratiquer l'agriculture sur les plateaux et les fonds de vallées des Adirondacks, les conditions demeurent davantage propices aux forêts mélangées à dominance feuillue.

Champ de choux-fleurs

Photo : Denis Chabot© Le Québec en images, CCDMD.

Champ de maïs

Photo : Denis Chabot© Le Québec en images, CCDMD.

Verger

Photo : Jasmin Lévesque© Le Québec en images, CCDMD.

Boisé de la Maison Reine-des-Cœurs

Photo : Guy Gauthier© Le Québec en images, CCDMD.

Rôle des grandes affectations dans la protection des eaux souterraines

Qu'est-ce qu'un SAD?

Le schéma d'aménagement et de développement (SAD) est un instrument de planification et d'organisation des activités du territoire d'une municipalité régionale de comté (MRC). Le schéma permet la coordination des choix et des décisions de l'ensemble des municipalités de la MRC et du gouvernement.

En matière d'aménagement et d'urbanisme, une affectation est l'attribution à un territoire, ou à une partie de celui-ci, d'une vocation, d'une fonction ou d'une utilisation déterminée. Aussi, la détermination des grandes affectations dans le schéma d'aménagement et de développement constitue la première étape concrète dans l'exercice de planification et d'aménagement du territoire.

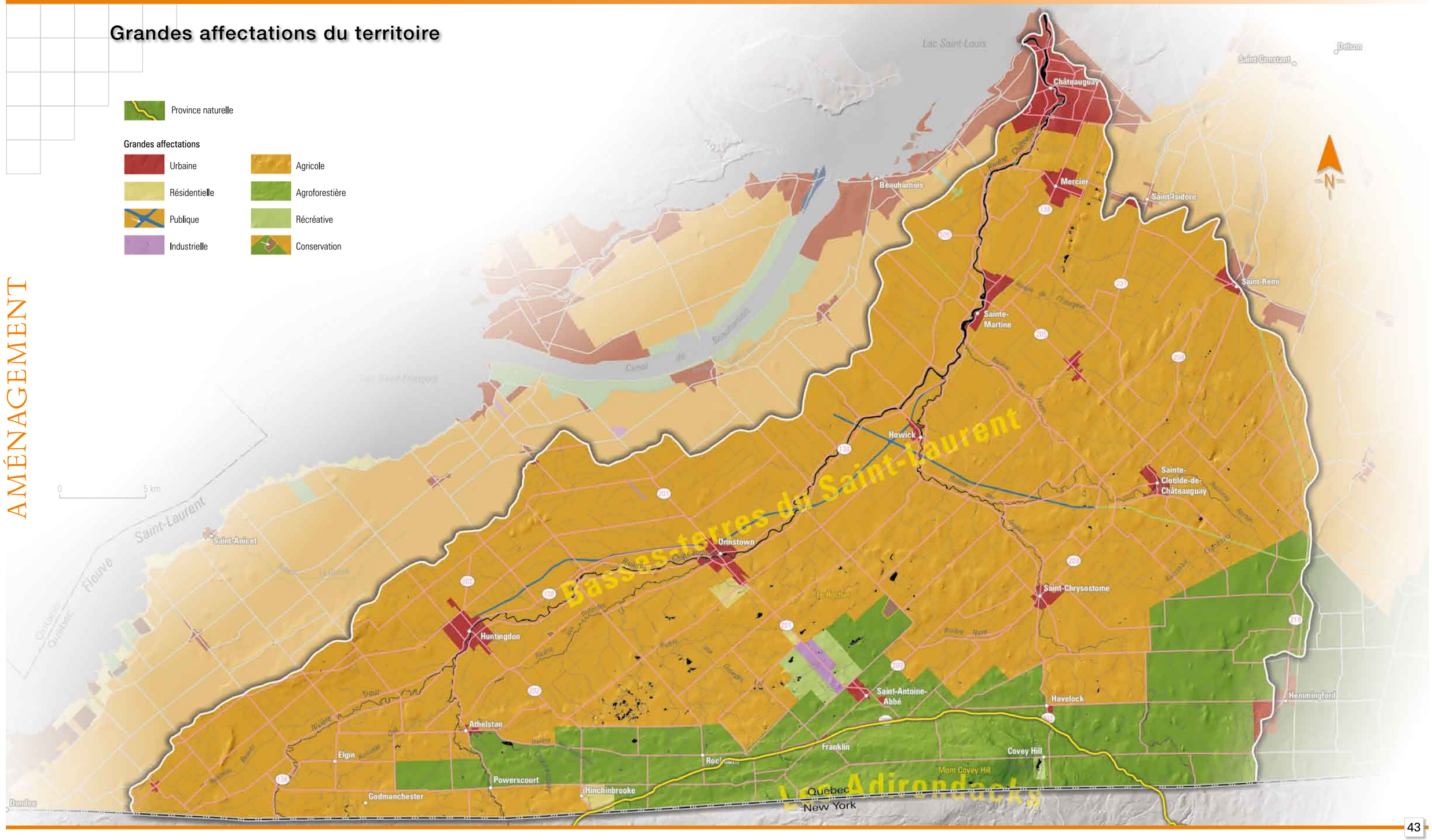
Concernant la protection de l'eau souterraine, la détermination des grandes affectations est une étape importante puisqu'elle permet de concilier les utilisations du territoire et, par conséquent, de régir, limiter ou prohiber des usages et des activités pouvant avoir un impact négatif sur la qualité ou la quantité d'eau. À cet égard, deux possibilités s'offrent à la MRC pour protéger ses aquifères sensibles. La première consiste à déterminer une affectation qui limiterait ou interdirait certains usages ou activités susceptibles de porter atteinte à la qualité ou à la quantité de l'eau souterraine (par exemple : une affectation forestière par opposition à une affectation industrielle). Dans le cas où cette solution ne peut être appliquée, notamment pour les surfaces actuellement utilisées à des fins agricoles, il y a possibilité, pour une MRC, de déterminer des sous-affectations, notamment des sous-affectations agricoles, dans lesquelles certaines pratiques pourraient être prohibées ou régies (par exemple : le contingentement du nombre d'élevages porcins dans une sous-affectation correspondant à un territoire dont la nappe phréatique est vulnérable). À l'intérieur des sous-affectations présentant des aquifères sensibles, une MRC peut demander aux municipalités concernées d'utiliser leurs pouvoirs légaux. Pour les affectations agricoles, les pouvoirs des municipalités consistent notamment à contrôler l'abattage d'arbres, à faire du zonage de production ou encore à contingenter la production porcine.

Noyau villageois dans le milieu agricole

Photo : Guy Gauthier© Le Québec en images, CCDMD.

Source : Les données utilisées pour la carte des grandes affectations proviennent du système d'information géographique en aménagement du territoire (SIGAT) du ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR). Ces données sont issues des MRC et ont été traitées et uniformisées par le MAMR pour ensuite être intégrées à SIGAT.

Grandes affectations du territoire



Contraintes naturelles et anthropiques

Le contrôle des usages et activités sur le territoire, une nécessité

À l'image de plusieurs bassins versants au Québec, celui de la rivière Châteauguay compte plusieurs secteurs présentant des contraintes naturelles et anthropiques. Ces contraintes conditionnent l'aménagement du territoire. Pour des raisons de sécurité des personnes et des biens et afin de limiter les conflits d'usages et de prévenir des problèmes de contamination qui pourraient notamment affecter la qualité des eaux souterraines et de surface, il s'avère essentiel d'effectuer un contrôle de l'occupation du sol. Afin de procéder à une planification éclairée de l'aménagement du territoire, un inventaire complet (identification et localisation) des contraintes naturelles et anthropiques devrait être préalablement effectué. Si une contrainte n'était pas assez importante pour interdire une affectation, un contrôle des usages et activités pourrait néanmoins s'imposer si la sensibilité d'une zone réceptrice l'exigeait.

Qu'est-ce qu'une contrainte naturelle?

Les contraintes naturelles se manifestent de diverses façons et font partie des éléments qui doivent obligatoirement être intégrés au schéma d'aménagement et de développement (SAD). Les contraintes naturelles peuvent correspondre à des zones :

- d'**inondation** en eaux libres (fonte des neiges) à la suite d'embâcles ou de pluies diluviennes;
- d'**érosion** par l'action de l'eau, des glaces ou du vent;
- de **glissement de terrain** résultant des mouvements de sol comme des écroulements rocheux, des affaissements et des effondrements;
- d'**autres cataclysmes**, tels que des avalanches, des séismes, etc.

La façon de contrôler l'utilisation du sol dans les zones de contraintes naturelles consiste à régir à ou prohiber certains usages du sol, constructions, ouvrages ou certaines opérations cadastrales. Pour ce faire, la MRC peut tenir compte de tout facteur propre à la nature des lieux et pouvant être pris en considération pour des raisons de santé et de sécurité publique. Ce contrôle peut se traduire par une interdiction de construire comme par une réglementation des pratiques d'aménagement.

Inondation

Photo : Hydro Météo, 2004.

Embâcle

Photo : Joseph Bruchez© Le Québec en images, CCDMD.

Source et limites de la carte des contraintes naturelles et anthropiques

Les données utilisées pour cette carte proviennent du système d'information géographique en aménagement du territoire (SIGAT) du ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR) et représentent la situation en novembre 2005 validée auprès des MRC et des directions régionales du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs concernées par le projet. Toutefois, l'inventaire des contraintes naturelles et anthropiques y demeure incomplet puisque certaines données n'étaient pas disponibles au moment de la conception de l'atlas. Par exemple, mentionnons les zones inondables dont les travaux de délimitation sont à compléter ou encore les carrières et sablières qui ne pouvaient toutes être localisées. Puisque l'identification des contraintes naturelles reste à terminer et que celle des contraintes anthropiques demeurera en constante évolution, les municipalités et MRC ont tout avantage à maintenir en permanence une démarche d'**identification et de localisation** de ces informations compte tenu de leur importance dans la planification de l'aménagement du territoire.

Qu'est-ce qu'une contrainte anthropique?

La détermination des contraintes anthropiques au SAD est un élément de contenu facultatif, mis à part les voies de circulation actuelles ou projetées qui font l'objet d'une désignation obligatoire. Les contraintes anthropiques correspondent aux **immeubles** et aux **activités** dont la présence ou l'exercice, actuel ou projeté, dans un lieu fait en sorte que l'occupation du sol, à proximité de ce lieu, est soumise à des contraintes majeures qui risqueraient de compromettre la sécurité et la santé publiques de même que le bien-être général.

En fait, la prise en considération des contraintes anthropiques dans les SAD permet d'atténuer les effets négatifs de certaines activités sur les personnes, les biens et l'environnement. Elle permet également d'éviter le voisinage d'usages, de constructions ou d'ouvrages qui sont incompatibles et qui pourraient compromettre la sécurité et la santé des personnes de même que les possibilités d'exploitation ou d'augmentation d'activités légitimes mais désignées comme étant des contraintes (ex . : carrières et sablières). L'application de mesures d'harmonisation apporte donc une meilleure protection aux citoyens et aux ressources naturelles et permet d'affecter, à d'autres fins, les fonds publics utilisés jusqu'à maintenant pour dédommager les victimes, déménager des équipements ou restaurer le milieu.

La connaissance du territoire, la clé du succès pour un aménagement conséquent

La planification de l'aménagement du territoire constitue un exercice essentiel, puisqu'elle permet d'assurer la sécurité, la santé et le bien-être des personnes ainsi que la sauvegarde des biens. Aussi, pour mener à bien cet exercice, la connaissance des activités et usages pratiqués sur le territoire à l'étude demeure un élément fondamental qui permet de prendre des décisions éclairées. À titre d'exemple, dans la MRC du Haut-Saint-Laurent, sur la carte des contraintes naturelles et anthropiques, on observe une concentration d'anciens lieux d'élimination de matières résiduelles. Étant donné ce constat, décideurs et professionnels de l'aménagement du territoire devront se questionner afin de permettre ou non certains usages et activités à proximité de ce secteur. Ainsi, l'implantation d'une prise d'alimentation en eau potable dans ces secteurs n'est pas souhaitable. Pour toutes les contraintes naturelles et anthropiques répertoriées sur le territoire, une réflexion devra être faite avant toute prise de décision qui pourrait avoir pour effet d'engendrer un risque pour la santé et la sécurité des personnes.

Incinérateur de Mercier

Photo : Charles Lamontagne, MDDEP.

Cimetière de voitures

Photo : Guy Gauthier© Le Québec en images, CCDMD.

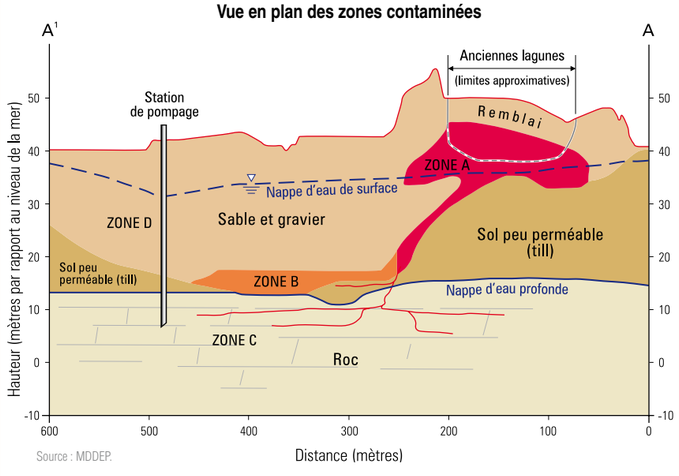
Le site contaminé des lagunes de Mercier

La contamination de ce site, localisé à quelques kilomètres au sud-est de Mercier, découle de l'utilisation par le passé d'anciennes gravières comme lagunes d'emmagasinage de déchets industriels liquides. Ces liquides immiscibles denses, en s'infiltrant dans le sol, ont causé la contamination du sous-sol, au site, ainsi que de l'eau souterraine dans le secteur avoisinant. À ce jour, les diverses interventions réalisées au site n'ont pas permis d'éliminer le problème de contamination. Présentement, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) assure l'exploitation d'une usine de traitement de l'eau souterraine qui, par pompage, exerce un confinement hydraulique du site permettant de contrôler la migration des eaux souterraines contaminées.

Section des anciennes lagunes

Source : MDDEP.

Vue en plan des zones contaminées



Source : MDDEP.

AMÉNAGEMENT

Contraintes naturelles et anthropiques

Contraintes naturelles

- Embâcle
- Zone d'inondation
- Zone à risque d'érosion

NOTE : L'exercice d'identification et de localisation des contraintes naturelles et anthropiques de cette planche se veut avant tout un exemple. Il ne doit pas être considéré comme un inventaire exhaustif de tout ce que l'on trouve sur le territoire.

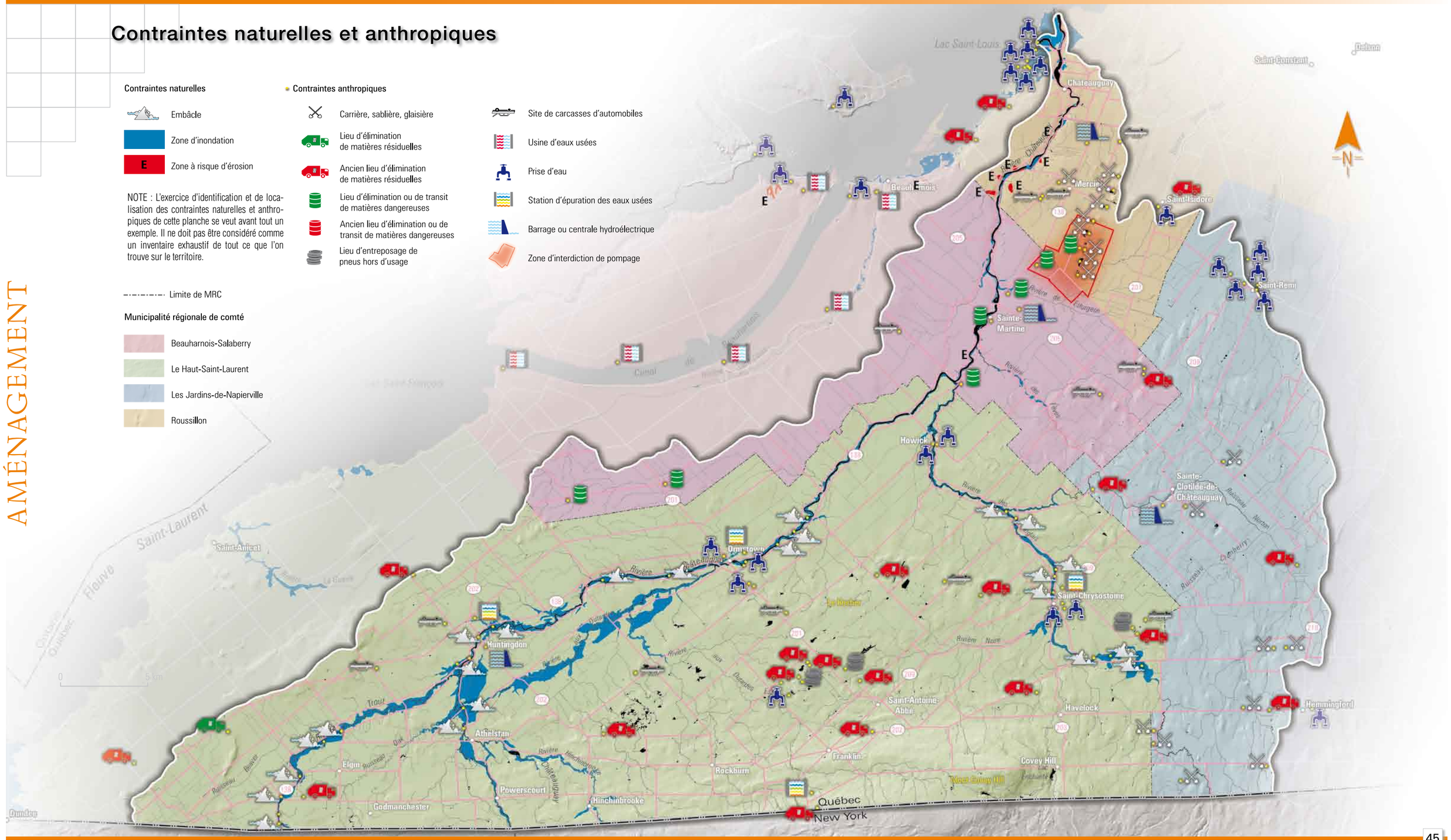
Contraintes anthropiques

- Carrière, sablière, glaisière
- Lieu d'élimination de matières résiduelles
- Ancien lieu d'élimination de matières résiduelles
- Lieu d'élimination ou de transit de matières dangereuses
- Ancien lieu d'élimination ou de transit de matières dangereuses
- Lieu d'entreposage de pneus hors d'usage
- Site de carcasses d'automobiles
- Usine d'eaux usées
- Prise d'eau
- Station d'épuration des eaux usées
- Barrage ou centrale hydroélectrique
- Zone d'interdiction de pompage

Limite de MRC

Municipalité régionale de comté

- Beauharnois-Salaberry
- Le Haut-Saint-Laurent
- Les Jardins-de-Napierville
- Roussillon



AMÉNAGEMENT

Qualité des eaux de surface

L'IQBP : un indicateur de l'état des milieux aquatiques

Le portrait de la qualité des eaux de surface du bassin versant de la rivière Châteauguay a été brossé au moyen de l'**indice de qualité bactériologique et physicochimique** (***IQBP***, Hébert, 1997), en utilisant les données des campagnes estivales d'échantillonnage effectuées de 2001 à 2004 inclusivement.

L'IQBP est calculé à partir des concentrations mesurées dans un échantillon d'eau pour sept paramètres bactériologiques et physicochimiques. Sur la base de l'IQBP obtenu, l'eau échantillonnée à une station est ensuite qualifiée selon les termes suivants : bonne, satisfaisante, douteuse, mauvaise ou très mauvaise.

Les paramètres microbiologiques et physicochimiques utilisés sont :

- azote ammoniacal
- azote des nitrates-nitrites
- phosphore total
- chlorophylle *a*
- matières en suspension (MES)
- turbidité
- coliformes fécaux

Présence de cyanobactéries

Photo : Patrick Chevrette, MDDEP.

Présence de cyanobactéries

Photo : Martin Mimeault, MDDEP.

Les activités agricoles

Les valeurs obtenues à partir de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique (voir tableau) révèlent que la qualité de l'eau de la rivière Châteauguay est déjà déficiente à son point d'entrée en territoire québécois, fort probablement en raison de l'intensité des activités agricoles se déroulant au sud de la frontière canado-américaine, notamment la production laitière. L'impact de ces activités se traduit, entre autres, par des concentrations élevées de phosphore et de chlorophylle a dans l'eau de surface.

En aval de Huntingdon, la qualité de l'eau s'améliore, notamment en raison de l'apport d'eau de bonne qualité de la rivière Trout et de la présence de la station d'épuration des eaux usées des agglomérations de Huntingdon, Hinchinbrooke et Godmanchester.

Culture à grand interligne

Photo : Inconnu© Le Québec en images, CCDMD.

La qualité de l'eau de la rivière Châteauguay se détériore à nouveau en aval d'Ormstown, dans la plaine de Sainte-Martine, avec l'intensification des activités agricoles autour des tributaires où l'occupation du sol est agricole comme la rivière des Anglais (et son principal affluent, le ruisseau Norton), la rivière des Fèves et la rivière de l'Esturgeon. Ce sont principalement les productions végétales, dominées par les cultures à grand interligne comme le maïs, le soya et les cultures maraîchères, qui sont à l'origine de l'enrichissement quasi généralisé des eaux en éléments nutritifs comme le phosphore et l'azote. Les mesures élevées en phosphore et en azote s'accompagnent, par endroits, de concentrations très élevées de chlorophylle a qui dénotent la présence d'une quantité importante d'algues microscopiques dans l'eau. Constituants normaux des écosystèmes aquatiques, les algues ont habituellement une croissance contrôlée en milieu naturel par la rareté de certains éléments dont le phosphore. Toutefois, en milieu enrichi par le phosphore, leur croissance est stimulée. Lorsque leur densité devient trop forte, elles contribuent à rendre l'eau trouble et elles causent des fluctuations journalières importantes de certains paramètres comme le pH et l'oxygène dissous. De plus, lorsqu'elles meurent, elles constituent de la matière organique qui a pour effet de diminuer les concentrations d'oxygène dans l'eau, présentant ainsi un risque pour les organismes aquatiques.

Combinés à l'activité agricole intensive, d'autres facteurs peuvent contribuer à expliquer la très mauvaise qualité de l'eau de surface dans certains secteurs du bassin versant. Les secteurs présentant une très mauvaise qualité d'eau de surface se trouvent principalement dans les deux zones où il y a peu d'échanges entre l'eau de surface et l'eau souterraine, en raison de la présence de sédiments quaternaires peu perméables, soit dans la plaine de Sainte-Martine (argile) et dans la cuvette de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay (tills compacts).

Dans ces secteurs, les matières fertilisantes utilisées pour les cultures sont essentiellement acheminées vers les cours d'eau par ruissellement lorsque surviennent des pluies, plutôt que par infiltration puis migration au sein des eaux souterraines. La migration massive et rapide de ces matières fertilisantes, par les eaux de ruissellement, génère donc un impact significatif sur la qualité des eaux de surface.

Enfin, un autre aspect à ne pas négliger est qu'il y a un effet cumulatif des matières polluantes de l'amont vers l'aval. Ainsi, les matières déchargées en amont du bassin se retrouveront en aval, de sorte que plus on progresse vers l'aval du bassin, plus les risques sont élevés de se trouver en présence d'eau de surface de mauvaise qualité.

L'assainissement urbain

En revanche, en ce qui concerne l'assainissement urbain, les concentrations médianes de coliformes fécaux révèlent une qualité bactériologique qui varie de bonne à satisfaisante pour la presque totalité des stations de mesure du bassin versant. Ce constat est en accord avec le degré d'avancement des interventions d'assainissement urbain, puisque la presque totalité des municipalités du bassin dotées d'un réseau d'égouts est actuellement desservie par une station d'épuration. Toutefois, au moment de l'étude sur la qualité de l'eau et de l'élaboration de cet atlas, seule la municipalité d'Howick, dont le projet d'assainissement est à l'étude, déverse encore des eaux usées non traitées dans le tronçon terminal de la rivière des Anglais.

Emplacement des stations d'échantillonnage illustrées sur la carte du bassin versant de la rivière Châteauguay et période de calcul de l'indice de qualité

Numéro	Emplacement	IQBP* < 2001	IQBP* 2001-2004
1	Châteauguay, à la frontière américaine		
2	Châteauguay, à 1,6 km en aval du pont de Powerscourt		
3	Trout, à la frontière américaine		
4	Trout, au pont Gavin à Kensington		
5	Trout, au pont Morisson en amont de la confluence avec ruisseau Beaver		
6	Trout, au pont-route Kelvingrove à 5 km en amont de Huntingdon		
7	Châteauguay, au pont-route à Dewittville		
8	Châteauguay, au pont-route à Allans's Corners		
9	Rivière Noire, en amont de Saint-Chrysostome		
10	Rivière Noire, à 2,3 km en amont de la rivière des Anglais		
11	Des Anglais, 0,1 km en aval de la frontière américaine		
12	Des Anglais, au pont-route en amont du ruisseau Norton		
13	Tributaire du ruisseau Cranberry à Saint-Chrysostome		
14	Ruisseau Cranberry à Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		
15	Tributaire du ruisseau Norton en amont de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		
16	Tributaire du ruisseau Norton en amont de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		
17	Tributaire du ruisseau Norton en amont de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		
18	Ruisseau Norton à Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		
19	Ruisseau Norton, au pont-route 203		
20	Des Anglais, au pont-route à Howick		
21	Des Fèves à Saint-Urbain-Premier		
22	Châteauguay, au pont-route à Sainte-Martine		
23	De l'Esturgeon en amont de Sainte-Martine		
24	Tributaire agricole de la rivière de l'Esturgeon en amont de Sainte-Martine		
25	De l'Esturgeon, près de l'embouchure à Sainte-Martine		
26	Châteauguay, au pont-route 205 au nord de Sainte-Martine		
27	Châteauguay, au pont-route 132 à Châteauguay		
28	Châteauguay, au pont-route de l'île des Sœurs Grises		

* Voir légende page suivante

Bassins d'épuration des eaux usées

Photo : Inconnu© Le Québec en images, CCDMD.

Usine de traitement des eaux usées

Photo : Denis Azar© Le Québec en images, CCDMD.

Source : Les constats sur l'état du milieu aquatique présentés dans ce document sont basés sur les données recueillies par la Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP).

AMÉNAGEMENT

Qualité des eaux de surface

Qualité de l'eau

IQBP < 2001	IQBP 2001-2004
Très mauvaise	Très mauvaise
Mauvaise	Mauvaise
Douteuse	Douteuse
Satisfaisante	Satisfaisante
Bonne	Bonne

1 Numéro de station

Source : Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP).

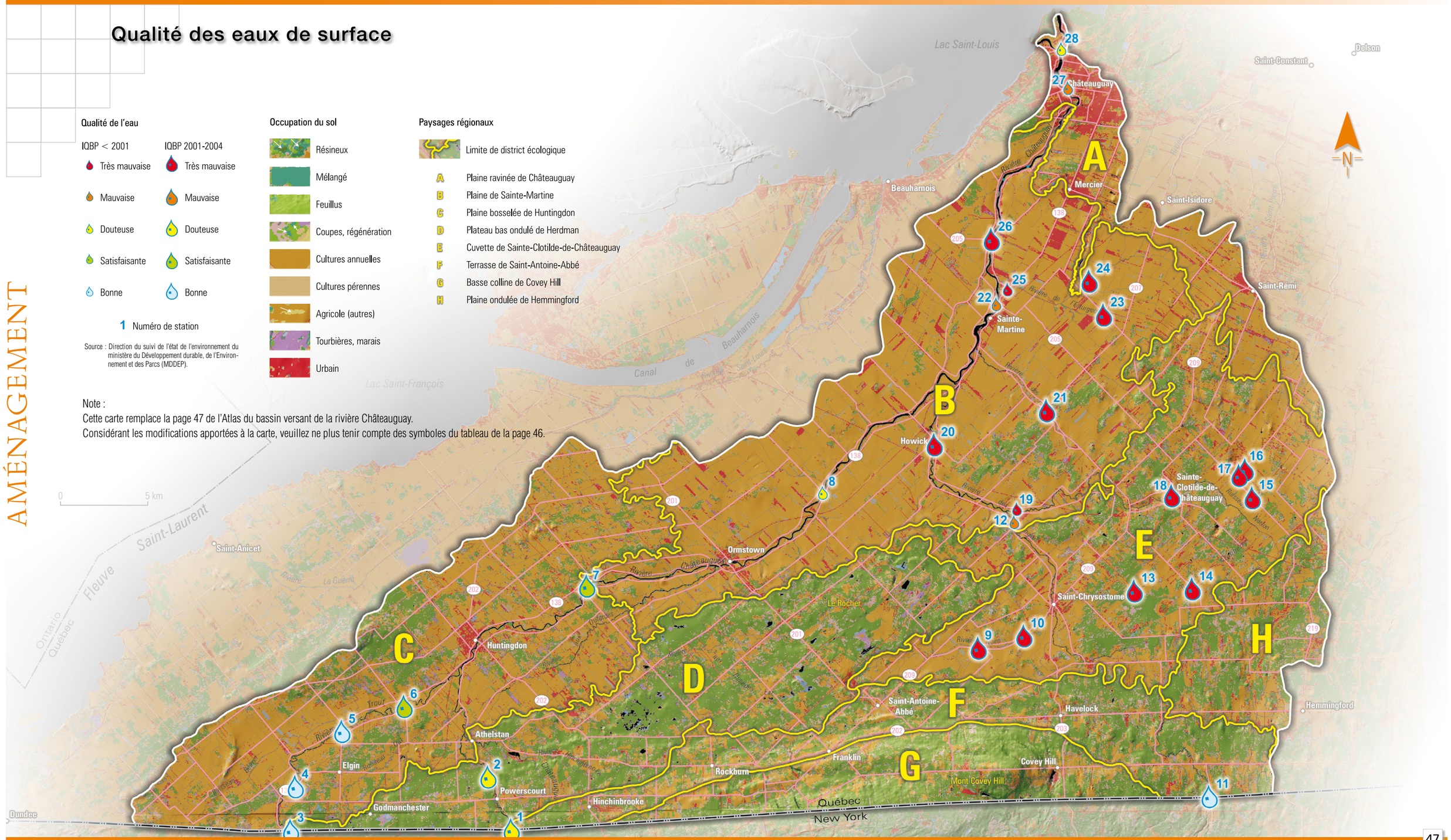
Occupation du sol

- Résineux
- Mélangé
- Feuillus
- Coupes, régénération
- Cultures annuelles
- Cultures pérennes
- Agricole (autres)
- Tourbières, marais
- Urbain

Paysages régionaux

- Limite de district écologique
- A Plaine ravinée de Châteauguay
- B Plaine de Sainte-Martine
- C Plaine bosselée de Huntingdon
- D Plateau bas ondulé de Herdman
- E Cuvette de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay
- F Terrasse de Saint-Antoine-Abbé
- G Basse colline de Covey Hill
- H Plaine ondulée de Hemmingford

Note :
Cette carte remplace la page 47 de l'Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay.
Considérant les modifications apportées à la carte, veuillez ne plus tenir compte des symboles du tableau de la page 46.



Utilisation de l'eau souterraine

L'eau souterraine est utilisée pour de multiples usages et par plusieurs utilisateurs. Puisque seuls certains grands utilisateurs ont des compteurs d'eau, les quantités d'eau utilisées dans une région ne sont jamais connues précisément. Néanmoins, il est possible de dresser un portrait réaliste des quantités d'eau souterraine utilisées en effectuant l'inventaire des captages et des usages qui leur sont associés. Par exemple, une famille de quatre personnes utilise en moyenne 365 m³ d'eau par an, alors que la production maraîchère requiert environ 1000 m³ d'eau /ha/an (SCABRIC). Ainsi, en déterminant les usages associés à un captage d'eau souterraine, il est possible d'estimer les quantités d'eau souterraine extraites.

Les différents utilisateurs de l'eau souterraine

À des fins d'estimation, les usages associés à un captage peuvent être estimés selon le propriétaire du captage.

Particuliers : Les particuliers qui s'approvisionnent en eau par un captage privé en font majoritairement un usage strictement domestique (personnel). Fait intéressant, d'après les estimations réalisées par la SCABRIC, 22 % de la population de la zone étudiée dépend d'un captage privé pour l'approvisionnement en eau (soit environ 48 100 par opposition à 169 617 personnes qui bénéficient d'un système d'aqueduc).

Entreprises agricoles : Les usages associés aux captages appartenant à des entreprises agricoles comprennent l'ensemble des besoins en eau liés à l'agriculture, à l'abreuvement et à l'entretien des animaux d'élevage et de production laitière. L'irrigation, qui est nécessaire pour les cultures, en particulier pour les cultures maraîchères et la pomiculture, représente la majeure partie des usages agricoles du bassin versant. Près de 75 % de la quantité totale d'eau utilisée pour l'irrigation est de l'eau souterraine, le reste étant de l'eau de surface.

Commerces et industries : Les usages associés aux captages appartenant à des commerces et industries sont évidemment très spécifiques aux activités du commerce ou de l'industrie. Dans la région étudiée, les principaux captages commerciaux ou industriels répertoriés sont liés à des usages récréotouristiques, d'embouteillage, de transformation des aliments et d'exploitation de carrières. À ces captages s'ajoute le captage de l'usine de traitement des eaux souterraines (UTES) du MDDEP (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs) à Mercier.

Municipalités : Comme la plupart des municipalités distribuent l'eau à tous les utilisateurs raccordés à leur système d'aqueduc sans égard à l'utilisation qui en est faite, il est difficile d'estimer les usages finaux de l'eau distribuée. Toutefois, on peut raisonnablement supposer que la majorité des utilisateurs reliés au système d'aqueduc en fait un usage domestique, et qu'une minorité seulement en fait un usage commercial ou industriel.

Source : Les données présentées ont été recueillies dans le but d'estimer l'impact des prélèvements d'eau souterraine sur le bilan hydrologique régional. En raison de la quasi-absence de compteurs d'eau dans la région, les utilisateurs ont été répertoriés à partir d'informations provenant de différents rapports et de communications personnelles. Comme tout inventaire, les informations présentées ici ne sont pas rigoureusement exactes. Toutefois, la quantité d'informations recueillies permet d'affirmer qu'il s'agit d'une estimation réaliste de l'utilisation de l'eau souterraine. La zone d'étude correspond au territoire couvert par les feuillets SNRC 31G/1, 31H/4 et 31H/5 et compris entre le fleuve Saint-Laurent et la frontière canado-américaine. La portion américaine du bassin versant a été omise en raison du manque d'information au moment de l'inventaire.

Pour en savoir plus, consulter Marc-André Lavigne, INRS-ETE (2006).

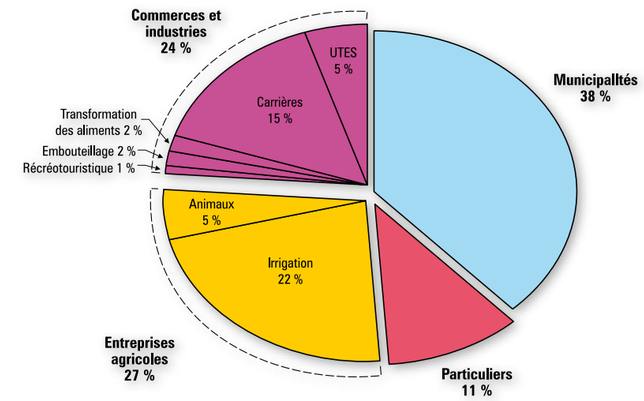
L'utilisation de l'eau souterraine en chiffres

L'utilisation de l'eau souterraine pour la zone à l'étude s'élève à plus de 30 Mm³/an (1 Mm³ = 1 000 000 m³). Cette utilisation représente 48 % du volume total d'eau utilisée, le reste étant de l'eau de surface.

Quantité d'eau souterraine utilisée annuellement

Utilisateurs	Volume total	Proportion
(Propriétaire du captage)	(Mm³/an)*	(%)
Municipalités (aqueducs)	11,83	38
Particuliers	3,51	11
Entreprises agricoles	8,18	27
Culture	6,75	22
Élevage	1,43	5
Commerces et industries**	7,51	24
Récréotouristique	0,18	1
Embouteillage	0,56	2
Transformation des aliments	0,55	2
Carrières	4,66	15
UTES***	1,56	5
Total	31,04	100

* 1 Mm³ = 1 000 000 m³ = 1 million de mètres cubes.
** Les données n'incluent pas la faible portion provenant du réseau municipal.
*** Unité de traitement d'eaux souterraines - MDDEP, Mercier.



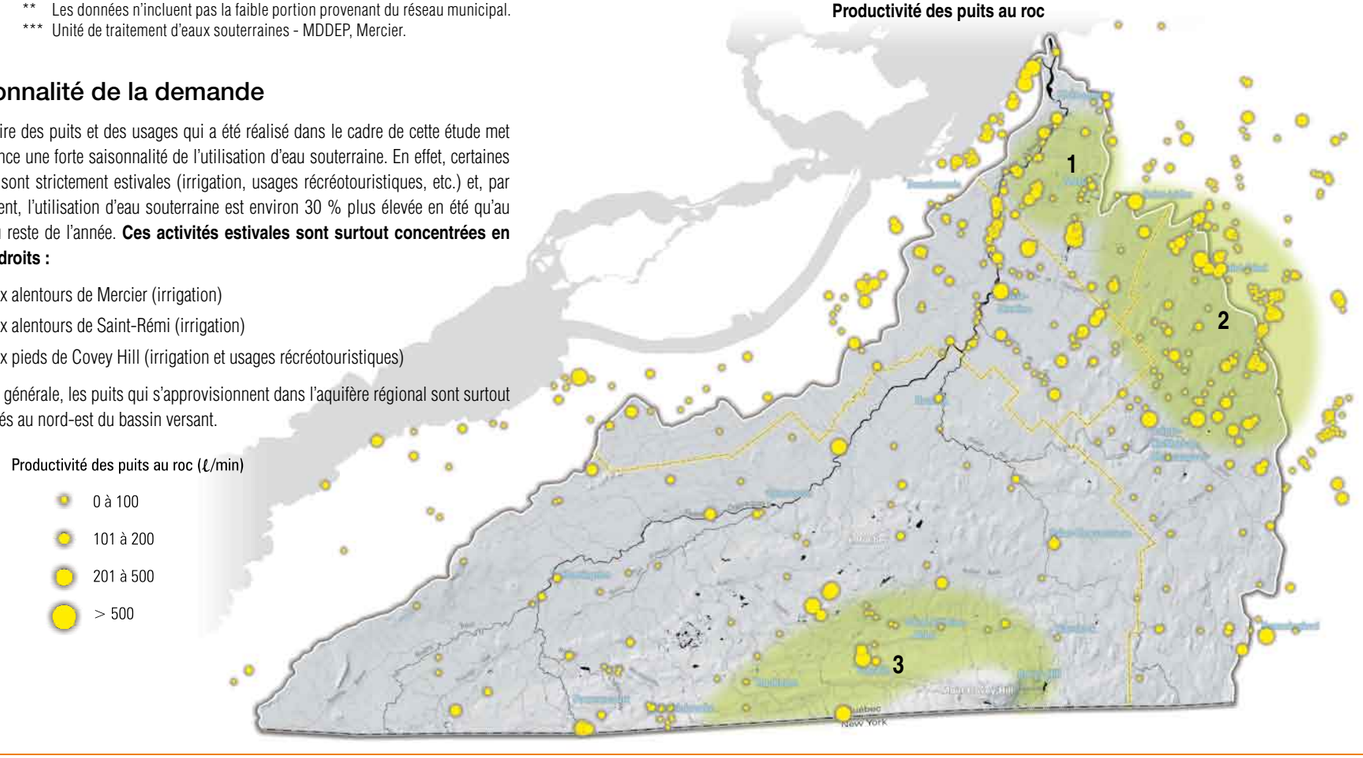
Saisonnalité de la demande

L'inventaire des puits et des usages qui a été réalisé dans le cadre de cette étude met en évidence une forte saisonnalité de l'utilisation d'eau souterraine. En effet, certaines activités sont strictement estivales (irrigation, usages récréotouristiques, etc.) et, par conséquent, l'utilisation d'eau souterraine est environ 30 % plus élevée en été qu'au cours du reste de l'année. **Ces activités estivales sont surtout concentrées en trois endroits :**

1. Aux alentours de Mercier (irrigation)
2. Aux alentours de Saint-Rémi (irrigation)
3. Aux pieds de Covey Hill (irrigation et usages récréotouristiques)

De façon générale, les puits qui s'approvisionnent dans l'aquifère régional sont surtout concentrés au nord-est du bassin versant.

Productivité des puits au roc

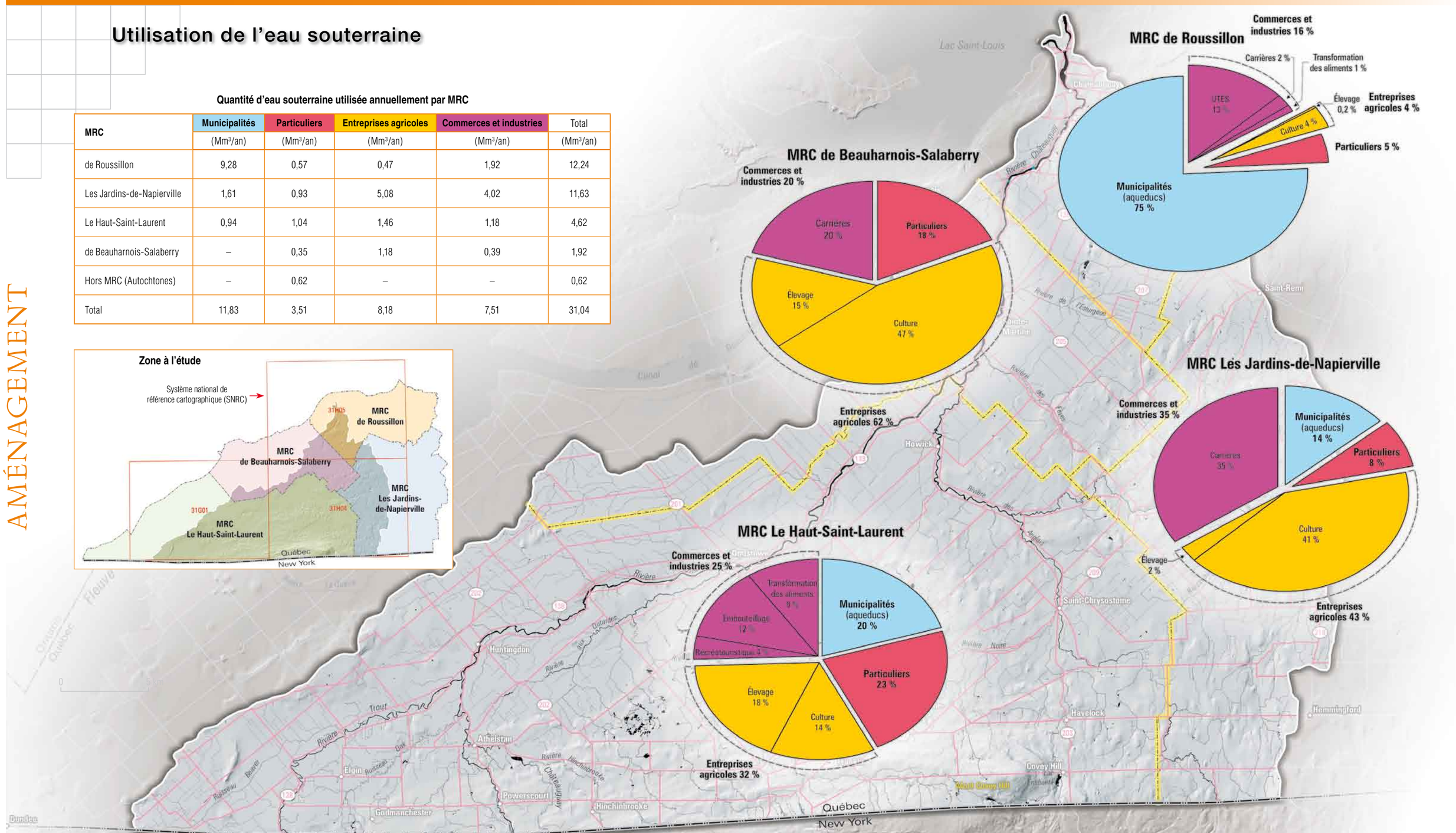


AMÉNAGEMENT

Utilisation de l'eau souterraine

Quantité d'eau souterraine utilisée annuellement par MRC

MRC	Municipalités (Mm³/an)	Particuliers (Mm³/an)	Entreprises agricoles (Mm³/an)	Commerces et industries (Mm³/an)	Total (Mm³/an)
de Roussillon	9,28	0,57	0,47	1,92	12,24
Les Jardins-de-Napierville	1,61	0,93	5,08	4,02	11,63
Le Haut-Saint-Laurent	0,94	1,04	1,46	1,18	4,62
de Beauharnois-Salaberry	–	0,35	1,18	0,39	1,92
Hors MRC (Autochtones)	–	0,62	–	–	0,62
Total	11,83	3,51	8,18	7,51	31,04



Pérennité de l'eau souterraine

Le rôle de l'eau souterraine

L'eau est une ressource naturelle et renouvelable qui fait partie intégrante du patrimoine collectif de la société québécoise. Cette reconnaissance implique la responsabilité de préserver la qualité et la quantité de l'eau, en tenant compte de l'intérêt général et des finalités du développement durable[1] .

L'*équité entre les générations*, une finalité du développement durable, précise que les générations futures devront disposer d'un héritage leur offrant les mêmes possibilités que celles des générations présentes. Pour l'eau souterraine, cela signifie de maintenir la capacité des nappes tant sur le plan de la qualité que de la quantité, donc d'en assurer la pérennité.

Si l'eau souterraine est non seulement utile, mais nécessaire aux êtres humains, elle est également essentielle au maintien de l'équilibre du régime hydrique. Aux endroits où elle fait résurgence dans les eaux de surface, elle permet d'assurer le débit de base des cours d'eau (particulièrement en période d'étiage) et des milieux humides, ainsi que la survie des écosystèmes qui leur sont associés. De plus, les milieux hydriques situés en surface sont souvent les premiers touchés par un rabattement du niveau de la nappe. Par conséquent, pour assurer la pérennité de l'eau souterraine et des écosystèmes qu'elle alimente, il faut évaluer l'impact de nos prélèvements sur les niveaux d'eau, et par ricochet le « débit soutenable », débit au-delà duquel il y a un rabattement dommageable des niveaux d'eau.

Débit soutenable

Débit d'eau souterraine qui peut être soutiré pour l'utilisation humaine sans qu'il y ait un effet dommageable sur les réserves d'eau souterraine et les écosystèmes qui en dépendent.

Estimation du débit soutenable

Si on définit le débit soutenable comme étant le volume correspondant à la fluctuation annuelle moyenne de la nappe (environ 2,1 m), pour le bassin versant de la rivière Châteauguay, le débit soutenable serait de l'ordre de 48 Mm^3/an. Toute extraction au-delà de ce débit soutenable affecterait de façon significative le régime hydrique, et donc les écosystèmes qui y sont associés.

[1] Politique nationale de l'eau, MENV, 2002, p.9

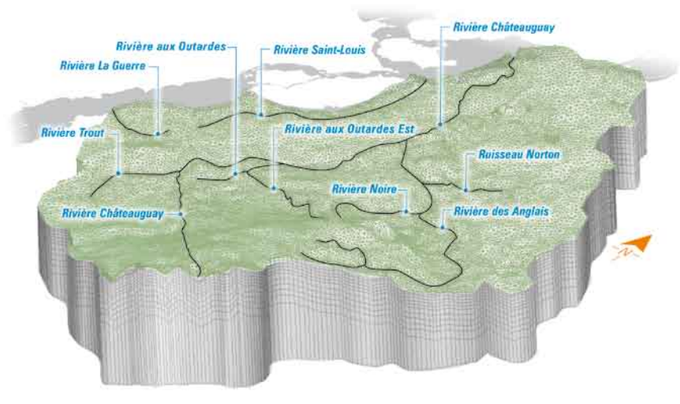
Résultats de la modélisation

À partir des travaux sur la recharge et la piézométrie réalisés dans le cadre de la caractérisation hydrogéologique du bassin versant de la rivière Châteauguay, un modèle numérique de l'aquifère régional a été construit pour simuler l'effet d'une variation des précipitations régionales et/ou des prélèvements sur les niveaux de la nappe. Ce modèle révèle que :

- Les pompages actuels génèrent un rabattement régional d'environ 1,6 m, ce qui est moins que la fluctuation annuelle de la nappe.
- Si les pompages étaient augmentés à plus de 48 Mm^3/an, le rabattement régional attendrait plus que l'équivalent de la fluctuation annuelle moyenne de la nappe (soit plus que 2,1 m) et les résurgences vers les cours d'eau commenceraient à être affectées.
- Si les pompages étaient augmentés à plus de 122 Mm^3/an, le rabattement régional atteindrait plus que 6 m, les résurgences vers les rivières seraient diminuées de moitié et les prélèvements entameraient la réserve.

Il est à noter que ces conclusions s'appliquent à l'ensemble du bassin. Aussi, les effets locaux des pompages seront plus importants que l'effet simulé distribué sur tout le bassin versant.

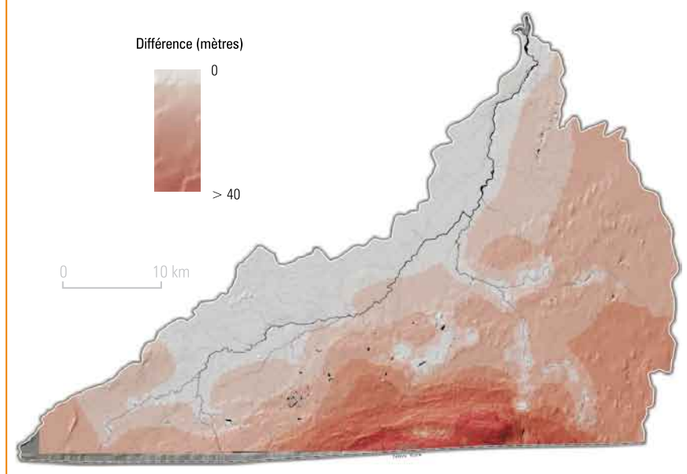
Cette représentation globale est pratique pour dresser un portrait de la situation et évaluer l'impact des prélèvements à l'échelle régionale. Toutefois, en raison des variations hydrogéologiques régionales et de la dynamique d'écoulement de l'eau souterraine, certaines zones de l'aquifère régional sont plus sensibles que d'autres.



Simulation d'une diminution des précipitations régionales

Le modèle numérique de l'écoulement souterrain a été utilisé pour simuler différents scénarios de sécheresse ou de pluies abondantes. Les résultats obtenus révèlent que les zones **les plus sensibles à d'éventuelles variations climatiques sont les zones de recharge de l'aquifère régional situées en haute altitude**. En effet, dans les zones en haute altitude les niveaux d'eau souterraine dépendent de la recharge fournie par les précipitations, alors que dans les zones plus basses, les niveaux d'eau souterraine sont surtout contrôlés par l'altitude des eaux de surface et des résurgences.

Simulation du rabattement de la nappe après six années de sécheresse



Différence entre la piézométrie actuelle et la piézométrie simulée après six années consécutives de sécheresse.

Beaucoup d'eau

Il peut sembler étrange de s'inquiéter de la pérennité de l'eau souterraine dans le cas d'un bassin versant qui reçoit chaque année en moyenne 2,25 milliards de mètres cubes d'eau en précipitations (soit l'équivalent d'une lame d'eau de presque un mètre couvrant l'ensemble du bassin), en plus de l'eau de surface et souterraine déjà présente dans le bassin. Par exemple, on a calculé la réserve en eau souterraine. En supposant que la porosité moyenne des formations aquifères est de 1 %, le volume total d'eau souterraine emmagasinée dans le bassin serait de l'ordre de 18,68 milliards de mètres cubes (l'équivalent de 7,5 millions de piscines olympiques). Le renouvellement annuel d'eau souterraine, la recharge régionale, représenterait 1,4 % de ce volume total et les pompages actuels moins de 0,2 %.

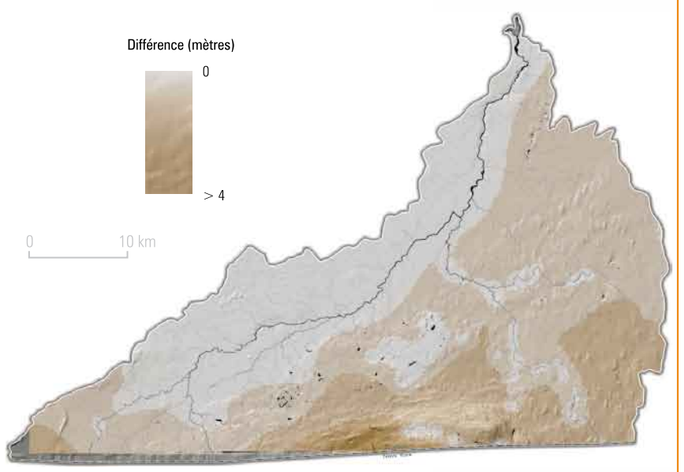
Ainsi, on constate que globalement le bassin versant de la rivière Châteauguay dispose d'une ressource en eau importante, et même enviable, comparée à d'autres endroits du monde où il pleut moins, comme les États de l'ouest américain qui reçoivent annuellement à peine 35 mm de précipitations.

Cependant, d'après le critère expliqué ici, le débit soutenable représenterait seulement une infime partie de l'eau emmagasinée dans le bassin. De plus, dans certains cas, les effets d'une surexploitation locale ou régionale peuvent être irréversibles; c'est pourquoi la pérennité de l'eau souterraine doit demeurer au centre de nos préoccupations environnementales.

Simulation d'une augmentation des prélèvements régionaux

Les simulations réalisées avec différents scénarios d'augmentation des prélèvements dans l'aquifère régional révèlent que les **zones les plus sensibles à une augmentation des pompages dans l'aquifère régional se situent aussi dans la zone de recharge du mont Covey Hill.**

Simulation du rabattement de la nappe pour un pompage équivalant à 48 Mm³/an réparti sur l'ensemble du bassin versant



Différence entre la piézométrie actuelle et la piézométrie simulée dans l'hypothèse où les prélèvements régionaux seraient de 48 Mm³/an.

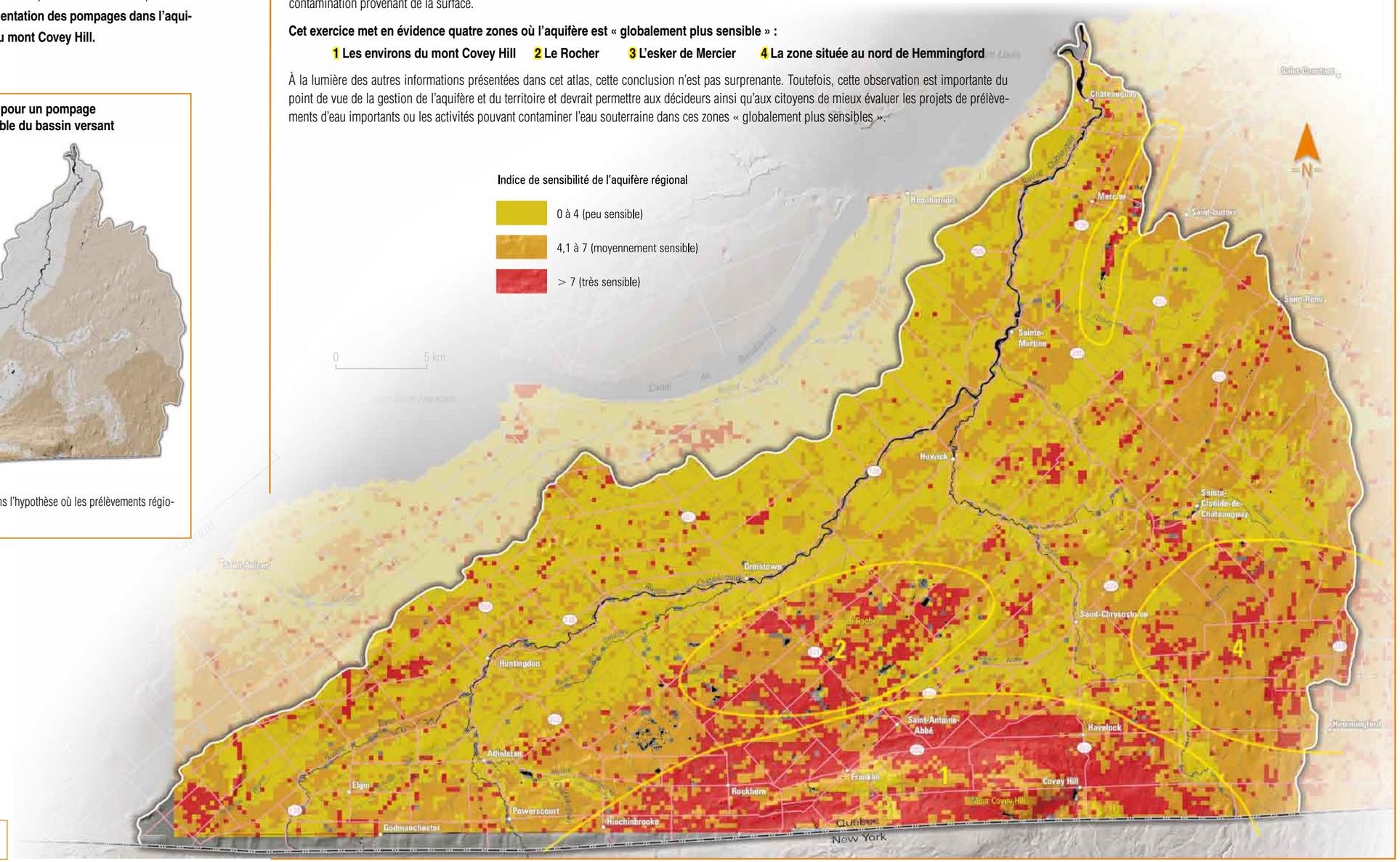
Sensibilité globale de l'aquifère régional

En raison des variations hydrogéologiques régionales et de la dynamique d'écoulement de l'eau souterraine, certaines zones de l'aquifère régional sont plus sensibles aux variations des paramètres du bilan hydrologique, aux variations des prélèvements régionaux ou à la contamination. Cette « sensibilité globale » peut être quantifiée de façon relative à l'aide d'un « indice de sensibilité » calculé en recoupant les informations tirées des différentes simulations avec celles de l'exercice de cartographie de la vulnérabilité (DRASTIC). Plus l'indice de sensibilité globale est élevé, plus l'aquifère est sensible aux changements climatiques, aux prélèvements régionaux et à la contamination provenant de la surface.

Cet exercice met en évidence quatre zones où l'aquifère est « globalement plus sensible » :

1 Les environs du mont Covey Hill **2 Le Rocher** **3 L'esker de Mercier** **4 La zone située au nord de Hemmingford**

À la lumière des autres informations présentées dans cet atlas, cette conclusion n'est pas surprenante. Toutefois, cette observation est importante du point de vue de la gestion de l'aquifère et du territoire et devrait permettre aux décideurs ainsi qu'aux citoyens de mieux évaluer les projets de prélèvements d'eau importants ou les activités pouvant contaminer l'eau souterraine dans ces zones « globalement plus sensibles ».



Source : Les travaux de modélisation ont été effectués par Marc-André Lavigne (INRS-ETE, 2006) et Miroslav Nastev (CGC-Québec).

Protection de l'eau souterraine

Intégration des connaissances à l'aménagement du territoire

Un des grands défis de l'aménagement du territoire est de considérer un ensemble d'informations de différentes natures : besoins des communautés, usages passés et actuels, contraintes à l'aménagement de nature anthropique et naturelle, réglementations et normes applicables, caractéristiques physiques du territoire, etc. Dans ce contexte, le regroupement de plusieurs couches d'informations sur une même carte constitue un outil d'aide à la décision appréciable lors de la planification de l'aménagement du territoire. La carte sur la protection de l'eau souterraine est un exemple qui illustre bien la possibilité d'intégrer des informations telles que les connaissances hydrogéologiques à l'aménagement du territoire. Les données recueillies dans le cadre du projet offrent aussi d'autres possibilités aux gestionnaires du territoire selon la problématique observée. En effet, plusieurs cartes de l'atlas ayant fait l'objet d'une thématique peuvent être regroupées de diverses façons selon les besoins.

MISE EN GARDE

La carte sur la protection de l'eau souterraine se veut d'abord et avant tout un outil d'aide à la décision. Il importe que les décisions prises en matière d'aménagement du territoire ne reposent pas uniquement sur cette carte. Cet outil doit faire partie d'un processus de sélection et de décision qui permettra d'opter pour la meilleure solution.

La carte sur la protection de l'eau souterraine présente deux couches d'informations qui ont fait l'objet d'une thématique dans l'atlas : les contextes hydrogéologiques ainsi que les contraintes naturelles et anthropiques. Le croisement de ces données permet aux gestionnaires du territoire d'avoir une vision régionale leur permettant de mettre en priorité les actions lorsqu'il est question, notamment, d'implanter des activités qui pourraient compromettre la qualité de l'eau disponible sur le territoire.

Le choix d'un site pour les activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau souterraine

Lorsqu'il est question d'identifier, dans un schéma d'aménagement et de développement, des secteurs où l'on voudrait permettre l'implantation d'activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau souterraine, par exemple un lieu d'enfouissement sanitaire ou une industrie utilisant des produits chimiques, les gestionnaires du territoire auront tout avantage à favoriser les secteurs où l'aquifère est confiné ou semi-confiné afin de diminuer les risques d'affecter la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère régional.

Dans les cas où l'aire d'alimentation d'un puits est située en aquifère libre, il faudra redoubler de vigilance quant à la nature des activités qui seront permises à l'intérieur de ces zones vulnérables à la contamination. Une bonne planification des activités permises à l'intérieur des secteurs vulnérables, particulièrement à l'intérieur des aires d'alimentation des puits, aura pour avantage d'assurer la santé et la salubrité publiques ainsi que le maintien de la qualité de l'eau de l'aquifère exploité.

Le choix d'un site pour l'implantation d'une prise d'eau potable

À première vue, en termes de qualité de l'eau, les secteurs à privilégier pour l'implantation d'un nouveau puits se trouvent également dans les aquifères confinés puisque l'eau s'y trouve davantage à l'abri de l'infiltration de contaminants. Cependant, d'autres facteurs doivent aussi être considérés. Par exemple, les quantités d'eau nécessaires et disponibles, la présence d'autres captages d'eau souterraine à proximité et l'absence d'activité présentant une source de contamination en amont ou dans la future aire d'alimentation.

Tout comme l'implantation d'une activité susceptible d'affecter la qualité de l'eau, la mise en place d'une nouvelle prise d'alimentation en eau potable nécessite un exercice rigoureux de planification du territoire. Dans la mesure du possible, une municipalité à la recherche d'une nouvelle source d'approvisionnement en eau souterraine devrait éviter les secteurs où l'aquifère est en nappe libre et en présence d'activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau, de même que les secteurs où l'aquifère, même s'il est en condition captive, est exposé à une source de contamination en amont.

Les secteurs à privilégier

En somme, les aquifères confinés constituent des secteurs à privilégier tant pour les activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau que pour l'implantation des prises d'alimentation en eau de consommation, à condition que ces deux types d'activités ne cohabitent pas. Dans un cas comme dans l'autre, le confinement diminue le risque d'infiltration de contaminants dans l'aquifère régional. Toutefois, bien que les aquifères confinés présentent une protection accrue de l'eau souterraine par rapport aux aquifères semi-confinés et libres, il n'en demeure pas moins qu'il faut demeurer vigilant, puisque des conflits d'usages demeurent toujours possibles.

La préservation de l'eau souterraine…un avantage sous plusieurs aspects

La préservation de l'eau souterraine a non seulement pour avantage d'assurer la santé publique, mais également celui d'assurer la santé économique d'une municipalité. Comme la recherche en eau potable et l'installation d'une prise d'eau requièrent des sommes considérables, une municipalité aura avantage à utiliser tous les moyens en sa possession afin de conserver intacte la qualité de sa ressource hydrique. De plus, la présence d'une eau souterraine de qualité disponible en grande quantité dans une région peut attirer des activités industrielles, commerciales ou touristiques qui contribueront à l'économie régionale.

Enfin, avec les nouvelles connaissances et technologies dont nous disposons actuellement, nous serons davantage en mesure de prendre des décisions éclairées et d'effectuer un aménagement plus harmonieux du territoire.

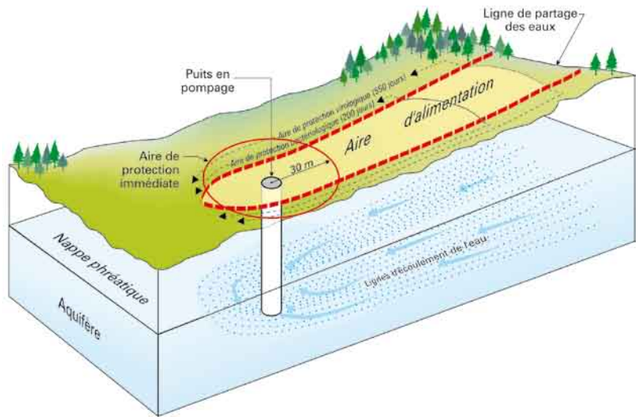
Lieu d'enfouissement sanitaire

Photo : Denis Chabot© Le Québec en images, CCDMD.

Aire d'alimentation

L'aire d'alimentation d'un puits est la portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'eau souterraine qui y circule aboutira tôt ou tard au point de captage. Elle a théoriquement la forme d'une ellipse ouverte du coté amont et s'étend jusqu'à la ligne de partage des eaux.

La détermination de cette aire permet aux gestionnaires du territoire de connaître les activités passées, actuelles et futures susceptibles d'affecter la qualité de l'eau et ainsi, de concevoir des stratégies d'intervention pour la protéger.



Source : MDDEP.

Sablière

Photo : Guy Gauthier© Le Québec en images, CCDMD.

Sources : Les données utilisées pour cette carte proviennent de deux sources. Les contraintes naturelles et anthropiques proviennent du système d'information géographique en aménagement du territoire (SIGAT) du ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR). Ces données sont issues des MRC et ont été traitées et uniformisées par le MAMR pour ensuite être intégrées à SIGAT. Quant aux données relatives aux contextes hydrogéologiques et aux puits, elles proviennent de travaux effectués dans le cadre du mémoire de maîtrise de Anne Croteau, INRS-ETE (2006).

AMÉNAGEMENT

Protection de l'eau souterraine

Contexte hydrogéologique

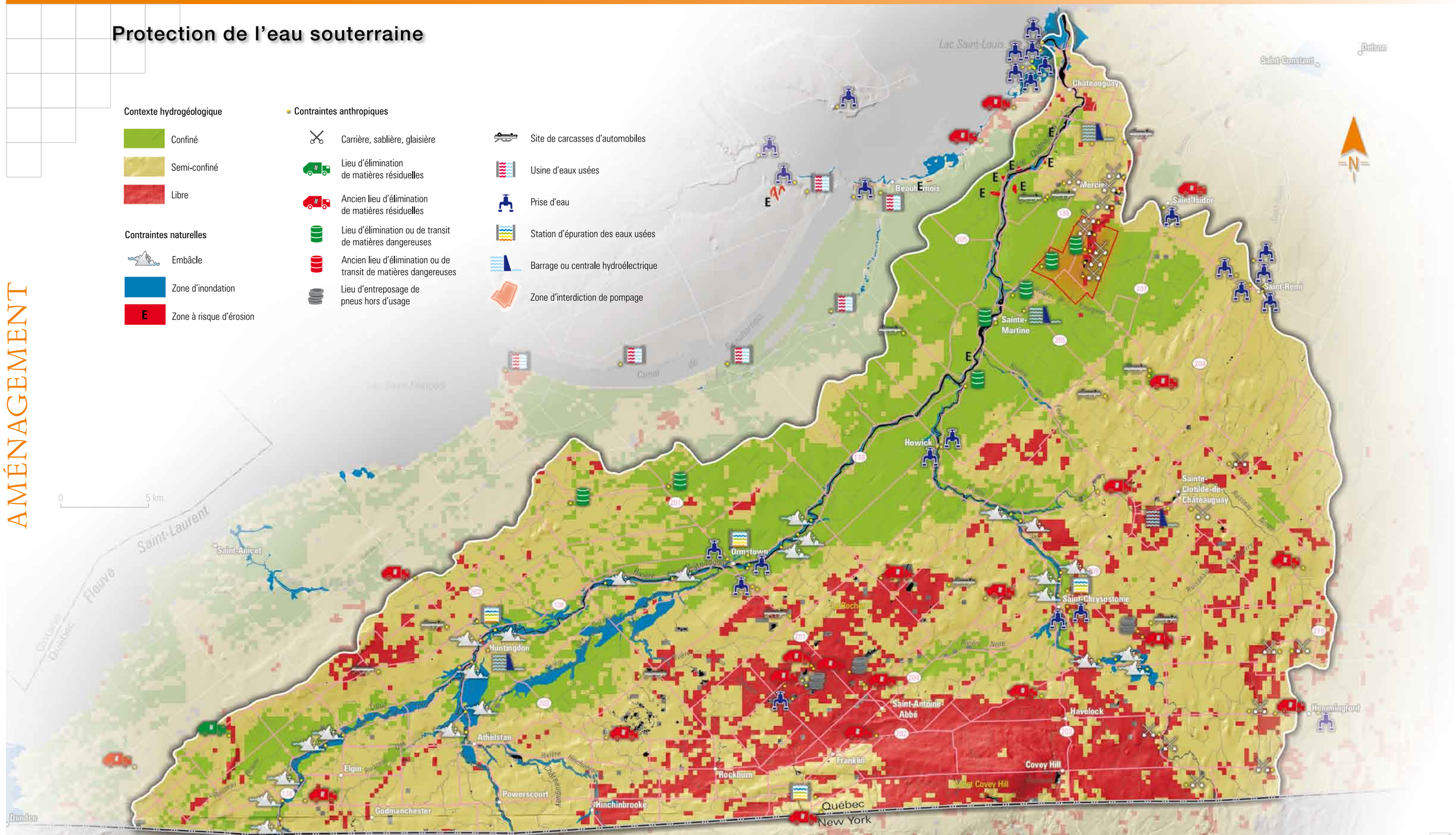
- Confiné
- Semi-confiné
- Libre

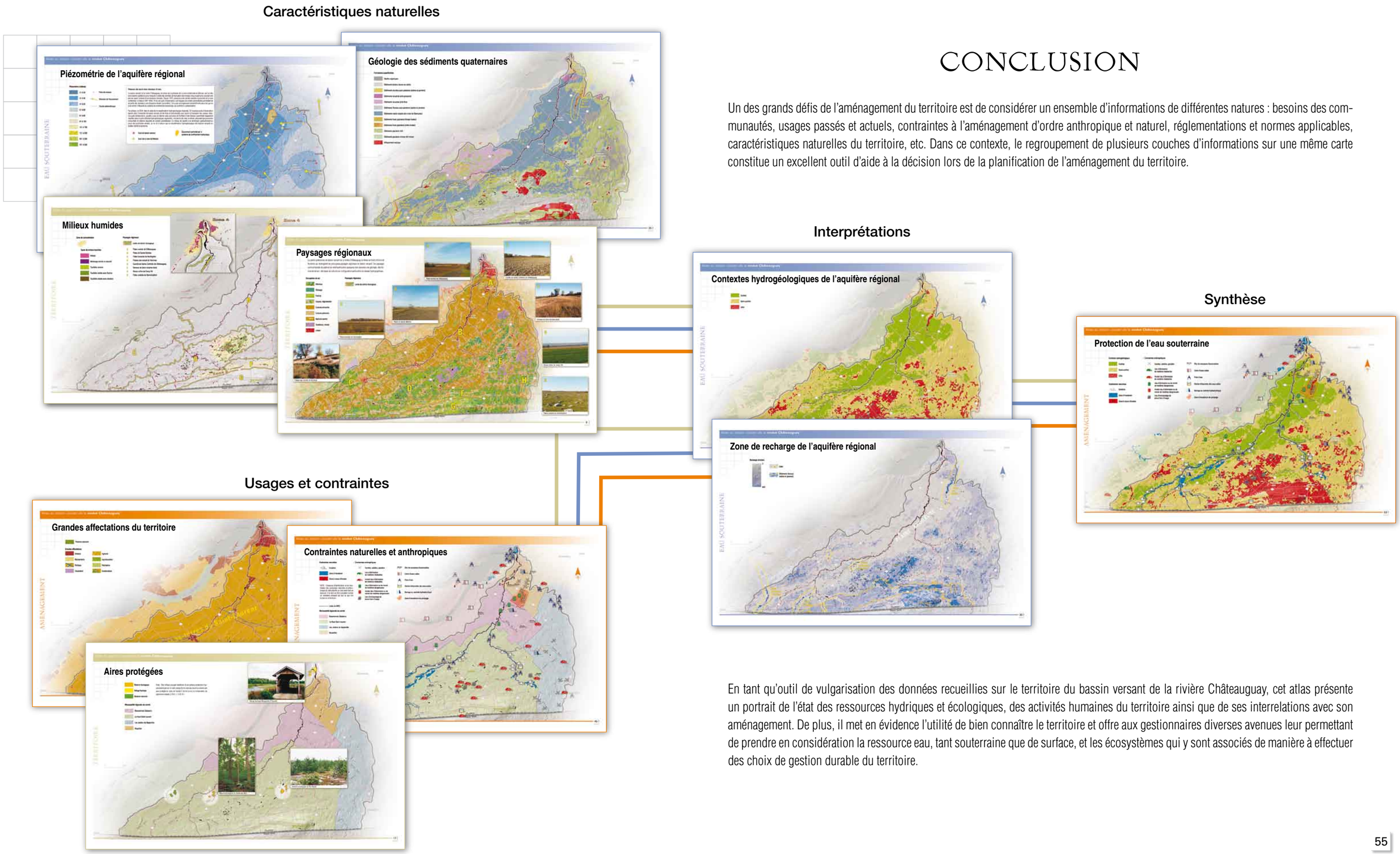
Contraintes naturelles

- Embâcle
- Zone d'inondation
- Zone à risque d'érosion

Contraintes anthropiques

- Carrière, sablière, glaisière
- Lieu d'élimination de matières résiduelles
- Ancien lieu d'élimination de matières résiduelles
- Lieu d'élimination ou de transit de matières dangereuses
- Ancien lieu d'élimination ou de transit de matières dangereuses
- Lieu d'entreposage de pneus hors d'usage
- Site de carcasses d'automobiles
- Usine d'eaux usées
- Prise d'eau
- Station d'épuration des eaux usées
- Barrage ou centrale hydroélectrique
- Zone d'interdiction de pompage





CONCLUSION

Un des grands défis de l'aménagement du territoire est de considérer un ensemble d'informations de différentes natures : besoins des communautés, usages passés et actuels, contraintes à l'aménagement d'ordre anthropique et naturel, réglementations et normes applicables, caractéristiques naturelles du territoire, etc. Dans ce contexte, le regroupement de plusieurs couches d'informations sur une même carte constitue un excellent outil d'aide à la décision lors de la planification de l'aménagement du territoire.

En tant qu'outil de vulgarisation des données recueillies sur le territoire du bassin versant de la rivière Châteauguay, cet atlas présente un portrait de l'état des ressources hydriques et écologiques, des activités humaines du territoire ainsi que de ses interrelations avec son aménagement. De plus, il met en évidence l'utilité de bien connaître le territoire et offre aux gestionnaires diverses avenues leur permettant de prendre en considération la ressource eau, tant souterraine que de surface, et les écosystèmes qui y sont associés de manière à effectuer des choix de gestion durable du territoire.

RÉFÉRENCES

Références bibliographiques :

ALLER, L., BENNETT, T., LEHR, J. H., PETTY, R. J. 1985. *DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. U.S. Environmental Protection Agency. 163 p. EPA/600/2-85/018.

BARIL, R., MAILLOUX, A. 1950. *Étude pédologique des sols du comté de Châteauguay*. Québec : Ministère de l'Agriculture, Division des sols. 120 p. + 1 carte couleur. Échelle 1 : 63 360. Bulletin technique no 2.

BEAUCHESNE, P., CÔTÉ, M.-J., ALLARD, S., DUCRUC, J.-P., LACHANCE, Y. 1998. *Atlas écologique du bassin versant de la rivière L'Assomption : la partie agricole des Basses-terres du Saint-Laurent*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la conservation et du patrimoine écologique ; Environnement Canada. 42 p.

BENOIT, Nicolas. 2005. *Définition de la transmissivité du bassin de la rivière Châteauguay par modélisation inverse*. 113 p. Mémoire de maîtrise en génie minéral, École Polytechnique de Montréal.

BLANCHETTE, Daniel. 2006. *Caractérisation géochimique des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Châteauguay, Québec, Canada*. 71 p. + annexes. Mémoire de maîtrise en sciences, Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

BLANCHETTE, D., LEFEBVRE, R., NASTEV, M., LAMONTAGNE, C., CROTEAU, A., LAVIGNE, M.-A., ROY, N., CLOUTIER, V. 2005. « Hydrochemical assessment of groundwater in the Châteauguay River watershed, Québec ». *6th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Saskatoon 2005*. 8 p. [Cédérom].

BOURQUE, Pierre-André et UNIVERSITÉ LAVAL. 2006. *Planète Terre*. Québec. Fichier informatique. Cours d'introduction et de culture scientifique en Sciences de la Terre. URL http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

CANADA. GROUPE DE TRAVAIL SUR LA CLASSIFICATION DES SOLS. 2002. *Le système canadien de classification des sols*. 3e édition. Ottawa : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche. 196 p. Publication 1646.

CANADA. SANTÉ CANADA. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. Fichier informatique. URL http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html

CHAMPAGNE L., CHAPUIS R. P. 1993. « Évaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution des formations aquifères de la MRC de Montcalm selon la méthode DRASTIC ». *Sciences et techniques de l'Eau*. Vol. 26, nº 3, août. P. 169-176.

CLARK, T.H., SERVICE D'EXPLORATION GÉOLOGIQUE. *Région de Châteauguay : comtés de Beauharnois, Laprairie, Napierville, Châteauguay, Huntingdon et Saint-Jean*. Québec : Ministère des Richesses Naturelles. 1 carte. Échelle 1 : 63 360. Carte du rapport géologique nº 122.

CÔTÉ, M.-J., LACHANCE, Y., DUCRUC, J.-P. 2004. *Le bassin versant de la rivière L'Assomption : des paysages à la gestion territoriale*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction du patrimoine écologique et du développement durable. 24 p.

CROTEAU, Anne. 2006. *Distribution spatiale et temporelle de la recharge à l'aquifère régional du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Mémoire de maîtrise en sciences, Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

CROTEAU, A., NASTEV, M., LEFEBVRE, R., LAMONTAGNE, L., LAMONTAGNE, C., LAVIGNE, M.-A., BLANCHETTE, D. 2005. « Estimation of spatial and temporal distribution of recharge to des Anglais River aquifer system, Québec ». *6th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Saskatoon 2005*. 8 p. [Cédérom].

DAGENAIS, M.-P., NASTEV, M. 2005. « A case study of a conflict over groundwater - When hydrogeology is not sufficient ». *6th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Saskatoon 2005*. 8 p. [Cédérom].

ENVIRONNEMENT CANADA. 2004a. *Canadian Daily Climate Data (CDCD)*. Fichier informatique (108 MO ZIP). Données quotidiennes de température, de précipitations et de neige au sol pour 6 774 stations situées en Ontario, au Québec, aux provinces Atlantiques, au Territoire du Yukon, à Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest, pour toute la période des relevés jusqu'à la fin de 2002.
URL http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/prods_servs/cdcd_iso_e.html

ENVIRONNEMENT CANADA. 2004b. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000*. Fichier informatique. Archives climatiques nationales.
URL http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html

ENVIRONNEMENT CANADA. 2004c. *CD-ROM HYDAT*. Fichier informatique. Archives nationales des données hydrologiques. URL http://www.wsc.ec.gc.ca/products/hydat/main_e.cfm?cname=hydat_e.cfm

FRANZI, David A., PLATTSBURGH STATE UNIVERSITY. 27 janvier 2005. *Ecosystems Studies Field Laboratory at Altona Flat Rock*. Plattsburgh. Fichier informatique.
URL http://faculty.plattsburgh.edu/david.franzi/esfl/GlacialLakes.htm

GERARDIN, V., LACHANCE, Y. 1997. *Vers une gestion intégrée des bassins versants. Atlas du cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Saint-Charles*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec; Environnement Canada. 58 p.

GERARDIN, V., MCKENNEY., D. 2001. *Une classification climatique du climat à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : vers une définition des bioclimats du Québec*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction du patrimoine écologique et du développement durable. Collaboration étroite avec le Service canadien des forêts. 40 p.

GLOBENSKI, Y. 1987. *Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent*. Québec : Ministère des Ressources naturelles, Division générale de l'exploration géologique et minérale. 63 p.

GODIN, Réjean. En préparation. *Caractérisation hydrogéologique du socle rocheux de la portion canadienne du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Mémoire en vue de l'obtention d'une maîtrise en sciences, Université du Québec à Chicoutimi.

LAMONTAGNE, Luc. 2005. *Les sols du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Fichier informatique. 7 p.
URL http://www.cgq-qgc.ca/documents/SolsBassinVersantRiviereChateauguay_fr.pdf

LAMONTAGNE, L., MARTIN, A. 2006. *Les pédopaysages du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Sainte-Foy, Québec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Laboratoire de pédologie et d'agriculture de précision. 7 p.

LAMONTAGNE, L., MARTIN, A., COSSETTE, J.-M., GRENON, L. 2000. *Étude pédologique du comté de Laprairie, Québec*. Sainte-Foy, Québec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Direction générale de la recherche. 356 p. + 3 cartes couleur. Échelle 1 : 20 000. Bulletin d'extension nº 11.

LAMONTAGNE, L., NOLIN, M. C. 1997a. *Cadre pédologique de référence pour la corrélation des sols*. Sainte-Foy, Québec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Équipe pédologique du Québec. 69 p. Bulletin d'extension nº 7.

LAMONTAGNE, L., NOLIN, M. C. 1997b. *Dossier des noms de sols du Québec 1997 : SISCan*. Sainte-Foy, Québec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Équipe pédologique du Québec. 59 p. Bulletin d'extension nº 8.

LAPLANTE, L., ALARIE, A. 1943. *Carte des sols du comté de Napierville*. Québec : Ministère de l'Agriculture, Service de la grande culture. 1 carte couleur + notice explicative. Échelle 1 : 63 360.

LATIFOVIC R., CHICHAGOV, A., FERNANDES, R. « Producing and integrating regional land cover and leaf area index maps into hydrological models over the Châteauguay River watershed ». À paraître dans la revue *Canadian Water Resources Journal*.

LAVIGNE, Marc-André. 2006. *Modélisations numériques de l'écoulement régional de l'eau dans le bassin versant de la rivière Châteauguay*. 106 p. + annexes. Mémoire de maîtrise en sciences, Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

LAVIGNE, M.-A., NASTEV, M., LEFEBVRE, R., BLANCHETTE, D., CROTEAU, A., BENOÎT, N., LAMONTAGNE, C. 2005. « Hydraulic properties of sedimentary rock aquifers in the Chateauguay river watershed, Québec, Canada ». *6th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Saskatoon 2005*. 8 p. [Cédérom].

LAVOIE, Denis. 2005. *Environnement géologique, stratigraphique et structural de la région de Châteauguay : Plate-forme du Saint-Laurent, Sud du Québec*. Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, Division Québec. Fichier informatique. 14 p.
URL http://www.cgq-qgc.ca/documents/bedrockChateauguay_fr.pdf

MAILLOUX, A., GODBOUT, G. 1954. *Étude pédologique des sols du comté de Huntingdon et Beauharnois*. Québec : Ministère de l'Agriculture, Division des sols. 221 p. + 2 cartes couleur. Échelle 1 : 63 360. Bulletin technique nº 4.

NASTEV, M., LAMONTAGNE, C., MORIN, R., TREMBLAY, T., HARDY, F., LAMOTHE, M., CROTEAU, A., BLANCHETTE, D., LAVIGNE, M.-A., ROY, N., LAVOIE, D., BENOÎT, N., LEFEBVRE, R., MARCOTTE, D., GAUDIN, R., ROULEAU. A. « Hydrogeology of the transboundary sedimentary rock aquifers in the Chateauguay River Basin, Canada-United States ». *Fractured rock conference - State of the science and measuring success in remediation*. NGWA/US EPA, Portland ME. P. 483-486.

NASTEV, M., LAMONTAGNE, C., TREMBLAY, T., LAVOIE, D., HARDY, F., LAMOTHE, L., CROTEAU, A., BLANCHETTE, D., LAVIGNE, M.-A., ROY, N., PARADIS, D., BENOÎT, N., LEFEBVRE, R., MARCOTTE, D., GAUDIN, R., ROULEAU, A. 2004. « Hydrogeological overview of the transboundary aquifers in the Chateauguay River Basin, Canada-United States ». *5th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, Québec 2004*. 7 p. [Cédérom].

NATIONAL CLIMATIC DATA CENTER (NCDC). *NNDC [sic] Climatic Data Online*. Fichier informatique. Données climatiques. URL http://hurricane.ncdc.noaa.gov

PARKHURST, D. L., APPELO, C. A. J. 1999. *User's guide to PHREEQC (Version 2) : A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*. US. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 99-4259.

PAYETTE, S., ROCHEFORT, L. 2001. *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. 621 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996. *État de l'écosystème aquatique du bassin de la rivière Châteauguay, 1979-1994*. Québec : le Ministère, Direction des écosystèmes aquatiques. 13 p. Document vulgarisé. Version anglaise disponible.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1997. *Opérations régionales : Inventaire des dépôts de pneus hors d'usage sur le territoire de chacune des directions régionales de l'Environnement et de la Faune du Québec*. Québec : le Ministère, Direction des opérations régionales. 82 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1998. *Inventaire des lieux d'élimination de résidus industriels GERLED – Évolution depuis 1983 et état actuel*. Sainte-Foy : Les Publications du Québec. 62 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS. 2002. *Les aires protégées au Québec : une garantie pour l'avenir*. 44 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DES RÉGIONS. *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*. Fichier informatique. URL http://www.mamr.gouv.qc.ca/legislation/legi_lois.asp

QUÉBEC. MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DES RÉGIONS. *Système d'information géographique en aménagement du territoire (SIGAT)*. Fichier informatique. URL http://www.portail.mamr.gouv.qc.ca

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. *Loi sur la conservation du patrimoine naturel (L.R.Q., c. C-61.01)*. Fichier informatique. Lois et règlements appliqués par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. URL http://www.mddep.gouv.qc.ca/publications/lois_reglem.htm

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. *Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r.18.1.1)*. Fichier informatique. Lois et règlements appliqués par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. URL http://www.mddep.gouv.qc.ca/publications/lois_reglem.htm

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. *Règlement sur le captage des eaux souterraines (Q-2, r.1.3)*. Fichier informatique. Lois et règlements appliqués par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. URL http://www.mddep.gouv.qc.ca/publications/lois_reglem.htm

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. *Répertoire des barrages*. Fichier informatique. URL http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/default.asp

RUTHERFORD, Alexandra. 2005. *Well Inventory Study*. Société de conservation et d'aménagement du bassin de la rivière Châteauguay. Sainte-Martine. 20 p. + [Cédérom]. Rapport présenté à Charles Lamontagne et Miroslav Nastev.

SCHROEDER, P. R., AZIZ, N. M., LLOYD, C. M., ZAPPI, P. A. 1994. *The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: Engineering Documentation for Version 3*. U. S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-94/168b.

SIMONEAU, M. 1996. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Châteauguay*, 1979 à 1994. Québec : Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques. 82 p. + 8 annexes. Envirodoq no EN960455, rapport nº QE-106.

TARDIF, B., LAVOIE, G., LACHANCE, Y. 2005. *Atlas de la biodiversité du Québec : Les espèces menacées ou vulnérables*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs. Québec. 60 p.

TREMBLAY, Tommy. 2006. *Hydrostratigraphie et géologie du Quaternaire dans le bassin versant de la rivière Châteauguay, Québec*. Mémoire de maîtrise en sciences, Université du Québec à Montréal.

TREMBLAY, Tommy, LAMOTHE, Michel. 2005. *Géologie des formations superficielles du bassin versant de la rivière Châteauguay : Feuillets topographiques Saint-Chrysostome 31H/4 Lachine H/5 et Huntingdon G/1 : Une contribution de l'UQAM au Projet Châteauguay : Rapport final : Travaux de 2004-2005*. Montréal : Département des sciences de la Terre et de l'Atmosphère, UQAM. Fichier informatique. 35 p. URL http://www.cgq-qgc.ca/documents/Chateauguay/rapportQuatChateauguay.pdf

TREMBLAY, T., LAMOTHE, M., HARDEY, F., GAGNON, J.-F., LAMONTAGNE, C., NASTEV, M. 2005. « OSL and AMS 14C dating on marine and terrestrial organic remnants from a Champlain Sea beach near Covey Hill, Québec ». *40th Annual Meeting 2005, Geological Society of America - Northeastern Section, Saratoga-Springs NY.*

U. S. GEOLOGICAL SURVEY, Perry G. Olcolt. 1995. *Groundwater Atlas of the United States: Segment 12*. Reston, Virginia. Hydrogeologic investigations Atlas 730-M, segment 12.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY. *NWISWeb Data for the Nation*. Fichier informatique. Données actuelles et historiques concernant les eaux de surface (notamment les débits des rivières), les eaux souterraines et la qualité de l'eau. URL http://waterdata.usgs.gov/nwis

WATERLOO HYDROGEOLOGIC INC. 2003. *Aquachem 4.0*. Fichier informatique. Logiciel.

WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION. 20 décembre 2004. *Catastrophic Flooding from Ancient Lake May Have Triggered Cold Period*. Fenno House, MS. Fichier informatique. News release. URL http://www.whoi.edu/mr/pr.do?id=2078

Références cartographiques :

BEAUBIEN, J. J., CIHLAR, J. Q., XIAO, J., CHENG, K., FUNG, K., HURLHURT, P. 1997. « A new nationally consistent, satellite-derived land cover of Canada : a comparison of two methodologies ». *Proceedings of the international symposium Geomatic in the Era of Radarsat*. 2nd edition. Ressources Canada et Défense nationale Canada. Paper no 251. [Cédérom].

BENOIT, Nicolas. 2005. *Définition de la transmissivité du bassin de la rivière Châteauguay par modélisation inverse*. 113 p. Mémoire de maîtrise en génie minéral, École Polytechnique de Montréal.

CANADA. RESSOURCES NATURELLES. *Données numériques d'élévation du Canada*. Échelle 1 : 250 000. Fichiers informatiques.

CLARK, T.H., SERVICE D'EXPLORATION GÉOLOGIQUE. *Région de Châteauguay : comtés de Beauharnois, Laprairie, Napierville, Châteauguay, Huntingdon et Saint-Jean*. Québec : Ministère des Richesses Naturelles. 1 carte. Échelle 1 : 63 360. Carte du rapport géologique no 122.

CROTEAU, Anne. 2006. *Distribution spatiale et temporelle de la recharge à l'aquifère régional du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Mémoire de maîtrise en sciences, Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

GERARDIN, V., MCKENNEY., D. 2001. *Carte des bioclimats du Québec*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction du patrimoine écologique et du développement durable. Collaboration étroite avec le Service canadien des forêts. Fichiers informatiques.

GLOBENSKI, Y. 1987. *Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent*. Québec : Ministère des Ressources naturelles, Division générale de l'exploration géologique et minérale. 63 p.

INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT. *Feuillets pédologiques*. Fichiers informatiques. Échelle 1 : 20 000.

LAMONTAGNE, L., MARTIN, A. 2006. *Les pédopaysages du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Sainte-Foy, Québec : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Laboratoire de pédologie et d'agriculture de précision. Fichiers informatiques.

LATIFOVIC, R. 2004. *Image satellitaire classifiée*. Centre canadien de télédétection, Ressources naturelles Canada. Fichiers informatiques.

LAVIGNE, Marc-André. 2006. *Modélisations numériques de l'écoulement régional de l'eau dans le bassin versant de la rivière Châteauguay*. 106 p. + annexes. Mémoire de maîtrise en sciences, Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement.

LAVOIE, Denis. 2005. *Environnement géologique, stratigraphique et structural de la région de Châteauguay : Plate-forme du Saint-Laurent, Sud du Québec*. Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, Division Québec. Fichier informatique. 14 p. URL http://www.cgq-qgc.ca/documents/bedrockChateauguay_fr.pdf

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *Digital Elevation Model*. Fichiers informatiques.

QUÉBEC. MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES. 1999. *Base de données topographiques et administratives du Québec*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelle 1 : 20 000.

QUÉBEC. MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE. 2001. *Système sur les découpages administratifs*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelle 1 : 20 000.

QUÉBEC. MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE. 2004. *Base de données topographiques du Québec*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelle 1 : 20 000.

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2005. *Cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelles variables.

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2005. *Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques.

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2005. *Limites de bassins versants de niveau 1*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelles 1 : 1 000 000 et 1 : 50 000.

QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2005. *Modèle numérique de terrain*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Modèle numérique d'élévation. Échelle 1 : 20 000.

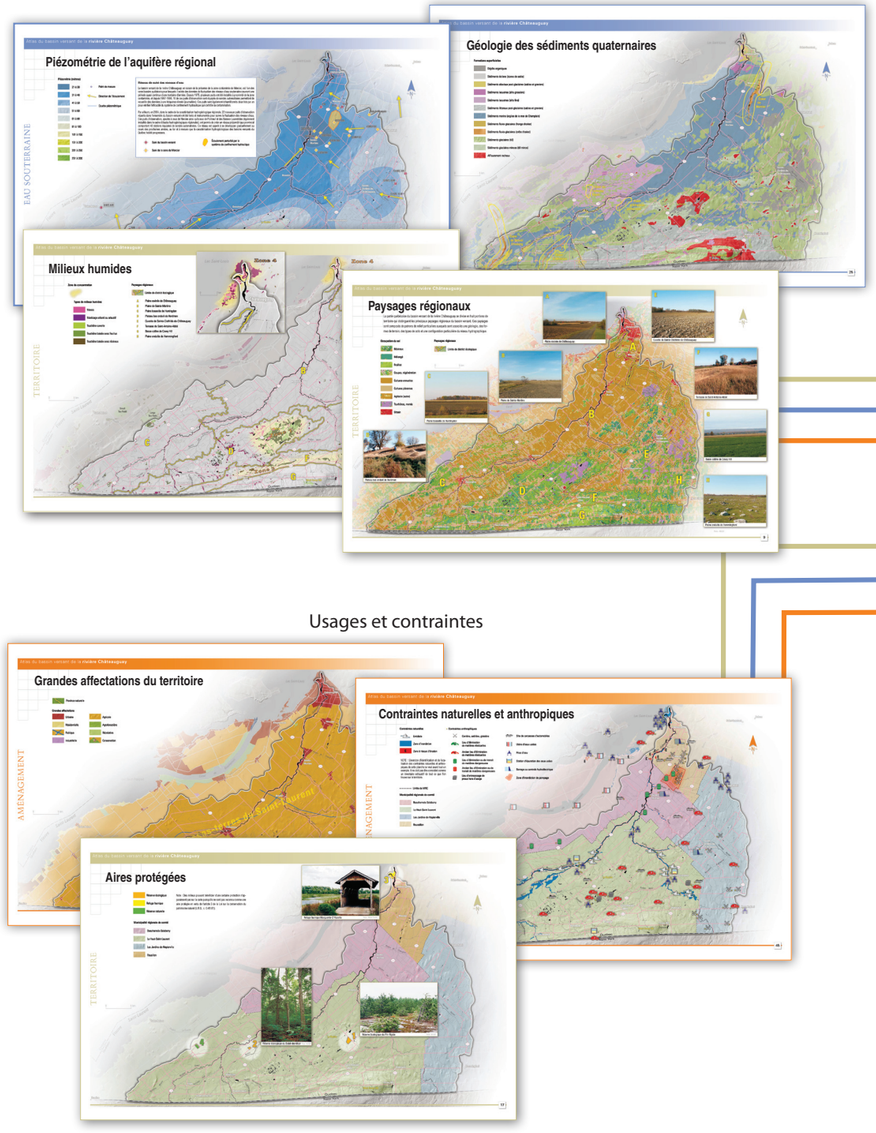
QUÉBEC. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2005. *Niveaux supérieurs du cadre écologique de référence*. Québec : le Ministère. Fichiers informatiques. Échelle 1 : 1 000 000.

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE *et al*. 1999-2003. *Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7 du Sud du Québec, 1999-2003*. Collaboration SCF, Faune Québec, CICI, MRNFP, MAPAQ, AAC, CSL. Fichiers informatiques.

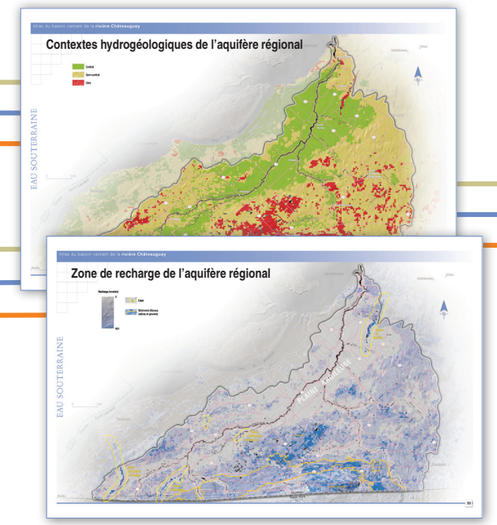
SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE et CANARDS ILLIMITÉS. 1999. *L'Atlas de conservation des terres humides des secteurs à vocation agricole de la vallée du Saint-Laurent*. Fichiers informatiques.

TREMBLAY, Tommy, LAMOTHE, Michel. 2005. *Géologie des formations superficielles du bassin versant de la rivière Châteauguay : Feuillets topographiques Saint-Chrysostome 31H/4 Lachine H/5 et Huntingdon G/1 : Une contribution de l'UQAM au Projet Châteauguay : Rapport final : Travaux de 2004-2005*. Montréal : Département des sciences de la Terre et de l'Atmosphère, UQAM. Fichier informatique. 35 p. URL http://www.cgq-qgc.ca/documents/Chateauguay/rapportQuatChateauguay.pdf

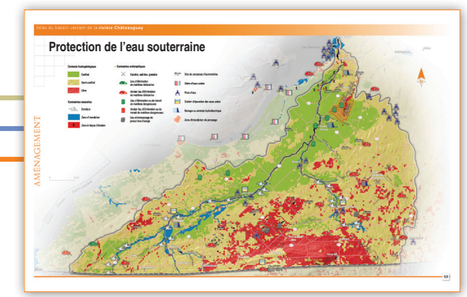
Caractéristiques naturelles



Interprétations



Synthèse



Usages et contraintes

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs :

Téléphone : (418) 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)
Télécopieur : (418) 646-5974

Courriel : info@mddep.gouv.qc.ca
Internet : www.mddep.gouv.qc.ca

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec, 2006
ISBN : 2-550-46767-1
© Gouvernement du Québec, 2006

Ce papier contient 100 % de fibres recyclées après consommation. 6578-06-03

Développement durable, Environnement et Parcs
Québec