



COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
DOSSIER PUBLIC 7284

Atlas des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière

Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière

A. Carrier, N. Benoit, M. Nastev, N. Roy,
E. Beaudoin, P. Giguère et P. Bouffard

2014



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



Québec 

- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
DOSSIER PUBLIC 7284

Atlas des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière

Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière

A. Carrier¹, N. Benoit², M. Nastev², N. Roy³, E. Beaudoin⁴, P. Giguère⁵
et P. Bouffard⁵

¹Comité de bassin de la rivière Chaudière

²Commission géologique du Canada

³Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

⁴Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

⁵Union des producteurs agricoles – Fédérations de l'UPA de la Beauce, Lévis-Bellechasse et Lotbinière-Mégantic

2014

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2014

doi:10.4095/292860

On peut télécharger cette publication gratuitement à partir de GEOSCAN (<http://geoscan.sst.rncan.gc.ca/>).

Notation bibliographique conseillée

Carrier, A., Benoit, N., Nastev, M., Roy, N., Beaudoin, E., Giguère, P. et Bouffard, P., 2014. Atlas des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière : secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière; Commission géologique du Canada, Dossier public 7284, 199 p. doi:10.4095/292860

Les publications de cette série ne sont pas révisées; elles sont publiées telles que soumises par l'auteur.

Table des matières

<i>Introduction</i>	1
<i>Portrait régional</i>	
<i>Localisation du bassin versant</i>	8
<i>Site d'étude</i>	10
<i>Limites administratives</i>	14
<i>Occupation du sol</i>	18
<i>Portrait Agricole</i>	
<i>Portrait agroéconomique</i>	21
<i>Types de production végétale</i>	26
<i>Types de production animale</i>	31
<i>Portrait physique</i>	
<i>Grandes unités naturelles</i>	36
<i>Histoire géologique</i>	41
<i>Géologie du roc</i>	48
<i>Géologie des sédiments du Quaternaire</i>	52
<i>Climat</i>	61
<i>Réseau hydrographique</i>	66
<i>Portrait hydrogéologique</i>	
<i>Cycle de l'eau</i>	75
<i>Contexte hydrogéologiques</i>	77
<i>Niveau de l'eau souterraine</i>	81
<i>Recharge</i>	89
<i>Utilisation de l'eau souterraine</i>	97
<i>Bilan hydrogéologique global</i>	101
<i>Vulnérabilité</i>	103
<i>Portrait de la qualité de l'eau</i>	
<i>Qualité de l'eau</i>	109
<i>État de la situation</i>	114

Perspectives

<i>Pérennité</i>	125
<i>Gestion du territoire</i>	128
<i>Protection de l'eau souterraine</i>	138
<i>Protection des puits</i>	145

INTRODUCTION

Origine de l'étude

Au printemps 2007, le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) accordait, grâce au *Programme d'approvisionnement en eau Canada-Québec*, une subvention à trois regroupements d'agriculteurs, soit les fédérations régionales de l'Union des producteurs agricoles (UPA) de Lévis-Bellechasse, de Lotbinière-Mégantic et de la Beauce. Cette subvention avait pour but la réalisation d'une étude de caractérisation des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière : secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Afin de faciliter la mise en œuvre d'un tel projet, les fédérations de l'UPA ont mandaté le Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC) à titre de chargé de projet. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, la Commission géologique du Canada ainsi qu'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont collaboré étroitement avec le COBARIC pour mener à bien cette étude.

Contexte de l'étude

Le *Projet eaux souterraines de la Chaudière* avait pour objectif de caractériser les eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière et à évaluer l'impact des activités humaines sur cette ressource. Comme l'agriculture occupe une place prépondérante dans ce territoire, les travaux ont visé plus précisément les secteurs de la **Basse-Chaudière** et de la **Moyenne-Chaudière** où la densité agricole est beaucoup plus élevée que dans le reste du bassin versant¹.

Les secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière sont entièrement inclus dans la région administrative de la Chaudière-Appalaches, qui se classe au 3^e rang provincial pour ses besoins annuels en eau à des fins de production agricole². On estime que la production agricole y génère des revenus annuels supérieurs à un milliard de dollars³. L'agriculture procure aussi de l'emploi à près de 8,5% de la population de ce territoire, ce qui en fait une activité capitale pour l'économie de cette région à caractère rural³.

L'eau souterraine est la principale source d'approvisionnement en eau potable des résidents de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière, y compris les producteurs agricoles. Pour l'ensemble du bassin versant, c'est près de 65% de la population qui est alimentée par des sources d'eau potable d'origine souterraine, une proportion beaucoup plus élevée que la moyenne québécoise qui est d'environ 20%⁴.

¹ Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

² BPR Groupe-conseil (2003) Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture. Rapport final. Programme national d'approvisionnement en eau - Province de Québec. 68 pages.

³ Conférence régionale des élus de la Chaudière-Appalaches (2003) Profil socioéconomique de la Chaudière-Appalaches : Faits saillants et statistiques régionales. 328 pages. Disponible en format PDF à http://www.chaudiere-appalaches.qc.ca/upload/chaudiere-appalaches/editor/asset/CRE_CA%20Profil%20integral.pdf.

⁴ Comité de bassin de la rivière Chaudière (2000). Le schéma directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Chaudière. Rapport final. Volume 2. 39 pages.

Le manque de connaissances sur les eaux souterraines du bassin versant avait été identifié comme étant une problématique dans le Plan directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Chaudière. En effet, à l'exception de quelques études ponctuelles visant l'approvisionnement d'aqueducs municipaux, aucune étude hydrogéologique ne permettait de localiser les aquifères du bassin versant, ni d'estimer leur taux de recharge, ni même d'évaluer la qualité naturelle de l'eau souterraine. Comme on ne connaissait ni la quantité, ni la qualité, ni la vulnérabilité des eaux souterraines de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière, il était difficile de s'assurer d'un approvisionnement durable et suffisant pour les besoins agricoles et municipaux.

Par ailleurs, l'amorce de la caractérisation des eaux souterraines pour l'ensemble du bassin versant de la Chaudière répond à un objectif que le gouvernement du Québec s'est fixé dans la Politique nationale de l'eau, c'est-à-dire « entreprendre un inventaire des grands aquifères du Québec »⁵. Ce besoin de connaître nos eaux souterraines est une exigence de la population québécoise.

Objectifs de l'étude

La caractérisation hydrogéologique d'un bassin versant consiste à recueillir les données décrivant les caractéristiques de la ressource eau souterraine, à l'échelle régionale. Plus précisément, ces caractéristiques correspondent à celles du contenant, soit les formations géologiques aquifères, et à celles du contenu, l'eau souterraine. Les connaissances acquises permettront d'évaluer la quantité et la qualité de la ressource dans les secteurs étudiés. Ces connaissances permettent aux gestionnaires et aux usagers du territoire de mieux anticiper les impacts de leurs actions et de leurs choix, et d'apporter les ajustements requis dans une perspective de développement durable. Les connaissances acquises sur l'eau souterraine permettront d'élaborer des outils en vue d'en assurer une gestion durable et intégrée. Par ailleurs, les données aideront à prendre des décisions éclairées à propos des eaux souterraines en se basant sur des faits réels. Ces données seront incluses dans le Plan directeur de l'eau du COBARIC lors de sa mise à jour.

Cette étude visait les objectifs suivants :

- Acquérir les connaissances hydrogéologiques nécessaires pour orienter le développement agricole futur de façon à :
 - favoriser la conciliation des usages de l'eau souterraine et des usages du territoire liés à l'eau souterraine (en particulier avec les municipalités);
 - assurer la pérennité des quantités d'eau souterraine disponibles;
 - préserver la qualité de l'eau souterraine;
- et, ainsi, assurer un approvisionnement en eau adéquat à des fins agricoles;
- Sensibiliser les agriculteurs du territoire à la protection de l'eau souterraine et aux impacts de leurs pratiques sur l'eau souterraine.

⁵ Gouvernement du Québec (2002) Politique nationale de l'eau. L'eau. La vie. L'avenir. 94 pages.

L'Atlas permet de...

L'Atlas permet notamment de :

- Présenter les principales informations hydrogéologiques sur le territoire étudié à l'aide d'une base cartographique et visuelle;
- Diffuser une information vulgarisée afin de permettre aux agriculteurs et à la population de mieux comprendre l'hydrogéologie du secteur étudié;
- Fournir un outil permettant aux intervenants régionaux d'utiliser les connaissances hydrogéologiques pour un aménagement durable du territoire;
- Intégrer l'information hydrogéologique dans la planification du territoire, notamment via les schémas d'aménagement et de développement, et le plan directeur 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 accompagnées de textes explicatifs. L'information est structurée de façon à offrir un portrait global du territoire étudié sous six thèmes principaux :

- Portrait régional
- Portrait agricole
- Portrait physique
- Portrait hydrogéologique
- Portrait de la qualité de l'eau
- Perspectives

Limites de l'étude

Les cartes présentées ont été conçues à l'échelle régionale. Par conséquent, elles ne peuvent être utilisées pour formuler des conclusions à l'échelle locale. De plus, l'Atlas dresse le portrait d'une portion du bassin versant de la rivière Chaudière, soit les secteurs de la **Basse-Chaudière** et de la **Moyenne-Chaudière**. Toutefois, pour certains thèmes, le territoire cartographié s'étend à l'ensemble du bassin versant.

Il est important toutefois que les utilisateurs de l'Atlas considèrent cet outil comme un document de connaissance générale. L'interprétation et l'analyse, sur une base comparative ou par superposition des informations des différentes cartes, au-delà de ce qui est actuellement consigné dans l'Atlas, nécessitent un travail scientifique additionnel.

L'Atlas du bassin versant de la rivière Chaudière : Secteurs de la Basse-Chaudière et de Moyenne-Chaudière se veut avant tout une invitation à tous les gestionnaires et usagers du territoire à parfaire leur connaissance du bassin versant de la rivière Chaudière en vue d'une gestion concertée, effectuée dans l'esprit d'un développement durable.

ÉQUIPE DE RÉALISATION ET COLLABORATEURS

Équipe de réalisation

Coordonnatrice : Annie Ouellet¹, Biologiste
 Chargée de projet : Anabel Carrier¹, Biologiste
 Technicienne en géomatique : Amélie Fréchette¹, Géographe
 Responsable des communications : Sébastien Béchard¹, Politologue
 Technicienne en bureautique : Stéphanie Bouchard¹, Technicienne en bureautique

Comité technique : Émilie Beaudoin², Ingénieure junior
 Pierre Bouffard^{3 4}, Aménagiste
 François Chrétien⁵, Agronome
 Pierre Gélinas¹, Hydrogéologue
 Pierre Giguère⁶, Aménagiste
 Charles Lamontagne⁷, Hydrogéologue
 Donald Lemelin², Ingénieur
 Gaston Levesque⁸, Aménagiste
 Nadine Roy⁷, Hydrogéologue
 Miroslav Nastev⁹, Chercheur scientifique

Comité politique : Luce Bisson⁴, Présidente
 Normand Boulianne⁷, Chef de Service
 Renée Caron², Directrice régionale
 Russell Gilbert¹, Président
 Yves Lavergne⁵, Directeur des services techniques en agroenvironnement
 Richard Lehoux⁸, Préfet
 Yves Michaud⁹, Coordonnateur scientifique
 Jean-Denis Morin⁶, Président
 Jean-Roch Turcotte^{3 4}, Directeur régional
 Maurice Vigneault³, Président

Équipe de terrain : Yohann Cazals Lancina¹, Étudiant
 Louis Demers Rousseau¹, Étudiant
 Benoit Gauvin¹, Étudiant
 Sébastien Moore⁷, Technicien en hydrogéologie
 Raymond Perron⁷, Technicien en hydrogéologie
 Amélie Roy¹, Étudiante
 Vanessa Turgeon Tanguay¹, Étudiante

Analyses en laboratoire : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

Conception graphique, mise en page et révision linguistique : Zonart Communications

¹ Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC)

² Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

³ Fédération de l'UPA de Lotbinière-Mégantic

⁴ Fédération de l'UPA de Lévis-Bellechasse

⁵ Agriculture et Agroalimentaire Canada

⁶ Fédération de l'UPA de la Beauce

⁷ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

⁸ MRC de La Nouvelle-Beauce

⁹ Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada

Collaborations par thèmes

Portrait régional

Anabel Carrier¹, Biologiste
Amélie Fréchette¹, Géographe

Portrait agricole

Émilie Beaudoin², Ingénieure junior
Anabel Carrier¹, Biologiste
François Chrétien⁵, Agronome
Lise Cloutier², Technicienne
Amélie Fréchette¹, Géographe
Jean-François Guay², Conseiller en aménagement du territoire
Donald Lemelin², Ingénieur

Portrait physique

Grandes unités naturelles

Marie-Josée Côté⁷, Géographe
Tingxian Li⁷, Écologue
Frédéric Poisson⁷, Écologue

Climat

François Chrétien⁵, Agronome
Marie-Josée Côté⁷, Géographe
Jean-François Guay², Conseiller en aménagement du territoire
Tingxian Li⁷, Écologue
Frédéric Poisson⁷, Écologue

Histoire géologique et Géologie du roc

Sébastien Castonguay⁹, Chercheur scientifique
Donna Kirkwood⁹, Directrice
Amélie Fréchette¹, Géographe

Géologie des sédiments du Quaternaire

Olivier Caron¹⁰, Géologue, étudiant au doctorat
Tommy Tremblay¹⁰, Géologue
Charles Lamontagne⁷, Hydrogéologue
Michel Lamothe¹⁰, Professeur, chercheur

¹⁰ Université du Québec à Montréal

Réseau hydrographique

Anabel Carrier¹, Biologiste
 Amélie Fréchette¹, Géographe
 Martin Joly⁷, Architecte paysagiste
 Daniel Blais⁷, Géographe

Portrait hydrogéologique

Cycle de l'eau

Anabel Carrier¹, Biologiste
 Amélie Fréchette¹, Géographe
 Sébastien Bécharde¹, Politologue

Contextes hydrogéologiques, Niveau d'eau souterraine, Recharge et Vulnérabilité

Nicolas Benoît¹¹, Ingénieur hydrogéologue
 Sébastien Boudreau¹¹, Spécialiste en SIG et télédétection
 Georges Forest¹¹, Directeur de projet – hydrogéologie
 Jacques Langlois¹¹, Spécialiste en science des sols
 Miroslav Nastev⁹, Chercheur scientifique

Utilisation de l'eau souterraine

René Aubé², Technicien
 Émilie Beaudoin², Ingénieure junior
 Anabel Carrier¹, Biologiste
 Roger Carrier², Technicien
 Lise Cloutier², Technicienne
 Luc Dubreuil², Ingénieur
 Amélie Fréchette¹, Géographe
 Michèle Grenier², Statisticienne
 Jean-François Guay², Conseiller en aménagement du territoire
 Donald Lemelin², Ingénieur
 Natalie Sylvain², Agronome

Bilan hydrogéologique global

Anabel Carrier¹, Biologiste
 Amélie Fréchette¹, Géographe
 Miroslav Nastev⁹, Chercheur scientifique

Portrait de la qualité de l'eau

Émilie Beaudoin², Ingénieure junior
 Claude Boucher², Vétérinaire
 Pierre Gélinas¹, Hydrogéologue
 Laurence Laperrière⁷, Géographe
 Donald Lemelin², Ingénieur
 Nadine Roy⁷, Hydrogéologue

¹¹ Tecsalt

Perspectives

Pérennité

Laurence Laperrière⁷, Géographe
Nadine Roy⁷, Hydrogéologue

Gestion du territoire

Marie-Josée Côté⁷, Géographe
Martin Joly⁷, Architecte paysagiste
Laurence Laperrière⁷, Géographe
Gildo Lavoie⁷, Biologiste
Renée Plamondon⁷, Aménagiste
Nadine Roy⁷, Hydrogéologue
Bernard Tardif⁷, Biologiste

Protection de l'eau souterraine

Anabel Carrier¹, Biologiste
Amélie Fréchette¹, Géographe
Sébastien Béchar¹, Politologue
Laurence Laperrière⁷, Géographe
Renée Plamondon⁷, Aménagiste
Nadine Roy⁷, Hydrogéologue

Protection des puits

Anabel Carrier¹, Biologiste
Sébastien Béchar¹, Politologue
Diane Myrand⁷, Hydrogéologue

L'équipe de réalisation tient à remercier les propriétaires de puits, les agriculteurs et les industries, ainsi que les municipalités et les MRC qui ont participé à l'étude de caractérisation des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière, secteurs Basse-Chaudière et Moyenne-Chaudière, en nous donnant accès à leur puits ou à leurs données.

Cette production n'aurait pu être réalisée sans la contribution financière du Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) grâce au *Programme d'approvisionnement en eau Canada-Québec*, une initiative fédérale-provinciale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Référence à citer :

COBARIC et UPA (2008) Atlas des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière : secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. CD-Rom.

LOCALISATION DU BASSIN VERSANT

La rivière Chaudière est située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent. Elle prend sa source dans le lac Mégantic et coule en direction nord sur une distance de 185 km pour se jeter dans le fleuve Saint-Laurent aux environs de la ville de Lévis (secteur Saint-Romuald).

La rivière Chaudière draine un vaste territoire d'une superficie de 6 695 km². Ce territoire, qui constitue le [bassin versant \(hyperlien vers la section 3.6 Réseau hydrographique\)](#) de la rivière Chaudière, est délimité au sud par la frontière américaine, à l'est par le bassin versant de la rivière Etchemin et à l'ouest par ceux des rivières Saint-François, Bécancour et du Chêne. Le bassin versant de la rivière Chaudière chevauche [deux régions naturelles \(hyperlien vers la section 3.1 Grandes unités naturelles\)](#): les Appalaches, qui occupent 95% de la superficie du bassin versant, et les basses-terres du Saint-Laurent, qui constituent 5% du territoire ([carte 1.1.a](#)).

Trois grands secteurs du bassin

Les études de suivi de l'état de l'environnement et les portraits du bassin versant divisent le territoire du bassin versant en [trois grands secteurs \(hyperlien vers la section 1.2 Site d'étude\)](#): la Haute-Chaudière, la Moyenne-Chaudière et la Basse-Chaudière. Initialement, ces subdivisions ont été créées d'après le [profil de la rivière Chaudière \(hyperlien vers la section 3.6 Réseau hydrographique\)](#) pour interpréter la qualité des eaux de surface. ([carte 1.1.b](#)).

Délimitation des trois grands secteurs

La limite entre les parties « haute » et « moyenne » de la rivière a été définie comme étant l'emplacement de la station de débit située en aval du barrage Sartigan, c'est-à-dire un peu en aval du point de confluence de la rivière Chaudière et de la rivière du Loup. Tout le territoire drainé par ce point est appelé la « Haute-Chaudière ». La limite entre la Haute-Chaudière et la Moyenne-Chaudière a donc été définie à partir de la station de débit en suivant les limites des sous-bassins versants.

De la même façon, la limite entre les parties « moyenne » et « basse » de la rivière Chaudière a été définie à partir d'une station de qualité d'eau située près du pont—route 171 à Scott. Cela coïncide avec l'endroit où la rivière Chaudière quitte les Appalaches pour couler sur les basses-terres du Saint-Laurent. Le territoire drainé par ce point appartient soit à la Moyenne-Chaudière, soit à la Haute-Chaudière. Tout le territoire en aval de ce point est défini comme étant la « Basse-Chaudière ».

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (date inconnue) Canada 3D – modèle numérique d'élévation de la masse continentale canadienne. Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2004) Bassins hydrographiques de niveau 1. Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre écologique de référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

SITE D'ÉTUDE

Cet Atlas a été produit à la suite de l'étude de caractérisation des eaux souterraines de la rivière Chaudière. Cette étude visait à caractériser les eaux souterraines du bassin versant de la rivière Chaudière et à évaluer l'impact des [activités agricoles](#) ([hyperlien vers la section 1.4 Occupation du sol](#)) sur cette ressource. Pour ce faire, les travaux ont porté sur les secteurs de la **Basse-Chaudière** et de la **Moyenne-Chaudière** où la **densité agricole** est beaucoup plus élevée que dans le reste du bassin versant¹ ([carte 1.2.a](#)).

Le secteur de la **Basse-Chaudière** correspond à la partie **aval**² du bassin versant de la rivière Chaudière, qui s'étend de la municipalité de Scott jusqu'à l'exutoire de la rivière Chaudière, à Lévis. Ce secteur, situé en majeure partie dans les [basses-terres du Saint-Laurent](#) ([hyperlien vers la section 3.1 Grandes unités naturelles](#)), couvre une superficie de 962 km². Le secteur de la Basse-Chaudière regroupe les **aquifères**³ les plus sollicités du bassin versant puisque les activités agricoles ([carte 1.2.c](#)) et la population ([carte 1.2.b](#)) se concentrent dans cette zone. En 2006, 64 000⁴ habitants résidaient dans ce secteur pour une densité de 67 habitants par km².

La **Moyenne-Chaudière**, quant à elle, correspond à la partie centrale du bassin versant de la rivière Chaudière; elle s'étend du barrage Sartigan, en **amont**² de Saint-Georges, à la municipalité de Scott. Elle couvre une superficie de 2 658 km². En 2006, 79 000 habitants résidaient dans la Moyenne-Chaudière et la densité de population était de 30 habitants par km². Ce secteur comprend la [MRC de la Nouvelle-Beauce](#) ([hyperlien vers la section 1.3 Limites administratives](#)), qui se classe au troisième rang provincial pour la concentration des activités agricoles⁵.

La **Haute-Chaudière**, qui ne fait pas partie du territoire étudié, couvre la partie sud du bassin versant avec une superficie totale de 3 075 km². Elle s'étend vers le nord jusqu'à la confluence de la rivière du Loup et de la rivière Chaudière, près du barrage Sartigan. En 2006, 36 000 habitants résidaient dans la Haute-Chaudière pour une densité de 12 habitants par km². Ce secteur est dominé par la forêt. L'agriculture, bien que présente, y est plus faiblement représentée que dans la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière.

L'un des objectifs de l'étude de caractérisation des eaux souterraines visait à acquérir les connaissances hydrogéologiques nécessaires pour orienter le développement agricole futur. C'est pour cette raison que le présent Atlas porte sur la portion nord du bassin versant (tableau 1).

¹ Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

² Anonyme (1998) Le Petit Larousse illustré. Les Éditions Françaises Inc, 1 784 pages.

³ Côté, M.-J., Lachance, 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 pages.

⁴ Québec. Ministère des Affaires municipales et des Régions (2005) Répertoire des municipalités. Site Internet : http://www.mamr.gouv.qc.ca/repertoire_mun/repertoire/reperto.asp.

⁵ Fédération Québécoise des Municipalités (2006) L'activité manufacturière présente partout sur le territoire et Agriculture : première MRC dans la région et troisième au Québec. Quorum. Vol. 31, no. 5- Juillet-Août 2006. Pages 30-33.

Tableau 1 : Caractéristiques des trois grands secteurs

	Haute-Chaudière	Moyenne-Chaudière	Basse-Chaudière
Superficie (km ²)	3 075	2 658	962
Nombre de municipalités*	26	44	20
Population ⁴	36 000	79 000	64 000
Densité de population (Nombre d'habitants par km ²)	12	30	67
Nombre de fermes ⁶	262	1 267	593
Occupation du sol (% agricole)	12	31	37
Région(s) administrative(s)	Chaudière-Appalaches et Estrie	Chaudière-Appalaches	Chaudière-Appalaches

Note : *Une municipalité qui chevauche deux secteurs est prise en considération dans chacun des secteurs.

L'eau souterraine est la principale source d'alimentation en eau potable des résidents de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Elle constitue donc l'une des plus importantes sources d'approvisionnement en eau des agriculteurs et de la population. Pour l'ensemble du bassin versant, c'est près de 65% de la population qui est desservie par des sources d'eau potable d'origines souterraines, ce qui est très élevé par rapport à la moyenne québécoise qui est d'environ 20%⁷.

De plus, environ 40% de la population du bassin versant de la rivière Chaudière s'alimente en eau potable à partir de puits individuels ou de réseaux de moins de 20 personnes, comparativement à 10% pour l'ensemble du Québec⁷. Ces réseaux (privés ou desservant moins de 20 personnes) ne sont pas soumis au *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Q-2,r.18.1.1)⁸ et ne sont soumis à aucun contrôle obligatoire de qualité. Cette partie de la population est donc plus susceptible de souffrir de problèmes de contamination de son eau potable sans jamais le savoir.

La localisation, la qualité et la quantité des eaux souterraines disponibles dans le bassin versant de la rivière Chaudière, et plus particulièrement dans les secteurs visés par l'Atlas, étaient mal connues. En effet, à l'exception de quelques études ponctuelles visant l'approvisionnement d'aqueducs municipaux, aucune étude hydrogéologique ne permettait de localiser les aquifères du bassin versant, ni d'estimer leur taux de recharge, ni même d'évaluer la qualité naturelle de l'eau souterraine. Comme on ne connaissait ni la quantité, ni la qualité, ni la vulnérabilité des eaux souterraines de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière, il était difficile de s'assurer d'un approvisionnement durable et suffisant pour les besoins agricoles et municipaux.

⁶ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In *GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole*, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, Sainte-Marie, Fichiers numériques, données ponctuelles.

⁷ Comité de bassin de la rivière Chaudière (2000). Le schéma directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Chaudière. Rapport final. Volume 2. 39 p.

⁸ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Règlement sur la qualité de l'eau potable. Site internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm> .

L'avantage d'un tel projet est **d'acquérir de meilleures connaissances des eaux souterraines disponibles**. Les connaissances sur le potentiel des formations géologiques à fournir de l'eau potable permettront de vérifier si l'utilisation actuelle de l'eau en milieu agricole, municipal est durable ou si elle nécessite certains ajustements pour favoriser un approvisionnement à long terme en eau.

Cet Atlas permettra de mieux orienter et de mieux planifier le développement de l'agriculture ainsi que l'aménagement du territoire dans la région pour les années à venir. Comme l'agriculture est une importante source de revenu pour la population du bassin versant, il est primordial de connaître la disponibilité et la quantité des sources actuelles et potentielles d'approvisionnement en eau, afin d'assurer le maintien et le développement d'une agriculture durable dans la Basse-Chaudière et dans la Moyenne-Chaudière.

Lexique :

DENSITÉ AGRICOLE

Pour un territoire donné, rapport entre la superficie cultivée en hectares et la superficie totale du territoire en kilomètre carré.

AMONT

Partie d'un cours d'eau qui est du côté de la source, par rapport à un point considéré.

AVAL

Partie d'un cours d'eau qui est du côté de son embouchure, par rapport à un point considéré.

AQUIFÈRES

On appelle aquifère une formation géologique qui contient et favorise la circulation des eaux souterraines et permet son exploitation économique. Un aquifère possède trois propriétés essentielles : une porosité adéquate (contenu en eau), une perméabilité élevée (facilité de l'eau à se déplacer) et un volume suffisant (selon les besoins d'approvisionnement).

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, Sainte-Marie, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Québec. Ministère des Affaires municipales et des Régions (2005) Répertoire des municipalités. Site Internet : http://www.mamr.gouv.qc.ca/repertoire_mun/repertoire/reperto.asp.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

LIMITES ADMINISTRATIVES

Le bassin versant de la rivière Chaudière chevauche en partie deux régions administratives (Estrie et Chaudière-Appalaches), touche sept municipalités régionales de comté (MRC) et inclut la Ville de Lévis (ville hors MRC). On y trouve 78 municipalités dont 41 sont entièrement incluses dans le bassin versant et 37 qui ne le sont que partiellement.

La population du bassin versant de la rivière Chaudière était de 180 000 en 2006¹, soit 27 habitants par km². La population a augmenté de 43% depuis 1976, principalement dans la partie nord du bassin versant (tableau 1).

Tableau 1 : Liste des MRC incluses dans le bassin versant

Nom	Superficie totale de la MRC (km ²)	Portion de la MRC incluse dans le secteur à l'étude	
		%	km ²
MRC Robert-Cliche	846	94	796
MRC de La Nouvelle-Beauce	915	64	590
Ville de Lévis	497	38	190
MRC Les Etchemins	1 820	36	649
MRC de Lotbinière	1 755	30	526
MRC Beauce-Sartigan	1 976	28	559
MRC de L'Amiante	1 987	16	312
MRC du Granit	2 827	0	0

En ce qui concerne le site d'étude (carte 1.3), la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière sont entièrement situées dans la région administrative **Chaudière-Appalaches**. Au total, 58 municipalités se partagent le territoire. Parmi celles-ci, 26 sont entièrement comprises dans le bassin versant. Les principales agglomérations sont Lévis, Sainte-Marie et Saint-Georges. De plus, seulement trois des 78 municipalités du bassin versant ont plus de 10 000 habitants. Il s'agit des municipalités de la Ville de Lévis (45 500)², de Saint-Georges (30 000) et de Sainte-Marie (11 700)¹. Elles sont toutes situées dans la portion nord du bassin versant (Basse-Chaudière et Moyenne-Chaudière), où la moyenne du nombre d'habitants par km² est de 40 comparativement à 27 pour l'ensemble du bassin¹ (tableau 2).

¹ Québec. Ministère des Affaires municipales et des Régions (2005) Répertoire des municipalités. Site Internet : http://www.mamr.gouv.qc.ca/repertoire_mun/repertoire/repertoi.asp.

² Nombre de personnes incluses dans le bassin versant et demeurant dans la ville de Lévis.

Tableau 2 : Liste des municipalités et villes incluses dans la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière

Municipalité	MRC	Superficie dans le bassin versant (km ²)	Pourcentage dans le bassin versant (%)	Pourcentage dans la Basse-Chaudière (%)	Pourcentage dans la Moyenne-Chaudière (%)
Saint-Bernard	Nouvelle-Beauce	91	100	94	6
Saint-Élzéar	Nouvelle-Beauce	87	100	27	73
Sainte-Marie	Nouvelle-Beauce	109	100	0	100
Vallée-Jonction	Nouvelle-Beauce	26	100	0	100
Saint-Agapit	Lotbinière	65	100	100	0
Saint-Narcisse-de-Beaurivage	Lotbinière	62	100	100	0
Saint-Frédéric	Robert-Cliche	73	100	1	99
Saint-Séverin	Robert-Cliche	59	100	42	58
Lac-Poulin	Beauce-Sartigan	2	100	0	100
Notre-Dame-des-Pins	Beauce-Sartigan	25	100	0	100
Saint-Éphrem-de-Beauce	Beauce-Sartigan	119	100	0	100
Saint-Benoît-Labre	Beauce-Sartigan	87	100	0	100
St-Georges	Beauce-Sartigan	202	100	0	61
Saint-Honoré-de-Shenley	Beauce-Sartigan	133	100	0	51
Saint-Philibert	Beauce-Sartigan	156	100	0	59
Saint-Simon-les-Mines	Beauce-Sartigan	48	100	0	100
Saints-Anges	Beauce-Sartigan	69	100	0	100
East-Broughton	L'Amiante	9	100	0	100
Sainte-Clothilde-de-Beauce	L'Amiante	61	100	0	100
Saint-Benjamin	Les Etchemins	112	100	0	100
Sainte-Rose-de-Watford	Les Etchemins	116	100	0	100
Saint-Prosper	Les Etchemins	134	100	0	100
Beauceville	Robert-Cliche	167	100	0	100
Saint-Alfred	Robert-Cliche	144	100	0	100
Saint-Joseph-de-Beauce	Robert-Cliche	115	100	0	100
Saint-Joseph-des-Érables	Robert-Cliche	52	100	0	100
Saint-Jules	Robert-Cliche	56	100	0	100
Saint-Victor	Robert-Cliche	122	100	0	100
Tring-Jonction	Robert-Cliche	28	100	0	100
Saint-Patrice-de-Beaurivage	Lotbinière	85	97	97	0
La Guadeloupe	Beauce-Sartigan	33	95	0	95
Sacré-Cœur-de-Jésus	L'Amiante	104	94	0	94
Saint-Sylvestre	Lotbinière	148	89	89	0

Municipalité	MRC	Superficie dans le bassin versant (km ²)	Pourcentage dans le bassin versant (%)	Pourcentage dans la Basse-Chaudière (%)	Pourcentage dans la Moyenne-Chaudière (%)
Saint-Zacharie	Les Etchemins	189	81	0	21
Saint-Louis-de-Gonzague	Les Etchemins	119	77	0	77
Saint-Lambert-de-Lauzon	Nouvelle-Beauce	110	74	74	0
Scott	Nouvelle-Beauce	33	73	51	22
Sainte-Aurélie	Les Etchemins	80	73	0	73
Saint-Gilles	Lotbinière	180	70	70	0
Saint-Odilon-de-Cranbourne	Robert-Cliche	131	61	0	61
Sainte-Marguerite	Nouvelle-Beauce	83	58	0	58
Lévis	Lévis	497	38	38	0
Adstock	L'Amiante	306	36	0	36
Saint-Flavien	Lotbinière	66	33	33	0
Frampton	Nouvelle-Beauce	152	29	0	29
Lac-Etchemin	Les Etchemins	162	28	0	28
Sainte-Justine	Les Etchemins	127	27	0	27
Saint-Évariste-de-Forsyth	Beauce-Sartigan	112	20	0	19
Saint-Cyprien	Les Etchemins	18	19	0	19
Sainte-Agathe-de-Lotbinière	Lotbinière	170	15	0	15
Sainte-Hénédine	Nouvelle-Beauce	51	11	7	4
Thetford Mines	L'Amiante	228	10	0	10
Saint-Appolinaire	Lotbinière	98	7	7	0
Saint-Pierre-de-Broughton	L'Amiante	148	6	3	2
Dosquet	Lotbinière	62	5	5	0
Saint-Isidore	Nouvelle-Beauce	103	4	4	0
Saint-Jacques-de-Leeds	L'Amiante	83	3	3	0
Saint-Côme-Linière	Beauce-Sartigan	0,29	0	0	0

Chaudière-Appalaches

La région administrative **Chaudière-Appalaches** se classe au 3^e rang provincial quant à ses besoins annuels en eau à des fins de production agricole¹. La région de Chaudière-Appalaches est aussi la deuxième région agricole d'importance au Québec avec 19% des fermes et 18,5% des revenus agricoles totaux bruts². On estime que la production agricole y génère des revenus supérieurs à un milliard de dollars annuellement, principalement dans les secteurs de la production porcine (39%) et laitière (35%)³. La région de Chaudière-Appalaches contribue à 30% du volume total de la production porcine québécoise et 10% du volume total de la transformation alimentaire³. L'agriculture procure de l'emploi à près de 8,5% de la population de la région, ce qui en fait une activité capitale pour l'économie de cette région à caractère rural².

¹BPR Groupe-conseil (2003) Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture. Rapport final. Programme national d'approvisionnement en eau - Province de Québec. 68 pages.

² Conseil Régional en Environnement de Chaudière-Appalaches (2003) Profil socioéconomique de la Chaudière-Appalaches : Faits saillants et statistiques régionales. 328 pages. Disponible en format PDF à http://www.chaudiere-appalaches.qc.ca/upload/chaudiere-appalaches/editor/asset/CRE_CA%20Profil%20integral.pdf.

³ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006). Profil de la production agricole : Région de la Chaudière-Appalaches. Disponible à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Regions/chaudiereappalaches/Vraiprofil/productionagricole/>
Extrait du *Rapport annuel 2002-2003*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Direction régionale de la Chaudière-Appalaches.

Références cartographiques:

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

OCCUPATION DU SOL

(carte 1.4.b)

Le bassin versant de la rivière Chaudière est dominé par la forêt qui occupe 68% du territoire (figure 1). Les terres agricoles couvrent, quant à elles, près du quart du territoire, soit 23%. La forêt est principalement concentrée dans la portion amont du bassin versant (90% du territoire en Haute-Chaudière est occupé par la forêt), tandis que les terres agricoles sont principalement localisées dans la portion aval du bassin versant (en moyenne 34% du territoire dans la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière)¹.

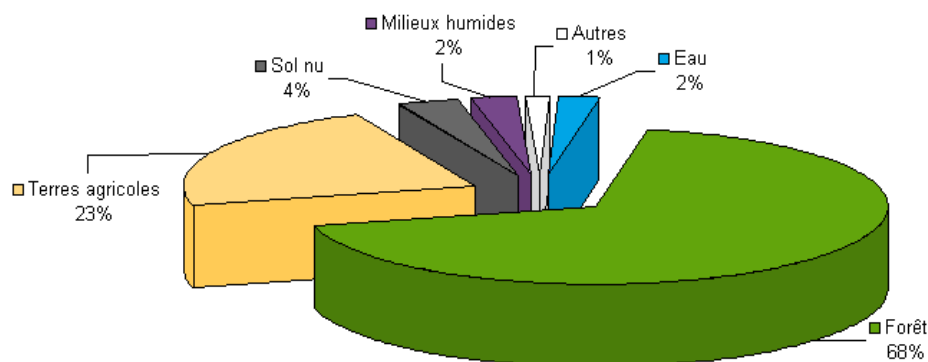


Figure 1 : Occupation du sol, en 2004, pour l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière¹

Tableau 1 : Classes d'occupation du sol dans le bassin versant¹

Occupation du sol	Tout le bassin versant		Basse-Chaudière		Moyenne-Chaudière	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Forêt	4 548	68	467	49	1 616	60
Terres agricoles	1 509	23	345	36	816	31
Urbain, sol à nu	235	4	48	5	115	4
Milieux humides	159	2	62	6	48	2
Eau	89	1	11	1	21	1
Autres	155	2	29	3	41	2

¹ Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

Lorsqu'on compare les différents secteurs du bassin entre eux, on constate que la forêt occupe 49% du territoire de la Basse-Chaudière et 60% du territoire de la Moyenne-Chaudière (figure 2 et figure 3). Par ailleurs, les terres agricoles couvrent une plus grande portion dans le secteur dans la Basse-Chaudière (36%) que dans le secteur de la Moyenne-Chaudière (31%). Le milieu urbain et les sols à nu occupent environ 4% du territoire étudié tandis que l'eau occupe moins de 1%. Enfin, les milieux humides, principalement des tourbières et des marais, occupent respectivement 6 et 2% des secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière¹.

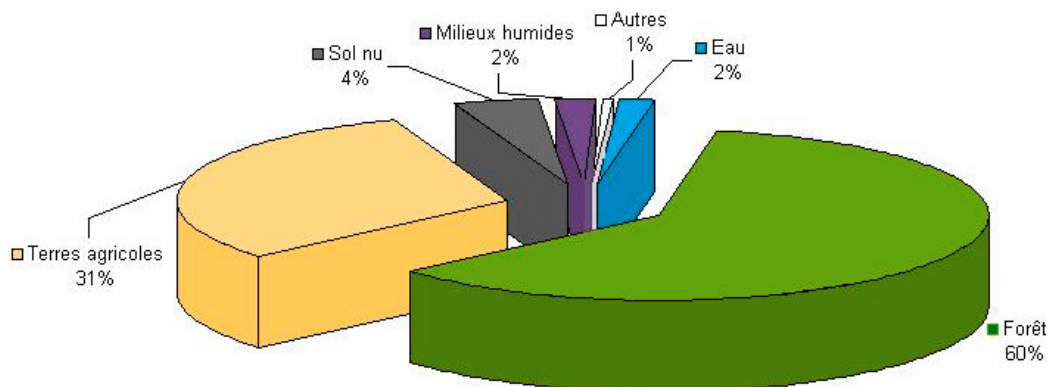


Figure 2 : Occupation du sol, en 2006, pour le secteur de la Basse-Chaudière¹

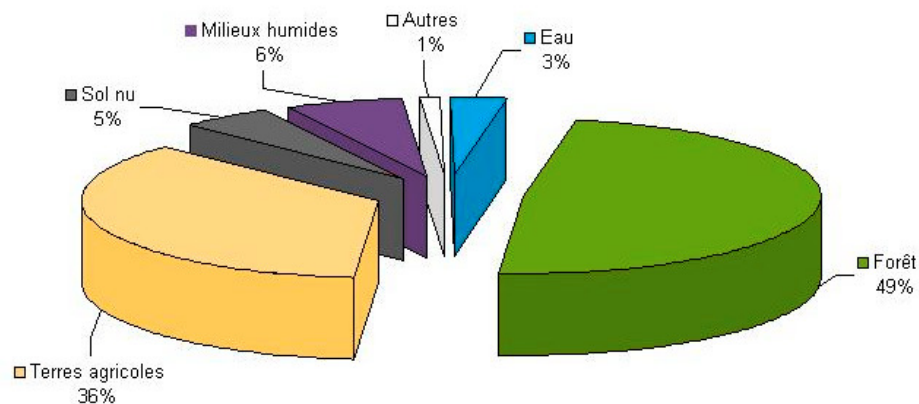


Figure 3 : Occupation du sol, en 2006, pour le secteur de la Moyenne-Chaudière¹

Il est important de mentionner que l'occupation du sol est liée à la présence de [deux régions naturelles \(hyperlien vers la section 3.1 Grandes unités naturelles\)](#) (les basses-terres et les Appalaches). En effet, les basses-terres du Saint-Laurent, qui sont exclusivement situées dans le secteur de la Basse-Chaudière, sont de par leurs propriétés physiques et écologiques particulièrement propices à l'agriculture.

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (date inconnue) Canada 3D – modèle numérique d'élévation de la masse continentale canadienne. Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Cihlar, J. and Beaubien, J. (1998) Land cover of Canada 1995 Version 1.1. Special Publication, NBIOME Project, Canada Centre for Remote Sensing and Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, Ottawa, Fichier informatique, 1000 m de résolution.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

PORTRAIT AGROÉCONOMIQUE

En 2006, le Québec comptait près de 44 000 producteurs et productrices agricoles œuvrant au sein de 30 157 entreprises agricoles¹². Ces entreprises ont assuré un emploi à près de 56 000 personnes et vendu des produits pour une valeur de 6,9 milliards de dollars. Ces résultats font de l'agriculture la plus importante activité du secteur primaire³ au Québec, tant du point de vue de l'économie que de l'emploi⁴.



Figure 1 : Régions administratives du Québec et localisation du bassin versant de la rivière Chaudière⁵⁶⁷⁸

¹ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. Direction régionale de la Chaudière-Appalaches In *GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole*.

² Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Profil régional de l'industrie bioalimentaire au Québec. Estimation pour 2005. Direction régionale des affaires économiques, scientifiques et technologiques.

³ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

⁴ Union des producteurs agricoles (2007) L'agriculture au Québec. Site Internet : http://www.upa.qc.ca/fra/index_flash.asp.

⁵ Canada. Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

⁶ Canada. Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

⁷ Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

⁸ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

L'agriculture est omniprésente sur le territoire du Québec méridional et prédominante dans les régions du centre sud de la province (Montérégie, Chaudière-Appalaches et Centre-du-Québec) où sont générés plus de 59% des revenus agricoles².

Avant d'être livrés aux consommateurs, les produits issus de l'agriculture traversent plusieurs étapes de transformation et de distribution ; ceci crée des emplois supplémentaires et insuffle des revenus dans l'économie.

Le secteur bioalimentaire³ assure 12% de l'emploi total au Québec. Dans quatre régions, ce pourcentage dépasse les 15%. Il atteint 24% en Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et 17% dans les régions du Centre-du-Québec et du Bas-Saint-Laurent. Active principalement dans les secteurs secondaire³ et tertiaire³, la région de Montréal, pour sa part, cumule 28% des emplois bioalimentaires du Québec. Elle est suivie par la Montérégie, qui en compte 18%, tandis que les régions restantes totalisent une part inférieure à 10%.

En termes de revenus, trois régions administratives se partagent à elles seules 53% des recettes de l'industrie bioalimentaire, soit Montréal (23%), la Montérégie (22%) et la Chaudière-Appalaches (8%).

La **Basse-Chaudière** et la **Moyenne-Chaudière** sont toutes deux situées dans la région administrative de la Chaudière-Appalaches et contribuent de façon importante à la croissance économique du secteur agricole et agroalimentaire québécois.



Figure 2 : Paysage agricole du secteur étudié⁹

Au Québec, les productions laitières et porcines génèrent près de 45% des revenus totaux de l'agriculture (figure 3). En ce qui concerne les secteurs étudiés, la production porcine génère les plus grandes recettes avec 19% des revenus totaux du Québec¹ pour cette activité (tableau 1).

Dans le secteur de la **Basse-Chaudière**, après la production porcine (55%), la production bovine, suivie de près par la production laitière, récolte les plus grands gains avec respectivement 16% et 14% des revenus totaux du secteur (figure 4).

Dans le secteur de la **Moyenne-Chaudière**, suivant de près la production porcine (37%), la production laitière génère les plus grands revenus avec 35% des recettes du secteur. Il est essentiel de noter l'importance de la production acéricole dans ce secteur (figure 5). Les revenus associés à cette production correspondent à 7% du total des revenus acéricoles du Québec (tableau 1).

⁹ Grant, P. © Le Québec en images, CCDMD.

Tableau 1 : Répartition des revenus annuels en 2006, par type de production, pour la province de Québec et pour les secteurs étudiés (k= millier)

Type de production	Province de Québec	Basse-Chaudière		Moyenne-Chaudière	
	Revenus (k\$)	Revenus (k\$)	% du Québec	Revenus (k\$)	% du Québec
Production laitière	1 921 769	40 723	2	80 002	4
Production porcine	1 261 978	156 627	12	83 423	7
Production bovine	817 818	45 301	6	17 016	2
Production avicole	756 294	21 597	3	21 929	3
Production ovine	37 486	77	0	223	1
Autres productions animales	156 061	7 258	4	409	0
Superficies cultivées	1 821 588	6 741	0	10 072	1
Production acéricole	152 862	3 368	2	10 004	7
Autres superficies agricoles non cultivées	44 648	2 505	1	3 513	1
Total	6 970 503	284 224	4	225 959	3

Note : Les données présentées ci-dessus sont approximatives et valides pour l'année 2006, au moment de leur collecte seulement. Elles doivent donc être considérées comme des indicateurs d'ordre de grandeur et non comme des valeurs absolues. Cette section de l'Atlas constitue donc un portrait approximatif et non un bilan exact de l'agriculture au Québec et dans les secteurs étudiés.

Grands regroupements par type de production :	
Productions animales	Production végétales
1. Production laitière 2. Production porcine 3. Production bovine 4. Production avicole 5. Production ovine 6. Autres productions animales	1. Superficies cultivées : - Grandes cultures - Fourrage - Pâturages - Production horticole - Autres superficies cultivées 2. Production acéricole : - Acériculture 3. Autres superficies agricoles non cultivées

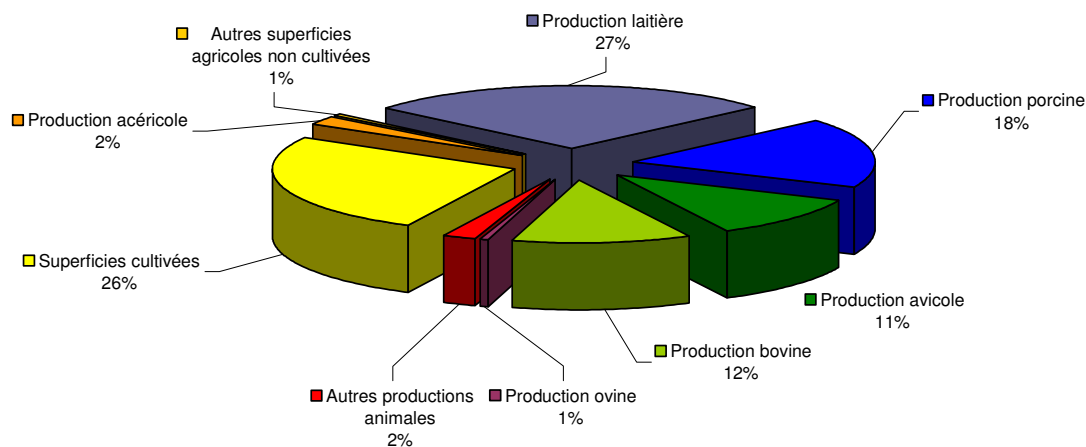


Figure 3 : Répartition des revenus annuels en 2006 par type de production, pour la province de Québec¹

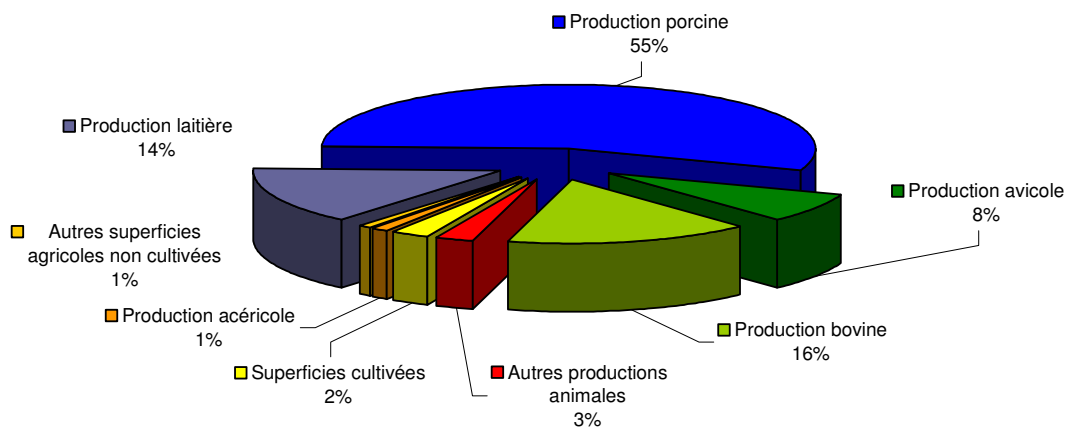


Figure 4 : Répartition des revenus annuels en 2006 par type de production, pour le secteur de la Basse-Chaudière¹

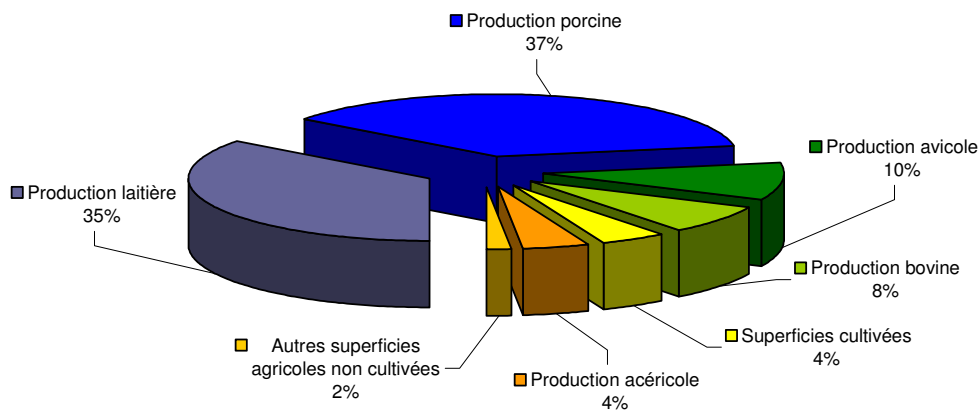


Figure 5 : Répartition des revenus annuels en 2006 par type de production, pour le secteur de la Moyenne-Chaudière¹

Lexique :

SECTEUR PRIMAIRE

Le secteur primaire correspond essentiellement aux activités liées à l'exploitation première des ressources naturelles, telles que l'agriculture, l'aquaculture, la pêche, la chasse, l'exploitation des forêts et l'industrie minière.

SECTEUR BIOALIMENTAIRE

Il comprend les six secteurs suivants : agriculture, pêche commerciale, transformation des aliments, boissons et tabac, commerce de gros de ces produits, commerce de détail alimentaire et restauration. Au Québec, on distingue l'industrie bioalimentaire de l'industrie agroalimentaire. Alors que l'industrie agroalimentaire comprend essentiellement les produits agricoles, l'industrie bioalimentaire inclut les produits de la mer.

SECTEUR SECONDAIRE

Ce secteur d'activité regroupe les entreprises exerçant des activités de transformation des matières premières issues du secteur primaire, en produits finis ou semi-finis. Il comprend des activités aussi variées que l'industrie du bois, l'aéronautique, la construction, l'électronique, etc.

SECTEUR TERTIAIRE

Ce secteur d'activité regroupe les entreprises exerçant des activités commerciales et administratives qui visent à fournir des services: le commerce, l'éducation, la restauration, les services, le tourisme, les transports, etc.

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

TYPES DE PRODUCTION VÉGÉTALE

Productions végétales dans l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière

Les productions végétales occupent une place prépondérante dans le paysage agricole du bassin versant de la rivière Chaudière. En 2006, les revenus associés aux productions végétales équivalaient à plus de 55 millions de dollars. Bien que ces revenus ne correspondent qu'à 10% du total des revenus agricoles du bassin versant, la superficie agricole totale représente 32% (213 060 hectares) de tout le territoire, dont 101 541 hectares sont considérés en culture (tableau 1)¹.



Figure 1 : Production végétale dans le secteur étudié²

Des cinq [sous-bassins du bassin versant \(hyperlien vers Réseau hydrographique section 3.6\)](#) de la rivière Chaudière, le sous-bassin de la rivière Chaudière (partie A, B et C) possède la plus grande superficie agricole, soit environ 124 400 hectares (carte 2.2.a). Cependant, dans les sous-bassins du Bras Saint-Victor et de la rivière Beauvillage, le nombre moyen d'hectares en exploitation par kilomètre carré de territoire est supérieur à celui du sous-bassin de la rivière Chaudière.

Les grandes cultures, comprenant les cultures céréalières et les cultures fourragères, dominent les productions végétales du bassin versant et comptent ainsi pour 37% (78 545 hectares) de la superficie agricole totale. La production acéricole est, quant à elle, la deuxième production végétale en importance en termes de superficie et occupe 15% (31 188 hectares) de la superficie agricole totale (figure 2)¹.

¹ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In *GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole*.

² Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, « Fenaison », Auteur et date inconnus.

Tableau 1 : Superficie des productions végétales dans le bassin versant de la rivière Chaudière et dans les secteurs étudiés¹

Production végétale	Tout le bassin versant (ha)	Basse-Chaudière (ha)	Moyenne-Chaudière (ha)
Grandes cultures	78 545	24 808	39 491
Production horticole	1 931	218	1 177
Pâturages	20 947	3 597	12 653
Autres cultures	117	53	22
Superficie CULTIVÉE	101 540	28 676	53 343
Production acéricole	31 188	3 456	13 900
Autres superficies non cultivées	80 331	15 027	40 267
Superficie NON CULTIVÉE	111 519	18 483	54 167
Superficie agricole TOTALE	213 059	47 159	107 510
Superficie totale du territoire	669 500	96 200	265 800

(ha= hectare ; 1 hectare= 0,01 km²)

Productions végétales dans les secteurs étudiés : Basse-Chaudière et Moyenne-Chaudière

En 2006, dans la **Basse-Chaudière** et la **Moyenne-Chaudière**, on dénombrait 1 860 entreprises agricoles, soit 88% des entreprises agricoles de tout le bassin versant, et près de 154 700 hectares de terres agricoles, soit 73% de la superficie agricole totale du bassin versant.

Dans le secteur de la **Basse-Chaudière**, la superficie agricole occupe une grande portion du territoire, soit 49% (47 160 hectares) de la superficie totale du secteur (tableau 1). Les grandes cultures dominent les productions végétales de la Basse-Chaudière et couvrent 53% (24 808 hectares) de la superficie agricole totale de ce secteur. Les pâturages et la production acéricole occupent, quant à eux, 8% (3 597 hectares) et 7% (3 456 hectares) de la superficie agricole totale de ce secteur (figure 3).

La **Basse-Chaudière** est le secteur qui possède la plus forte **densité agricole**. Les deux sous-bassins inclus dans ce secteur ont une densité agricole de 30 hectares de superficie cultivée par kilomètre carré de territoire du secteur (carte 2.2.a).

Le secteur de la **Moyenne-Chaudière** est caractérisé par une plus faible densité agricole que le secteur de la **Basse-Chaudière**. La portion du territoire occupée par des terres agricoles représente 40% (107 510 hectares) de la superficie totale de ce secteur (tableau 1). Les grandes cultures dominent aussi les productions végétales de la Moyenne-Chaudière et comptent pour 37% (39 491 hectares) de la superficie agricole totale de ce secteur. La production acéricole et les pâturages représentent une proportion plus importante des terres agricoles dans la Moyenne-Chaudière que dans la Basse-Chaudière, avec respectivement 13% (13 900 hectares) et 12% (12 653 hectares) de la superficie agricole totale de ce secteur (figure 4).

Des trois sous-bassins de la Moyenne-Chaudière, celui du Bras Saint-Victor possède la plus forte densité agricole avec 27 hectares de superficie cultivée par kilomètre carré de territoire. Dans les sous-bassins de la rivière Chaudière (partie M) et de la rivière Famine, la densité agricole est de 26 et 4 hectares de superficie cultivée par kilomètre carré de chacun des sous-bassins (carte 2.2.a).

Les productions horticoles sont plutôt marginales dans le territoire étudié et occupent moins de 1% (1 395 hectares) de la superficie totale de ces secteurs¹.

Pour des fins de consultation, la carte 2.2.b montre les types de production végétale par MRC, pour la portion des MRC incluse dans le secteur étudié.

Grands regroupements par type de production :	
Cultivée	Non cultivée
1. Grandes cultures : -Céréales et protéagineux pour le grain -Céréales de semence -Fourrage 2. Production horticole : -Légumes frais -Légumes de transformation -Champignons -Culture abritée (culture en serre) -Horticulture ornementale (champ) -Horticulture ornementale (conteneur) -Fruits 3. Pâturages 4. Autres cultures : -Engrais vert -Tabac -Autres	1. Production acéricole (exploitée) 2. Autres superficies non cultivées : -Boisé -Plantation forestière -Terre en friche -Autres

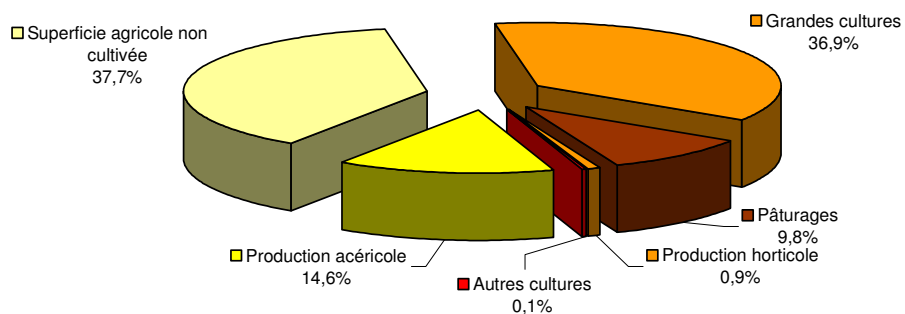


Figure 2 : Pourcentage de la superficie agricole par type de production végétale, en 2006, pour tout le bassin versant de la rivière Chaudière¹

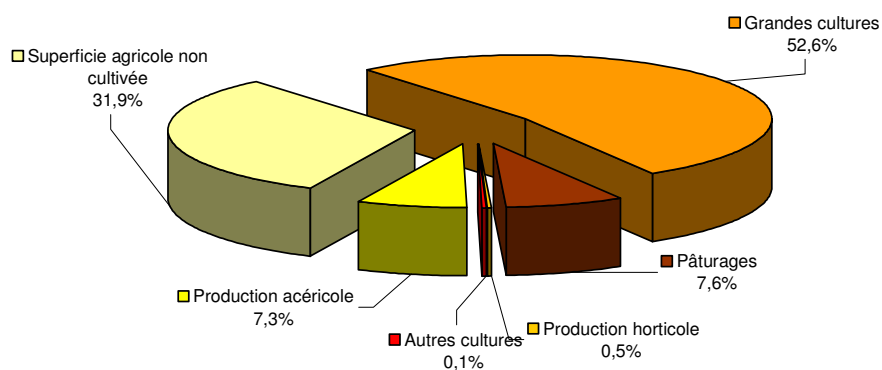


Figure 3 : Pourcentage de la superficie agricole par type de production végétale, en 2006, pour le secteur de la Basse-Chaudière¹

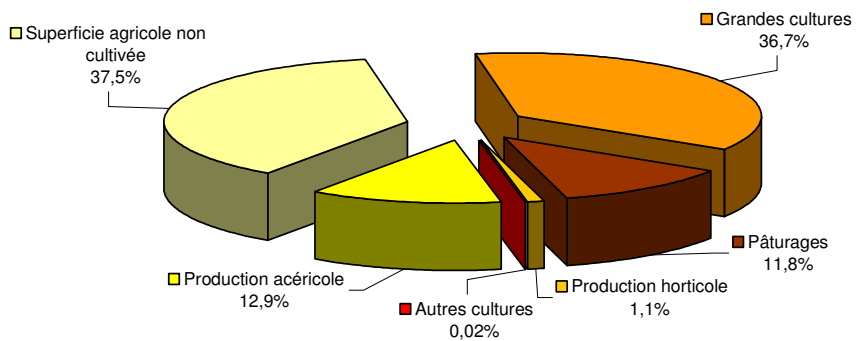


Figure 4 : Pourcentage de la superficie agricole par type de production végétale, en 2006, pour le secteur de la Moyenne-Chaudière¹

Lexique :

DENSITÉ AGRICOLE

Pour un territoire donné, rapport entre la superficie cultivée en hectare et la superficie totale du territoire en kilomètre carré.

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, Sainte-Marie, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

TYPES DE PRODUCTION ANIMALE

Unité de mesure

L'unité animale est une unité conventionnelle de mesure du bétail qui permet de mesurer et de comparer les différents animaux entre eux¹.

Dans le présent cas, le tableau ci-dessous indique le nombre d'animaux équivalant à une unité animale (U.A.). Nous considérons que «un animal d'un poids égal ou supérieur à 500 kg ou un groupe d'animaux de toute autre espèce dont le poids total est de 500 kg équivaut à une unité animale»².

Tableau 1 : Référence pour les unités animales

Groupe ou catégorie d'animaux	Nombre d'animaux équivalant à une unité animale (U.A.)
Vache, taureau, cheval	1
Veaux d'un poids de 225 à 500 kg chacun	2
Veaux d'un poids inférieur à 225 kg chacun	5
Porcs d'élevage d'un poids de 20 kg chacun	5
Porcelets d'un poids inférieur à 20 kg chacun	25
Truies et porcelets non sevrés dans l'année	4
Poules ou coqs	125
Poulets à griller	250
Poulettes en croissance	250
Cailles	1 500
Faisans	300
Dindes à griller d'un poids de 5 à 5,5 kg chacune	100
Dindes à griller d'un poids de 8,5 à 10 kg chacune	75
Dindes à griller d'un poids de 13 kg chacune	50
Visons femelles excluant les mâles et les petits	100
Renards femelles excluant les mâles et les petits	40
Moutons et agneaux de l'année	4
Chèvres et chevreaux de l'année	6
Lapins femelles excluant les mâles et les petits	40

Note : Ce tableau est tiré de l'annexe A intitulée « Nombre d'unités animales (paramètre A) », tel que décrit dans les orientations du gouvernement en matière de protection du territoire et des activités agricoles - La protection du territoire et des activités agricoles².

¹ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> .

² Québec. Ministère des Affaires Municipales et de la Métropole (2001) Les orientations du gouvernement en matière de protection du territoire et des activités agricoles - La protection du territoire et des activités agricoles.

Productions animales dans l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière

Le territoire agricole du bassin versant de la rivière Chaudière est depuis longtemps considéré comme un important producteur de bétail. En 2006, les revenus générés par les productions animales équivalaient à plus de 500 millions de dollars, ce qui correspond à 90% du total des revenus agricoles du bassin versant³. Environ 209 000 unités animales (tableau 2) sont répertoriées dans les cinq [sous-bassins \(hyperlien vers Réseau hydrographique section 3.6\)](#) de la rivière Chaudière, le sous-bassin de la rivière Beaurivage en comprenant le plus grand nombre. Dans l'ordre, les productions porcine, laitière et bovine sont les plus importantes en termes d'unités animales (figure 1).

Productions animales dans les secteurs étudiés

Les activités agricoles occupent une place plus importante dans la portion nord du bassin versant. En 2006, les secteurs de la **Basse-Chaudière** et de la **Moyenne-Chaudière** comptaient 1 860 entreprises agricoles, soit 88% de celles comprises dans tout le bassin versant, et environ 193 000 unités animales, soit 92% des unités animales totales du bassin versant³.

Tableau 2 : Nombre d'unités animales dans le bassin versant de la rivière Chaudière et dans les deux secteurs étudiés³

Catégories de productions animales	Tout le bassin versant (U.A.)	Basse-Chaudière (U.A.)	Moyenne-Chaudière (U.A.)
Production avicole	13 566	6 589	6 437
Production bovine	38 441	13 936	18 626
Production laitière	48 667	14 584	27 328
Production porcine	106 375	57 106	46 899
Production ovine	850	116	506
Autres productions	1 477	341	847
TOTAL	209 376	92 672	100 643

Le secteur de la **Basse-Chaudière** est caractérisé par une forte [densité animale](#) (0,96 unité animale/hectare de territoire) comparativement au reste du bassin versant. La production porcine y tient une place prépondérante et constitue 62% (57 106 U.A.) des unités animales recensées dans ce secteur. Les productions laitière et bovine représentent quant à elles respectivement 16% (14 584 U.A.) et 15% (13 936 U.A.) des unités animales de ce secteur (figure 2).

³ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In *GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole*.

Des deux sous-bassins inclus dans la Basse-Chaudière, celui de la rivière Beaurivage possède la plus forte densité animale avec 0,97 unité animale/hectare de territoire. Dans celui de la rivière Chaudière (partie B), la densité est de 0,93 unité animale/hectare de territoire (carte 2.3.a).

Le secteur de la **Moyenne-Chaudière** est caractérisé par une plus faible densité animale par rapport au secteur de la Basse-Chaudière avec 0,38 unité animale/hectare de territoire. La production porcine constitue près de 47% (46 899 U.A.) des unités animales, la production laitière 27% (27 328 U.A.) et la production bovine 19% (18 626 U.A.) (figure 3).

Des trois sous-bassins de la Moyenne-Chaudière, celui de la rivière Chaudière (partie M) possède la plus forte densité animale avec 0,55 unité animale/hectare de territoire. Les sous-bassins du Bras Saint-Victor et de la rivière Famine présentent respectivement une densité animale de 0,41 et de 0,06 unité animale/hectare.

Peu représentées dans les secteurs étudiés, les productions avicoles comptent un total de 13 026 unités animales, concentrées essentiellement dans les sous-bassins des rivières Chaudière (partie B et M) et Beaurivage.

Pour des fins de consultation, la carte 2.3.b montre les types de production animale par MRC, pour la portion des MRC incluse dans le secteur étudié.

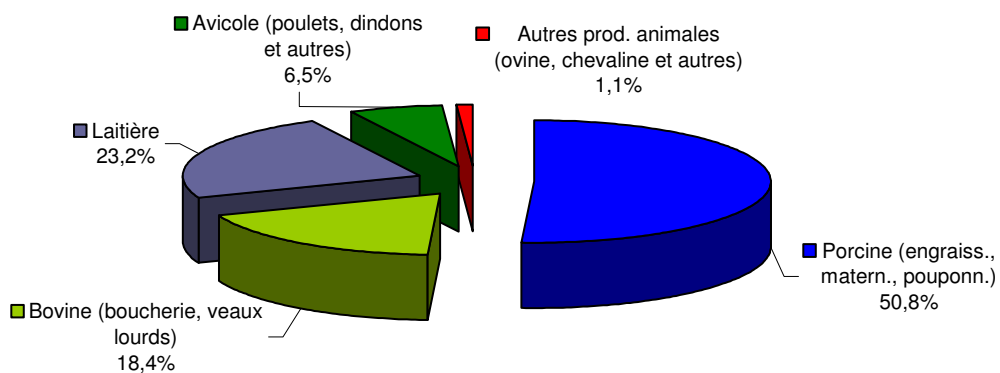


Figure 1 : Répartition des unités animales par type de production, en 2006, pour tout le bassin versant de la rivière Chaudière³

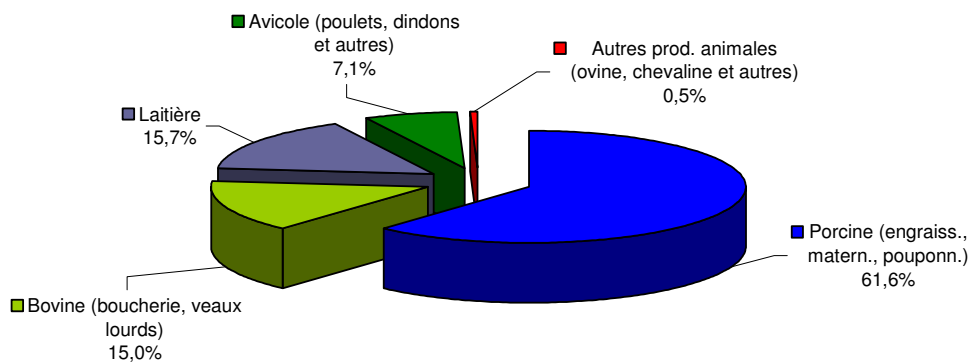


Figure 2 : Répartition des unités animales par type de production, en 2006, pour le secteur de la Basse-Chaudière³

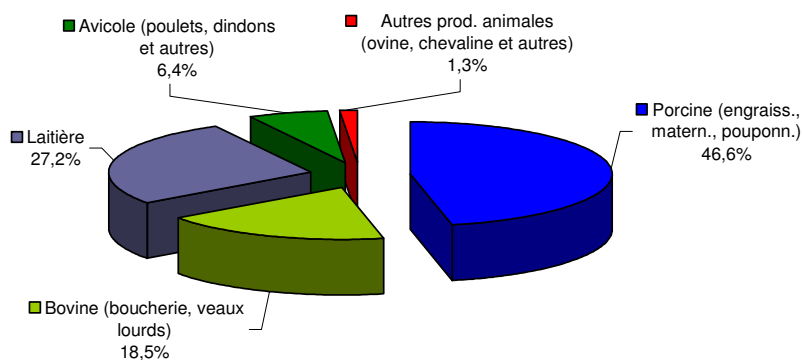


Figure 3 : Répartition des unités animales par type de production, en 2006, pour le secteur de la Moyenne-Chaudière³

Lexique :

DENSITÉ ANIMALE

Pour un territoire donné, rapport entre le nombre d'unités animales et la superficie totale de ce territoire.

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000 – 2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2006) Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière. In GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, Sainte-Marie, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

GRANDES UNITÉS NATURELLES

Le bassin versant de la rivière Chaudière chevauche deux [grandes unités](#)¹ : les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches. L'analyse du relief permet de distinguer quatre sous-unités à l'intérieur des Appalaches (sous-unités 2, 3, 4 et 5) (carte 3.1.a)².

1. Basses-terres du Saint-Laurent

La portion des basses-terres est située à l'embouchure de la rivière Chaudière. Elle forme une vaste plaine ondulée de 50 à 150 m d'altitude, occupée principalement par le [sous-bassin versant de la rivière Beaurivage \(hyperlien vers la section 3.6 Réseau hydrographique\)](#).

2. Appalaches : premiers contreforts

Entre Scott et Vallée-Jonction, on rencontre les premiers reliefs qui marquent le début des Appalaches. Ces premiers [contreforts](#)² s'appuient sur des reliefs marqués entre lesquels la rivière Chaudière se taille un passage étroit. Si l'altitude du fond de la vallée ne dépasse pas 150 m, les reliefs dominant quant à eux la rivière à plus de 500 m d'altitude.

3. Appalaches : vallée de la Chaudière et coteaux adjacents

Entre Vallée-Jonction et Saint-Georges, se trouve un territoire dont l'altitude varie entre 200 et 300 mètres. Il présente des formes de relief plus modérées, caractérisées par la vallée de la rivière Chaudière et les coteaux adjacents.

4. Appalaches : plateau surcreusé

De Saint-Georges à Lac-Mégantic, le relief s'intensifie à nouveau (300 à 600 m d'altitude). La rivière Chaudière ainsi qu'un de ses affluents (la rivière du Loup) ont surcreusé un vaste plateau et fait apparaître de longs versants de plus de 250 m de dénivelé.

5. Appalaches : massif des Montagnes Blanches

En amont, la rivière Chaudière prend sa source dans le massif des Montagnes Blanches dont le corps principal se trouve aux États-Unis. À partir de la ligne de partage des eaux, le bassin versant de la rivière Chaudière n'occupe qu'une très petite partie du versant septentrional de ce massif. Les [contreforts](#)² s'élèvent à 500 m et les sommets atteignent une altitude comprise entre 900 et 1 100 m (mont Gosford).

¹ Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.

² Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre Écologique de Référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Unités de paysage

À l'intérieur de ces cinq sous-unités, il est possible de distinguer des **unités de paysage**¹ qui possèdent des formes de relief distinctives auxquelles sont associés des patrons d'occupation du sol particuliers. Ces différentes formes sont regroupées en trois catégories soit les reliefs forts ou accidentés, les reliefs modérés et les reliefs faibles (carte 3.1.b.).

Occupation du territoire et unités de paysage³

Les données *d'occupation du sol* ([hyperlien vers 1.4 Occupation du sol](#)) ont été regroupées en cinq classes, soit l'occupation agricole, l'occupation urbaine, l'occupation forestière, les milieux humides et l'eau (carte 3.1.c).

En jumelant les différents types d'occupation du sol aux **unités de paysage**¹, on peut décrire l'organisation de l'occupation du territoire et en dégager les caractéristiques suivantes qui marquent les paysages du bassin versant de la rivière Chaudière (carte 3.1.d).

1. Basses-terres du Saint-Laurent

Dans la plaine, les centres urbains sont concentrés sur le bord du fleuve et en bordure de la rivière Chaudière. L'agriculture s'est développée sur les sols sableux d'origine marine (*sédiments marins*) ([hyperlien vers 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)) et sur le *till remanié* (sédiments glaciaires) ([hyperlien vers 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)). Les milieux humides ouverts sont présents dans les terrains mal drainés occupés par des argiles marines (*sédiments marins*) parfois recouvertes par des *sédiments organiques* ([hyperlien vers 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)). Elles occupent les creux des derniers plissements appalachiens comblés par les dépôts de la *mer de Champlain* ([hyperlien vers 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)). Les boisés forestiers plus ou moins bien drainés entourent les tourbières.

2. Appalaches : premiers contreforts

L'agriculture s'est développée sur les **contreforts**² des reliefs recouverts de till mince (sédiments glaciaires) et sur les sables fluviatiles (*sédiments alluviaux*) ([hyperlien vers 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)) du fond de la vallée de la rivière Chaudière. Vallée-Jonction et Sainte-Marie forment les noyaux urbains dans le fond de la vallée. Les hauts reliefs présentent un paysage agro-forestier dans lequel la forêt est dominante sur les sommets et les versants et où les champs s'étendent au bas de ces derniers.

3. Appalaches : vallée de la Chaudière et coteaux adjacents

Les principaux noyaux urbains se trouvent le long de la rivière Chaudière (Saint-Joseph-de-Beauce, Beauceville et la partie nord de Saint-Georges). L'agriculture et les villages se sont développés plus facilement à l'ouest de la rivière où les sols sont plus riches (Saint-Éphrem, East-Broughton et Saint-Victor). À l'est de la rivière, on trouve un paysage agro-forestier où la forêt domine. De part et d'autre, des reliefs ondulés font place à la forêt et aux milieux humides qui occupent les creux des plissements appalachiens.

³ Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

4. Appalaches : plateau surcreusé

L'agriculture et les centres urbains se sont développés sur les reliefs modérés ainsi que dans les fonds de vallée de la rivière Chaudière et de ses affluents, au bas des versants des forts reliefs. Les conditions climatiques et édaphiques⁴ y sont plus clémentes (St-Côme-de-Linière, Saint-Ludger, Lac-Mégantic). La forêt, quant à elle, est dominante sur les versants abrupts et les contreforts² du massif des Montagnes Blanches recouverts de till plus ou moins épais.

5. Appalaches : massif des Montagnes Blanches

Là également, la forêt est entièrement dominante sur les sommets du massif des Montagnes Blanches.

Lexique :

GRANDES UNITÉS

Territoires qui par leurs propriétés écologiques particulières de climat, de géologie, de relief, d'hydrographie et de sols façonnent les paysages qui les caractérisent.

CONTREFORT

Chaîne de reliefs latéraux sur lesquels la chaîne principale s'appuie et dont ils dépendent.

UNITÉ DE PAYSAGE

Territoire composé de patrons de reliefs particuliers auxquels sont associés une géologie, des formes de terrain, des types de sols et une configuration particulière du réseau hydrographique.

ÉDAPHIQUE

Relatif au sol, spécialement en ce qui concerne son influence sur la répartition des végétaux et des animaux. On parle généralement des facteurs édaphiques, c'est-à-dire des composantes chimiques, physiques et biologiques du sol ayant une influence sur les organismes vivants.

⁴ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> .

Références cartographiques :

3.1.a

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre écologique de référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

3.1.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre écologique de référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

3.1.c

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre écologique de référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

3.1.d

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Cadre écologique de référence. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 500 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Service canadien de la faune, Faune Québec, Canards Illimités Canada, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre Saint-Laurent (2004) Occupation du sol à partir des images classifiées Landsat-7, Sud du Québec, 1999-2003. Fichiers informatiques, 25 m de résolution.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Pourquoi expliquer l'histoire géologique ?

L'usage du territoire par les humains et la mise en place des écosystèmes sont intimement liés au contexte géologique. C'est ainsi que si les plaines sont propices à l'agriculture, il en est autrement des montagnes; en fait, le relief est souvent tributaire de la géologie. De la même façon, la disponibilité de l'eau souterraine dépend aussi de la géologie du milieu, et, plus particulièrement, des propriétés des différentes formations 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 nécessaires pour comprendre l'écoulement de l'eau souterraine et constituent de bons indices pour localiser les meilleurs aquifères.

Précambrien

L'histoire géologique de la région commence à la fin du Précambrien, il y a un peu plus de 700 millions d'années. À cette époque, un immense continent nommé *Rodinia* occupait près du tiers de la superficie planétaire. Entre -650 et -600 millions d'années, le supercontinent *Rodinia* se fragmente en différentes masses continentales (figure 1a), dont *Laurentia* (le Bouclier canadien), *Gondwana* (roches précambriennes de l'Amérique du sud, de l'Afrique, du sud de l'Europe et de la Chine, de l'Australie et de l'Antarctique), *Baltica* (roches précambriennes de l'Europe du nord), etc. Ces masses forment le cœur des continents actuels. Ultérieurement, une fragmentation le long de failles majeures provoquera l'affaissement de la croûte continentale (figure 1b) et l'épanchement de roches volcaniques menant à l'ouverture d'un bassin océanique et à la formation d'une croûte océanique (figure 2). La séparation de ces fragments fera place à des océans, tels *Iapétus* et *Rhéique*, des ancêtres de l'océan Atlantique actuel.

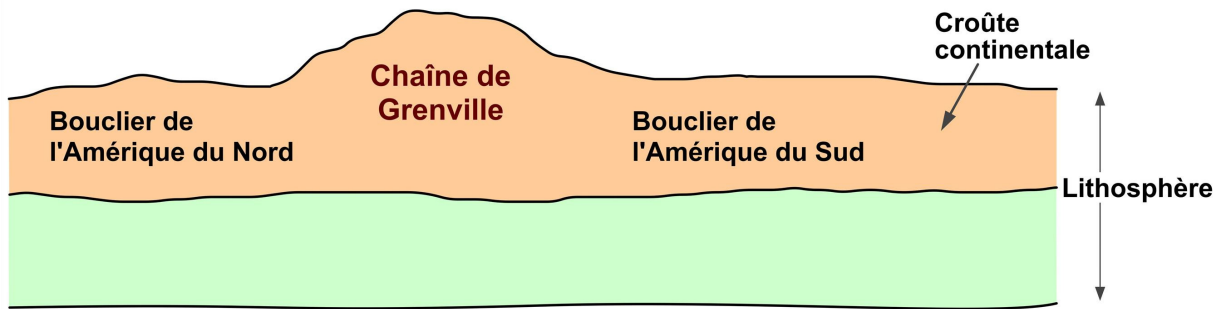


Figure 1A

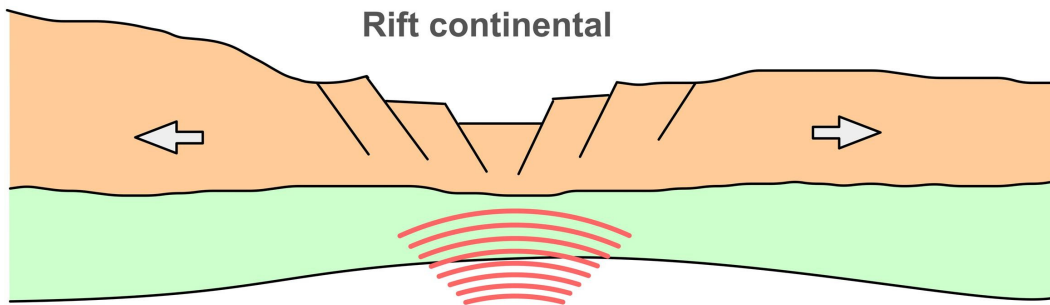


Figure 1B

Figures 1a et 1b : Fragmentation du supercontinent *Rodinia* à la fin du Précambrien, de -650 et -600 millions d'années¹

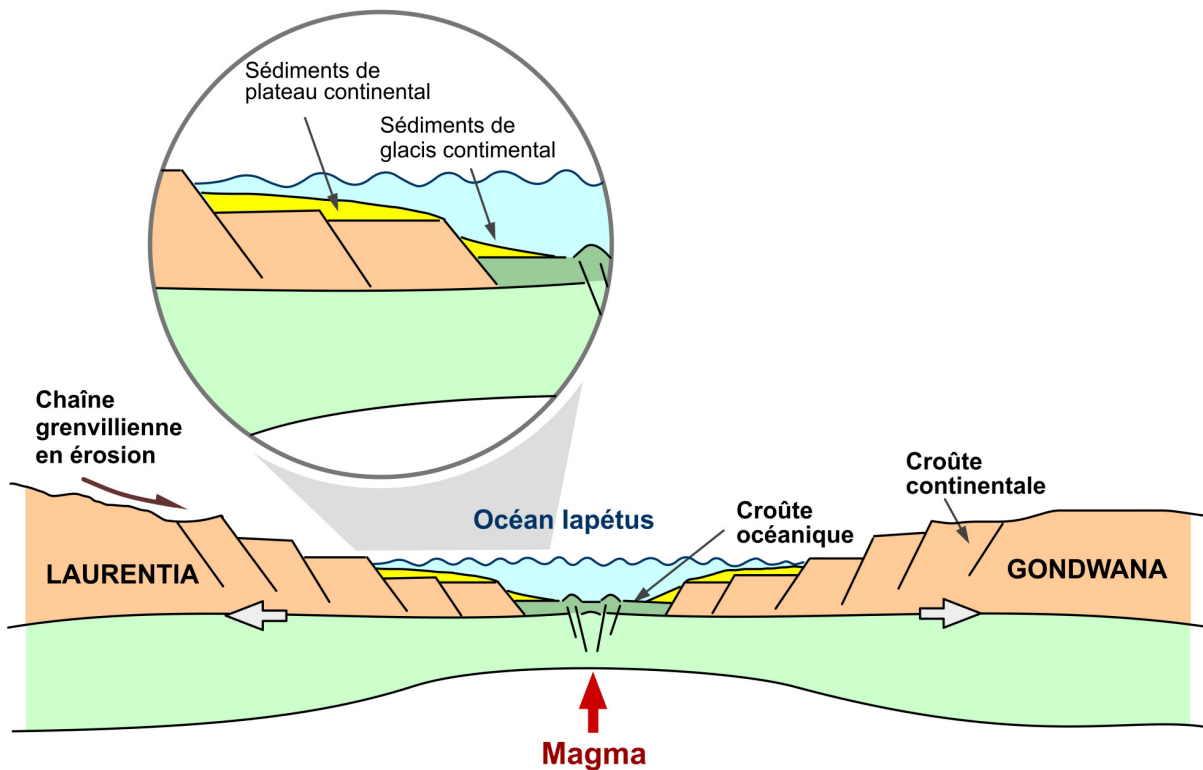


Figure 2 : Ouverture d'un bassin océanique au Cambrien, il y a 540 millions d'années¹

¹ Bourque, Pierre-André, Université Laval.

Paléozoïque

Entre -540 et -460 millions d'années, une marge continentale se forme en bordure de l'océan *Iapétus* qui s'ouvre entre les blocs continentaux *Laurentia* et *Gondwana* (figure 2). Une séquence sédimentaire provenant de l'érosion du socle laurentien et des accumulations *in situ* de fragments calcaires biogéniques se dépose graduellement sur le plateau et le glacis continental ainsi que dans le fond de l'océan. Des sédiments tels que des sables, boues et calcaires se déposent près de la côte, en eau relativement peu profonde (plateau continental; figure 3); ceux-ci deviendront les grès, mudstones et diverses roches carbonatées qui occupent aujourd'hui une partie [des basses-terres du Saint-Laurent \(hyperlien vers la section 3.1 Grandes unités naturelles\)](#). Plus au large, une sédimentation bien différente et beaucoup plus abondante provenant de l'érosion des chaînes de montagnes se dépose en milieu d'eau plus profonde, au pied du talus sur le glacis continental et génère des dépôts variés (conglomérat, grès et schiste argileux) qui constitueront les futures montagnes appalachiennes.

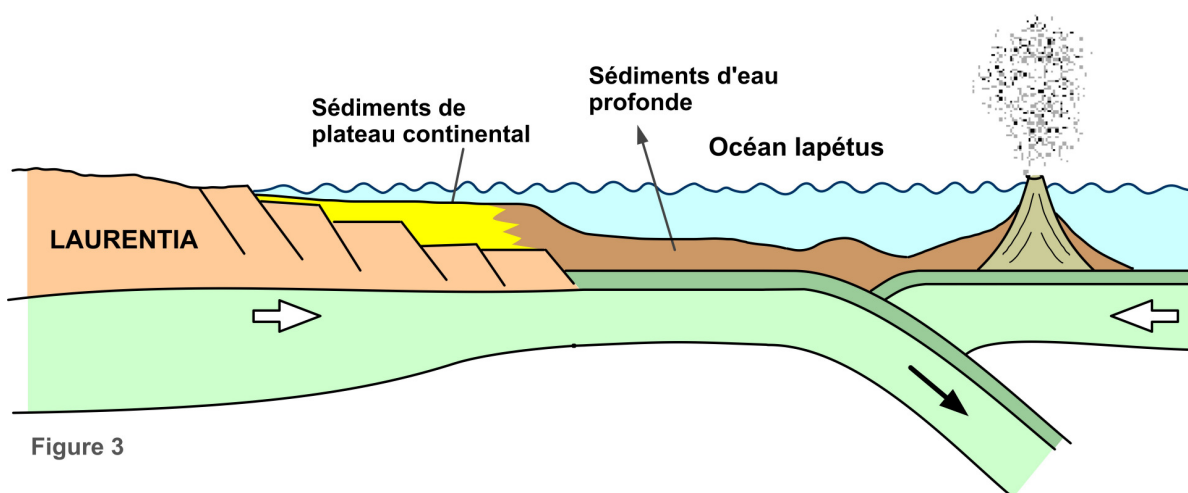


Figure 3 : Formation d'une marge continentale en bordure de l'océan *Iapétus* durant l'Ordovicien inférieur¹

À la fin du Cambrien, vers -490 millions d'années, le mouvement des plaques continentales s'inverse, provoquant l'enfoncement d'une partie de la croûte océanique et créant ainsi une zone de [subduction](#)² au large de *Laurentia*. Ainsi débute la fermeture progressive de l'océan *Iapetus* qui disparaîtra complètement en moins de 50 millions d'années. Des [arcs insulaires](#)² volcaniques se développent au-dessus de la zone de subduction et ces édifices volcaniques entrèrent subséquemment en collision avec la marge continentale laurentienne. Cette collision provoque une compression latérale de la marge continentale, le soulèvement progressif des roches sédimentaires et la juxtaposition le long de grandes failles de chevauchement d'immenses lambeaux de croûte océanique sur la marge continentale. Les imbrications successives occasionnées par les failles et le plissement des roches de la marge correspondent à la première étape de la formation de la chaîne de montagnes des Appalaches, [l'orogénèse](#) taconienne (figure 4).

² Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

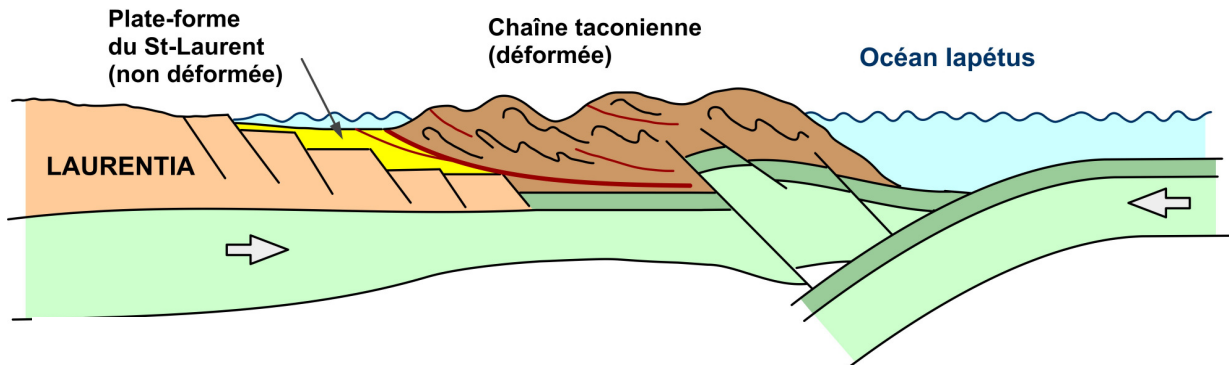


Figure 4 : Première étape de formation de la chaîne de montagnes des Appalaches à l'Ordovicien supérieur il y a 450 millions d'années¹

Il y a environ 445 millions d'années, la chaîne de montagnes des Appalaches englobe tout le territoire situé au sud et à l'est de la position actuelle de la ville de Québec. Seule une partie de la Plate-forme du Saint-Laurent est préservée des importantes déformations taconiennes (figure 4). Simultanément, le rapprochement entre les continents de *Laurentia* et *Gondwana* et la fermeture de l'océan *Iapétus* se poursuivent et occasionnent le développement d'une nouvelle zone de subduction au large de *Laurentia*. Les sédiments provenant de l'érosion de la chaîne de montagnes taconienne se déposent dans le bassin marin restreint situé entre *Laurentia* et le [microcontinent Ganderia](#). Ces sédiments formeront les roches de la ceinture de Gaspé (figure 5).

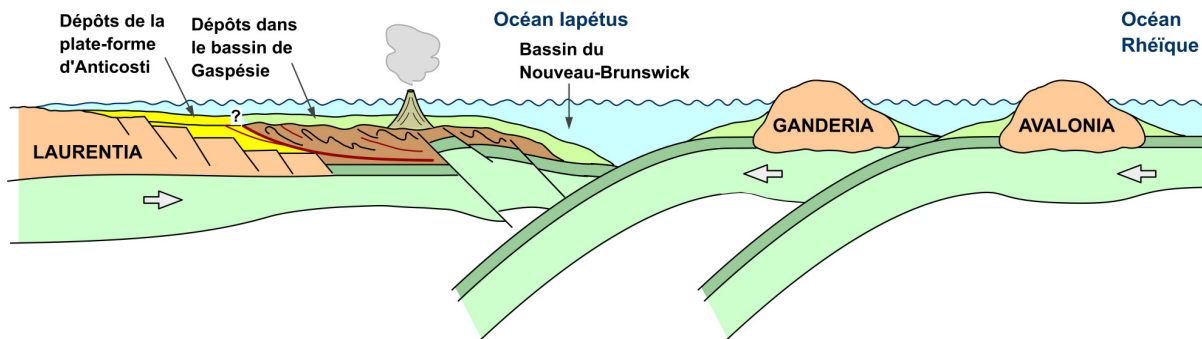


Figure 5 : Deuxième phase de formation des Appalaches au Silurien¹

Ultérieurement, les collisions multiples de microcontinents avec la marge laurentienne provoqueront autant de soulèvements, d'imbrications de roches et d'intrusions magmatiques, contribuant ainsi à la croissance de la chaîne des Appalaches. Les étapes les plus marquantes de l'histoire post-taconienne des Appalaches correspondent à la collision du microcontinent *Ganderia* vers -430 millions d'années (l'[orogénèse salinique](#)), d'*Avalonia* vers -410 millions d'années (l'[orogénèse acadienne](#)) et finalement de *Gondwana*, vers -380 millions d'années (les [orogénèses néo-acadienne](#) et [alléghanienne](#)) (figure 6). Cette dernière collision referme l'océan Rhéique, réunissant à nouveau *Laurentia* et *Gondwana*, et contribue à la formation d'un nouveau supercontinent nommé la *Pangée* vers -300 millions d'années. La *Pangée* demeurera stable pendant environ 100 millions d'années, avant de se fragmenter à son tour pour donner naissance, entre autres, à l'océan Atlantique et aux continents actuels.

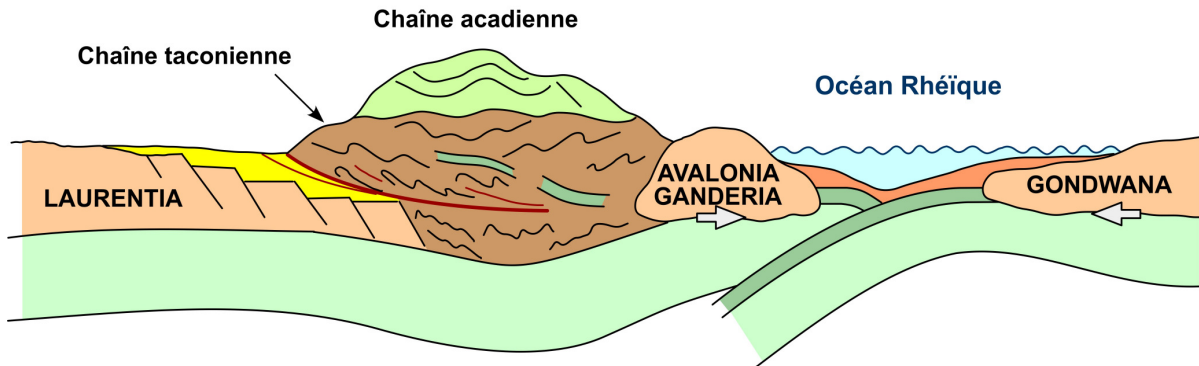


Figure 6 : Collision du microcontinent *Ganderia*, *Avalonia* et *Gondwana* au Dévonien moyen¹

Mésozoïque et Cénozoïque

Dans le sud du Québec, il reste peu d'indices de l'histoire géologique de la fin du Paléozoïque et des ères Mésozoïque et Cénozoïque. On suppose qu'il y a eu diverses avancées marines laissant des dépôts sédimentaires. Toutefois, à la suite du retrait des mers, de longues périodes d'érosion et les récentes grandes glaciations du [Quaternaire](#) ([hyperlien vers la section 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)) ont effacé toutes les traces des processus sédimentaires.

Au Québec, ce grand intervalle temporel (~250 millions d'années) n'est finalement représenté que par les collines montérégiennes, lesquelles constituent un chaînon plus ou moins aligné d'intrusions magmatiques qui s'étirent d'ouest en est, d'Oka jusqu'au mont Mégantic. Ces intrusions sont le résultat d'un magmatisme relié au déplacement de la plaque nord-américaine au-dessus d'un point chaud stationnaire durant le Crétacé (entre -140 et -120 millions d'années). Elles ont traversé les couches sédimentaires de la Plate-forme du Saint-Laurent et des Appalaches et ont été mises à nu à la suite de l'érosion de ces séquences rocheuses.

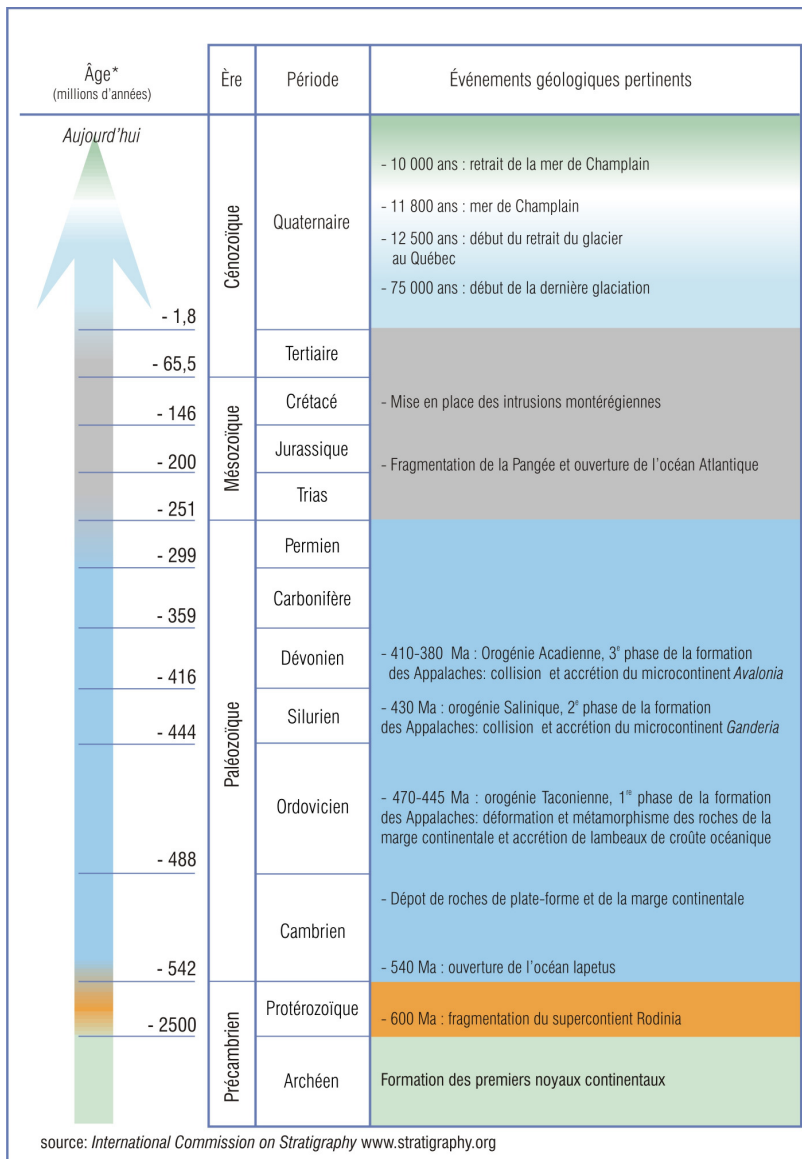


Figure 7 : Échelle des temps géologiques³

³ Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.

Lexique :

SUBDUCTION

Processus d'enfoncement d'une plaque tectonique sous une autre, en général une plaque océanique sous une plaque continentale ou sous une plaque océanique plus récente.

ARCS INSULAIRES

Chapelet d'îles volcaniques disposées en arc dont le bord convexe est tourné en direction de l'océan et d'une fosse océanique profonde au-dessus d'une zone de subduction.

OROGENÈSE

Ensemble des processus géodynamiques qui conduisent à la formation des chaînes de montagnes.

MICROCONTINENT

Partie immergée de croûte continentale, isolée des continents par une bande de croûte océanique.

GÉOLOGIE DU ROC

Aperçu de la géologie du bassin versant de la rivière Chaudière (carte 3.3.a)

Bien que les reliefs du bassin versant de la rivière Chaudière soient relativement plats dans la portion Nord, le **substrat**¹ rocheux appartient entièrement à la province géologique des *Appalaches* ([hyperlien vers la section 3.2 Histoire géologique](#)). Le sous-sol des Appalaches comprend principalement des roches sédimentaires et volcaniques d'âge cambrien-ordovicien (-540 à -460 millions d'années) au nord et d'âge silurien-dévonien (-425 à -380 millions d'années) au sud. Ces unités rocheuses ont été plissées, déformées et transportées le long de grandes failles durant *l'édification des Appalaches* ([hyperlien vers la section 3.2 Histoire géologique](#)). La plupart des structures géologiques affectant les roches de la région telles que les failles et les plis d'échelle régionale sont orientées nord-est/sud-ouest.

Description des formations rocheuses du bassin versant de la rivière Chaudière

De l'embouchure de la rivière Chaudière à la ville de Sainte-Marie, les roches sont essentiellement des assemblages sédimentaires, comportant des schistes argileux ou ardoisiers, des grès de couleurs variées (vert, rouge brique, pourpre, gris) et quelques lits de conglomérat et de calcaire argileux. Ces **lithologies** appartiennent aux Groupes de Sillery, de Saint-Roch, de l'Île d'Orléans, de Rosaire ainsi qu'à la Formation de Bulstrode et au Mélange de la rivière Etchemin. Ces roches sont de faiblement à modérément plissées et déformées.

De Sainte-Marie à Saint-Joseph, le substrat est principalement formé de schiste gris foncé et de quartzite schisteux gris du Groupe de Rosaire. Les roches sont fortement déformées et plissées et ont été également recristallisées durant leur enfouissement à des profondeurs considérables lors de *l'orogénèse taconienne* ([hyperlien vers la section 3.2 Histoire géologique](#)).

Au sud-ouest de Saint-Joseph, une bande discontinue de roches magmatiques fortement altérées, constituée de serpentinite, de stéatite, de schiste à talc et d'**amphibolite**, suit le tracé d'une faille importante, la faille Saint-Joseph. Au sud-est de Saint-Joseph et de la faille du même nom, on trouve des grès quartzitique et shales ardoisiers peu métamorphisés du Groupe de Rosaire, et des grès et schistes ardoisiers vert et pourpre du Groupe de Caldwell.

À mi-chemin environ entre Saint-Joseph et Beauceville, une zone de faille importante, nommée Ligne Baie Verte-Brompton, traverse le bassin versant. Celle-ci est soulignée localement par des copeaux de **serpentinite**, ainsi que par des roches intrusives et sédimentaires métamorphisées. Ailleurs, le long de la Ligne Baie Verte-Brompton, les unités décrites précédemment sont séparées des roches sédimentaires du Mélange de Saint-Daniel et du Groupe de Magog qui sont associées aux lambeaux de croûte océanique présents dans la région de Thetford Mines. Dans les régions de Beauceville et de Saint-Éphrem-de-Beauce, on trouve des schistes argileux et des unités de **brèches** du Mélange de Saint-Daniel, et des grès, schistes ardoisiers et **tufs** du Groupe de Magog.

¹ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

Dans la région de Saint-Georges, une faille majeure, la faille de La Guadeloupe, juxtapose les roches siluro-dévonniennes de la ceinture de Gaspé, appartenant au Groupe de Saint-Francis et à la Formation de Frontenac, à celles d'âge ordovicien du Groupe de Magog. Le Groupe de Saint-Francis se rend jusqu'à Lac-Mégantic. Il est constitué principalement de grès, siltstone et schiste ardoisier interlités, ainsi que de quelques lits conglomératiques. La Formation de Frontenac est constituée de grès, de schiste ardoisier et de coulées de roches volcaniques basaltiques. Elle occupe une bande d'une dizaine de kilomètres près de la frontière américaine.

Au sud du lac Mégantic, une faille ramène à la surface des unités de roches ordoviennes d'affinité océanique, le Mélange de Chesham, formé d'ardoise et de schiste graphiteux, et la formation de Clinton qui, dans le bassin versant, est composée principalement de roches volcaniques et [volcanoclastiques](#). À l'extrême sud du bassin versant, on trouve le massif de Chain Lakes représenté par la Formation de la Rivière Arnold, un assemblage de roches de grade [métamorphique](#) élevé, comprenant gneiss, [migmatite](#) et [amphibolite](#). L'origine de ces roches ne fait pas l'unanimité mais ces unités proviennent vraisemblablement d'une roche sédimentaire quartzo-feldspathique d'âge cambro-ordovicien qui aurait été transformée par métamorphisme et fusion partielle, à la suite de la mise en place de magmas associés au premier épisode de la [formation des Appalaches \(hyperlien vers la section 3.2 Histoire géologique\)](#). Dans cette région, on trouve également le Complexe du lac aux Araignées, formé de roches magmatiques dévoniennes (datées à 383 millions d'années), principalement un [granodiorite](#), qui recoupe l'ensemble des roches².

² Castonguay, S. (2008) Communication personnelle. Chercheur scientifique, Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada, Québec.

Lexique :

SUBSTRAT ROCHEUX

Roche consolidée pouvant affleurer à la surface de la terre ou être recouverte d'une épaisseur variable de dépôts meubles.

LITHOLOGIE

Nature des roches d'une formation géologique.

AMPHIBOLITE

Roche métamorphique mafique de moyen à haut grade, fréquemment de couleur vert sombre, constituée essentiellement de cristaux d'amphibole.

SERPENTINITE

Roche dérivant, par altération ou métamorphisme, de roches magmatiques mafiques (riche en fer et magnésium) et ultramafiques (ex. : croûte océanique) et composée en totalité ou presque des minéraux chrysotile ou d'antigorite.

BRÈCHE

Toute roche formée de fragments anguleux de roche sertis dans une matrice à grains fins.

TUF

Tuf volcanique : roche formée par l'accumulation de fragments volcaniques de quelques millimètres, pouvant également contenir des blocs ou des cendres.

VOLCANOCLASTIQUE

Roche volcanique constituée essentiellement de fragments de roches.

MÉTAMORPHISME

Transformation d'une roche à l'état solide à la suite d'une élévation de température ou de pression.

MIGMATITE

Roche métamorphique de haut grade formée d'un mélange de roche gneissique et de roche granitique, issue de la fusion partielle des gneiss.

GRANODIORITE

Roche magmatique plutonique, grenue, voisine des granites, contenant du quartz.

Références cartographiques :

Castonguay, S. (2008) Communication personnelle. Chercheur scientifique, Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada, Québec.

Castonguay, S., Tremblay, A. et Lavoie, D. (2000) Compilation géologique, Montréal-Mégantic, Section appalachienne : Les Ponts Géologiques de l'Est du Canada, Transect 1, Québec. Dossier public 3872 (A, B), Commission géologique du Canada, Québec, Fichiers informatiques, 1 : 100 000.

Castonguay, S., Tremblay, A. et Lavoie, D. (2002) Carte de compilation géologique, Québec-Chaudière, Les ponts géologiques de l'Est du Canada, Transect 2, Québec. Dossier public 4314, Commission géologique du Canada, Québec, Fichiers informatiques, 1 125 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles (2002) Carte géologique du Québec, Édition 2002. DV 2002-06, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 2 000 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

St-Julien, P. et Slivitzky, A. (1985) Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce. Carte no. 2030 du rapport MM 85-04, Commission géologique du Canada, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

GÉOLOGIE DES SÉDIMENTS DU QUATÉNAIRE¹

Au dernier maximum glaciaire, il y a environ 18 000 ans, une immense masse de glace d'environ 3 km d'épaisseur, l'Inlandsis Laurentidien, recouvrait la majeure partie du Canada et s'étendait jusqu'à l'emplacement actuel de la ville de New-York (figure 1). Les sédiments glaciaires et postglaciaires mis en place lors des différents épisodes d'avancée et de retrait de l'Inlandsis Laurentidien et ultérieurement constituent les dépôts de surface actuels du bassin versant de la rivière Chaudière. Ces dépôts de surface sont aussi appelés « sédiments quaternaires » parce qu'ils sont constitués de différents types de sédiments mis en place au cours de la période géologique du Quaternaire.

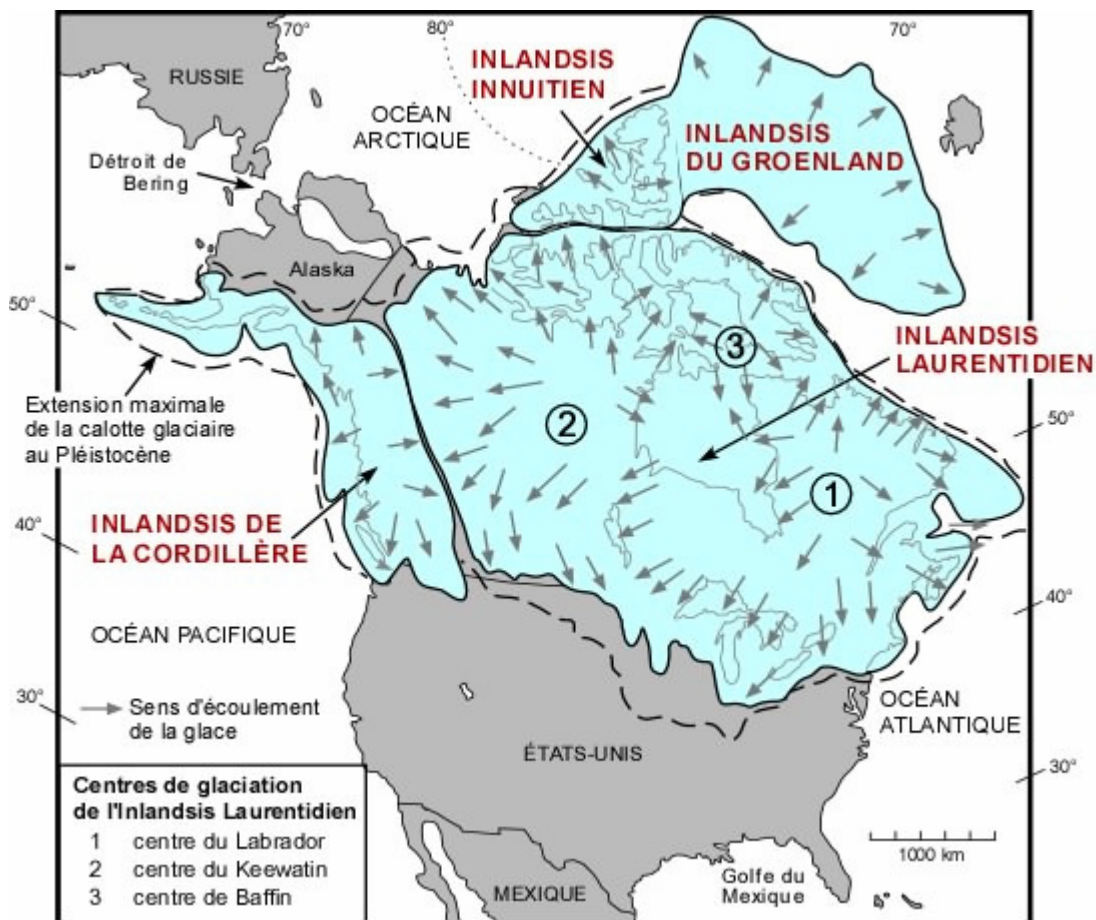


Figure 1 : Distribution des glaciers au Wisconsinien²

¹ Pour plus d'information, consulter :

Caron, O., Tremblay, T., Lamothe, M. (2007) Synthèse cartographique des formations superficielles du bassin versant de la rivière Chaudière : Une contribution de l'UQÀM au projet Chaudière. UQÀM. Version octobre 2007. Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Fichiers informatiques de formats divers. Rapport et fichiers de mars 2007 + fichiers d'octobre 2007.

² Bourque, P-A. Université Laval.

Les sédiments quaternaires jouent un rôle important dans l'écoulement des eaux souterraines. Lorsqu'ils sont perméables, les sédiments sont l'éponge naturelle à travers laquelle les eaux percolent, favorisant ainsi la recharge des aquifères. De façon opposée, lorsqu'ils sont imperméables, les sédiments quaternaires constituent des horizons qui protègent les aquifères. Lorsqu'ils sont suffisamment épais et suffisamment perméables, les sédiments quaternaires peuvent également constituer des aquifères intéressants.

Dans le bassin versant de la rivière Chaudière, l'épaisseur moyenne des sédiments quaternaires est de quelques mètres. Toutefois, d'anciennes vallées peuvent localement contenir plus de 70 m de sédiments. Ces anciennes vallées, maintenant enfouies, étaient plus larges que les vallées actuelles et ont été préservées de l'érosion glaciaire, ce qui a permis de conserver, encaissés au fond des vallées, des sédiments anciens antérieurs au dernier épisode glaciaire.

Les **sédiments pré-Lennoxville** (carte 3.4) comprennent l'ensemble des sédiments mis en place avant le dernier **till**. Ils ont donc diverses origines, soit organique, lacustre, fluviale ou glaciaire. En plusieurs endroits, cette séquence de sédiments repose sur une surface altérée du roc, un **régolithe**, relativement étendue, qui semble principalement avoir été préservée dans les vallées secondaires telles que celles de la rivière des Plante et de la rivière Gilbert.

L'unité de base des sédiments pré-Lennoxville est le Till de Johnville, d'âge pré-Sangamonien (figure 2) et de composition lithologique dite laurentidienne, c'est-à-dire composé de blocs et de cailloux provenant du Bouclier Précambrien situé au nord du fleuve Saint-Laurent. Les avancées et retraits du glacier ont provoqué, avec le temps, la création de lacs glaciaires, ce qui explique la présence de sédiments laminés glacio-lacustres au sommet et à la base de chaque couche de till.

Les sédiments du dernier **interglaciaire** (Sangamonien) (figure 2) sont représentés par les dépôts fluviaux, lacustres et organiques de la Formation de Massawippi.

L'unité glaciaire suivante est le Till de Chaudière, qui date du début de la glaciation Wisconsinienne (figure 2). Ce till est « Appalachien », ayant une composition lithologique essentiellement locale. À cette époque, des lacs se sont formés entre le glacier et les Appalaches. Les sédiments qu'ils ont laissés, appelés sédiments de Gayhurst, reposent sur le Till de Chaudière et forment une couche d'une épaisseur souvent importante, soit plus de 25 m le long de la rivière Chaudière au sud de Saint-Georges. Ces sédiments sont en majorité constitués de **varves** et contribuent à former une couche protectrice de l'aquifère du roc.

Le till de surface, le plus récent déposé par les glaciers, est le Till de Lennoxville (en différents tons de vert sur la carte 3.4). Composé de roches broyées, transportées et déposées directement sur le roc par les glaciers, il est généralement constitué de blocs et graviers et d'une **matrice** silteuse. Aux endroits où le till recouvre les secteurs autrefois occupés par les lacs glaciaires, la matrice du till est silto-argileuse et peu perméable, en raison de l'incorporation de varves de Gayhurst. Dans la partie aval du bassin versant, une portion du till a été remaniée par les vagues de la mer de Champlain. Le lessivage des particules fines comprises dans la matrice du till fait en sorte que ce dernier est plus perméable que le till non remanié.

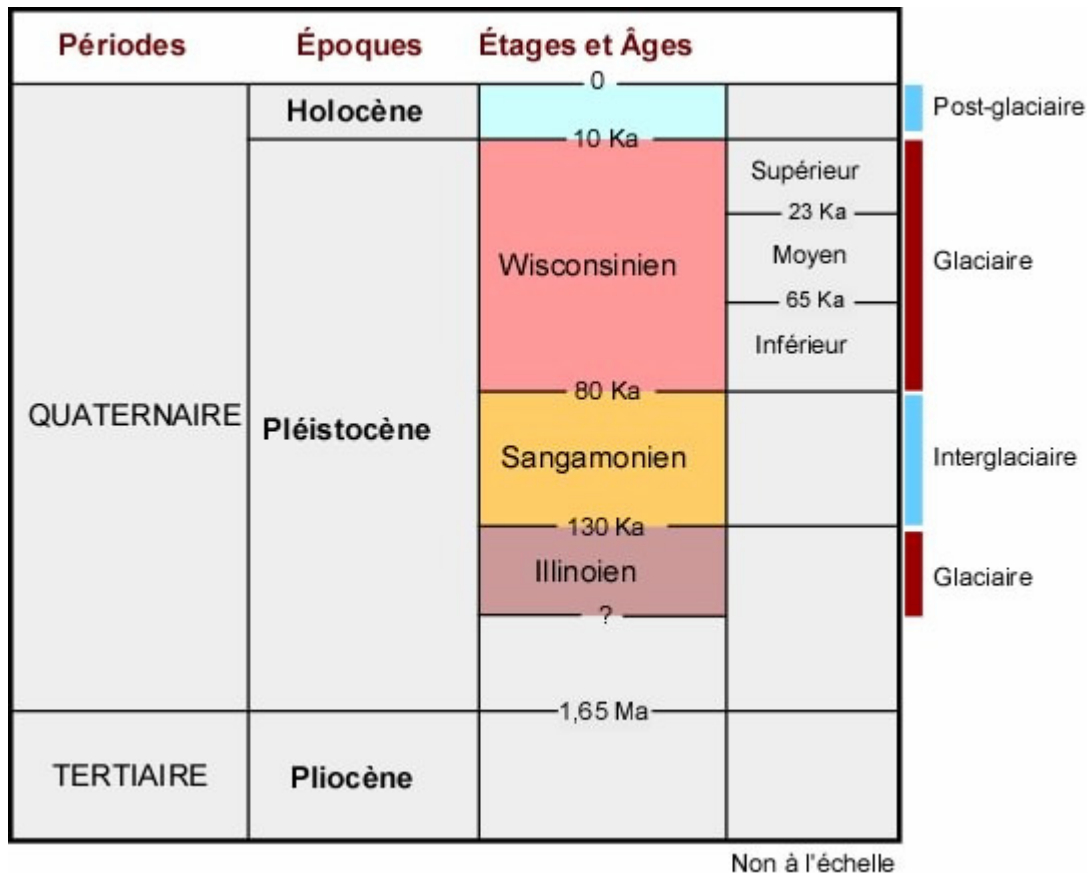


Figure 2 : Échelle des temps géologiques récents²

Déglaciation

Le retrait glaciaire dans le nord de la Nouvelle-Angleterre et dans le sud du Québec s'est effectué localement vers le nord-est puis, régionalement, vers le nord-ouest en suivant approximativement les structures des Appalaches. Cependant, le retrait de l'Inlandsis fut ponctué de pauses sporadiques bien marquées ou de récurrences mineures édifiant les principales moraines associées au retrait des glaces. Ces moraines sont constituées de sédiments fluvio-glaciaires.

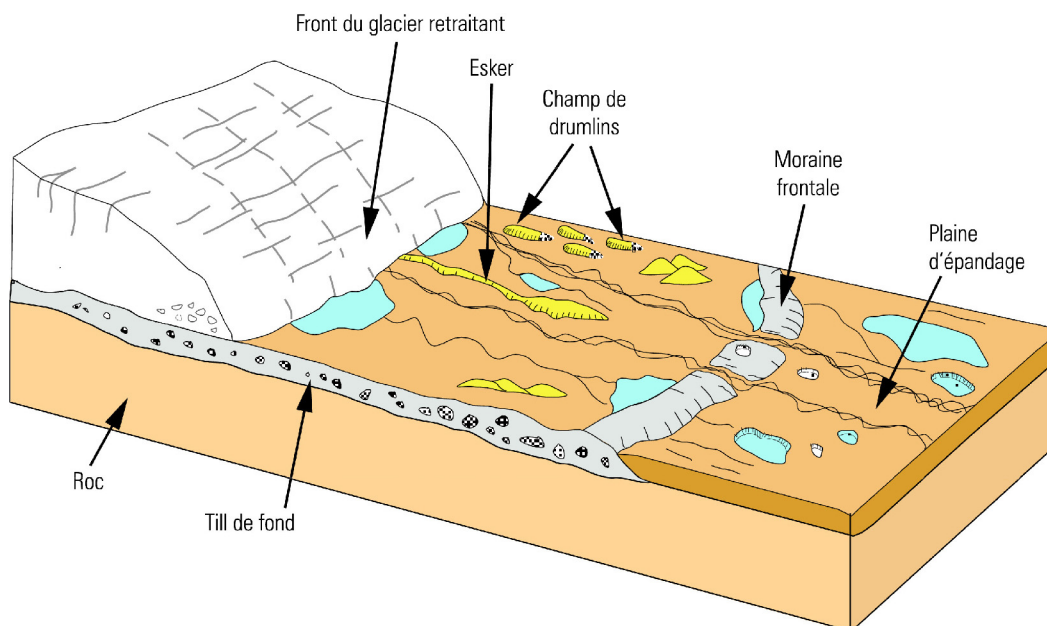
Dans les secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière, les **sédiments fluvio-glaciaires** (carte 3.4.a) sont peu répandus. Ils sont subdivisés en deux unités selon leur mode de mise en place. Les sédiments déposés par des torrents fluvio-glaciaires, en milieu sous-glaciaire ou **juxta-glaciaire**, sont surtout constitués de sable et de gravier stratifiés. Les sédiments d'épandage **proglaciaire** subaquatique, quant à eux, forment des cônes d'épandage et sont souvent constitués de gravier, de sable ou de silt.

Les **eskers**, peu nombreux, se trouvent dans le secteur du Bras Saint-Victor et à proximité de la ville de Saint-Georges. Ils se présentent sous formes de crêtes sinueuses, bosselées ou segmentées. Occasionnellement, les dépôts fluvio-glaciaires sont aussi déposés à flanc de colline en petits groupes de bosses appelés terrasses de **kame**. Parfois, des dépôts fluvio-glaciaires sont constitués d'une plaine d'épandage sub-aérienne entrecoupée par des kames. Les dépôts fluvio-glaciaires juxta-glaciaires et en position sub-aérienne sont souvent accompagnés de chenaux marginaux qui ont canalisé les eaux de fonte lors du retrait de la glace.

Les dépôts fluvio-glaciaires sont constitués de sable et de gravier; ils sont par conséquent très perméables. Ils sont occasionnellement en contact direct avec le roc, en particulier aux endroits où les courants fluvio-glaciaires étaient très puissants et ont érodé la couche de dépôts glaciaires sous-jacents. Ces dépôts peuvent atteindre des épaisseurs qui dépassent 30 m.

Héritage des glaciers

Le déplacement lent du glacier et la succession de gel et de dégel qui s'effectue à sa base arrachent des matériaux au substrat rocheux et les déposent sur place (till de fond, drumlin, etc.) ou en marge du glacier (moraines frontale et latérales, till, blocs erratiques, etc.). 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).

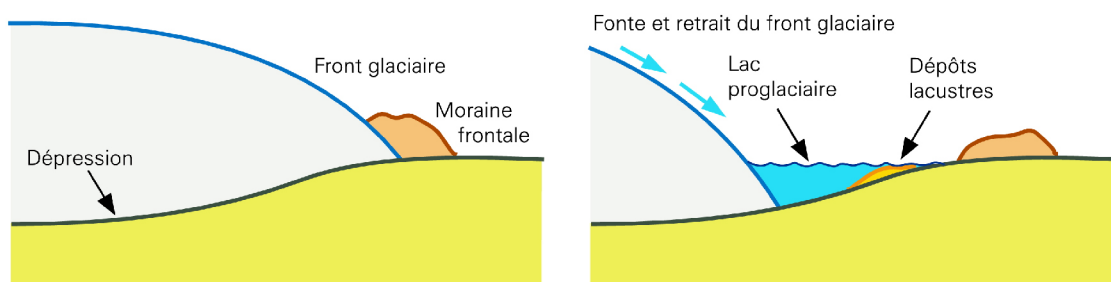


Source : Pierre-André Bourque, Université Laval

Le front de l'Inlandsis laurentidien comprenait des lobes, situés dans l'axe des vallées, qui bloquaient le drainage des cours d'eau vers le nord-ouest, ce qui a permis la création de lacs **proglaciaires** éphémères. Les sédiments déposés dans ces lacs (**sédiments glacio-lacustres**) (carte 3.4) sont peu étendus et se situent essentiellement près des dépressions, comme l'actuel lac Mégantic ou dans le secteur de Saint-Sylvestre. Les sédiments du lac tardi-glaciaire post-Lennoxville sont en partie constitués de sable et de silt en couverture de faible épaisseur. Leur conductivité hydraulique est assez forte.

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** ou, plus précisément, glacio-lacustre.



Source : Pierre-André Bourque, Université Laval

Épisode de la mer de Champlain

Le poids de la glace sur le continent nord-américain a eu pour effet d'abaisser la lithosphère (la croûte terrestre) dans l'asthénosphère (la couche supérieure du manteau). Par conséquent, il y a environ 10 000 ans, les eaux de l'océan Atlantique ont envahi les Basses-Terres du Saint-Laurent. Ainsi, des **sédiments marins littoraux, pré-littoraux et d'exondation** (carte 3.4) sont présents dans la partie nord du bassin versant de la rivière Chaudière. Ils contiennent des fossiles, dont plusieurs espèces typiques des mers arctiques comme par exemple *Hiatella arctica*, *Macoma balthica*, *Balanus hameri*, *Portlandia arctica*.



Figure 3 : Étendue maximale de la mer de Champlain³

Les sédiments littoraux, composés de sable et de gravier, forment une couche perméable qui repose sur les sédiments plus anciens. Ils résultent de l'action des vagues de la mer de Champlain et s'étendent jusqu'à des altitudes d'environ 190 m sur la partie nord du piémont appalachien. Les argiles marines (les sédiments fins d'eau profonde) sont observées en surface à quelques endroits seulement. Toutefois, il est probable qu'elles soient recouvertes par les sédiments littoraux plus sableux, déposés au cours du retrait de la mer de Champlain, et donc que leur étendue soit plus importante qu'il n'y paraît. L'importance hydrostratigraphique des argiles marines est notable, puisqu'elles sont imperméables et forment une couche protectrice de l'aquifère (hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques) sous-jacent. L'infiltration de l'eau de surface vers l'aquifère régional y est donc très limitée. Dans le bassin versant, ces argiles peuvent atteindre des épaisseurs dépassant 40 m.

Dans le secteur aval de la rivière Chaudière, aux environs de Lévis, une réavancée glaciaire locale importante a probablement eu lieu⁴. Cette réavancée, dite « de Saint-Nicolas », s'est traduite par une couche de **diamicton** argileuse, parfois sableuse, et fossilifère, plus ou moins continue sur l'argile sous-jacente. Ce diamicton est peu perméable et probablement présent en plusieurs endroits sous les sables littoraux.

³ Adapté de Bourque, P-A. Université Laval.

⁴ LaSalle, P. et Shilts, W.W. (1993) Younger Dryas-age readvance of Laurentide Ice into the Champlain Sea, Boreas, v.22, pages 25-37.

Le retrait progressif du glacier, en raison de sa fonte, a entraîné une diminution de son poids et de la charge exercée sur la lithosphère, ce qui a produit une remontée de la croûte terrestre appelée **relèvement isostatique**. Ce relèvement lent mais progressif du terrain, qui se poursuit encore de nos jours, a occasionné le retrait de la mer de Champlain, ce qui a permis le retour à des conditions normales de drainage et la mise en place du réseau fluvial moderne. La vallée de la rivière Chaudière et la plupart des vallées confluentes sont ainsi recouvertes par une couche de **sédiments alluviaux** (carte 3.4), sur des épaisseurs pouvant atteindre jusqu'à 20 m. Ces dépôts sont constitués de sable, d'un mélange de sable et de gravier ou de silt. Ils sont très perméables, d'ailleurs plusieurs puits de municipalités ou d'entreprises captent l'eau dans ces dépôts alluviaux⁵. Ces dépôts correspondent généralement à l'aquifère de surface qui constitue **l'unité 2** ([hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques](#)).

Des **sédiments organiques** (carte 3.4) sont aussi présents dans la partie nord du bassin versant de la rivière Chaudière. Ils sont surtout constitués de tourbe, de sphaignes et d'éricacées, d'une épaisseur pouvant atteindre trois mètres. Présents sur l'ensemble de la région étudiée, ils apparaissent surtout dans les dépressions mal drainées [et aux abords des lacs et des rivières](#) ([hyperlien vers la section 3.5 Réseau hydrographique](#)). Ils sont présents en plus grande concentration dans les secteurs des basses-terres du Saint-Laurent et du plateau de la rivière Beauvillage^{6,7,8}.

⁵ MacCormack, R. (1982) Étude hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière. Programme de connaissances intégrées. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des inventaires et de la recherche. 205 pages.

⁶ Foucault, A., Raoult, J-F. (1995) *Dictionnaire de Géologie*. 4^e édition. Paris : Masson. 324 pages. Collection Guides géologiques régionaux.

⁷ Robitaille, A., Allard, M. (1997) Guide pratique d'identification des dépôts de surface au Québec : notions élémentaires de géomorphologie. Édition révisée, septembre 1997. Sainte-Foy, Québec : Publications du Québec. 109 pages.

⁸ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

Lexique :

INLANDSIS

Glacier recouvrant une surface continentale importante, de l'ordre de quelques milliers de kilomètres carrés.

QUATERNAIRE

Période géologique la plus récente, s'étendant sur 1,65 million d'années.

TILL

Mélange de débris rocheux dont les dimensions vont des argiles aux gros blocs, non trié et dépourvu de litage. Il est déposé directement par la glace sans qu'il y ait eu intervention majeure des eaux de fonte.

RÉGOLITHE

Formation superficielle résultant de la fragmentation ou de l'altération de la roche en place, sans que les fragments aient été transportés.

INTERGLACIAIRE

Période comprise entre deux périodes glaciaires.

VARVES

Dépôt lacustre finement lité, formé d'une alternance de sédiments argileux et sableux, sombres ou clairs. Leur origine s'explique par un contrôle saisonnier du débit des cours d'eau lié à la fonte des glaciers, surtout celle des inlandsis.

MATRICE

Matériau fin, sableux, silteux ou argileux, dans lequel sont incorporés les blocs et cailloux d'une formation dont les particules sont de tailles variées.

JUXTA-GLACIAIRE

Se dit des sédiments situés en marge d'un glacier (le long de sa bordure) et des processus qui les engendrent.

PROGLACIAIRE

Se dit des lacs, cours d'eau ou sédiments situés au front du glacier (devant) et des processus qui les engendrent.

ESKER

Dépôts de sable et de gravier de plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres de long et de quelques dizaines de mètres ou de quelques kilomètres de large qui se sont formés dans le lit et à la sortie des rivières sous-glaciaires.

KAME

Colline, souvent à sommet plat, constituée de sable et de gravier stratifiés qui auraient sédimenté à la marge ou dans les dépressions d'un ancien inlandsis.

DIAMICTON

Mélange de sédiments dont les particules sont de dimensions très variées.

RELÈVEMENT ISOSTATIQUE

Remontée d'un continent, à la suite de la déglaciation, causée par la diminution de la charge due au poids de la glace.

Références cartographiques :

Caron, O., Tremblay, T., Lamothe, M. (2007) Synthèse cartographique des formations superficielles du bassin versant de la rivière Chaudière : Une contribution de l'UQAM au projet Chaudière. Version d'octobre 2007, Université du Québec à Montréal et Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Le bassin versant de la rivière Chaudière subit l'influence de trois types de climat (figure 1). Le climat de type modéré, sub-humide à saison de croissance longue est le plus représenté dans le bassin versant (classe 11). La portion sud-est du bassin versant bénéficie d'un climat de type subpolaire doux, sub-humide à saison de croissance longue (classe 9). Enfin, la portion de territoire faisant partie de la chaîne des monts Notre-Dame se trouve sous l'influence d'un climat de type subpolaire, sub-humide à saison de croissance moyenne (classe 12). Cela se traduit par des étés chauds et des hivers froids (tableau 1).

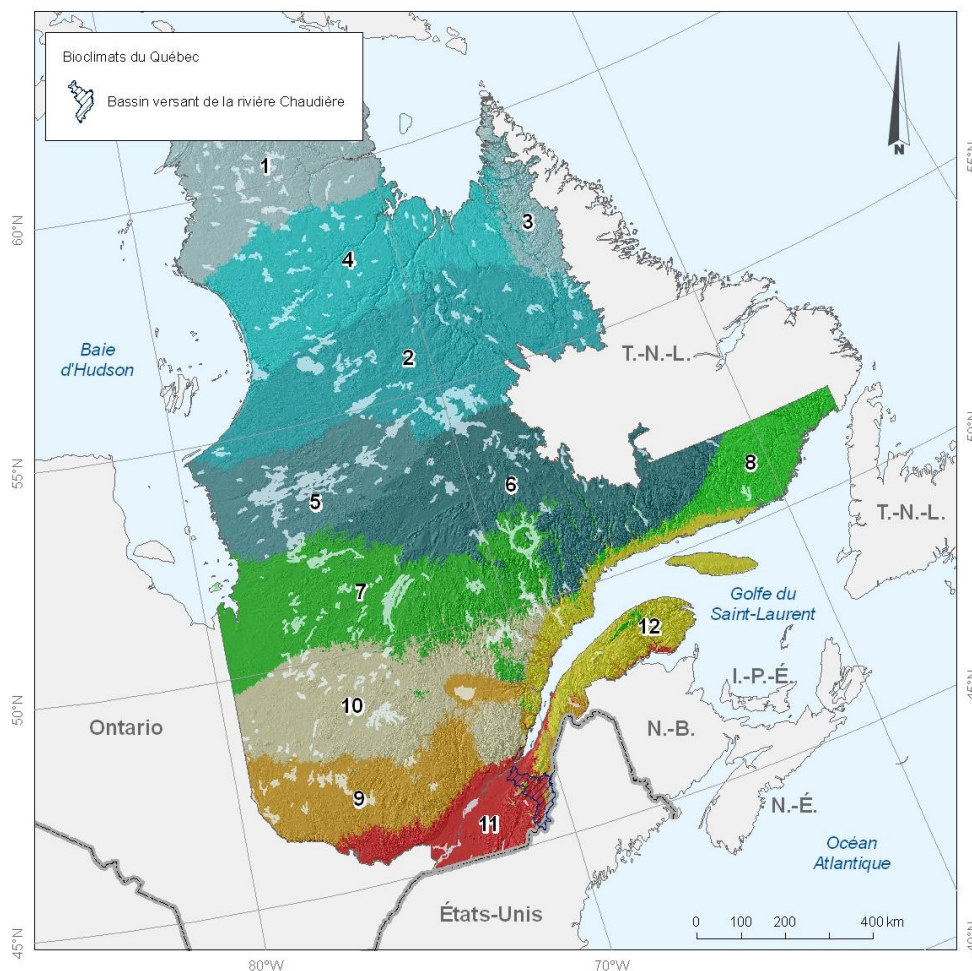


Figure 1 : **Bioclimats**¹ du Québec²³⁴⁵

¹ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>

² Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

³ Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

⁴ Gerardin, V., McKenney, D. (2001) Carte des bioclimats du Québec. Québec : Ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, en collaboration étroite avec le Service canadien des forêts, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Tableau 1: Bioclimats du Québec⁴

Classe	Température (°C)	Précipitation (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 doux	sub-humide	longue
10	subpolaire	humide	moyenne
11	modérée	sub-humide	longue
12	subpolaire	sub-humide	moyenne

Plusieurs paramètres climatiques influencent le potentiel agronomique d'une région. Parmi ceux-ci, la durée de la saison de croissance exempte de gel, l'accumulation des **degrés-jours⁵**, le **bilan hydrologique** ([hyperlien vers la section 4.6 Bilan hydrogéologique](#)) et la photopériode sont particulièrement importants. Bien que les unités thermiques de maïs (UTM) n'intègrent pas l'ensemble de ces paramètres, elles représentent l'indicateur agroclimatique le plus fréquemment utilisé au Québec. Cet indicateur permet de caractériser les besoins en chaleur des cultures de maïs et de soya et décrit le lien existant entre la température de l'air et le taux de développement de la plante. Dans les secteurs de la **Basse-Chaudière** et de la **Moyenne-Chaudière**, les UTM varient de 1 700 à 2 300 ; les valeurs les plus élevées se situant dans la partie nord du bassin et le long de la vallée de la rivière Chaudière⁶ (figure 2).

⁵ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

⁶ Québec. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire (2002) *Ré-évaluation des unités thermiques disponibles au Québec pour le maïs et le soya*. (20 pages). No de publication : V V 026.

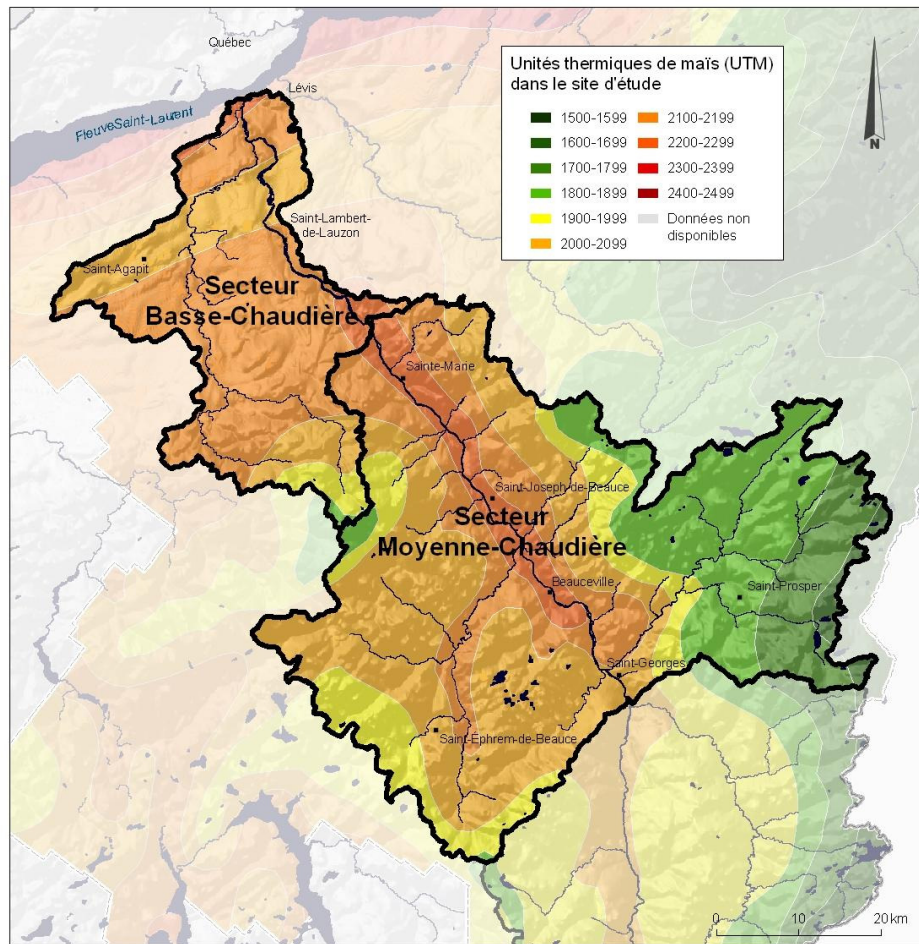


Figure 2 : Unités thermiques de maïs (UTM) dans le site étudié^{235789,10,11}

⁷ Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

⁸ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (1999) Unités thermiques de maïs pour la région de la Chaudière-Appalaches : compilation des données de 1961 à 1990. Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 1 000 000.

⁹ Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (1999) Unités thermiques de maïs pour la région de la Chaudière-Appalaches : compilation des données de 1961 à 1990. Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 1 000 000.

¹⁰ Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

¹¹ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Aperçu des conditions météorologiques

Les températures observées aux dix-sept stations du bassin versant de la rivière Chaudière (ou à proximité) varient peu. La température moyenne annuelle oscille entre 2,9 et 4,6 degrés Celsius (tableau 2). La température mensuelle moyenne la plus faible pour le mois de janvier est de -18,3 °C (station Saint-Côme-de-Linière) et la température mensuelle moyenne maximale pour le mois de juillet est de 24,9 °C (Stations St-Georges et Beauséjour).

La station qui enregistre les précipitations annuelles moyennes les plus abondantes est Notre-Dame-des-Bois avec 1 329 mm/an, tandis que celle qui enregistre les précipitations annuelles moyennes les plus faibles est Saint-Théophile, avec 897 mm/an (carte 3.5). Il importe de préciser que la station de Notre-Dame-des-Bois a l'altitude la plus élevée, puisqu'elle est située à 503 m.

Tableau 2 : Températures et précipitations¹²

Station météorologique	Température moyenne annuelle (°C)	Précipitations moyennes annuelles (mm/an)	Altitude de la station (m)
Beauséjour	4,1	1 201	107
Lac Mégantic	4	1 043	426
Milan	3,5	1 305	482
Notre-Dame-des-Bois	3,7	1 329	503
Scott	4,4	1 110	145
Saint-Côme-Linière	3,9	1 010	244
Saint-Éphrem-de-Beauce	3,9	1 092	312
Saint-Flavien	4	1 106	137
Saint-Georges	4,3	980	168
Saint-Ludger	4,1	1 047	335
Saint-Pierre-de-Broughton	3,6	1 190	366
Saint-Sébastien	3,6	1 195	442
Saint-Séverin	3,3	1 186	442
Saint-Théophile	4,1	897	395
Sainte-Germaine	2,9	1 197	511
Thetford-Mines	4,2	1 274	381
Vallée-Jonction	4,6	1 025	152

¹² Compilation des données des stations météorologiques pour la période de 1975 à 2003.

Lexique :

BIOCLIMAT

Ensemble des conditions climatiques (facteurs du climat) dont l'influence est considérée comme fondamentale sur le comportement des organismes vivants.

DEGRÉ-JOUR

Différence entre la température moyenne journalière et une valeur seuil au-dessus de laquelle une plante se développe.

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2008) Compilation des données historiques des stations météorologiques pour la période de 1975 à 2003. Version de janvier 2008, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Qu'est-ce qu'un bassin versant ?

Appliqué aux eaux de surface, un **bassin versant**¹ est un territoire sur lequel toutes les eaux s'écoulent vers un même point appelé **exutoire**¹. Un bassin versant est délimité par des **limites naturelles** et non par l'être humain. Plus précisément, ce sont les crêtes des montagnes et les dénivellations majeures du terrain qui déterminent les limites d'un bassin versant¹ (figure 1). C'est pourquoi les limites d'un bassin versant peuvent s'étendre au-delà des limites administratives et des frontières politiques, qu'elles soient municipales, provinciales ou internationales (carte 3.6.a).

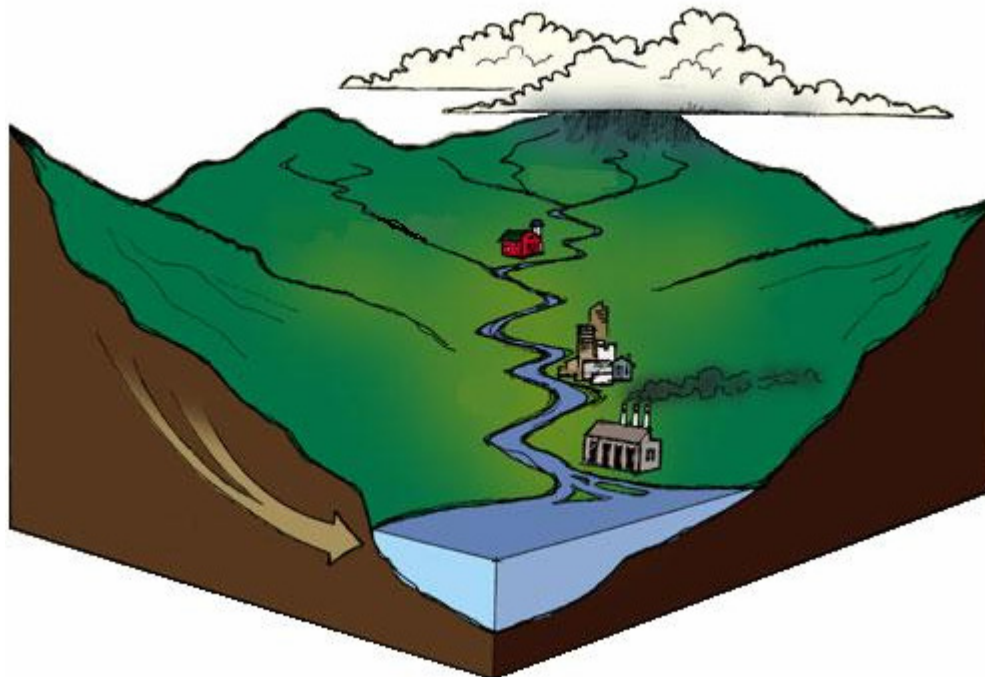


Figure 1 : Schéma d'un bassin versant

Le bassin versant est donc **un territoire isolé du point de vue hydrologique**. Cela signifie que chacune des gouttes d'eau qui tombe à l'intérieur des limites d'un bassin versant, peu importe l'endroit, atteindra, à la fin de son parcours, le même exutoire. Par exemple, le point où la rivière Chaudière se jette dans le fleuve Saint-Laurent, qui constitue l'embouchure de la rivière Chaudière, est l'exutoire du bassin versant de la rivière Chaudière.

Un bassin versant comprend un cours d'eau principal et ses **tributaires**². Il peut être de dimensions variées, allant de quelques hectares jusqu'à des milliers de km², mais le principe d'écoulement des eaux sur le territoire demeure le même. Un système de classification des cours d'eau comme celui de Strahler³ permet d'illustrer la hiérarchie des différents cours d'eau qui forment un bassin versant (figure 2).

¹ Texte inspiré du ROBVQ, 2005. La gestion intégrée par bassin versant : se concerter pour mieux agir.

² Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oglf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

³ Strahler, A.H. et Strahler, A.N. (1992) Modern physical geography. John Wiley and sons, inc. New York, 638 pages.

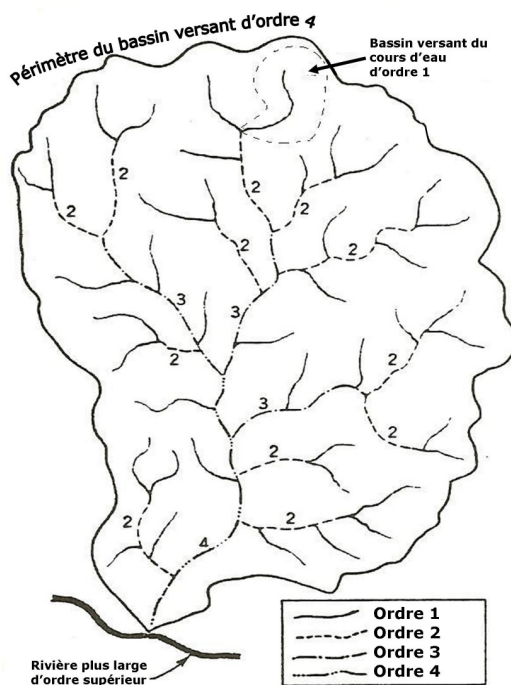


Figure 2 : Illustration d'une classification hiérarchique des cours d'eau selon Strahler³

La définition d'un bassin versant s'applique à différentes échelles. Par exemple, puisque la rivière Chaudière se déverse dans le fleuve Saint-Laurent, dont elle est un tributaire, elle fait partie d'un bassin versant d'ordre supérieur: celui du fleuve Saint-Laurent³. Par conséquent, le bassin versant de la rivière Chaudière est un sous-bassin versant du fleuve Saint-Laurent. Ce dernier, qui draine un territoire de 1 307 800 km², est considéré comme l'un des plus importants du monde en termes de superficie³ (tableau 1).

Tableau 1 : Exemple de hiérarchie du réseau hydrographique de Strahler

Rigole	Ordre 1
Ruisselet	Ordre 2
Ruisseau	Ordre 3
Rivière mineure	Ordre 4
Rivière intermédiaire	Ordre 5
Rivière majeure	Ordre 6
Fleuve	Ordre 7
Océan	Ordre 8



Figure 3 : Bassin versant du fleuve Saint-Laurent⁴⁵⁶⁷

Bassin versant de la rivière Chaudière

Le bassin versant de la rivière Chaudière draine une vaste région de 669 516 hectares. Depuis sa source, dans les Appalaches, jusqu'à son embouchure au fleuve Saint-Laurent, la rivière Chaudière parcourt environ 190 km. Situé à sa tête, le lac Mégantic a une superficie d'environ 27 km² (carte 3.6.a).

⁴ Canada. Ministère des Ressources naturelles (2003) Données-cadres à l'échelle nationale sur l'hydrologie : Aires de drainage, Canada. Données-cadres de l'Atlas, Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 1 000 000.

⁵ Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

⁶ Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

⁷ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Sous-bassins versants de la rivière Chaudière

De l'**amont** (la source) vers l'**aval** (l'embouchure), les principaux tributaires de la rivière Chaudière sont les rivières du Loup, Famine, Bras Saint-Victor et Beurivage. Ensemble, elles drainent environ 46% de la superficie totale du bassin versant (tableau 2). Le reste du territoire (54%) est drainé par un ensemble de petits sous-bassins qui, pour simplifier les cartes et tableaux, ont été regroupés sous l'expression « sous-bassin de la rivière Chaudière » (carte 3.6.a).

Puisque le sous-bassin de la rivière Chaudière chevauche les [trois secteurs \(hyperlien vers la section 1.1 Localisation du bassin versant\)](#) du bassin versant, il a été divisé en trois sections correspondantes, soit : le secteur de la Basse-Chaudière, le secteur de la Moyenne-Chaudière et le secteur de la Haute-Chaudière (carte 3.6.a).

Tableau 2 : Superficie des sous-bassins de la rivière Chaudière

Sous-bassin	Superficie totale du sous-bassin (ha)	Proportion du bassin versant	Secteur
Rivière Beurivage	71 721	11	Basse-Chaudière
Bras Saint-Victor	73 308	11	Moyenne-Chaudière
Rivière Famine	71 411	11	Moyenne-Chaudière
Rivière du Loup	89 342	13	Haute-Chaudière
Rivière Chaudière (divisée en secteurs)	363 734	54	
-Secteur de la Basse-Chaudière	24 498	4	Basse-Chaudières
-Secteur de la Moyenne-Chaudière	121 058	18	Moyenne-Chaudière
-Secteur de la Haute-Chaudière	218 178	33	Haute-Chaudière

Note: Les superficies données pour les secteurs de la Basse-Chaudière, de la Moyenne-Chaudière et de la Haute-Chaudière sont une subdivision de la superficie totale du sous-bassin de la rivière Chaudière.

La pente moyenne de la rivière Chaudière est de 2,0 m/km. Toutefois, le profil de la rivière varie d'une façon significative entre les trois secteurs (figure 4). Ainsi, la pente est de 2,5 m/km entre le lac Mégantic et Saint-Georges (secteur de la Haute-Chaudière). Elle devient nettement plus faible dans la Moyenne-Chaudière, avec 0,5 m/km entre Saint-Georges et Scott. Enfin, la pente la plus forte, soit 3,0 m/km, se trouve dans le secteur de la Basse-Chaudière, entre Scott et l'embouchure de la rivière. La faible pente de la rivière dans le secteur de la Moyenne-Chaudière, en aval d'une section à pente forte, augmente la probabilité d'inondation dans ce secteur. De plus, le Bras Saint-Victor, ainsi que les rivières Famine et du Loup, viennent se jeter dans la rivière Chaudière dans cette section du bassin versant. L'apport important d'eau par ces tributaires aux fortes pentes, jumelé à la forte pente de la partie aval de la Chaudière rend le secteur de la Moyenne-Chaudière vulnérable aux inondations causées par des crues importantes.

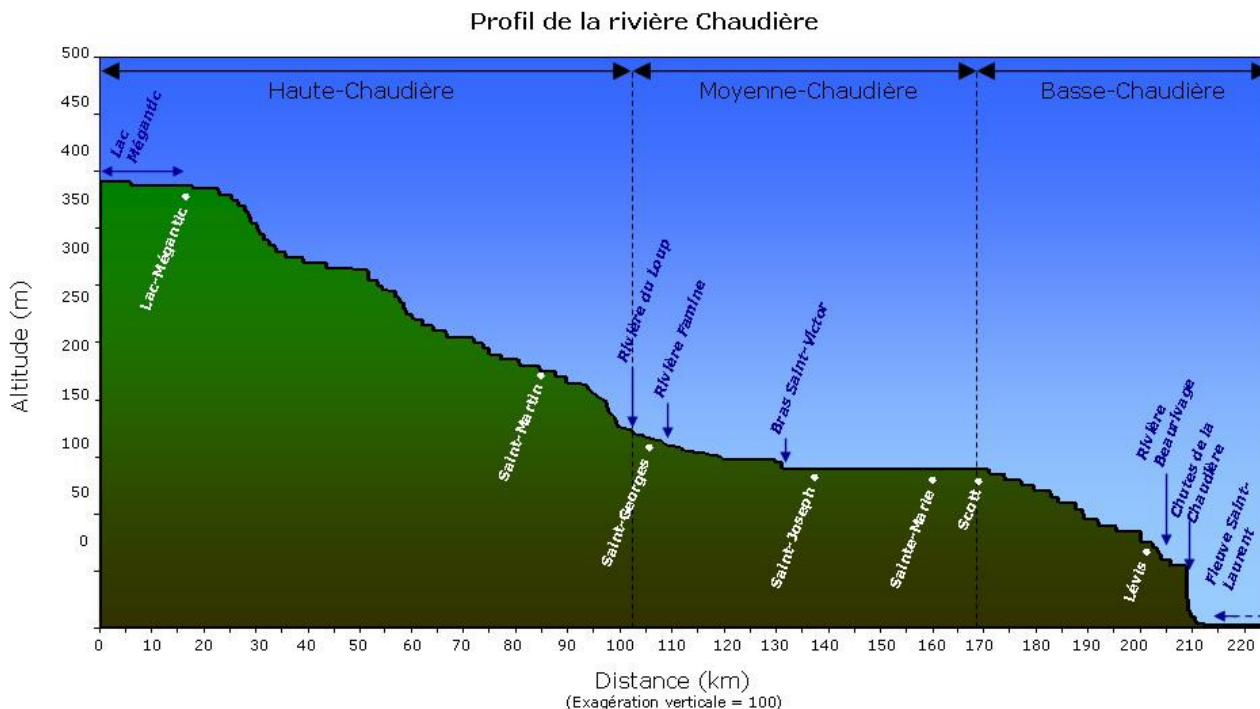


Figure 4 : Profil de la rivière Chaudière

Milieux humides

Qu'est-ce qu'un milieu humide ?

L'expression « milieux humides » désigne un large spectre d'écosystèmes² tels que les étangs, les marais, les marécages et les tourbières. Ils constituent l'ensemble des sites saturés d'eau ou inondés pendant une période suffisamment longue pour influencer la nature du sol et la composition de la végétation⁸. Ces sols sont caractérisés par de mauvaises conditions de drainage alors que la végétation se compose essentiellement d'espèces ayant une préférence pour les lieux humides ou d'espèces tolérant des inondations périodiques.

Les milieux humides sont avant tout des écosystèmes de transition entre les milieux terrestres et aquatiques. Ils sont soit riverains de lacs, de cours d'eau, d'estuaires ou de mers, soit isolés dans des dépressions mal drainées. La majorité des milieux humides sont d'origine naturelle. Par contre, quelques-uns sont le résultat d'aménagements directs ou indirects de l'homme.

Au Québec, on distingue plusieurs types de milieux humides⁹ :

⁸ Couillard, L. et Grondin, P. (1992) La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec, Québec. 400 pages.

⁹ Québec. MDDEP, Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2006) Fiche d'identification des milieux aquatiques, humides et riverains. 10 pages et annexes (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/Eau/rives/delimitation.pdf>).

Étangs

Les étangs sont des étendues d'eau libre et stagnante avec ou sans lien avec le réseau hydrographique. Ils reposent dans des cuvettes peu profondes où l'eau est présente pratiquement toute l'année. Le couvert végétal, s'il existe, se compose surtout de plantes aquatiques submergées et flottantes. Les étangs peuvent être d'origine naturelle ou artificielle.

Marais

Les marais sont des habitats dominés par des plantes herbacées sur substrat minéral, partiellement ou complètement submergées au cours de leur saison de croissance. Dans la majorité des cas, les marais sont rivaux car ils sont ouverts sur un lac ou un cours d'eau, mais ils peuvent également être isolés.



Marécages

Les marécages sont dominés par une végétation ligneuse, arborescente ou arbustive. Cette végétation croît 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 ouverts sur un lac ou un cours d'eau.



Tourbières

Le terme générique tourbière qualifie tous les types de terrains recouverts de tourbe. Il s'agit de milieux mal drainés où le processus d'accumulation organique prévaut sur les processus de décomposition et d'humification.



Milieux humides du bassin de la rivière Chaudière

Afin de combler temporairement les lacunes quant à l'identification et la cartographie des milieux humides (particulièrement en ce qui concerne les marécages et les tourbières boisées), un regroupement de toutes les sources de renseignements pertinents a été fait afin de proposer une carte des [milieux humides potentiels](#) (carte 3.6.b). L'interprétation de diverses sources de renseignements a permis de délimiter, dans le site étudié, les zones où la probabilité de retrouver des milieux humides est élevée. C'est pourquoi on parle de milieux humides potentiels. En attendant une validation exhaustive sur le terrain, il s'agit de la meilleure estimation disponible de l'étendue des milieux humides sur le territoire.

Ainsi, l'ensemble du bassin de la rivière Chaudière compterait tout près de 50 000 hectares de milieux humides, soit 7,5% du territoire, selon la carte des milieux humides potentiels (carte 3.6.b). Par contre, selon la carte [d'occupation du sol \(hyperlien vers la section 1.4 Occupation du sol\)](#) les milieux humides n'occuperaient pas plus de 2%.

Le secteur de la **Basse-Chaudière**, se distingue par l'importante proportion de tourbières de grande superficie, alors que le secteur de la **Moyenne-Chaudière** est surtout parsemé de marécages.

- Secteur de la **Basse-Chaudière**

Principalement occupé par un ensemble de plaines, caractéristiques des [basses-terres du Saint-Laurent \(hyperlien vers 3.1 Grandes unités naturelles\)](#), le secteur de la **Basse-Chaudière** est occupé par plusieurs tourbières de grande superficie (de l'ordre de la centaine d'hectares). Les milieux humides y occupent aujourd'hui 15,1% de la superficie. La plupart font partie d'importants complexes boisés enserrés dans la trame agricole (tableau 3).

- Secteur de la **Moyenne-Chaudière**

Les milieux humides n'occupent que 5,5% de la superficie du secteur de la **Moyenne-Chaudière** (tableau 3). Hormis le sous-bassin de la rivière Veilleux, qui se caractérise par une vaste dépression favorisant l'établissement d'un important complexe de tourbières, la majorité des milieux humides de ce secteur sont de petits marécages fragmentés et dispersés dans la matrice boisée. Ils occupent pour la plupart les anfractuosités du relief, surtout sur les coteaux et, dans une moindre mesure, sur les collines. On trouve peu de milieux humides dans la vallée de la rivière Chaudière, seulement quelques marais, marécages et terres agricoles inondées de faible superficie.

Tableau 3 : Superficie des milieux humides potentiels, par secteur, dans le bassin versant de la rivière Chaudière

Secteur et territoire	Superficie des milieux humides potentiels (ha)	Proportion du territoire
-Secteur de la Basse-Chaudière	15 767	16,4%
-Secteur de la Moyenne-Chaudière	14 505	5,5%
-Secteur de la Haute-Chaudière	19 723	6,5%
Secteur étudié (Basse-Chaudière et Moyenne-Chaudière)	30 272	8,4%
Total du bassin versant	49 995	7,5%

Lexique :

BASSIN VERSANT

Appliqué aux eaux de surface, un **bassin versant** désigne un territoire, délimité par les lignes de partage des eaux, sur lequel toutes les eaux s'écoulent vers un même point appelé exutoire. On peut désigner un bassin versant autant pour une rivière que pour un lac ou une baie. Par exemple, le bassin versant de la rivière Chaudière.

EXUTOIRE

Point le plus bas du réseau hydrographique, vers lequel toute l'eau de surface converge. Par exemple, le point où la rivière Chaudière se jette dans le fleuve Saint-Laurent constitue l'exutoire du bassin versant de la rivière Chaudière.

AMONT

Partie d'un cours d'eau qui est du côté de sa source, par rapport à un point considéré.

AVAL

Partie d'un cours d'eau qui est du côté de son embouchure, par rapport à un point considéré.

TRIBUTAIRE

Désigne un affluent ou un cours d'eau qui se jette dans un cours d'eau d'ordre supérieur, dans un lac ou dans la mer. Par exemple, la rivière du Loup est un tributaire de la rivière Chaudière.

ÉCOSYSTÈME

Ensemble d'un milieu naturel et des organismes qui y vivent.

MILIEUX HUMIDES POTENTIELS

La cartographie des milieux humides potentiels propose la délimitation la plus extensive possible des milieux humides des basses-terres du Saint-Laurent. Elle résulte d'une compilation des données du Centre Saint-Laurent, de l'Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent d'Environnement Canada, d'une reclassification des cartes écoforestières du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et des milieux humides de la Banque de données topographiques du Québec (BDTQ), du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Toutes ces bases de données ont été utilisées de façon complémentaire et regroupées dans une même couche d'information. Les données disponibles doivent donc être utilisées, en restant vigilants au regard de leurs potentiels et limites.

Références cartographiques :

3.6.a

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Stations hydrométriques du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, produite par le Centre d'expertise hydrique du Québec, modifiée par la Direction du Patrimoine Écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

3.6.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Hydrographie. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2006) Atlas de l'Amérique du Nord – Limites administratives. Centre canadien de télédétection, Ottawa, Fichiers informatiques, 1 : 10 000 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (*en préparation*) Milieux humides potentiels du bassin versant de la rivière Chaudière. Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, échelles multiples.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

CYCLE DE L'EAU

Partout sur la planète, l'eau est en perpétuel mouvement. Ce déplacement s'effectue naturellement, suivant un cycle plus ou moins long. Le **cycle de l'eau** (cycle hydrologique) (figure 1) est constitué par les différentes étapes de ce déplacement de l'eau : de l'atmosphère vers la surface de la Terre (le sol et les formations géologiques), du milieu souterrain vers la surface, puis de la surface vers l'atmosphère.

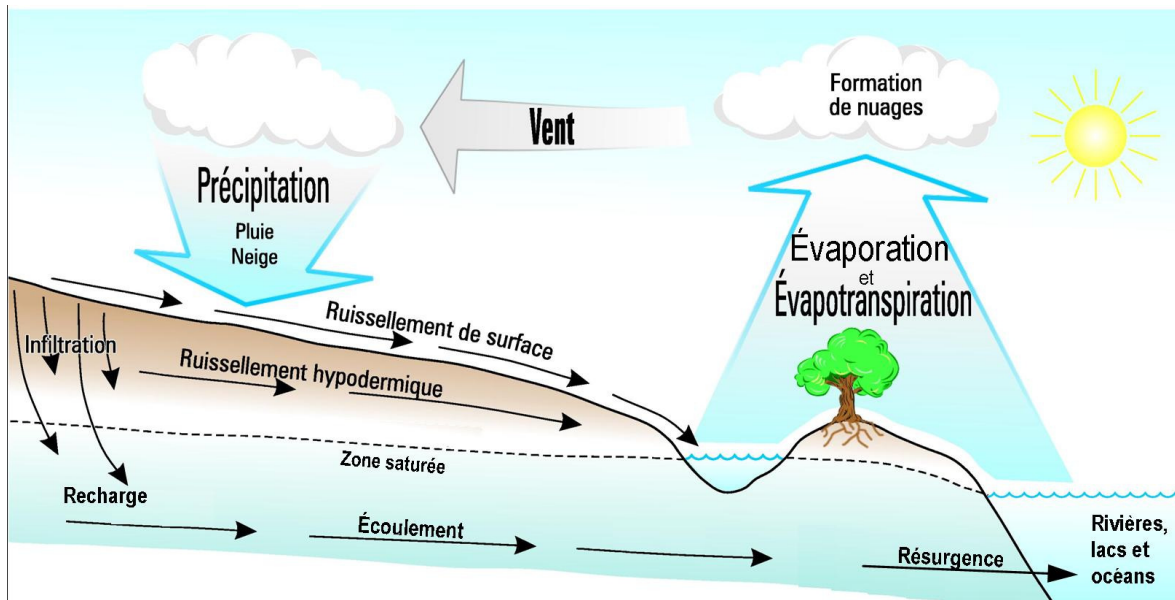


Figure 1 : Cycle de l'eau¹

Le **cycle de l'eau** comprend une phase aérienne ainsi qu'une phase souterraine. La phase aérienne est composée de l'évaporation, de l'évapotranspiration, des précipitations ainsi que du ruissellement de surface. La phase souterraine désigne plus particulièrement l'infiltration, le ruissellement hypodermique, la recharge, l'écoulement en zone saturée et la résurgence de l'eau à la surface.

- L'eau présente dans l'atmosphère provient de l'**évaporation** de l'eau, de l'état liquide vers l'état gazeux, à partir de toutes les étendues d'eau de surface, depuis la plus petite goutte jusqu'aux océans. L'**évapotranspiration** désigne plus particulièrement la vapeur d'eau issue de la transpiration des plantes et l'évaporation qui provient des couches supérieures du sol. L'importance du processus d'évapotranspiration dans le cycle de l'eau dépend, entre autres, du type de végétation, des propriétés physiques du sol, de la température et du taux d'humidité de l'atmosphère.
- Lorsque la concentration de vapeur d'eau dans l'atmosphère devient suffisamment grande, la vapeur se condense sur des particules en suspension dans l'air pour former les nuages. Ces derniers se déplacent grâce à l'action des vents. Les **précipitations** (sous forme de pluie, de bruine, de neige, etc.) sont la source d'apport en eau à la surface terrestre. La quantité moyenne de précipitation pour un territoire donné dépend principalement de facteurs tels que les conditions climatiques, la latitude, l'altitude, le vent, etc.

¹ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2008) Guide technique : Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées.

- Le **ruissellement de surface** (ou écoulement de surface) survient lors d'un évènement de précipitations durant lequel la capacité d'absorption du sol est dépassée, de sorte que l'eau ne peut plus s'y infiltrer et s'écoule en surface. Il est influencé, entre autres, par le climat, la pente du terrain, le type de sol et ses propriétés physiques, ainsi que par l'utilisation du sol.
- L'**infiltration** désigne le phénomène par lequel l'eau de pluie ou l'eau de fonte des neiges en contact avec le sol s'infiltré ou percole dans des fissures, des sédiments ou de la roche.
- Le **ruissellement hypodermique** désigne l'eau qui s'infiltré dans le sol et qui circule dans les couches supérieures, près de la surface, jusqu'à ce qu'elle soit absorbée par les racines des plantes, qu'elle fasse **résurgence** à la surface ou qu'elle s'infiltré plus en profondeur et atteigne l'aquifère.
- La **recharge** correspond à l'eau qui atteint la zone saturée. La répartition de l'eau d'infiltration entre le ruissellement hypodermique et la recharge dépend surtout des formations géologiques rencontrées sur son parcours et de leurs propriétés hydrogéologiques ([sédiments du Quaternaire](#) et [géologie du roc](#)). ([hyperlien vers la section 3.3 Géologie du roc et 3.4 Sédiments du Quaternaire](#))
- Une fois dans la zone saturée, l'eau entreprend un parcours plus ou moins long dont la durée varie de plusieurs jours à plusieurs siècles, jusqu'à ce qu'elle fasse **résurgence** dans les sources, rivières, lacs et océans qui constituent les eaux de surface.
- De retour à la surface, l'eau à nouveau s'évapore et le cycle recommence !

Où se trouve l'eau souterraine ?

Contrairement à la croyance populaire, l'eau souterraine n'est pas localisée dans des rivières ou des lacs dissimulés sous la surface du sol. À partir d'une certaine profondeur, qui est généralement de l'ordre du mètre au Québec, l'eau est omniprésente au sein des fractures des roches et des interstices du sol (espace entre les grains de sable et de gravier).

Cette eau souterraine constitue une ressource naturelle qui subit un renouvellement lent mais continu, assuré par le cycle de l'eau. La compréhension de ce cycle et la quantification des volumes d'eau impliqués dans les différentes étapes du cycle de l'eau sont donc essentielles à l'évaluation du taux de renouvellement de l'eau souterraine à l'échelle d'un bassin versant.

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES¹

Qu'est-ce qu'un aquifère ?

Un aquifère se définit comme une formation géologique capable d'emmagasiner et de transmettre l'eau et présentant un potentiel d'approvisionnement en eau souterraine. À l'échelle d'un bassin versant, l'aquifère dit « régional » est constitué d'aquifères contigus présentant un certain potentiel hydrogéologique. Ce dernier se distingue par sa continuité latérale et verticale, de même que par sa capacité à fournir de l'eau sur l'ensemble du bassin versant.

Identification de l'aquifère régional ([carte 4.2.a](#) et [carte 4.2.b](#))

Du point de vue hydrogéologique, le bassin versant de la rivière Chaudière comprend deux domaines aquifères principaux : les aquifères de **dépôts meubles** et l'**aquifère du roc** (ou rocheux). Il est communément admis d'attribuer une certaine continuité latérale et verticale à l'aquifère rocheux. Cet aquifère se distingue ainsi des formations aquifères des dépôts meubles qui sont discontinues sur le territoire. Bien que l'aquifère du roc ait un potentiel jugé de faible à moyen pour un approvisionnement municipal, il constitue l'aquifère principalement exploité à l'échelle de la région pour l'alimentation en eau souterraine. Les propriétés hydrauliques de ces [formations rocheuses d'origine sédimentaire \(hyperlien vers la section 3.3 Géologie du roc\)](#) sont contrôlées par le réseau de fractures affectant le roc. Bien que l'on soit en présence d'une importante variété de formations géologiques, les données hydrogéologiques indiquent une certaine continuité latérale et une constance en ce qui concerne les propriétés hydrauliques de ces formations.

L'information sur les dépôts meubles, mise à jour au cours du présent projet², indique la présence, sur une proportion importante du territoire, d'un till de fond ([sédiments glaciaires](#)) ([hyperlien vers la section 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)) peu perméable et d'épaisseur variable. Ce till influence d'une façon significative le confinement de l'aquifère du roc et affecte le lien hydraulique avec les dépôts meubles sus-jacents à l'échelle régionale. Toutefois, certains dépôts, principalement ceux situés dans l'axe des vallées principales, peuvent être plus étroitement associés à l'aquifère régional du roc. Ces dépôts sont composés d'horizons plus perméables ([sédiments alluviaux, fluvioglaciaires et marins littoraux](#)) ([hyperlien vers la section 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire](#)) qui, lorsqu'ils présentent des épaisseurs saturées de plusieurs mètres, peuvent également jouer un rôle significatif dans l'approvisionnement en eau souterraine.

¹ Le texte est inspiré de : Tecsub (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière-Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Étude réalisée dans le cadre du *Projet eaux souterraines de la Chaudière*.

² Caron, O., Lamothe, M., Tremblay, T. (2007) Géologie des formations superficielles du bassin versant de la rivière Chaudière, Québec, Université du Québec à Montréal, 21L11, 21L10, 21L09, 21L06, 21L07, 21L08, 21L03, 21L02, 21L01, 21E14, 21E15, 21E16, 21E11, 21E10, 21E06, 21E07, 1 : 100 000, 3 cartes.

Les caractéristiques de l'aquifère rocheux font en sorte qu'il est identifié comme étant l'unité principale de l'aquifère régional (unité 1). Les horizons perméables des dépôts meubles composés de [sédiments alluviaux, fluvioglaciaux et marins littoraux \(hyperlien vers la section 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire\)](#) (dépôts sableux) sont ici considérés comme l'unité 2 de l'aquifère régional. Ceux-ci sont, par secteur, en lien hydraulique avec l'aquifère du roc.

Contextes hydrogéologiques de l'aquifère régional

Une fois identifié et défini par ses propriétés hydrogéologiques, l'aquifère régional est caractérisé en faisant appel au concept de confinement physique de la formation aquifère qui, lui, est fonction de la nature et de l'épaisseur des formations sus-jacentes.

Qu'est-ce que le confinement d'un aquifère ?

Une couche de confinement est une unité géologique peu perméable et sus-jacente à l'aquifère qui restreint la percolation de l'eau vers et à partir de l'aquifère. Le degré de confinement d'un aquifère correspond à l'importance relative du taux d'échange de l'eau via les couches de confinement. Un aquifère est dit captif lorsqu'il est recouvert par une couche de confinement et complètement saturé en eau (sous pression).

L'interprétation du degré de confinement de l'aquifère régional est effectuée en tenant compte de la nature et de l'épaisseur de tous les horizons de dépôts meubles. Ainsi, les conditions de confinement de l'aquifère régional sont définies selon les trois classes suivantes :





- **condition non confinée** : caractérisée par des dépôts de couverture mince (< 1 mètre) ou par des formations sus-jacentes perméables de dépôts sableux (unité 2);
- **condition confinée** : caractérisée par des formations sus-jacentes épaisses et peu perméables (till > 5 mètres et/ou argile > 2 mètres);
- **condition semi-confinée** : caractérisée par des formations sus-jacentes minces peu perméables (till < 5 mètres et/ou argile < 2 mètres).

Généralement, les secteurs où l'aquifère est non confiné constituent soit des zones de recharge, soit des zones de résurgence. L'eau peut également percoler à travers des dépôts peu perméables lorsqu'ils sont relativement minces et même en grande quantité si leur superficie est importante. Cette situation est appelée semi-confinante. Les zones confinantes sont quant à elles caractérisées par des épaisseurs importantes de dépôts très peu perméables.

Influence des contextes hydrogéologiques sur l'écoulement (figure 1)

L'unité 1 (roc) de l'aquifère régional est généralement **non confinée** dans les secteurs situés près des sommets **A** et où les dépôts sont minces **B**. Cette même unité peut être **semi-confinée** ou **confinée C**, suivant l'épaisseur des dépôts peu perméables (till et argile) qui le recouvrent. L'écoulement à travers l'unité 1 est surtout local et parcourt de faibles distances partant des zones de recharge vers les rivières les plus proches **a1 et a2** (zones de résurgence). L'écoulement plus régional est négligeable en raison de sa perméabilité relativement faible. Généralement, l'écoulement dans le roc se fait principalement dans la partie supérieure de l'aquifère où les fractures sont plus denses.

L'unité 2 (dépôts sableux) de l'aquifère régional se trouve généralement en bordure des rivières et présente une condition **non confinée D**. L'écoulement est local **d1** et fait rapidement résurgence aux rivières **d2**.

-  Alluvions perméables (dépôts sableux): Unité 2 de l'aquifère régional
-  Dépôts glaciaires (Till)
-  Roche fracturée: Unité 1 de l'aquifère régional
-  Cours d'eau

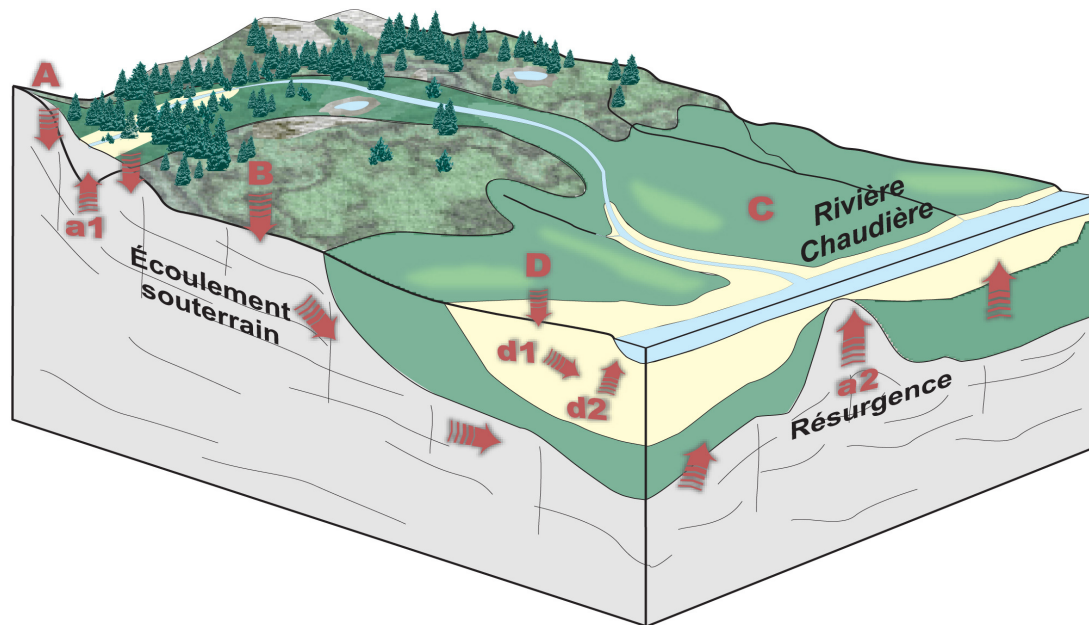


Figure 1 : Influence des contextes hydrogéologiques sur l'écoulement : modèle conceptuel de l'écoulement souterrain

Références cartographiques :

4.2.a et 4.2.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Confinement. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE ET CHARGE HYDRAULIQUE¹

La profondeur de l'eau souterraine dans un aquifère varie dans le temps en fonction des précipitations et des propriétés de l'aquifère (transmissivité). La quantité d'eau provenant des précipitations qui atteint l'aquifère se nomme la [recharge \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#). De manière générale, la profondeur de l'eau souterraine fluctue avec les variations saisonnières des précipitations. Les variations temporelles des niveaux d'eau indiquent des hauteurs maximales au printemps en raison de la fonte des neiges et des pluies printanières. En été, [l'évaporation et l'évapotranspiration \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) des plantes contribuent notamment à diminuer progressivement les niveaux d'eau. Durant l'automne, les niveaux d'eau montent de nouveau compte tenu de l'accroissement des précipitations durant cette période. En raison des diverses conditions hydrogéologiques, ces changements sont variables. Par exemple, la remontée des niveaux d'eau après une pluie est plus rapide et plus importante à proximité des zones de recharge. Les niveaux d'eau peuvent également subir l'influence d'activités [anthropiques²](#) (pompages, fossés agricoles, carrières, etc.) situées à proximité. Par exemple, les pompages ont pour effet de créer un cône de rabattement de la nappe phréatique plus ou moins important autour du puits pompé, ce qui se traduit par une baisse des niveaux d'eau sur une distance donnée. Le rayon d'influence d'un pompage dépend du débit de pompage, de la construction du puits et des conditions hydrogéologiques prévalant à cet endroit (figure 1).

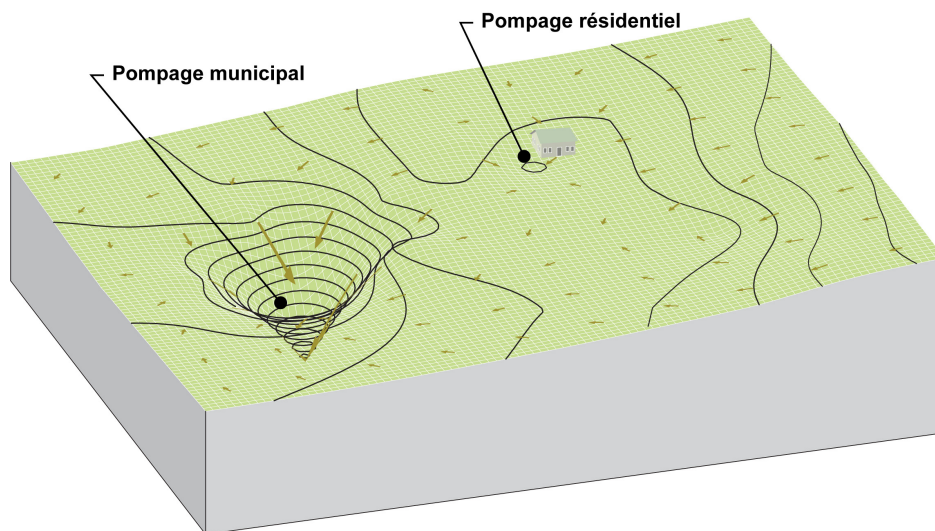


Figure 1 : Effet d'un pompage sur l'écoulement et les niveaux d'eau souterraine

¹ Le texte est inspiré de : TecSult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière-Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Étude réalisée dans le cadre du *Projet eaux souterraines de la Chaudière*.

² Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

Dans le cas d'un aquifère non confiné, les niveaux d'eau souterraine sont en équilibre avec la pression atmosphérique. On dit alors que l'eau est en condition de [nappe libre](#)². Dans ces circonstances, le niveau d'eau mesuré dans un puits correspond au niveau réel dans l'aquifère. À l'opposé, aux endroits où l'aquifère est confiné par la présence d'horizons peu perméables sus-jacents, ces horizons ont pour effet de mettre sous pression la nappe d'eau. On dit alors que l'eau est en condition de [nappe captive](#)². Dans ces circonstances, le niveau d'eau mesuré dans un puits ouvert à l'atmosphère (non scellé) est plus élevé que dans l'aquifère. En effet, comme le puits constitue un trou dans l'horizon imperméable, à cet endroit l'eau peut s'élever jusqu'à un niveau d'équilibre avec la pression atmosphérique. Dans le cas où l'eau du puits s'élève au-dessus de la surface du sol, on dit que le puits est en condition artésienne ou encore qu'il s'agit d'un « puits artésien ».

Qu'est-ce que la piézométrie ?

Le niveau atteint par l'eau dans un puits est appelé le niveau piézométrique ou, encore, lorsque converti en élévation, la charge hydraulique. La mesure des niveaux d'eau est appelée la piézométrie; elle est utilisée par les hydrogéologues pour comprendre l'écoulement de l'eau souterraine dans une région donnée. Si on pouvait connaître le niveau piézométrique en tous points d'une nappe d'eau souterraine, la surface imaginaire qui relierait tous les niveaux s'appellerait la surface piézométrique. La carte piézométrique est une représentation graphique, à un moment donné, de cette surface piézométrique. Cette représentation permet de déterminer les directions d'écoulement de l'eau souterraine.

Données utilisées pour définir la piézométrie de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière

Les données de terrain proviennent de mesures de niveau d'eau recueillies lors d'une campagne de terrain réalisée au cours de l'été 2007³. Ces mesures ont été prises dans deux types de puits : des [puits tubulaires \(hyperlien vers la section 6.4 Protection des puits\)](#), qui atteignent un aquifère au roc, et des [puits de surface \(hyperlien vers la section 6.4 Protection des puits\)](#), qui atteignent un aquifère situé dans les dépôts perméables qui recouvrent l'assise rocheuse.

L'analyse et le traitement des données ont permis de mettre en évidence un lien hydraulique entre le réseau hydrographique (principal) et l'aquifère régional. Ainsi, les niveaux d'eau des rivières principales correspondent au niveau de la nappe régionale.

La carte piézométrique régionale du bassin de la rivière Chaudière a donc été définie à partir des mesures de niveau d'eau et des données du réseau hydrographique.

³ COBARIC (2007) Campagne d'échantillonnage : mesures de niveau. Fichiers informatiques.

Piézométrie et écoulement de l'eau souterraine

La piézométrie du bassin de la rivière Chaudière est établie sur une période donnée, à partir de plusieurs niveaux d'eau mesurés (charges hydrauliques) couvrant le secteur étudié. Par analogie, la piézométrie est construite de la même façon qu'est produite la [topographie](#)² d'un terrain. Pour produire une carte piézométrique, il s'agit de réunir sur une carte les charges hydrauliques de même valeur par des lignes appelées isopièzes (l'équivalent des courbes topographiques pour l'élévation du sol). Lorsque la quantité d'information est suffisante, la piézométrie est établie de manière automatique par interpolation mathématique.

La définition de la piézométrie de l'aquifère régional du bassin versant de la rivière Chaudière a pour but principal de comprendre le régime d'écoulement régional de l'eau souterraine circulant dans ce bassin.

De manière générale, l'eau souterraine à l'intérieur d'un bassin versant s'écoule des hautes terres vers la vallée. Toutefois, les propriétés hydrogéologiques des aquifères influencent les taux et les directions d'écoulement de l'eau souterraine. Dans les dépôts meubles, la circulation de l'eau souterraine est essentiellement contrôlée par la nature et l'épaisseur des matériaux (définissant la [porosité primaire](#)⁴) alors que, pour le roc, c'est la nature des ouvertures et des fractures ainsi que leur degré d'interconnexion (définissant la [porosité secondaire](#)) qui contrôlent la circulation de l'eau.

L'écoulement de l'eau souterraine est dicté par le gradient hydraulique. Ce dernier correspond à la pente de la surface piézométrique. La direction d'écoulement va d'une charge hydraulique élevée vers une charge moindre. Sur une carte piézométrique, plus les isopièzes sont rapprochées, plus le gradient hydraulique est élevé.

⁴ Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.

Écoulement de l'eau souterraine dans la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière

Du point de vue écoulement, l'analyse de la piézométrie de l'aquifère régional du bassin versant de la rivière Chaudière indique une étroite relation entre le profil de cette piézométrie et le profil topographique. Les faibles profondeurs de niveau d'eau de l'aquifère du roc et la faiblesse relative de la perméabilité de cet aquifère par rapport aux dépôts meubles sus-jacents font en sorte que, localement, l'écoulement de la nappe régionale est principalement influencé par les dépressions topographiques et surtout par le réseau hydrographique (cartes 4.3.a et 4.3.b). Toutefois, lorsque visualisée à l'échelle régionale, l'influence des cours d'eau et des dépressions de moindre importance n'est pas perceptible et le profil piézométrique montre alors un écoulement apparent de l'aquifère du roc plus régional et s'effectuant en direction des vallées principales.

La piézométrie régionale de la **Basse-Chaudière** (carte 4.3.a) se distingue nettement de celle de la **Moyenne-Chaudière** (carte 4.3.b). Les différences sont principalement causées par le relief différent de ces deux secteurs du bassin versant, le relief de la **Basse-Chaudière** étant beaucoup moins accidenté que celui de la **Moyenne-Chaudière**. À titre de comparaison, soulignons qu'aux environs du mont Sainte-Marguerite, un des rares secteurs de la **Basse-Chaudière** montrant une topographie accidentée, la piézométrie présente des gradients hydrauliques élevés et des directions d'écoulement similaires à celles observées dans la **Moyenne-Chaudière** (soit vers les rivières). Dans les faits, l'écoulement est davantage influencé par le réseau hydrographique, et ce, particulièrement en région à topographie plus accidentée.

Modèle conceptuel

L'analyse de l'ensemble des données géologiques et hydrogéologiques a permis d'établir un modèle conceptuel d'écoulement souterrain pour la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière.

Ce modèle indique que l'écoulement régional dans le roc est négligeable (**A**). L'écoulement au roc est donc généralement contrôlé par les rivières principales (**B**) et par les vallées majeures (**C** et **E**). Le niveau d'eau des rivières en lien hydraulique avec l'aquifère correspond à des zones de résurgence. Il est à noter que les cours d'eau mineurs ou ceux situés près des sommets ne sont généralement pas en lien hydraulique avec l'aquifère régional (**D**) (figure 2).

À l'échelle locale (**E**), les dépôts qui se trouvent dans les vallées majeures, constitués généralement de matériaux plus perméables, représentent de bons aquifères. Ces aquifères sont parfois en lien hydraulique avec l'aquifère du roc et leurs eaux respectives font toutes deux résurgence aux rivières (figure 3).

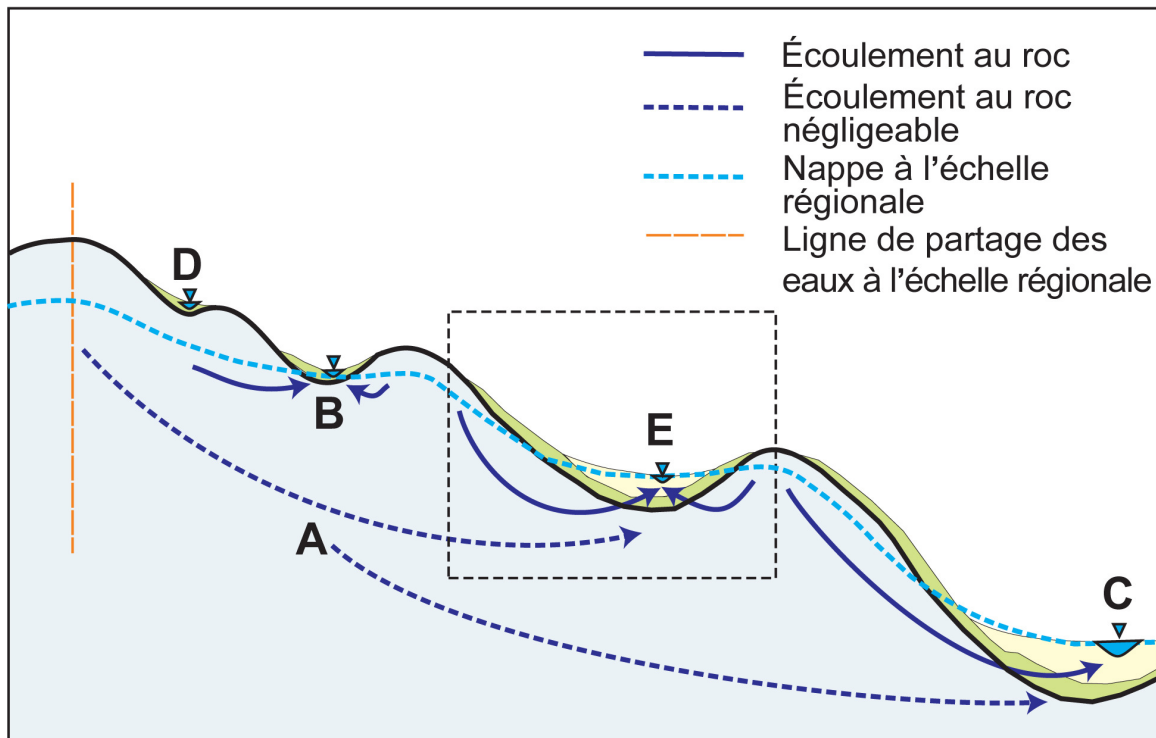


Figure 2 : Modèle conceptuel de l'écoulement souterrain à l'échelle régionale

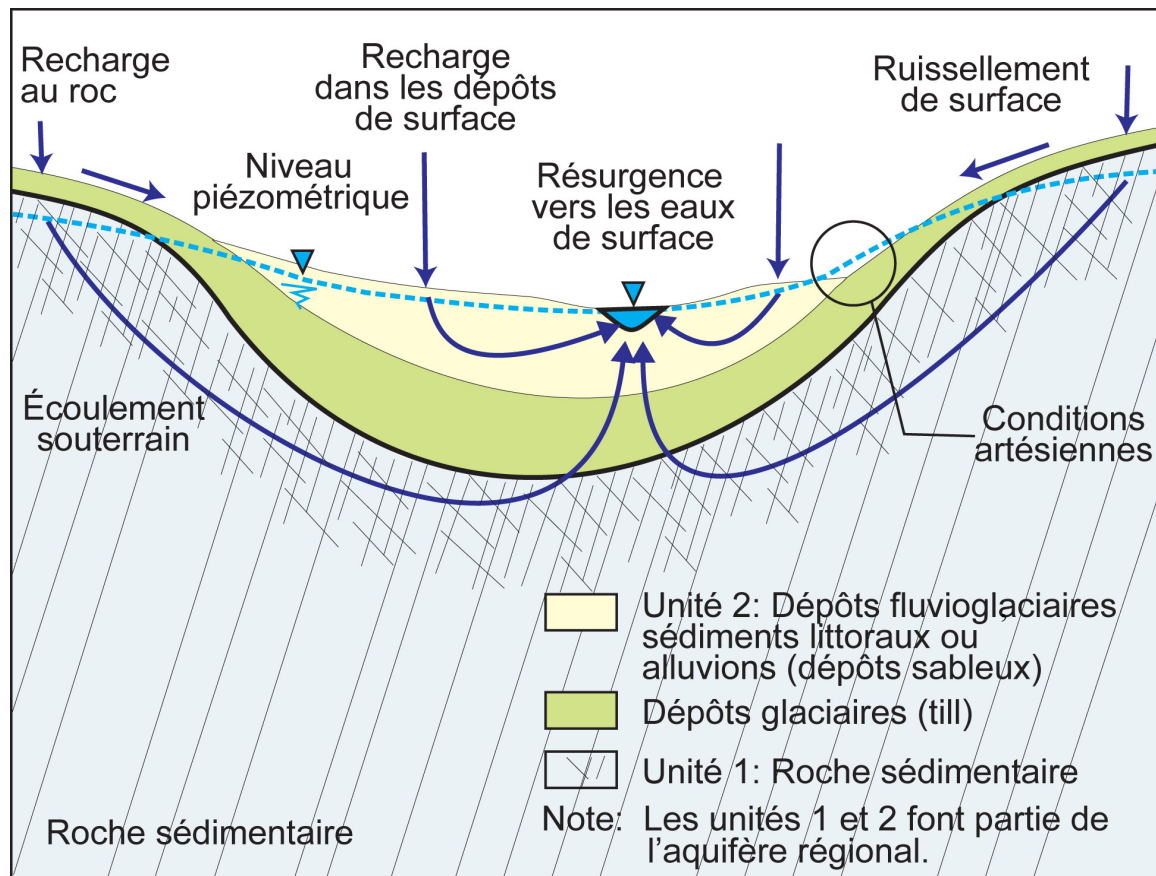


Figure 3 : Modèle conceptuel de l'écoulement souterrain à l'échelle locale (vue agrandie de la section en pointillé de la figure 2)

Lexique :

NAPPE LIBRE

Nappe d'eau souterraine, généralement située près de la surface, qui présente une surface libre, c'est-à-dire dont le niveau peut fluctuer au gré de la recharge de la nappe et de son écoulement.

NAPPE CAPTIVE

Nappe d'eau souterraine qui ne présente pas de surface libre et qui est soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique. L'épaisseur d'une nappe captive est constante.

ANTHROPIQUE

Se dit des phénomènes qui sont provoqués ou entretenus par l'action consciente ou inconsciente de l'homme.

TOPOGRAPHIE

Configuration de la surface du terrain.

POROSITÉ PRIMAIRE

La porosité primaire correspond aux espaces intergranulaires dans la matrice (entre les grains et les cristaux).

POROSITÉ SECONDAIRE

La porosité secondaire correspond aux fissures, aux ouvertures entre les lits et aux vides de dissolution.

Références cartographiques :

4.3.a et 4.3.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Écoulement. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Isopièzes. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Piézométrie. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

RECHARGE DE L'AQUIFÈRE RÉGIONAL¹

Recharge de l'aquifère régional²

La recharge correspond à la quantité d'eau qui s'ajoute à l'aquifère (ou qui atteint la [zone saturée \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) sur une base annuelle et qui 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 une utilisation durable.

Dans le bassin versant de la rivière Chaudière, l'aquifère régional est constitué de deux unités principales. Les caractéristiques de l'aquifère du roc, constitué de roche sédimentaire, font en sorte qu'il est identifié comme étant l'unité principale de l'aquifère régional ([unité 1 \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#)). Les horizons perméables des dépôts meubles composés de sédiments alluviaux, fluvioglaciers et marins littoraux (sableux) sont considérés comme [l'unité 2 \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#) de l'aquifère régional.

Distribution de la recharge sur une année

Au Québec, outre les précipitations elles-mêmes, le principal facteur déterminant les périodes de recharge importantes est la température. En effet, cette dernière 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 montent au-dessus de 0 degré Celsius favorise l'infiltration de l'eau accumulée à la surface du sol sous forme de neige durant l'hiver. En automne, la hausse de la recharge est liée à la diminution du couvert végétal 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 en automne. Une telle distribution est typique des conditions climatiques observées au Québec (figure 1).

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.

¹ Le texte est inspiré de : TecSult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière-Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Étude réalisée dans le cadre du *Projet eaux souterraines de la Chaudière*.

² La majeure partie de ce paragraphe est inspirée de Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.

"
"

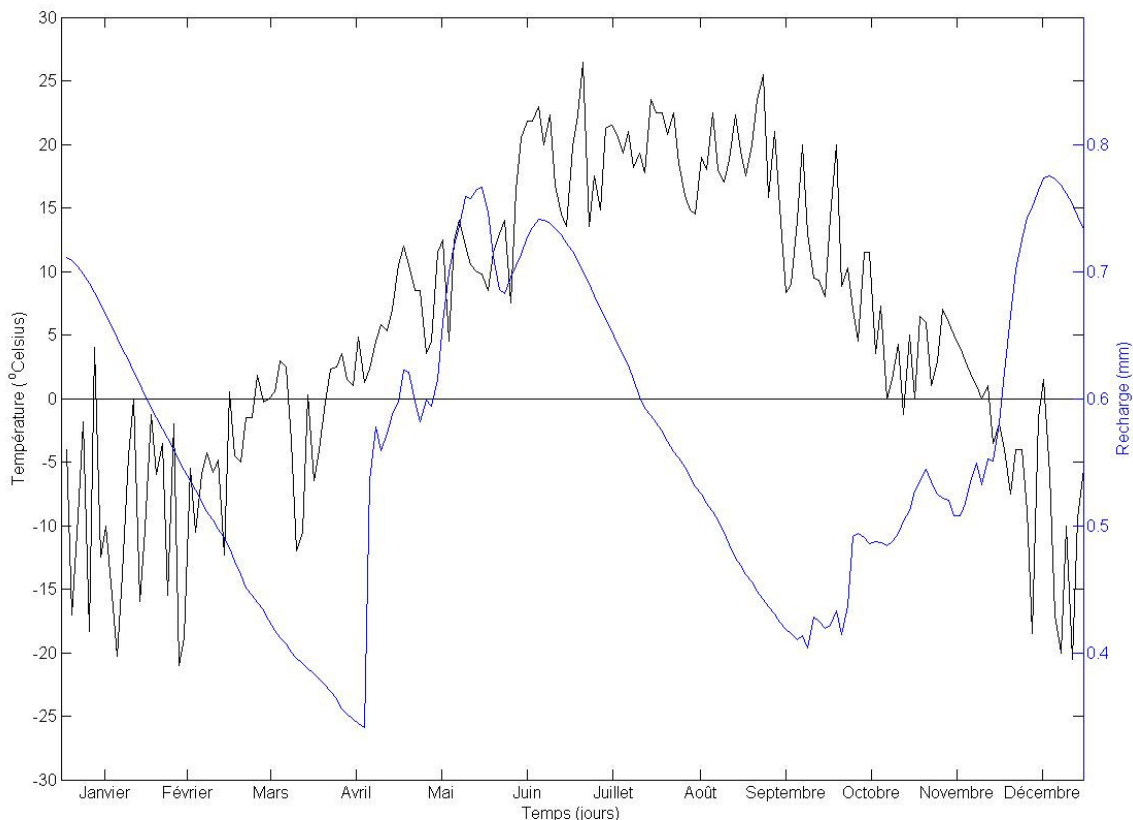


Figure 1 : Distribution temporelle de la recharge pour l'année 1983³

Note : L'année 1983 a été choisie parce qu'elle représente une année typique en terme de précipitations. Les résultats annuels peuvent être obtenus en faisant la somme des résultats journaliers. Malgré des températures journalières inférieures à 0 °C, la recharge des aquifères se poursuit en raison du déplacement relativement lent de l'eau déjà infiltrée (retard).

Circulation des eaux : [bilan hydrologique \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) (figure2)

La [précipitation \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) **A** (1 102 mm/an), sous forme de pluie ou de neige, est la source principale d'apport en eau dans les aquifères. Une grande partie de ces précipitations est interceptée par les plantes ou s'évapore simplement à la surface du sol; ce phénomène se nomme l'[évapotranspiration \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) **B** (497 mm/an). Le [ruissellement de surface \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) **C** (293 mm/an) survient lorsque la capacité d'absorption du sol est dépassée. L'eau ne peut donc plus s'infiltrer dans le sol et elle s'écoule en surface. L'eau qui s'infiltrer dans le sol et qui atteint la [zone saturée \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) permet la [recharge \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#) **D**, laquelle correspond à l'eau qui atteint le premier aquifère rencontré, soit l'unité 1 (63 mm/an) ou l'unité 2 (247

³ Environnement Canada (2004) Canadian Daily Climate Data (CDCD) : http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/prods_servs/cdcd_iso_e.html.

mm/an). Cette eau peut ensuite circuler horizontalement jusqu'à ce qu'elle fasse *résurgence* ([hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau](#)) à la surface ou s'infiltrer plus bas vers des aquifères plus profonds. Une faible partie de la précipitation est retenue sous forme d'**emmagasinement E** (2 mm/an) dans l'aquifère. L'évapotranspiration, le ruissellement de surface et la recharge dépendent tous du climat, de la pente du terrain, du couvert végétal, des propriétés physiques du sol et de l'occupation du territoire. Une fois infiltrée, le parcours de l'eau souterraine dépend surtout des formations géologiques rencontrées et de leurs propriétés hydrogéologiques. Ultimement, l'eau souterraine fait *résurgence* ([hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau](#)) aux **rivières F** et une petite fraction de celle-ci est captée par le **pompage** ([hyperlien vers la section 4.5 Utilisation de l'eau souterraine](#)) **G**.

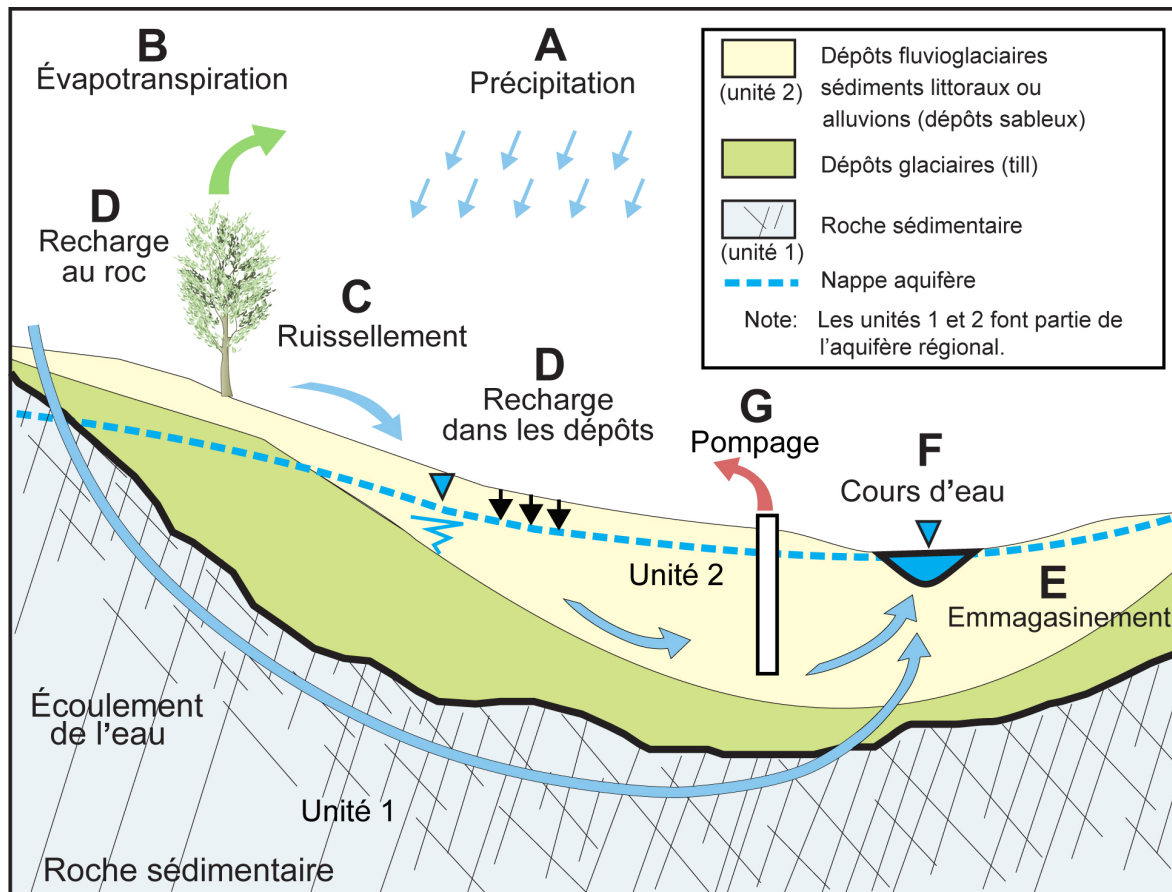


Figure 2 : Circulation des eaux (bilan hydrologique)

La contribution de l'eau souterraine aux rivières favorise la préservation de la qualité de l'eau de ces rivières. Ainsi, comme l'eau souterraine se situe à des températures fraîches, oscillant autour de 8 °C, la résurgence des nappes contribue à garder l'eau des rivières fraîche. Cette situation est généralement favorable au milieu aquatique, notamment pour la fraye des poissons.

Distribution de la recharge sur le bassin versant (cartes 4.4.a et 4.4.b)

De façon générale, les principaux facteurs affectant la recharge sont le [climat \(hyperlien vers la section 3.5 Climat\)](#), la [géologie \(hyperlien vers la section 3.3 Géologie du roc\)](#), la topographie, les propriétés physiques des sols et le couvert végétal. Comme ces facteurs varient d'un endroit à l'autre, la recharge n'est pas uniforme sur l'ensemble d'un bassin versant.

Dans le cas du bassin versant de la rivière Chaudière, l'aquifère régional consiste en deux unités superposées. La recharge est alors définie comme la quantité d'eau qui s'infiltré dans la première unité aquifère rencontrée, soit [l'unité 1 \(roc\)](#) ou [l'unité 2 \(dépôts perméables\) \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#) de l'aquifère régional. 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 où le taux de recharge est le plus élevé se trouvent dans l'unité 2 de l'aquifère régional. Cette unité, composée de sédiments alluviaux, fluvioglaciers et marins littoraux, contient principalement des matériaux sableux perméables. Pour l'unité 1 de l'aquifère régional, la recharge est de moindre importance. Les dépôts glaciaires (till sus-jacent au roc), relativement peu perméables et omniprésents dans la région, réduisent d'abord la percolation verticale vers l'aquifère du roc, également peu perméable, et, compte tenu de sa faible capacité d'emmagasinement, la recharge demeure faible lorsque le roc affleure. Sur l'ensemble de l'unité 1, la recharge est relativement faible et varie peu, correspondant à environ 6% des précipitations. De manière générale, le taux de recharge de l'aquifère du roc est plus faible aux endroits où le roc est affleurant et où les dépôts meubles sont minces (<1 m). Compte tenu de leur faible capacité d'emmagasinement de l'eau et de leur topographie relativement accidentée, ces secteurs sont donc sujets à un fort ruissellement de surface. De façon opposée, la recharge est plus élevée dans les secteurs où les dépôts de surface sont plus importants. Ces derniers permettent un emmagasinement plus important de l'eau, qui recharge lentement l'aquifère du roc; ces dépôts de surface agissent comme un réservoir.

La diversité des paramètres influençant la recharge dans la région fait en sorte que la recharge annuelle moyenne (calculée pour la période de 1975 à 2002) varie de 0 à 495 mm/an d'un endroit à l'autre dans le bassin versant. Plus précisément, le taux de recharge annuel moyen de **Basse-Chaudière** est d'environ 24% plus élevé que celui de la **Moyenne-Chaudière**. Ceci s'explique principalement par la proportion plus importante de l'unité 2 (très perméable) à l'intérieur de la **Basse-Chaudière**. La carte de la distribution de la recharge indique que certaines municipalités se trouvent dans des secteurs favorables à l'infiltration d'eau vers l'aquifère régional (zone de recharge). C'est le cas notamment de certaines agglomérations situées à l'intérieur de la **Basse-Chaudière** (carte 4.4.a) dont Scott, Saint-Bernard, Saint-Lambert-de-Lauzon et de quelques autres municipalités localisées sur le territoire de la **Moyenne-Chaudière** (carte 4.4.b) dont Sainte-Marie, Vallée-Jonction et Saint-Joseph-de-Beauce.

Impact des changements climatiques sur la recharge

Pour connaître l'impact possible des changements climatiques, une des méthodes possibles consiste à simuler la recharge pour des conditions climatiques extrêmes qui ont déjà été observées par le passé dans le bassin versant, tout en conservant les caractéristiques physiques qui contrôlent l'écoulement des eaux souterraines du secteur étudié. Si la précision des données le permet (échelle du bassin), il est aussi possible d'utiliser des modèles de prévision des conditions climatiques futures.

Par exemple, pour simuler une période de sécheresse extrême, la recharge est calculée pour l'année la plus sèche (1977). Dans cette simulation, la précipitation est de 865 mm, ce qui équivaut à une baisse de 22% par rapport à la précipitation moyenne de 1 102 mm. La recharge moyenne est alors de 52 mm, soit une baisse de 29% par rapport à la recharge moyenne de la région de 81 mm pour la région. La diminution de la recharge, en termes de proportion, est plus importante que celle des précipitations. On peut ainsi conclure que le renouvellement de l'eau souterraine est plus sensible que les précipitations à une période prolongée de sécheresse (cartes 4.4.c et 4.4.d).

De la même façon, un scénario humide peut être simulé en utilisant les conditions climatiques de l'année la plus humide (1990). Dans cette simulation, la précipitation est de 1 430 mm, ce qui représente une hausse de 30% par rapport à la précipitation moyenne de 1 102 mm. La recharge moyenne est de 103 mm, soit une hausse de 22% par rapport à la recharge moyenne de 81 mm pour la région. La variation de la recharge est moins importante dans ce cas-ci que dans la simulation d'une période de sécheresse, et ce, même si l'écart des précipitations est plus important. Ce sont alors les autres composantes du bilan hydrologique, en particulier l'évapotranspiration et le ruissellement de surface, qui sont plus affectées à la hausse (cartes 4.4.e et 4.4.f).

Enfin, ce qui est encore plus important que la valeur de la recharge simulée lors de ces deux scénarios de changements climatiques extrêmes, c'est la sensibilité de la capacité de recharge des aquifères. De manière générale, les aquifères de dépôts meubles (unité 2 de l'aquifère régional) sont les plus sensibles aux changements climatiques. Plus ces dépôts sont perméables, plus la recharge de l'aquifère régional est affectée par les conditions extrêmes. Donc dans ce cas, il est crucial de protéger les aquifères granulaires qui sont très sensibles à une variation des précipitations.

Mise en garde :

Les données présentées constituent les résultats de l'estimation de la recharge de l'aquifère régional à partir d'une méthode basée sur le bilan hydrologique. Les paramètres du bilan hydrologique (évapotranspiration, ruissellement de surface, ruissellement hypodermique et recharge) sont estimés à partir du logiciel HELP (développé par la U.S. Environmental Protection Agency et modifié pour cette étude par la Commission géologique du Canada). Celui-ci est relié à un système d'information géographique (SIG) afin d'intégrer la référence spatiale des variables estimées. Le secteur étudié est divisé en 57 922 mailles de 250 m x 250 m. Les données climatiques journalières, les propriétés physiques des sols, le drainage vertical et horizontal, l'occupation du sol et la couverture végétale sont utilisés pour caractériser chacune des mailles. Les paramètres du bilan sont calés sur le bassin versant de la rivière Beaurivage à partir de la séparation d'hydrogrammes de rivières (de 1975 à 2002). Les estimations présentées utilisent les données météorologiques et les mesures de débit de rivières disponibles pour la période de 1975 à 2002 et excluent les prélèvements d'eau.

Références cartographiques :

4.4.a et 4.4.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Distribution de la recharge. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

4.4.c et 4.4.d

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Distribution de la recharge en cas de sécheresse extrême. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

4.4.e et 4.4.f

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Distribution de la recharge en cas de précipitations extrêmes. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Les usages et les utilisateurs de l'eau souterraine sont multiples. En raison de la quasi-absence de compteurs d'eau dans la région, les quantités d'eau utilisées ne sont pas connues précisément. Néanmoins, il est possible de dresser un portrait 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 année¹. Ainsi, en identifiant les usages associés à un captage d'eau souterraine, il est possible d'estimer la quantité d'eau souterraine extraite.

Mise en garde :

Les données présentées ont été recueillies dans le but d'estimer l'impact des prélèvements d'eau souterraine sur le [bilan hydrologique régional \(hyperlien vers la section 4.6 Bilan hydrogéologique\)](#). En raison de la quasi-absence de compteurs d'eau dans la région, les utilisateurs ont été répertoriés à partir de contacts téléphoniques, de communications personnelles et de banques de données. Comme tout inventaire de ce type, les renseignements présentés ici ne sont pas rigoureusement exacts. Toutefois, la quantité de renseignements recueillis permet d'affirmer qu'il s'agit d'une estimation réaliste de l'utilisation de l'eau souterraine.

Différents utilisateurs de l'eau souterraine

À des fins d'estimation, les usages associés à un captage peuvent être estimés en fonction du propriétaire du captage. Pour les besoins de cet atlas, les propriétaires de captages ont été divisés en quatre groupes d'utilisateurs soit les particuliers, les entreprises agricoles, les commerces et industries et les municipalités (carte 4.5) :

Particuliers :

Les particuliers qui s'approvisionnent en eau à partir d'un captage privé en font majoritairement un usage strictement domestique (personnel). Pour estimer la consommation d'eau souterraine par les particuliers, il a été considéré que, pour une municipalité donnée, le nombre de personnes desservies par un puits privé correspondait à la différence entre la population totale et le nombre de personnes desservies par le réseau d'aqueduc. Pour les municipalités qui ne sont pas totalement incluses dans le territoire étudié, le nombre de personnes desservies par un puits privé a été multiplié par le pourcentage de la municipalité inclus dans le territoire étudié (tableau 1). Selon les estimations, 38% de la population de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière dépend d'un captage privé pour l'approvisionnement en eau, soit environ 53 600 personnes.

¹ Québec. Ministère de l'Environnement du Québec (2003) Le Puits.

Entreprises agricoles :

L'évaluation de la consommation en eau souterraine par le milieu agricole a été estimée à partir des productions animales et végétales des 1 934 entreprises agricoles répertoriées dans les deux secteurs étudiés². Pour des fins de calcul, il a été considéré que 100% de ces entreprises agricoles s'alimentent à partir d'un captage privé, bien qu'il y en ait quelques-unes qui s'alimentent à partir d'un réseau d'aqueduc. En ce qui concerne les productions animales, divers tableaux de référence sur la consommation d'eau par catégorie et type d'animaux ont servi à calculer une consommation annuelle par ferme. Par ailleurs, une consommation en eau pour le lavage et l'assainissement des bâtiments et des équipements a été prévue dans le cas de certaines productions animales.

En ce qui a trait aux productions végétales, l'eau souterraine est principalement utilisée pour l'irrigation. Après consultations auprès des spécialistes de la région, les productions végétales à irriguer ont été identifiées. D'après leur expérience et les références disponibles, les besoins en eau, les périodes d'irrigation ainsi que les pourcentages des superficies en culture à irriguer ont été déterminés pour évaluer le volume d'eau utilisé annuellement par exploitation agricole.

La somme de chacune des consommations annuelles (animale et végétale) réparties sur le territoire a permis d'évaluer la consommation totale par secteur et sous-bassin (tableau 1).

Commerces et industries :

Les usages associés aux captages d'eau souterraine appartenant à des commerces ou des industries sont évidemment très spécifiques aux activités du commerce ou de l'industrie en question. Il n'existe présentement aucune réglementation qui oblige les commerces et les industries à tenir un registre de leur consommation d'eau³. Par conséquent, l'estimation de la quantité d'eau utilisée par les secteurs commercial et industriel n'a pas été possible.

² Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches. « Productions agricoles dans le bassin versant de la rivière Chaudière » In *GIRMA : Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole*, 2006.

³ Toutefois, en vertu du *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (R.Q. c. Q-2, r.1.3), une autorisation du MDDEP est requise, depuis juin 2003, pour :

1. les projets de captage d'eau souterraine d'une capacité moindre que 75 m³ par jour destinée à alimenter plus de 20 personnes;
2. les projets de captage d'eau souterraine destinée à être distribuée ou vendue comme eau de source ou eau minérale ou à être un ingrédient de fabrication, de conservation ou de traitement annoncé comme eau de source ou eau minérale sur un produit au sens de la Loi sur les produits alimentaires;
3. les projets de captage d'eau souterraine d'une capacité de 75 m³ ou plus par jour ou qui porteront la capacité à plus de 75 m³ par jour.

Tous les autres projets de captage d'eau souterraine nécessitent un permis municipal.

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 plupart des utilisateurs reliés à un système d'aqueduc en font un usage domestique, et qu'une minorité seulement en fait un usage commercial, industriel ou agricole. Pour estimer la consommation d'eau souterraine par le secteur municipal, il a été considéré que, pour une municipalité donnée, la quantité d'eau consommée correspondait à la quantité d'eau utilisée pour approvisionner le réseau d'aqueduc. Lorsqu'un ou des ouvrages de captage d'une municipalité n'étaient pas situés sur le territoire étudié, l'eau souterraine pompée par ces puits n'était pas prise en considération dans le calcul. Selon les estimations, 31% de la population de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière serait reliée à un système d'aqueduc municipal captant l'eau souterraine, soit environ 43 700 personnes.

Tableau 1 : Estimation des quantités d'eau souterraine utilisées pour des usages municipaux, privés et agricoles par sous-bassin

Sous-bassin de la rivière Chaudière	Municipalités	Particuliers	Entreprises agricoles	Total par sous- bassin
	Mm ³ /an ¹	Mm ³ /an ¹	Mm ³ /an ¹	Mm ³ /an ¹
Rivière Beaurivage	0,99	0,93	1,20	3,12
Bras Saint-Victor	1,29	0,62	1,20	3,11
Rivière Famine	0,71	0,70	0,32	1,73
Rivière Chaudière (divisée en secteurs)				
-Secteur de la Basse- Chaudière	0,36	1,10	0,76	2,22
-Secteur de la Moyenne- Chaudière	2,67	1,55	1,29	5,51
Total	6,02	4,9	4,77	15,69

¹ 1 Mm³ = 1 000 000 m³ = 1 million de mètres cubes

Références cartographiques :

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse de l'utilisation de l'eau souterraine par les municipalités et les particuliers. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Lemelin, D. et Beaudoin, É. (en préparation) Estimation de la quantité d'eau souterraine utilisée à des fins agricoles dans les secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Chaudière-Appalaches, Sainte-Marie, Fichiers numériques, données ponctuelles.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse des schémas d'aménagement des MRC de Beauce-Sartigan, L'Amiante, La Nouvelle-Beauce, Les Etchemins, Lotbinière, Robert-Cliche et de la ville de Lévis : puits municipaux. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, échelles multiples.

BILAN HYDROGÉOLOGIQUE GLOBAL

Le bilan hydrogéologique d'un aquifère fait référence à [toutes les composantes d'entrée et de sortie relatives à l'eau souterraine \(hyperlien vers la section 4.1 Cycle de l'eau\)](#), notamment la recharge provenant des précipitations, les résurgences vers les eaux de surface et l'utilisation humaine de l'eau souterraine. Le bilan hydrogéologique se fait sur une base annuelle et ses composantes sont exprimées en unités de volume (millions de mètres cubes – Mm³) ou en hauteur d'une lame d'eau uniforme couvrant un territoire donné (millimètres – mm). La somme de toutes les composantes qui entrent dans l'aquifère devrait être approximativement égale à la somme de celles qui le quittent. Les petites différences observées d'une année à l'autre représentent la variation de la quantité d'eau emmagasinée dans l'aquifère.

Nous avons vu que l'aquifère régional est constitué de deux unités principales : [l'aquifère du roc \(unité 1\) \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#), omniprésent dans la zone étudiée, et [l'aquifère de dépôts meubles \(unité 2\)](#), composé de sédiments alluviaux, fluvioglaciaires et marins littoraux (sable) [\(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#). L'eau souterraine est emmagasinée et s'écoule dans [les fissures de l'unité rocheuse et dans les pores des dépôts meubles \(hyperlien vers la section 4.3 Niveau d'eau souterraine\)](#). En connaissant le volume des deux unités et en supposant une porosité (fissuration) moyenne, il est possible d'estimer la quantité d'eau emmagasinée dans l'aquifère régional.

Pour l'aquifère du roc (unité 1), en supposant une épaisseur moyenne exploitable de 100 mètres et une fissuration moyenne de 1%, la quantité d'eau emmagasinée serait de 3 620 Mm³ pour l'ensemble des secteurs étudiés. L'épaisseur moyenne exploitable est estimée d'après les profondeurs des puits répertoriés dans la région. Au-delà de cette profondeur, l'exploitation de l'eau souterraine est moins intéressante. En effet, avec la profondeur, la [transmissivité du roc \(hyperlien vers la section 4.3 Niveau d'eau souterraine\)](#) diminue car les fissures sont plus fermées et colmatées, en partie à cause du poids des roches des couches supérieures. De plus, la charge en composés chimiques augmente, ce qui diminue la [qualité de l'eau \(hyperlien vers la section 5.1, Analyse de la qualité de l'eau\)](#). Enfin, plus un puits est profond, plus les coûts d'installation et d'exploitation (pompage) sont élevés.

Quant au volume de l'aquifère de dépôts meubles (unité 2), il est estimé à 6 080 Mm³ d'après les travaux réalisés par l'UQÀM¹. En supposant une porosité moyenne de 20%, le volume d'eau emmagasiné serait de 1 215 Mm³ d'eau. La quantité totale de l'eau emmagasinée dans les deux unités aquifères est donc évaluée à 4 835 Mm³ (figure 1).

¹ Caron, O., Tremblay, T., Lamothe, M. (2008) Synthèse et modèle cartographique 3D des dépôts quaternaires de la basse et moyenne Chaudière, Québec : Rapport final : Une contribution de l'UQÀM au projet Chaudière. UQÀM. Réalisée pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.

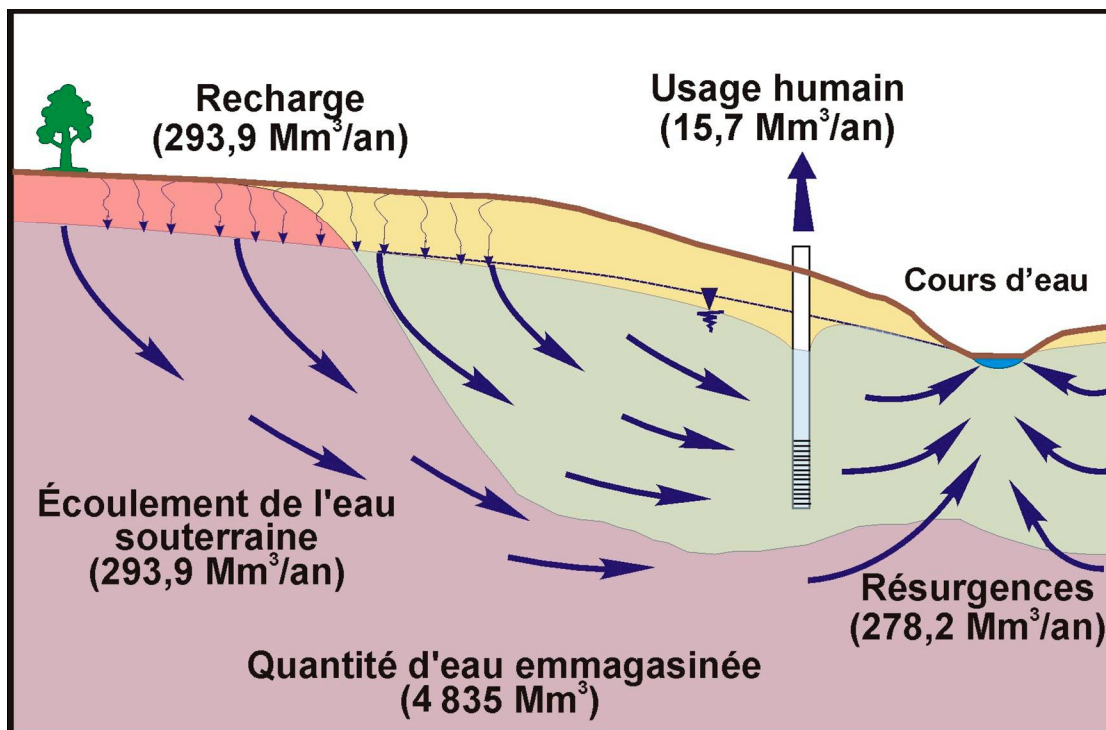


Figure 1 : Bilan hydrogéologique global

L'eau emmagasinée dans un aquifère est renouvelée constamment par la [recharge](#) ([hyperlien vers la section 4.4 Recharge](#)). La recharge moyenne pour la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière a été estimée à [81 mm/an](#), ce qui, pour une superficie de 3 620 km², représente 293,9 Mm³/an ([hyperlien vers la section 4.4 Recharge](#)) (figure 1). On peut en conclure que, chaque année, environ 6% de l'eau emmagasinée dans l'aquifère régional est renouvelée. Cette quantité d'eau qui circule à travers l'aquifère depuis les zones de recharge vers les zones de résurgence constitue l'écoulement souterrain. La quantité d'eau souterraine retirée de l'aquifère pour l'usage humain est estimée à [15,7 Mm³](#) ([hyperlien vers la section 4.5 Utilisation de l'eau souterraine](#)). Cette quantité représente 5,3% de la recharge ou seulement 0,3% de l'eau emmagasinée. En supposant que l'eau extraite ne revient plus à l'aquifère, les résurgences vers les eaux de surface (cours d'eau, lacs, etc.) équivalent à 278,2 Mm³/an. Ces chiffres représentent des moyennes sur toute l'étendue du territoire. Localement, les prélèvements d'eau souterraine peuvent être beaucoup plus importants.

VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE RÉGIONAL À LA CONTAMINATION¹²

Pourquoi cartographier la vulnérabilité à l'échelle régionale ?

La cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale permet de cibler les zones sensibles de l'aquifère et de mieux localiser les [activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau souterraine \(hyperlien vers la section 6.2 Gestion du territoire\)](#).

La protection d'un aquifère régional aussi étendu que celui du bassin versant de la rivière Chaudière constitue un défi de taille, surtout en territoire habité. Toutefois, l'effort à fournir pour protéger l'aquifère n'est pas le même partout. En effet, suivant les variations de la topographie, de la [pédologie³](#) 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 en surface \(hyperlien vers la section 6.2 Gestion du territoire\)](#).

Risque ou vulnérabilité ?

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

La **vulnérabilité** 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.

Méthode DRASTIC

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

¹ La majeure partie du texte est tirée de Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.

² Le texte est inspiré de : Tecslut (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière-Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière. Étude réalisée dans le cadre du *Projet eaux souterraines de la Chaudière*.

³ Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> .

Cette méthode évalue la vulnérabilité d'un aquifère à la contamination à partir de sept paramètres : la **profondeur de l'eau**, la [recharge \(hyperlien vers la section 4.4 Recharge\)](#), la [nature géologique de l'aquifère \(hyperlien vers la section 3.3 Géologie du roc\)](#), la **texture du sol**, la **topographie**, l'**impact de la zone vadose**³ et la **conductivité hydraulique** de l'aquifère. Chaque paramètre est cartographié individuellement, puis les résultats sont combinés pour obtenir la carte des indices de vulnérabilité DRASTIC (cartes 4.7.a et 4.7.b). En Amérique du Nord, selon les conditions hydrogéologiques rencontrées, 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 est basée sur certains postulats :

- le contaminant éventuel est localisé à la surface du sol;
- il s'infiltré à travers les différentes couches géologiques jusqu'à l'aquifère de la même façon que l'eau de la recharge;
- il s'infiltré sans effet de retard;
- il s'infiltré sans réagir avec le milieu environnant.

Par conséquent, pour évaluer s'il y a véritablement 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.

Effet du contexte hydrogéologique sur la vulnérabilité

La vulnérabilité varie d'un point à l'autre du bassin versant de la rivière Chaudière en fonction de la géologie et des conditions d'écoulement de l'eau souterraine. La vulnérabilité de l'aquifère régional a été calculée pour l'unité de l'aquifère régional le plus près de la surface.

La superposition de la carte des [contextes hydrogéologiques \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#) avec la carte de la vulnérabilité montre clairement que les zones de forte vulnérabilité correspondent à l'unité 2 de l'aquifère régional, principalement constituée de dépôts sableux. Pour l'unité 1, correspondant au roc, la carte de vulnérabilité indique des indices DRASTIC faibles à moyens. Généralement, aux endroits où l'aquifère du roc est confiné par plus de deux mètres d'argile ou cinq mètres de till, l'indice DRASTIC est inférieur à 100, alors que dans les dépôts sableux (unité 2), en condition non confinée, la vulnérabilité est supérieure à 140.

[La carte du taux annuel de recharge \(hyperlien vers la section 4.4 Recharge\)](#) permet également de constater que la vulnérabilité est proportionnelle à la quantité d'eau qui atteint l'aquifère. Par conséquent, les zones de recharge élevée constituent les zones les plus vulnérables.

Exemples d'indices de vulnérabilité de l'aquifère régional

Vallée de la rivière Chaudière - dépôts sableux (A)

Dans le secteur de la vallée de la rivière Chaudière, comme dans plusieurs autres vallées, les dépôts sableux perméables (unité 2) ([hyperlien vers 4.2 Contextes hydrogéologiques](#)) affleurent et créent ainsi un chemin d'accès direct à l'aquifère pour un contaminant déposé en surface. Dans ces conditions, l'indice DRASTIC est beaucoup plus élevé que dans le reste du site étudié (figure 1).

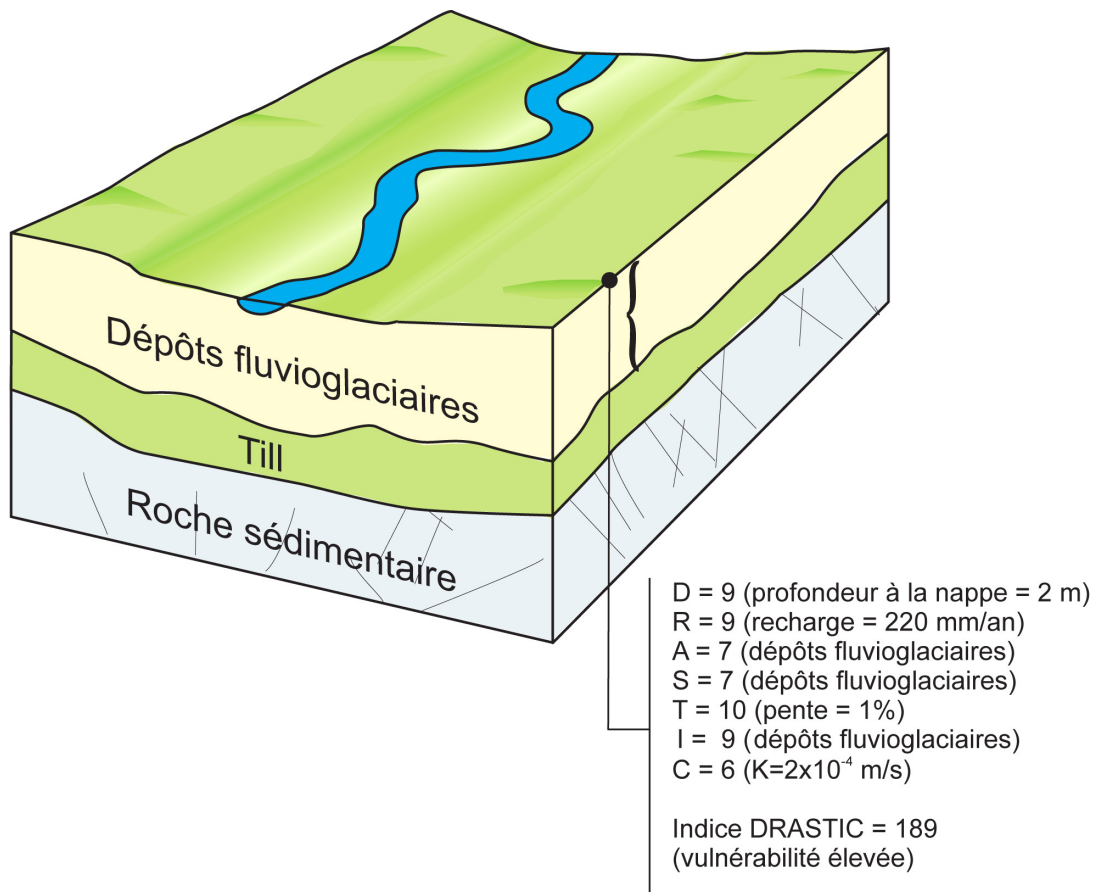


Figure 1 : Représentation 3D de la vallée de la rivière Chaudière - dépôts sableux

Province naturelle des Appalaches- couverture mince ou roc affleurant (B)

Dans la province naturelle des Appalaches, en dehors des vallées, l'aquifère rocheux est généralement recouvert d'une couche peu perméable de till d'épaisseur variable. Dans ce secteur, l'indice DRASTIC du roc est relativement faible à l'exception des endroits où la couverture de dépôts est mince (<1m) ou absente (roc affleurant). Ces endroits montrent un indice DRASTIC généralement supérieur à 100, donc plus vulnérable. La faible perméabilité et la faible capacité d'emménagement du till (dépôts glaciaires) et du roc favorisent, entre autres, le ruissellement de surface et l'évaporation, réduisant ainsi la percolation verticale vers l'aquifère régional, et par conséquent la vulnérabilité (figure 2). Toutefois, lorsque le roc est affleurant (dépôts <1m), l'aquifère est exposé et, donc, plus vulnérable.

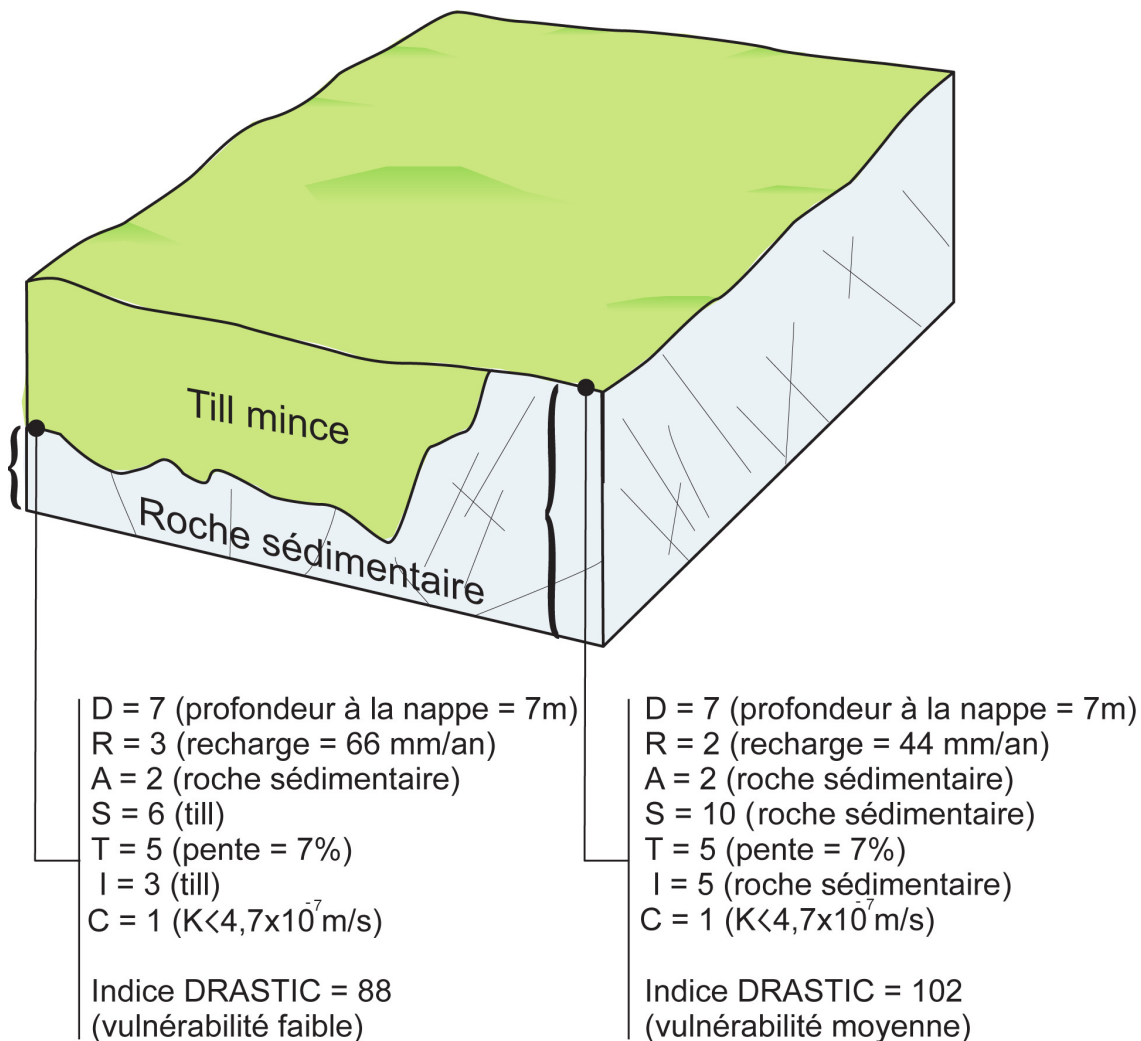


Figure 2 : Représentation 3D de la province naturelle des Appalaches - couverture mince ou roc affleurant

Province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent – sédiments marins (C)

La plaine des Basses-terres du Saint-Laurent est recouverte de sédiments marins de perméabilité variable. Le roc est recouvert d'épaisses couches de sédiments glaciaires (till), d'une couche d'argile marine très peu perméable et généralement de sédiments marins littoraux (dépôts sableux) perméables. Même si, par endroits, on observe des sédiments marins littoraux perméables en surface, l'indice DRASTIC du roc est relativement faible partout (environ 65), en raison de la présence des couches d'argile et de till qui agissent comme une barrière quasi imperméable à l'écoulement. Toutefois, les sédiments marins littoraux présentent quant à eux une vulnérabilité élevée (indice DRASTIC d'environ 151) (figure 3).

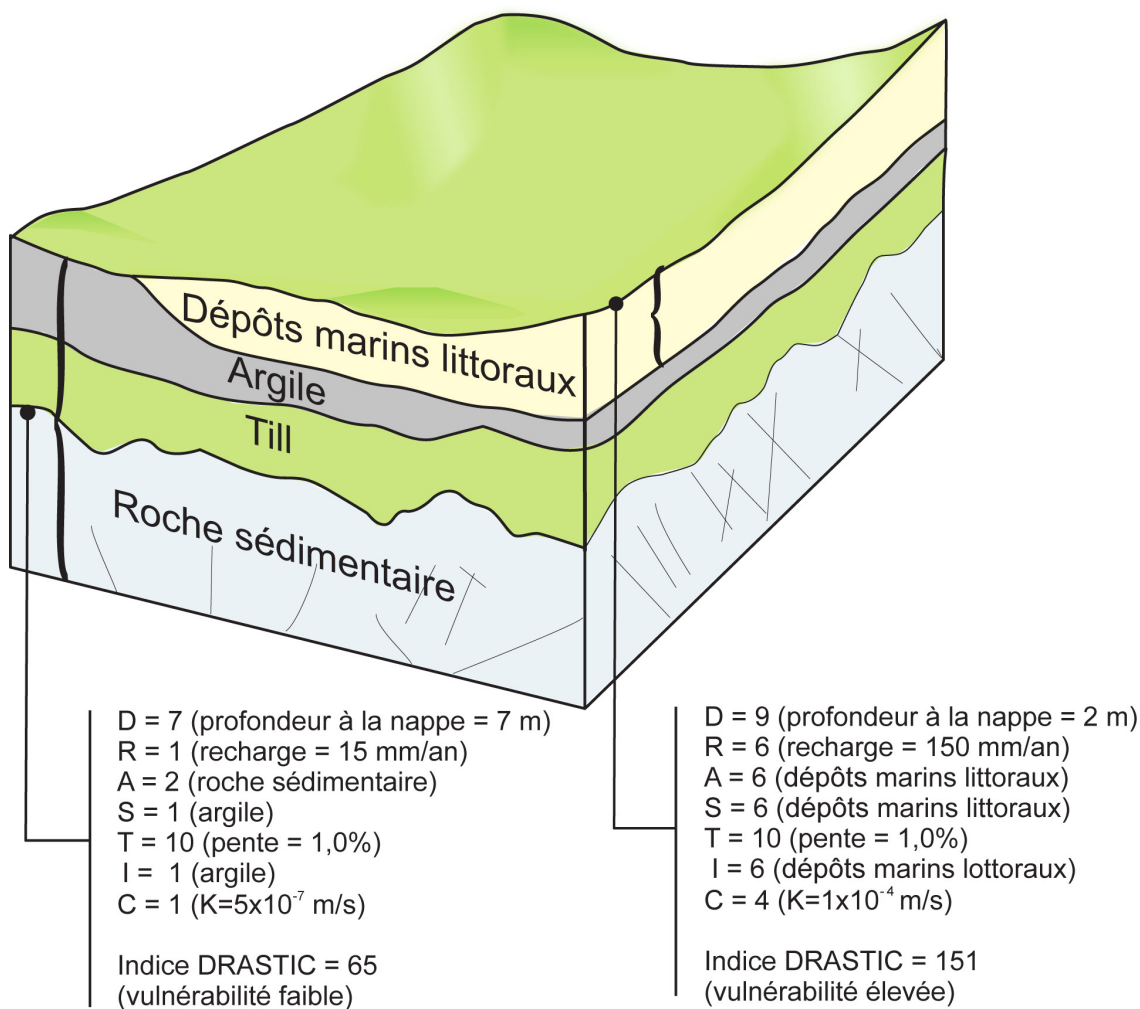


Figure 3 : Représentation 3D de la province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent – sédiments marins

Mise en garde :

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 faiblement vulnérable ou très vulnérable à partir de cette carte sans réaliser une étude locale.

Lexique :

PÉDOLOGIE

Science étudiant la formation et les modifications du sol, ainsi que ses propriétés.

ZONE VADOSE

Qualifie la zone tour à tour sèche et mouillée selon les variations de niveau de la nappe phréatique.

Références cartographiques :

4.7.a et 4.7.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Vulnérabilité. Étude réalisée dans le cadre du *Projet eaux souterraines de la Chaudière*, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La qualité de l'eau dépend de sa composition. En effet, à l'état naturel, en plus des molécules H₂O, l'eau peut contenir des gaz dissous, des substances minérales ou encore, des microorganismes. Certaines substances, présentes en concentration trop élevée dans l'eau, peuvent constituer un risque pour la santé des individus ou des animaux qui la consomment. Ces concentrations varient d'une région à l'autre. Par conséquent, afin d'éviter tout problème, des analyses de l'eau devraient être effectuées par [les propriétaires avant de la consommer \(hyperlien vers la section 6.4 Protection des puits\)](#).

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 humaines en surface, et dépend donc beaucoup de la vigilance des utilisateurs à protéger les sources d'eau potable. Il arrive souvent que la contamination microbiologique soit le résultat d'un [aménagement inadéquat \(hyperlien vers la section 6.4 Protection des puits en milieu agricole\)](#) du puits lui-même. Par contre, la contamination chimique est souvent d'origine naturelle et peut résulter du contact prolongé de l'eau avec des roches en profondeur.

« 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 en concentration pouvant présenter un risque pour la santé ou provoquer des effets désagréables chez les individus ou les animaux qui la consomment. L'eau peut avoir un goût salé, être de couleur jaunâtre, dégager une odeur ou encore produire des taches sur les vêtements, les appareils sanitaires (baignoires, éviers, toilettes) et les appareils 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 concentration dommageable pour la santé. Une analyse appropriée de l'eau est donc nécessaire pour détecter tout problème, et préciser s'il existe un traitement approprié.

Concentrations maximales acceptables dans l'eau de consommation

Certains paramètres chimiques ou microbiologiques présents en trop grande concentration dans l'eau affectent la santé des individus ou des animaux qui la consomment. Au Québec, les **normes de qualité de l'eau potable** sont établies par le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. Q-2, r.18.1.1) afin de minimiser les risques pour la santé des individus. En outre, Santé Canada recommande des **objectifs esthétiques**, d'une part afin d'éviter certains effets indésirables pour les individus (goût, odeur, etc.) et, d'autre part, afin de favoriser la préservation des appareils électroménagers (dépôt, taches, etc.).

Par ailleurs, il existe différentes recommandations quant à la qualité chimique et microbiologique de l'eau de consommation des animaux. Une compilation des concentrations maximales recommandées pour différents paramètres a été émise par Agriculture et Agroalimentaire Canada¹. Ces recommandations sont le bilan de la revue de diverses publications scientifiques, rapports et livres, et de quelques sources Internet. Puisque la connaissance de la qualité de l'eau est complexe, il est suggéré de consulter un spécialiste afin de mieux comprendre les problèmes reliés à l'eau.

Les données présentées dans le tableau 1 permettent de comparer les normes de qualité de l'eau potable et les objectifs esthétiques pour la consommation humaine, et présente également les valeurs recommandées pour les animaux.

Pourquoi caractériser la qualité physicochimique de l'eau souterraine à l'échelle régionale ?

Puisque la qualité physicochimique de l'eau souterraine dépend en partie du milieu géologique dans lequel l'eau circule, certains problèmes rencontrés à un endroit peuvent se présenter dans d'autres secteurs au contexte géologique semblable. La détermination des problèmes et de leurs causes, observés dans une région, permet donc d'anticiper d'éventuels problèmes 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 est d'origine naturelle ou anthropique (activités humaines).

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.

¹ Peterson, H.G. (1999) Livestock and water quality. Agriculture and Agri-Food Canada-Prairie, Farm Rehabilitation Administration, 10 pages.

Lexique :

NORMES DE QUALITÉ DE L'EAU POTABLE

Différents organismes déterminent les valeurs guides de l'eau potable (recommandations et normes) en fonction des risques pour la santé et des technologies de traitement disponibles². Ces valeurs de référence sont constamment révisées, 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 de différents paramètres chimiques, physiques, microbiologiques ou radiologiques. Si un seul de ces paramètres présente une concentration supérieure à la norme de qualité de l'eau potable, l'eau sera déclarée non potable. Ces normes sont établies par le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. 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 celle-ci : 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 constituent les éléments et composés les plus susceptibles de présenter une concentration supérieure à la norme établie.

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html.

OBJECTIFS ESTHÉTIQUES

Plusieurs paramètres n'ont pas d'incidence sur la santé mais peuvent provoquer d'autres inconvénients tels que rendre l'usage de l'eau souterraine moins attrayant, endommager les équipements électroménagers ou colmater la tuyauterie lorsqu'ils sont présents en concentration élevée. Compte tenu des nuisances esthétiques 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.

² http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html.

Tableau 1 : Normes, objectifs et limites maximales acceptables pour l'eau de consommation humaine et animale¹

Paramètres	Normes eau potable (Concentration maximale)	Objectifs esthétiques (Concentration maximale)	Concentrations maximales pour les animaux
Alcalinité (mg/l CaCO ₃)			500
Aluminium (µg/l)			5 000
Antimoine (mg/l)			5
Argent (µg/l)	100		
Arsenic (µg/l)	25 ²		500
Baryum (mg/l)	1		300
Béryllium (µg/l)			100
Bore (mg/l)	5		5
Cadmium (µg/l)	5		20
Calcium (mg/l)			700, 1 000 ³
Chlorure (mg/l)		250	15 000
Chrome (µg/l)	50		1 000
Cobalt (µg/l)			1 000
Couleur (U.V.C.)		15	
Cuivre (µg/l)		1 000	500, 1 000, 5 000 ⁴
Cyanure (mg/l)	0,2		103 ⁵
Dureté (mg/l CaCO ₃)		250 ou 500 ⁶	120 ⁷
Étain (mg/l)			5
Fer (mg/l)		0,3	0,3
Fluorure (mg/l)	1,5		2
Iode (mg/l/jour)			50
Magnésium (mg/l)			6 000
Manganèse (mg/l)		0,05	0,05
Matières dissoutes totales (mg/l)		500	
Mercure (µg/l)	1		3
Molybdène (µg/l)			500
Nickel (µg/l)	70		1 000
Nitrates & nitrites (mg/l N)	10		
Nitrates (NO ₃ -N) (mg/l)			100
Nitrites (NO ₂ -N) (mg/l)			10
pH		6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
Plomb (µg/l)	10		100
Potassium (mg/l)			2 000
Sélénium (µg/l)	10		50
Sodium (mg/l)		200	
Sulfate (mg/l)		500	1 000
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S(g)) (mg/l)		0,05	1
Température °C		15	
Titane (mg/l)			5
Uranium (µg/l)	20		200

Paramètres	Normes eau potable (Concentration maximale)	Objectifs esthétiques (Concentration maximale)	Concentrations maximales pour les animaux
Vanadium (µg/l)			100
Zinc (µg/l)		5 000	50 000
Paramètres microbiologiques			
Coliformes totaux (nb par 100 ml)	10		
Coliformes fécaux (nb par 100 ml)	0		
Streptocoques fécaux (nb par 100 ml)	0		
Colonies atypiques (nb par 100 ml)	200		

¹ Les limites acceptables pour les animaux proviennent de la compilation d'articles effectuée par H.G. Peterson en 1999, pour Agriculture and Agri-Food Canada-Prairie.

² La norme pour l'arsenic est de 25 µg/l, mais elle est actuellement en révision et devrait être abaissée à 10 µg/l.

³ 700 mg/l est la valeur de référence lorsque le magnésium est aussi présent dans l'eau. 1 000 mg/l est la valeur de référence quand le magnésium est absent.

⁴ 500 µg/l est la valeur de référence pour les moutons, 1 000 µg/l est la valeur de référence pour les bœufs et 5 000 µg/l pour les porcs et la volaille.

⁵ Limite au-delà de laquelle la concentration devient létale pour les vaches et les canards.

⁶ Une eau dont la dureté est supérieure à 200 mg/L est considérée comme médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs; les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques.

⁷ L'eau est considérée comme dure au-dessus de 120 mg/l CaCO₃, mais cela n'est pas considéré comme dangereux. Cela peut causer l'entartrage des équipements et de la tuyauterie.

PORTRAIT DE LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

État de la situation

L'intérêt que présente l'eau souterraine comme source d'approvisionnement en eau potable démontre à quel point il est important de la caractériser. D'ailleurs, [65% de la population \(hyperlien vers la section 1.2 Site d'étude\)](#) du bassin versant de la Chaudière est desservie en eau souterraine. En outre, les milieux agricole, industriel et municipal sont les principaux [utilisateurs d'eau souterraine \(hyperlien vers la section 4.5 Utilisation de l'eau souterraine\)](#).

Au cours de l'été 2007, 155 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans les secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière¹. Ces échantillons ont été analysés en laboratoire afin de déterminer les concentrations de divers paramètres dans l'eau souterraine. Ces résultats sont présentés dans le tableau 1 (concentrations observées dans l'eau souterraine). Les paramètres analysés ont avant tout été choisis de façon à caractériser la qualité naturelle de l'eau souterraine et constituent les paramètres les plus couramment analysés dans l'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Ainsi, certaines substances qui ne se retrouvent pas naturellement ou couramment dans l'eau souterraine (par exemple les trihalométhanes, qui sont des composés organiques volatils produits lors de la chloration de l'eau) n'ont pas été analysées, même si elles font l'objet de normes de qualité de l'eau potable.

Les résultats d'analyse des différents échantillons permettent de caractériser la qualité de l'eau souterraine de la région. La qualité de l'eau est définie selon son contenu microbiologique et physicochimique, en se basant sur des [normes de qualité de l'eau potable](#) et des [objectifs esthétiques](#). Une eau de bonne qualité est donc une eau qui respecte les normes de qualité de l'eau potable et les objectifs esthétiques en vigueur. En plus de la norme, on utilise un [seuil d'alerte](#) qui correspond à 50% de la norme. Le seuil d'alerte indique que la composition de l'eau s'approche d'une valeur critique et qu'il faut être vigilant, surtout s'il s'agit d'une source de contamination [anthropique](#)² qui peut évoluer dans le temps. Les cartes 5.2.a à 5.2.h présentent les dépassements ponctuels observés.

¹ COBARIC (2007) Campagne d'échantillonnage : résultats d'analyses de l'eau souterraine. Fichiers informatiques.

² Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> .

Problèmes de potabilité

De façon générale, l'eau souterraine est naturellement potable sur l'ensemble du site étudié. Toutefois, la campagne d'échantillonnage réalisée en été 2007¹ a révélé quelques dépassements ponctuels des normes de qualité de l'eau potable³ pour l'arsenic (As) le baryum (Ba), les fluorures (F⁻) et les nitrites-nitrates (NO₂-NO₃⁻). Il est à noter que ces quelques dépassements de normes observés sont dispersés et non concentrés dans un secteur particulier.

Arsenic (As) (carte 5.2.a)

Norme de qualité de l'eau potable : 25 µg/l.

Future norme : 10 µg/l.

Seuil d'alerte (par rapport à la future norme) : 5 µg/l.

Il n'y a pas de dépassement de la norme actuelle de qualité d'eau potable (25 µg/l).

Toutefois, trois dépassements de la future norme ont été observés dans le cas de l'arsenic (12 à 14 µg/l). Les valeurs élevées en arsenic se trouvent souvent associées à des roches volcaniques contenant des sulfures de métaux comme le cuivre, le plomb et le zinc. On trouve ces dépassements à la limite sud du secteur de la Moyenne-Chaudière.

En outre, on observe neuf dépassements du seuil d'alerte (par rapport à la future norme) dont deux dans la Basse-Chaudière, six dans la Moyenne-Chaudière et un hors de ce secteur, à la frontière sud du site étudié. Tous les dépassements observés se trouvent dans des puits profonds.

Baryum (Ba) (carte 5.2.b)

Norme de qualité de l'eau potable : 1 mg/l.

Seuil d'alerte : 0,5 mg/l.

Un seul dépassement de la norme de qualité de l'eau potable a été observé pour le baryum (3,6 mg/l). Il se situe dans le secteur de la Basse-Chaudière, dans un puits de surface. On dénombre deux dépassements du seuil d'alerte dans le même secteur, ceux-ci associés à des puits profonds.

Les concentrations élevées de baryum peuvent provenir de roches sédimentaires riches en calcaire ou en phosphates de même que certains minéraux des roches ignées comme les feldspaths.

³ 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 30 novembre 2007, sauf pour l'arsenic. La norme pour l'arsenic est de 25 µg/l, mais elle est actuellement en révision et devrait être abaissée à 10 µg/l, conformément aux Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada du Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable.

Fluorures (F⁻) ([carte 5.2.c](#))

Norme de qualité de l'eau potable : 1,5 mg/l.

Seuil d'alerte : 0,75 mg/l.

Deux dépassements de la norme de qualité de l'eau potable des fluorures ont été observés dans la Basse-Chaudière (1,9 mg/l pour les deux échantillons). On dénombre de plus trois dépassements du seuil d'alerte, dont un localisé dans la Basse-Chaudière et deux dans la Moyenne-Chaudière. Tous les échantillons qui présentent des dépassements proviennent de puits profonds.

Les concentrations élevées en fluorures peuvent provenir de roches ignées (sulfures de métaux) et de traces dans des roches sédimentaires comme les calcaires.

Nitrites-Nitrates (NO₂- NO₃-) (carte 5.2.d)

Norme de qualité de l'eau potable : 10 mg N/l.

Seuil d'alerte : 5 mg N/l.

Seuil d'impact d'activités humaines : 3 mg N/l.

Un seul dépassement de la norme de qualité de l'eau potable des nitrites-nitrates a été observé dans le secteur de la Basse-Chaudière (14 mg N/l.). Il se trouve en puits profond. On note aussi un dépassement du seuil d'alerte dans le secteur de la Moyenne-Chaudière, toujours en puits profond.

L'étude met aussi en évidence les dépassements de 3 mg N/l, concentration au-delà de laquelle on considère qu'il y a un impact provenant d'activités humaines. On en trouve 13, dont quatre localisés dans la Basse-Chaudière qui proviennent de puits de surface ou de sources. Dans le secteur de la Moyenne-Chaudière, 7 échantillons présentent un résultat de 3 à 5 mg N/l. Quatre de ceux-ci proviennent de puits de surface, alors que trois proviennent de puits profonds. Deux autres échantillons, situés dans la Haute-Chaudière, à la limite de la Moyenne-Chaudière, montrent des dépassements de 3 mg N/l dans des puits profonds.

D'après la répartition des échantillons contenant des nitrates, un seul secteur pourrait être reconnu comme étant potentiellement problématique. Il est localisé dans la Basse-Chaudière, à l'ouest du site étudié, dans le secteur des rivières Filkars et Beurivage. Les concentrations observées sont probablement le résultat d'activités humaines (matières fertilisantes ou rejets sanitaires). Il faut comprendre que les nitrates proviennent des engrais minéraux et de la dégradation de la matière organique. Par conséquent, les principales sources de nitrates sont situées en surface ou près de la surface. Ainsi, les puits de surface sont plus vulnérables à ce type de contamination que les puits tubulaires. De façon opposée, 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.

Par ailleurs, les résultats obtenus confirment ceux de *L'étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants*⁴ réalisée en été 2002. Lors de cette étude, 274 puits ont été échantillonnés dans le bassin versant de la rivière Chaudière et un total de 34 puits (12%) dépassait 3 mg N/l.

⁴ Gélinas, P., Rousseau, N., Cantin, P., Cardinal, P. et ROY, N. (2004) *L'étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé : caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*. réalisée conjointement par le ministère de l'Environnement, le ministère de la Santé et des Services sociaux, le ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation et l'Institut national de santé publique du Québec, 34 pages et annexes.

Problèmes esthétiques

Dans le bassin versant de la rivière Chaudière, les problèmes les plus courants de qualité de l'eau sont associés à des paramètres esthétiques. Ces problèmes ne constituent pas un danger pour la santé mais occasionnent des désagréments pour les consommateurs ou peuvent endommager la tuyauterie et les appareils sanitaires. Les problèmes de fer et manganèse sont fréquents, comme un peu partout au Québec. Par ailleurs, la campagne d'échantillonnage réalisée en été 2007¹ a également révélé des problèmes ponctuels avec le sodium, les chlorures, les sulfures et le pH.

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

Fer (Fe) et manganèse (Mn) (carte 5.2.e)

Objectif esthétique pour le fer : 0,3 mg/l.

Seuil d'alerte pour le fer : 0,15 mg/l.

Objectif esthétique pour le manganèse : 0,05 mg/l.

Seuil d'alerte pour le manganèse : 0,025 mg/l.

Les problèmes reliés aux concentrations de **fer et manganèse** sont souvent concomitants parce que ces éléments se trouvent dans les mêmes minéraux. Les concentrations élevées sont surtout causées par la présence de minéraux ferreux tels que l'hématite, la magnétite et la pyrite. La présence de fer et manganèse est souvent l'explication d'un goût métallique ou d'une couleur anormale de l'eau et peut occasionner des taches de couleur rouille, orange ou grise sur les appareils sanitaires et les vêtements.

Quelques concentrations en fer qui dépassent l'objectif esthétique ont été observées sur l'ensemble du territoire, avec des valeurs allant jusqu'à 32 mg/l. Par ailleurs, le manganèse dépasse l'objectif esthétique de façon marquée (48% des échantillons) sur l'ensemble du site étudié, avec des valeurs allant jusqu'à 2,3 mg/l. De manière générale, on observe ces dépassements plus fréquemment dans les puits profonds parce que le fer et le manganèse sont plus solubles en conditions anoxiques (absence d'oxygène).

Sodium (Na) et chlorures (Cl⁻) ([carte 5.2.f](#))

Objectif esthétique pour le sodium : 200 mg/l.

Seuil d'alerte pour le sodium : 100 mg/l.

Objectif esthétique pour les chlorures : 250 mg/l.

Seuil d'alerte pour les chlorures : 125 mg/l.

Les problèmes de **sodium** et de **chlorures** dans l'eau souterraine sont généralement associés. La présence d'un excès de sodium et de chlorures confère un goût salé à l'eau et peut être dommageable aux terres agricoles lorsque cette eau est utilisée pour l'irrigation.

Seuls deux échantillons présentent des concentrations qui dépassent les objectifs esthétiques, l'un avec dépassement en sodium (290 mg/l) et en chlorures (415 mg/l), et l'autre avec dépassement en chlorures (350 mg/l). Tous deux se localisent dans la Moyenne-Chaudière. En outre, on remarque quelques dépassements du seuil d'alerte, dont six pour les chlorures et cinq pour le sodium. Ces derniers se situent majoritairement dans la Moyenne-Chaudière. De façon générale, les dépassements sont observés dans les puits profonds. Dans la majorité des cas au Québec, les chlorures de sodium sont des reliques de la [mer de Champlain \(hyperlien vers la section 3.4 Géologie des sédiments du Quaternaire\)](#), ou encore proviennent d'une contamination par l'épandage de sel de déglacage le long des routes.

Sulfures (H₂S_(g)) ([carte 5.2.g](#))

Objectif esthétique : 0,05 mg/l.

Seuil d'alerte : 0,025 mg/l.

Au total, 12 dépassements de l'objectif esthétique ont été remarqués pour l'ensemble du site étudié, dont la moitié se situe dans la Basse-Chaudière, alors que l'autre moitié se trouve dans la Moyenne-Chaudière. Par ailleurs, 11 dépassements du seuil d'alerte ont aussi été observés, dont trois dans les échantillons de la Basse-Chaudière et huit dans ceux la Moyenne-Chaudière. De manière générale, les puits profonds accusent le plus grand nombre de dépassement.

Le sulfure d'hydrogène provient surtout de la réduction des sulfates en l'absence d'oxygène. Ce type d'environnement permet au soufre d'être réduit et de former, par association avec des ions H⁺, le gaz H₂S responsable de l'odeur désagréable (œuf pourri) et perceptible en très faible concentration. En plus de dégager une odeur désagréable, une eau trop sulfureuse peut corroder la tuyauterie.

pH (carte 5.2.h)

Objectif esthétique : entre 6,5 et 8,5

Un total de 33 dépassements de **l'objectif esthétique** du **pH** ont été observés, dont 22 montrent des teneurs acides et 11 des teneurs basiques.

Le pH basique a surtout été observé dans la Basse-Chaudière où dix des 11 dépassements sont répertoriés. Tous ces dépassements ont été mesurés dans des puits profonds.

Par ailleurs, le pH acide se trouve majoritairement dans les puits de surface, quoique certains échantillons acides aient aussi été obtenus dans les puits profonds. Des 22 dépassements, 16 se situent dans le secteur de la Moyenne-Chaudière et quatre dans la Basse-Chaudière. Deux autres échantillons sont localisés hors du site d'étude, aux limites sud et est du secteur de la Moyenne-Chaudière.

Les problèmes de pH acide observés sont généralement associés à des eaux superficielles qui s'écoulent en condition de [nappe libre \(hyperlien vers la section 4.2 Contextes hydrogéologiques\)](#) 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, donner un goût métallique à l'eau.

De façon inverse, un pH basique est généralement associé à des eaux qui ont atteint un équilibre chimique avec les minéraux des roches ambiantes. Dans les calcaires et les dolomies, les pH sont souvent basiques. Un pH trop basique peut endommager la tuyauterie et est souvent un indicateur de la dureté de l'eau.

Tableau 1 : Concentrations observées dans l'eau souterraine pour les puits tubulaires

Paramètre (symbole)	unités	Nombre	10 ^e percentile	25 ^e percentile	50 ^e percentile	75 ^e percentile	90 ^e percentile
Conductivité spécifique à 25 °C	mS/cm	123	143	186	244	324	476
Oxygène dissous	mg/l	112	0,29	0,52	1,3	2,1	4,7
pH	---	123	6,7	7,0	7,5	8,0	8,4
Température	°C	123	7,7	8,0	8,5	9,2	9,8
Alcalinité totale	mg CaCO ₃ /l	118	69	99	136	170	210
Aluminium (Al)	µg/l	123	0,72	1,6	3,5	7,3	10,6
Antimoine (Sb)	µg/l	123	< 0,004	0,010	0,027	0,061	0,14
Argent (Ag)	µg/l	123	< 0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Arsenic (As)	µg/l	123	0,08	0,18	0,48	1,4	4,1
Azote ammoniacal	mg N/l	118	< 0,02	0,01	0,03	0,10	0,28
Azote total	mg N/l	116	0,05	0,12	0,29	0,86	2,3
Baryum (Ba)	µg/l	123	2,9	16	53	125	298
Béryllium (Be)	µg/l	123	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,006	0,014
Bore (B)	µg/l	123	3,7	5,9	9,1	24	79
Bromures (Br ⁻)	µg/l	123	5,3	7,6	14	27	51
Cadmium (Cd)	µg/l	123	< 0,004	< 0,004	0,006	0,013	0,028
Calcium (Ca)	mg/l	123	7,7	31	51	73	98
Carbone inorganique dissous	mg C/l	123	19	27	34	46	56
Carbone organique dissous	mg C/l	123	< 0,2	0,5	0,7	1,4	2,6
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	123	0,6	2,1	7,1	24	77
Chrome (Cr)	µg/l	123	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,03	0,08
Cobalt (Co)	µg/l	123	0,025	0,049	0,088	0,14	0,39
Cuivre (Cu)	µg/l	123	0,11	0,23	0,78	3,7	11
Étain (Sn)	µg/l	123	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Fer (Fe)	µg/l	123	1,1	3,2	16,0	110	350
Fluorures (F ⁻)	mg/l	123	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,13	0,31
Iodures (I ⁻)	µg/l	123	< 0,5	0,9	1,8	4,3	11
Lithium (Li)	µg/l	123	1,1	2,5	4,4	8,4	13
Magnésium (Mg)	mg/l	123	1,1	3,6	6,5	9,1	13
Manganèse (Mn)	µg/l	123	0,79	7,7	88	275	662
Mercure (Hg)	µg/l	123	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,03
Molybdène (Mo)	µg/l	123	0,10	0,21	0,62	1,4	3,2
Nickel (Ni)	µg/l	123	0,09	0,13	0,38	0,87	2,2
Nitrites-nitrates (NO ₂ -NO ₃)	mg N/l	118	< 0,02	< 0,02	0,06	0,41	1,4
Palladium (Pd)	µg/l	123	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006	0,011
Phosphore (P)	µg/l	123	< 2	< 2	5	17	47
Platine (Pt)	µg/l	123	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Plomb (Pb)	µg/l	123	< 0,03	< 0,03	0,05	0,18	0,32
Potassium (K)	mg/l	123	0,33	0,50	0,72	1,9	4,3
Sélénium (Se)	µg/l	123	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,3
Silicium (Si)	mg/l	123	3,9	4,9	5,6	6,3	7,2
Sodium (Na)	mg/l	123	3,4	5,4	9,8	25	65
Strontium (Sr)	µg/l	123	166	275	470	905	1500
Sulfates (SO ₄)	mg/l	123	7,4	12	18	34	49
Thallium (Tl)	µg/l	123	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,004
Uranium (U)	µg/l	123	0,041	0,16	0,56	1,5	3,2
Vanadium (V)	µg/l	123	0,01	0,01	0,03	0,06	0,16
Zinc (Zn)	µg/l	123	< 0,7	1,1	2,7	5,5	8,4
Cyanures	mg/l	123	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Phosphore inorganique total	mg/l	123	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,05
Sulfures	mg/l	123	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,04

Tableau 2 : Concentrations observées dans l'eau souterraine pour les puits de surface et de sources

Paramètre (symbole)	unités	Nombre	10 ^e percentile	25 ^e percentile	50 ^e percentile	75 ^e percentile	90 ^e percentile
Conductivité spécifique à 25 °C	mS/cm	32	60	85	140	191	457
Oxygène dissous	mg/l	29	0,55	3,6	5,7	7,9	9,1
pH	---	32	6,1	6,4	6,6	6,9	7,2
Température	°C	32	8,4	9,2	10,6	11,9	13,2
Alcalinité totale	mg CaCO ₃ /l	30	21	29	56	91	171
Aluminium (Al)	µg/l	32	1,5	2,5	4,1	9,3	15,8
Antimoine (Sb)	µg/l	32	0,007	0,012	0,019	0,029	0,05
Argent (Ag)	µg/l	32	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	0,002
Arsenic (As)	µg/l	32	0,07	0,12	0,17	0,36	0,93
Azote ammoniacal	mg N/l	31	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,07	0,21
Azote total	mg N/l	31	0,16	0,33	0,92	3,1	3,7
Baryum (Ba)	µg/l	32	3,6	5,4	14	45	136
Béryllium (Be)	µg/l	32	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,008	0,013
Bore (B)	µg/l	32	1,8	3,0	4,9	9,5	18
Bromures (Br ⁻)	µg/l	32	3,8	4,7	7,6	12	39
Cadmium (Cd)	µg/l	32	< 0,004	0,004	0,007	0,014	0,025
Calcium (Ca)	mg/l	32	11	16	24	47	82
Carbone inorganique dissous	mg C/l	32	10	14	17	25	53
Carbone organique dissous	mg C/l	32	0,5	0,7	0,9	1,4	2,8
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	32	0,4	1,6	4,6	16	30
Chrome (Cr)	µg/l	32	0,02	0,05	0,08	0,21	0,34
Cobalt (Co)	µg/l	32	0,026	0,033	0,050	0,088	0,27
Cuivre (Cu)	µg/l	32	0,25	1,3	5,9	17	34
Étain (Sn)	µg/l	32	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fer (Fe)	µg/l	32	0,7	1,8	3,3	10	236
Fluorures (F ⁻)	mg/l	32	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,08	0,14
Iodures (I ⁻)	µg/l	32	< 0,5	< 0,5	0,6	1,7	6,7
Lithium (Li)	µg/l	32	0,20	0,42	1,0	2,2	5,8
Magnésium (Mg)	mg/l	32	1,4	1,8	2,5	6,1	8,5
Manganèse (Mn)	µg/l	32	0,11	0,2	1,3	3,7	389
Mercuré (Hg)	µg/l	32	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,07
Molybdène (Mo)	µg/l	32	0,026	0,046	0,089	0,18	0,51
Nickel (Ni)	µg/l	32	0,18	0,29	0,59	1,2	2,7
Nitrites-nitrates (NO ₂ -NO ₃)	mg N/l	31	0,02	0,19	0,45	3,0	3,7
Palladium (Pd)	µg/l	32	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,003	0,005
Phosphore (P)	µg/l	32	< 2	< 2	3	8	14
Platine (Pt)	µg/l	32	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Plomb (Pb)	µg/l	32	< 0,03	0,06	0,19	0,40	0,54
Potassium (K)	mg/l	32	0,24	0,38	0,60	1,9	5,2
Sélénium (Se)	µg/l	32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,2
Silicium (Si)	mg/l	32	2,4	3,4	4,3	5,6	7,4
Sodium (Na)	mg/l	32	1,2	2,1	3,1	6,9	19
Strontium (Sr)	µg/l	32	69	94	165	275	523
Sulfates (SO ₄)	mg/l	32	5,3	8,1	10	21	30
Thallium (Tl)	µg/l	32	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005
Uranium (U)	µg/l	32	0,0071	0,019	0,060	0,33	0,50
Vanadium (V)	µg/l	32	0,01	0,02	0,04	0,07	0,23
Zinc (Zn)	µg/l	32	0,9	2,5	3,7	8,8	16
Cyanures	mg/l	32	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Phosphore inorganique total	mg/l	32	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,03

Lexique :

NORMES DE QUALITÉ DE L'EAU POTABLE

Différents organismes déterminent les valeurs guides de l'eau potable (recommandations et normes) en fonction des risques pour la santé et des technologies de traitement disponibles⁵. Ces valeurs de référence sont constamment révisées, 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 de différents paramètres chimiques, physiques, microbiologiques ou radiologiques. Si un seul de ces paramètres présente une concentration supérieure à la norme de qualité de l'eau potable, l'eau sera déclarée non potable. Ces normes sont établies par le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. 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 celle-ci : 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 constituent les éléments et composés les plus susceptibles de présenter une concentration supérieure à la norme établie.

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html.

OBJECTIFS ESTHÉTIQUES

Plusieurs paramètres n'ont pas d'incidence sur la santé, mais peuvent provoquer d'autres inconvénients tels que rendre l'usage de l'eau souterraine moins attrayant, endommager les équipements électroménagers ou colmater la tuyauterie lorsqu'ils sont présents en concentration élevée. 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.

SEUIL D'ALERTE

La valeur associée au seuil d'alerte correspond au dépassement de la moitié de la norme de qualité de l'eau potable. Dans le cadre de cette étude, on utilise aussi le seuil d'alerte afin de désigner le dépassement de la moitié de l'objectif esthétique. Le seuil d'alerte indique que la composition de l'eau s'approche d'une valeur critique et qu'il faut être vigilant. Le seuil d'alerte est surtout utile pour faire le suivi de la qualité de l'eau affectée par des activités humaines puisque les concentrations peuvent évoluer dans le temps.

⁵ http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html .

ANTHROPIQUE

Se dit des phénomènes qui sont provoqués ou entretenus par l'action consciente ou inconsciente de l'homme.

Références cartographiques :

5.2.a, 5.2.b, 5.2.c, 5.2.d, 5.2.e, 5.2.f, 5.2.g, 5.2.h.

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Campagne d'échantillonnage : résultats d'analyses de la qualité de l'eau. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, données ponctuelles.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

PÉRENNITÉ

Eau souterraine, une ressource collective...

L'eau est une ressource naturelle 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 maintenir la capacité des nappes tant sur le plan de la qualité que de la quantité, donc d'en assurer la [pérennité](#).

... essentielle !

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 \(hyperlien vers 4.1 Cycle de l'eau\)](#), elle permet d'assurer le débit de base des [cours d'eau et des milieux humides \(hyperlien vers 3.6 Réseau hydrographique\)](#), particulièrement en période d'étiage, ainsi que la survie des écosystèmes qui leur sont associés.

... renouvelable ?

Heureusement, cette ressource vitale est naturellement renouvelée par la portion des précipitations qui constitue la [recharge \(hyperlien vers 4.4 Recharge\)](#) des aquifères. Cependant, ce renouvellement dépend de plusieurs facteurs qui peuvent varier dans le temps, comme les [conditions climatiques \(hyperlien vers 3.5 Climat\)](#) et [l'occupation du sol \(hyperlien vers 1.4 Occupation du sol\)](#). De plus, cette nouvelle eau qui entre dans le système doit être de [qualité appropriée \(hyperlien vers 5.1 Qualité de l'eau\)](#) pour ne pas contaminer les nappes souterraines et permettre leur utilisation future.

¹ Québec. Ministère de l'environnement (2002) Politique nationale de l'eau, page 9.

... durable ?

La pérennité de l'eau souterraine est d'abord une question de quantité. En plus des phénomènes naturels comme la recharge, le pompage d'eau souterraine pour différentes [utilisations \(hyperlien vers 4.5 Utilisation de l'eau souterraine\)](#) influence le ~~bilan~~ [bilan hydrologique \(hyperlien vers 4.6 Bilan hydrologique\)](#) et peut éventuellement causer une diminution des réserves d'eau disponibles. Comme le renouvellement de l'eau souterraine s'effectue lentement et à un taux qui varie selon les caractéristiques du milieu, la [surexploitation](#) d'un aquifère peut être quasi irréversible à l'échelle d'une vie humaine, sans parler des effets sur les milieux hydriques situés en surface, souvent les premiers touchés par un rabattement (abaissement) du niveau de la nappe.

Pour assurer la pérennité de l'eau souterraine pour nos usages et ceux des écosystèmes qu'elle alimente, il faut évaluer l'impact de nos prélèvements sur les niveaux d'eau, et, par ricochet, le « [débit soutenable](#) », c'est-à-dire le débit au-delà duquel il y a un rabattement dommageable des niveaux d'eau.

La pérennité de l'eau souterraine est aussi une question de qualité. Peu importe la cause d'une contamination, qu'elle soit naturelle, causée par un déversement ou l'effet d'un trop grand rabattement de la nappe, il peut arriver que la décontamination de l'eau souterraine ne soit pas possible, et que l'usage de l'aquifère soit perdu.

En résumé, bien que l'eau souterraine soit une ressource naturellement renouvelable, dans certains cas, les effets d'une contamination ou d'une surexploitation locale ou régionale peuvent être irréversibles. Par conséquent, la pérennité de l'eau souterraine doit demeurer au centre des préoccupations environnementales.

Question d'échelle

L'évaluation d'un [débit soutenable](#) pour un territoire donné permet d'assurer, à long terme, les quantités nécessaires pour répondre aux besoins en eau de la population et maintenir le régime hydrique requis favorisant la préservation des milieux aquatiques, de la faune et des milieux humides.

Toutefois, en raison de la dynamique d'écoulement de l'eau souterraine, l'effet local d'un prélèvement d'eau souterraine est toujours plus important que son effet global réparti sur le territoire. En effet, un prélèvement d'eau dont le retour s'effectue au sein du même territoire affecte peu le débit soutenable, puisqu'il constitue, ni plus ni moins, une redistribution de l'eau sur le territoire. Par contre, localement ce prélèvement crée un rabattement du niveau de la nappe qui peut nuire aux autres usages situés à proximité, et ce, même si le débit soutenable est respecté, et même si le prélèvement est inférieur au taux de renouvellement de l'eau souterraine (la recharge).

Ainsi, à l'échelle locale, ce sont surtout les caractéristiques du milieu hydrogéologique et des autres usages situés à proximité qui déterminent l'impact d'un prélèvement. Si des puits ou des écosystèmes voisins sont affectés de façon dommageable par le rabattement causé, il y a [un conflit d'usage](#).

Lexique :

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

PÉRENNITÉ

Caractère de ce qui dure toujours ou très longtemps.

SUREXPLOITATION

Il y a surexploitation d'un aquifère lorsque son niveau d'exploitation entraîne des effets négatifs persistants, tels que :

- une diminution progressive du niveau d'eau;
- une détérioration de la qualité de l'eau;
- une augmentation du coût d'exploitation;
- un dommage écologique.

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. L'estimation du débit soutenable pour un territoire donné nécessite de quantifier de façon précise les composantes du bilan hydrologique et l'incertitude s'y rattachant. Cette estimation nécessite aussi d'établir les besoins en eau de la population en matière de santé, de salubrité, de sécurité civile et d'alimentation en eau potable, ainsi que le régime hydrique requis pour préserver les milieux aquatiques, la faune et les milieux humides (par exemple, les débits d'étiage à maintenir dans les cours d'eau). Par principe de précaution, cet estimé doit comporter un facteur de sécurité proportionnel aux incertitudes entourant son évaluation. De plus, le débit soutenable estimé doit être réévalué périodiquement afin de tenir compte des nouvelles connaissances (par exemple, les précipitations, qui varient d'une année à l'autre) et de l'évolution des usages, donc de l'état des ressources en eau.

CONFLIT D'USAGE

Lorsque l'impact d'un prélèvement d'eau souterraine par un usager fait en sorte qu'un ou plusieurs autres usagers subissent un dommage, par exemple s'il cause un rabattement, on dit qu'il y a conflit d'usage de l'eau souterraine. Ce conflit peut se produire entre des personnes ou entre une personne et un milieu aquatique.

GESTION DU TERRITOIRE

Plusieurs activités se déroulent sur un territoire et, selon leur nature, influencent [la qualité et la quantité de l'eau \(hyperlien vers la section 5.1 Analyse de la qualité de l'eau\)](#), tant souterraine que de surface. Une des façons de gérer l'eau est de considérer cette ressource lors de la planification de l'[aménagement du territoire](#) afin d'assurer sa [préservation, tant au niveau qualitatif que quantitatif \(hyperlien vers la section 6.1 Pérennité\)](#).

Un des grands défis de l'aménagement du territoire est de considérer un ensemble de renseignements de différentes natures : les besoins des communautés, les usages passés et actuels, les contraintes naturelles et anthropiques, les réglementations et normes applicables, les caractéristiques physiques du territoire, etc. Le [schéma d'aménagement et de développement \(SAD\)](#), réalisé par les municipalités régionales de comté (MRC), permet la coordination des choix et des décisions de l'ensemble des municipalités et du gouvernement.

Qu'est-ce qu'un schéma d'aménagement et de développement ?

Le SAD est un instrument de planification et d'organisation des activités du territoire d'une MRC.

Le contenu des SAD est adapté aux caractéristiques régionales des MRC. Le SAD tient compte, notamment, des grandes [affectations](#), des différentes [contraintes naturelles](#) et [anthropiques](#) présentes sur le territoire, de même que des milieux d'intérêt écologique qui peuvent jouer un rôle dans le contrôle de la qualité et de la quantité d'eau sur le territoire.

Grandes affectations du territoire

La détermination des grandes affectations, dans le SAD, constitue une étape importante dans la protection et la gestion de l'eau souterraine puisque cela permet de coordonner les utilisations du territoire. En outre, le choix d'une affectation peut limiter ou interdire certains usages ou activités susceptibles de porter atteinte à la qualité ou à la quantité de l'eau souterraine (par exemple, une affectation industrielle est plus susceptible d'affecter l'aquifère qu'une affectation forestière). L'attribution de sous-affectations peut s'avérer utile, notamment dans le cas des sous-affectations agro-forestière ou forestière, à l'intérieur desquelles certaines activités ou certains usages peuvent être régis, limités ou prohibés dans le but de minimiser les impacts sur la qualité et la quantité d'eau disponible.

Les secteurs étudiés comptent huit grandes affectations (carte 6.2.a). On y trouve les affectations agricole, agroforestière ou forestière, urbaine ou périurbaine, résidentielle ou de villégiature, de conservation, industrielle ou minière, récréotouristique et les [îlots déstructurés](#) (tableau 1)¹. Chaque affectation occupe une proportion différente du territoire et, par conséquent, n'entraîne pas les mêmes besoins en termes d'utilisation d'eau souterraine. Aussi, dans une optique de [protection de l'eau souterraine \(hyperlien vers la section 6.3 Protection de l'eau souterraine\)](#), il serait approprié d'attribuer aux zones où l'aquifère est vulnérable, une affectation limitant certains usages.

Tableau 1 : Grandes affectations du territoire pour la Basse-Chaudière et la Moyenne-Chaudière

Affectation	Basse-Chaudière	Moyenne-Chaudière	Site étudié
Agricole	83,8%	40,7%	52,9%
Forestière ou agro-forestière	7,9%	53,8%	40,8%
Conservation	0,0%	1,0%	0,7%
Urbaine ou périurbaine	6,5%	3,4%	4,3%
Récréo-touristique	0,4%	0,2%	0,2%
Industrielle ou minière	0,0%	0,4%	0,3%
Résidentielle ou de villégiature	1,2%	0,4%	0,7%
Îlot déstructuré	0,1%	0,1%	0,1%

Grandes affectations du territoire dans le secteur de la Basse-Chaudière

L'affectation à vocation agricole domine clairement dans la Basse-Chaudière (83,8%). Le reste du territoire de la Basse-Chaudière est représenté principalement par les affectations forestière ou agro-forestière (7,9%) et urbaine ou périurbaine (6,5%) (tableau 1)¹. L'affectation urbaine ou périurbaine se concentre majoritairement à l'aval du bassin, dans la municipalité de Lévis, alors que l'affectation forestière ou agro-forestière est concentrée au sud-est.

Grandes affectations du territoire dans le secteur de la Moyenne-Chaudière

Dans ce secteur, l'affectation agroforestière ou forestière est principalement concentrée en amont, alors que l'affectation agricole se partage entre le secteur ouest et le centre, soit autour des municipalités de Saint-Joseph-de Beauce et de Sainte-Marie (carte 6.2.a). D'autres affectations sont aussi présentes, mais dans une plus faible proportion, telles que les affectations urbaine ou périurbaine (3,4%) (tableau 1)¹.

¹ Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse des schémas d'aménagement des MRC de Beauce-Sartigan, L'Amiante, La Nouvelle-Beauce, Les Etchemins, Lotbinière, Robert-Cliche et de la ville de Lévis : grandes affectations. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, échelles multiples.

Contraintes naturelles et anthropiques

L'aménagement du territoire considère aussi les caractéristiques naturelles et les activités humaines qui peuvent constituer des contraintes à l'aménagement. Pour des raisons de sécurité des personnes et des biens et afin de limiter les [conflits d'usage](#) 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 implanter une affectation qui soit restrictive (ex. : affectation conservation), un contrôle des usages et activités pourrait néanmoins s'imposer si la [sensibilité d'une zone réceptrice l'exigeait](#) ([hyperlien vers la section 6.3 Protection de l'eau souterraine](#)).

Contraintes naturelles

Les principales contraintes naturelles répertoriées dans le site étudié sont les zones inondables et les sites présentant un risque d'embâcle, de même que ceux présentant un risque de mouvement de terrain ou d'érosion (cartes 6.2.b et 6.2.c). C'est entre Scott et Beauceville que les inondations et les embâcles présentent le plus de risque. Quant aux mouvements de terrain et aux risques d'érosion, ils sont majoritairement recensés en amont du site étudié, soit entre Saint-Gédéon-de-Beauce et Saint-Georges, dans la Moyenne-Chaudière.

La façon de contrôler l'utilisation du sol dans les zones de contraintes naturelles consiste à régir ou à prohiber certains usages du sol, constructions, ouvrages ou certaines opérations cadastrales. Pour ce faire, une 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 publiques. Ce contrôle peut se traduire par une interdiction de construire comme par une réglementation des pratiques d'aménagement.

Contraintes anthropiques

Plusieurs contraintes anthropiques ont été recensées dans le site étudié. Les zones d'extraction (mines, carrières, gravières ou sablières) sont omniprésentes sur le territoire, tant dans la Basse-Chaudière que dans la Moyenne-Chaudière (cartes 6.2.b et 6.2.c). D'autres lieux, tels que des sites de disposition de matières résiduelles et des prises d'eau occupent une place importante sur le territoire. Avant de permettre l'implantation de tels usages, il importe de connaître le contexte hydrogéologique afin d'éviter toute contamination ou surconsommation de l'eau souterraine et autres ressources naturelles.

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 incompatibles 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.

Milieus d'intérêt écologique

La prise en considération du territoire dans le SAD comprend aussi l'identification de différents types d'écosystèmes. On y trouve généralement une cartographie de différents milieux d'intérêt écologique, notamment les milieux humides et les habitats fauniques. Dans certains cas, ces différents écosystèmes dépendent des résurgences de l'eau souterraine ou, encore, jouent un rôle dans la quantité et la qualité de l'eau souterraine.

Le bassin versant de la rivière Chaudière compte 3,7% d'aires protégées reconnues selon les catégories de l'Union mondiale pour la nature (UICN). Pour atteindre des objectifs de conservation régionale, il est intéressant de cibler les territoires qui présentent un intérêt pour la conservation. Bien que ce travail demande des analyses territoriales exhaustives, la carte 6.2.d cible des secteurs déjà reconnus. Ainsi, les secteurs présentant une valeur de biodiversité, ayant une forte proportion de milieux humides ou supportant des habitats fauniques connus, devraient d'emblée faire l'objet d'une attention particulière.

Biodiversité : une valeur relative

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) établit la valeur relative de biodiversité d'un territoire à partir de l'indice de biodiversité (B), qui renferme cinq classes, B1 à B5. Seules les valeurs de biodiversité très élevée à modérée (B1 à B3) sont considérées importantes aux fins de conservation².

² Les critères d'attribution d'un indice de biodiversité à un territoire sont adaptés pour le Québec à partir des travaux de *The Nature Conservancy* (1994 et 1996) aux États-Unis.

The Nature Conservancy. 1994. *The Nature Conservancy, Conservation Science Division, in association with the Network of Natural Heritage Programs and Conservation Data Centers. 1992. Biological and Conservation Data System (Supplement 2+, released March, 1994). Arlington, Virginia.*

The Nature Conservancy. 1996. *The Nature Conservancy Conservation Systems Department. Element Rank Rounding and Sequencing. Arlington, Virginia.*

Voir aussi : Tardif, B., G. Lavoie et Y. Lachance. 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 pages, Disponible à l'adresse suivante : <http://www.cdpng.gouv.qc.ca/pdf/Atlas-biodiversite.pdf>.*

Cet indice, qui tient compte de la valeur des [occurrences](#) (espèces inventoriées), met l'accent sur les espèces les plus rares, alors que la diversité d'espèces représentées intervient en second plan. Une prépondérance est aussi accordée aux espèces menacées ou vulnérables les plus à risque et, par conséquent, aux [taxons endémiques](#). Toutes les occurrences d'espèces ayant une priorité élevée (espèces les plus rares, espèces menacées ou vulnérables) de même que celles ayant un caractère unique (irremplaçable) sont prises en compte. En revanche, les occurrences de moindre qualité, bien que considérées dans l'indice de biodiversité, ont un poids plus faible sur le plan de la conservation du territoire visé.

L'indice de biodiversité, calculé pour l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière à partir d'une analyse de surfaces hexagonales de 100 km², montre quatre secteurs présentant un potentiel de conservation³. Le secteur présentant l'indice de biodiversité le plus élevé, représenté par un polygone orange sur la carte 6.2.d, correspond à la classe B2 (biodiversité élevée). Cette valeur en est une d'importance pour la conservation. En outre, trois autres secteurs, en jaune sur la carte 6.2.d, ont un indice de biodiversité de valeur moyenne (B3), aussi considéré prioritaire pour la conservation. C'est à l'intérieur de ces quatre secteurs que des sites de conservation devraient être prioritairement délimités à partir de la localisation des espèces qui s'y trouvent.

Milieux humides

[Les milieux humides \(hyperlien vers la section 3.6 Réseau hydrographique\)](#) constituent une importante réserve de biodiversité. Les milieux humides assurent le maintien d'habitats typiques et, par conséquent, contribuent à la sauvegarde des populations animales et végétales qui y vivent, dont 38% des espèces menacées et vulnérables du Québec. Les populations animales et végétales qui composent ces écosystèmes favorisent à leur tour la conservation des mécanismes qui permettent à ces écosystèmes de se maintenir.

Ce sont les conditions de vie particulières qui règnent dans ces milieux qui amènent les espèces présentes à développer des adaptations spécifiques. C'est pour cette raison que les milieux humides comptent tant d'espèces menacées ou vulnérables. Ils représentent des zones d'alimentation, de reproduction, d'abri, de refuge et de repos pour de nombreuses espèces allant des micro-organismes aux insectes, amphibiens, reptiles, oiseaux, poissons et mammifères.

Les milieux humides ont notamment pour fonction d'épurer les eaux et d'atténuer les crues. Ils agissent comme une véritable usine d'épuration naturelle. Comparables à des éponges, les milieux humides emmagasinent les eaux de ruissellement et les précipitations, atténuant ainsi les risques d'inondation. Cette eau est ensuite restituée progressivement, lors des périodes de sécheresse notamment, vers les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine en lien hydrologique avec les zones humides. Par conséquent, ils devraient faire l'objet d'une attention particulière dans les priorités régionales de conservation. Sur la carte 6.2.d, les surfaces hexagonales de 100 km² qui contiennent plus de 20% de milieux humides⁴ sont identifiées par un contour violet.

³ Bernard Tardif, MDDEP. Communication personnelle.

⁴ Martin Joly, MDDEP. Communication personnelle.

Habitats fauniques

Le bassin de la Chaudière compte plus de 55 000 ha d'habitats fauniques reconnus par le Ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF)⁵. Ils sont principalement constitués d'aires de confinement des cerfs de Virginie, principalement situées dans le secteur de la Moyenne-Chaudière. Sur la carte 6.2.d, ils sont représentés par les superficies en brun.

Lexique :

AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'aménagement du territoire correspond à un ensemble d'actions et d'interventions, politiques ou techniques, volontaires et concertées, qui visent à assurer, avec ordre et dans le temps, une répartition adéquate de la population, des constructions, des activités économiques et des équipements et infrastructures, tout en tenant compte des contraintes, naturelles et anthropiques, à leur établissement.

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT (SAD)

Le 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.

AFFECTATION DU TERRITOIRE

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. L'affectation 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. 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.

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. Les contraintes naturelles peuvent correspondre, entre autres :

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

⁵ Québec, ministère des ressources naturelles et de la Faune (2007) Base de données des habitats fauniques HAFA. Version 4. Fichiers informatiques.

CONTRAINTE ANTHROPIQUE

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. 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.

ÎLOT DESTRUCTURÉ

Présence d'entités ponctuelles de superficie restreinte, déstructurées par l'addition au fil du temps d'usages non agricoles et à l'intérieur desquelles subsistent de rares lots vacants enclavés et irrécupérables pour l'agriculture.

CONFLIT D'USAGE

Lorsque l'impact d'un prélèvement d'eau souterraine par un usager fait en sorte qu'un ou plusieurs autres usagers subissent un dommage, par exemple s'il cause un rabattement, on dit qu'il y a conflit d'usage de l'eau souterraine. Ce conflit peut se produire entre des personnes ou entre une personne et un milieu aquatique.

OCCURRENCE

Ce mot désigne un territoire (point, ligne ou polygone cartographique) abritant ou ayant jadis abrité un élément de la biodiversité. Une occurrence a une valeur de conservation (cote de qualité) pour l'élément de la biodiversité. Lorsqu'on parle d'une espèce, l'occurrence correspond généralement à l'habitat occupé par une population locale de l'espèce en question. Ce qui constitue une occurrence et les critères retenus pour attribuer la cote de qualité qui lui est associée varient selon l'élément de la biodiversité considéré. L'occurrence peut correspondre à une plage cartographique unique (ou point d'observation) ou à un regroupement de plusieurs plages rapprochées.

TAXON

Groupe d'êtres vivants ou fossiles qui ont des traits communs.

ENDÉMIQUE

Se dit d'un organisme, notamment un taxon, naturellement confiné dans une région particulière de dimensions limitées.

MILIEUX HUMIDES POTENTIELS

La cartographie des milieux humides potentiels propose une délimitation la plus extensive possible des milieux humides des basses-terres du Saint-Laurent. Elle résulte d'une compilation des données du Centre Saint-Laurent, de l'Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent d'Environnement Canada, d'une reclassification des cartes écoforestières du Ministère des Ressources naturelles et de la faune et des milieux humides de la Banque de données topographiques du Québec (BDTQ), du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Toutes ces bases de données ont été utilisées de façon complémentaire et regroupées dans une même couche d'information. Les données disponibles doivent donc être utilisées, en restant vigilant au regard de leurs potentiels et limites.

HABITAT FAUNIQUE

Un habitat faunique est un lieu naturel ou, plus rarement, artificiel, qui est occupé par une espèce ou un groupe d'espèces qui en constituent la population faunique. Dans ce milieu, l'animal trouve, outre l'abri, les éléments nécessaires à la satisfaction de l'ensemble de ses besoins fondamentaux, dont l'alimentation et la reproduction.

AIRE DE CONFINEMENT

L'aire de confinement du cerf de Virginie est un type d'habitat faunique. Elle peut être reconnue à titre d'aire protégée. L'aire de confinement du cerf de Virginie est une superficie boisée d'au moins 250 hectares, caractérisée par le fait que les cerfs de Virginie s'y regroupent pendant la période où l'épaisseur de la couche nivale dépasse 40 cm dans la partie du territoire située au sud du fleuve Saint-Laurent et à l'ouest de la rivière Chaudière ou dépasse 50 cm ailleurs.

Références cartographiques :

6.2.a

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse des schémas d'aménagement des MRC de Beauce-Sartigan, L'Amiante, La Nouvelle-Beauce, Les Etchemins, Lotbinière, Robert-Cliche et de la ville de Lévis. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, échelles multiples.

6.2.b et 6.2.c

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse des schémas d'aménagement des MRC de Beauce-Sartigan, L'Amiante, La Nouvelle-Beauce, Les Etchemins, Lotbinière, Robert-Cliche et de la ville de Lévis. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, échelles multiples.

6.2.d

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Joly, M. (2008) Concentration de milieux humides. Communication personnelle. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère. Fichiers informatiques, 10 km de résolution.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2007) Base de données des habitats fauniques HAFA, version 4. Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, cellules de 100 km².

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamenteux du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

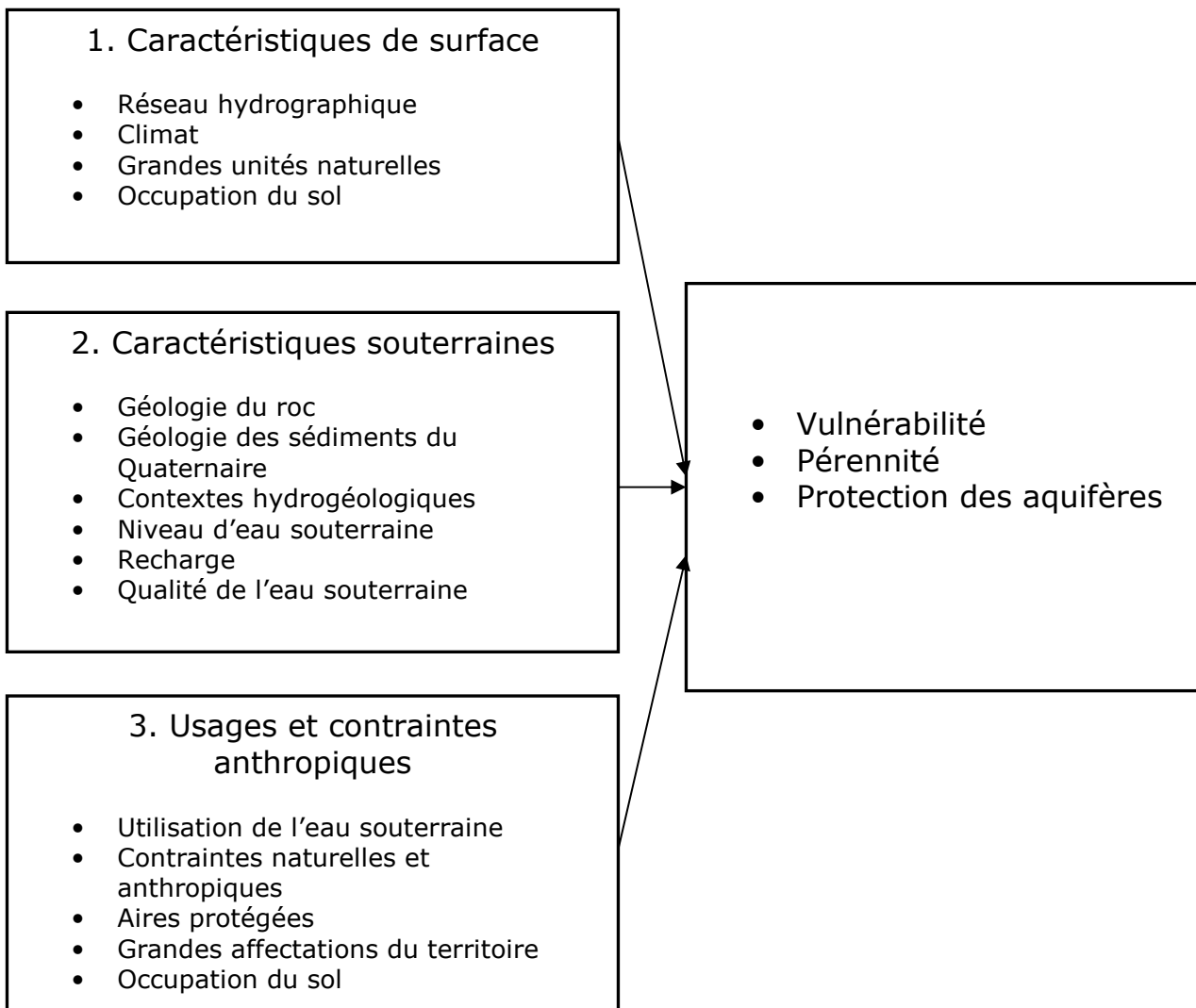
Tardif, B. (2008) Indices de biodiversité. Communication personnelle. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère. Fichiers informatiques, 10 km de résolution.

PROTECTION DE L'EAU SOUTERRAINE¹

La protection de l'eau souterraine a non seulement pour avantage de protéger la santé publique, mais également celui de favoriser 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 a avantage à utiliser les moyens à sa disposition pour préserver la qualité de sa ressource hydrique. De plus, la présence d'une eau souterraine de qualité disponible en grande quantité dans une région donnée constitue un facteur d'attraction pour les activités industrielles, commerciales, agroalimentaires ou touristiques contribuant à l'économie régionale.

Les technologies de l'information disponibles aujourd'hui, entre autres la géomatique permettent de prendre des décisions plus éclairées en matière d'[aménagement du territoire](#), à condition d'avoir une connaissance appropriée du territoire. Le portrait de l'eau souterraine présenté dans l'Atlas s'inscrit dans cette démarche d'acquisition de connaissances. Lorsque suffisamment d'information sur le territoire est disponible, il devient possible d'analyser les liens entre les diverses composantes du territoire, notamment les liens spatiaux. Cette analyse passe souvent par la superposition d'informations associées à différents thèmes. Comme ces thèmes font souvent appel à des connaissances très spécialisées (par exemple, la géologie), cette analyse, pour être valable, doit nécessairement être effectuée par les spécialistes en la matière.

¹ La majeure partie du texte est tirée de Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R. et 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 pages.



À titre d'exemple et sans amorcer d'analyse, les cartes 6.3.a et 6.3.b, qui présentent la superposition des contraintes anthropiques et naturelles du territoire ([carte 6.2.b](#)) ([hyperlien vers la carte 6.2.b](#)) à la vulnérabilité de l'aquifère ([cartes 4.7.a et 4.7.b](#)) ([hyperlien vers les cartes 4.7a et 4.7 b](#)), pourraient donner lieu à une analyse des risques potentiels de contamination de l'eau souterraine. La superposition de ces données offre aux gestionnaires du territoire une vision régionale lorsqu'il est question, notamment, d'implanter des activités qui pourraient compromettre la qualité de l'eau souterraine.

Mise en garde :

Les cartes 6.3.a et 6.3.b sont des exemples d'outil d'aide à la décision à l'échelle régionale pour :

- a) identifier les zones plus fragiles ou vulnérables;
- b) identifier les risques existants et
- c) prévenir les risques futurs,

en ce qui concerne l'eau souterraine.

La prise de décision touchant l'eau souterraine ne doit pas s'appuyer uniquement sur les deux thèmes présentés dans les cartes 6.3.a et 6.3.b, mais aussi sur d'autres caractéristiques du territoire qui ne sont pas nécessairement toutes incluses dans l'Atlas.

La prise de décision à l'échelle locale doit s'appuyer sur des études locales, réalisées à une échelle appropriée. Toutefois, les cartes de l'Atlas peuvent servir à mieux cibler les secteurs où il serait pertinent d'effectuer ces études locales.

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 \(hyperlien vers 6.2 Gestion du territoire\)](#), 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, les gestionnaires du territoire ont tout avantage à favoriser les secteurs où l'aquifère est peu [vulnérable \(hyperlien vers 4.7 Vulnérabilité\)](#). Ces secteurs permettent de diminuer les risques d'affecter la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère régional.

Dans le cas où l'aire d'alimentation (figure 1) d'un puits est en condition de [nappe libre²](#), il faut redoubler de vigilance quant à la nature des activités à l'intérieur de cette zone vulnérable à la contamination. Une bonne planification des activités permises à l'intérieur des aires d'alimentation des puits, contribuera à protéger la santé et la salubrité publiques et à préserver la qualité de l'eau de l'aquifère exploité.

² Québec. Office québécois de la langue française (2007) Le grand dictionnaire terminologique. Site Internet : <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>.

Aire d'alimentation

L'aire d'alimentation d'un puits est la portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'eau souterraine aboutira tôt ou tard au point de captage. Théoriquement, elle prend la forme d'une ellipse ouverte du côté amont et s'étend jusqu'à la ligne de partage des eaux.

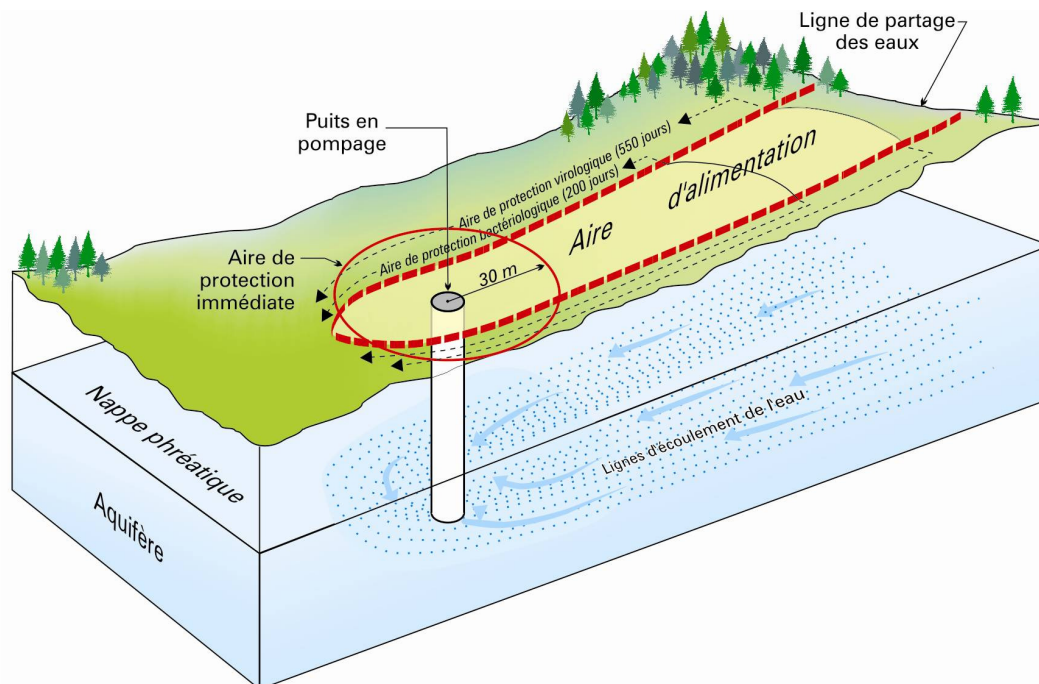


Figure 1 : Aire d'alimentation d'un ouvrage de captage

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 situent également dans les aquifères peu vulnérables, puisque l'eau s'y trouve davantage à l'abri de l'infiltration de contaminants. Toutefois, 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 ainsi que l'absence d'activités présentant un risque 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 de l'utilisation 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 la vulnérabilité est élevée.

Secteurs à privilégier

En somme, théoriquement, les aquifères peu vulnérables constituent des secteurs à privilégier tant pour les activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau que pour l'implantation des prises d'eau, à condition d'éviter la cohabitation de ces deux types d'activités.

Toutefois, dans le cas de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière, les aquifères présentant le plus grand potentiel en termes de débit ([l'unité 2 de l'aquifère régional](#)) ([hyperlien vers la section 4.4 Recharge](#)) sont aussi vulnérables à la contamination provenant de la surface. De plus, ces aquifères, qui correspondent au fond des vallées des rivières principales, sont situés dans des zones historiquement occupées par les populations humaines et propices à l'agriculture, ce qui peut entraîner des [conflits d'usage](#).

Une bonne planification des activités du territoire, jumelée à une connaissance adéquate des aquifères et de l'état de la ressource, permettra d'anticiper les conflits d'usage et, ultimement, de les éviter, de façon à favoriser la pérennité de l'eau souterraine et des usages qui en dépendent.

Lexique :

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

L'aménagement du territoire correspond à un ensemble d'actions et d'interventions, politiques ou techniques, volontaires et concertées, qui visent à assurer, avec ordre et dans le temps, une répartition adéquate de la population, des constructions, des activités économiques et des équipements et infrastructures, tout en tenant compte des contraintes, naturelles et anthropiques, à leur établissement.

SCHEMA D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT (SAD)

Le 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.

NAPPE LIBRE

Nappe d'eau souterraine, généralement située près de la surface, qui présente une surface libre, c'est-à-dire dont le niveau peut fluctuer au gré de la recharge de la nappe et de son écoulement.

NAPPE CAPTIVE

Nappe d'eau souterraine qui ne présente pas de surface libre et qui est soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique. L'épaisseur d'une nappe captive est constante.

CONFLIT D'USAGE

Lorsque l'impact d'un prélèvement d'eau souterraine par un usager fait en sorte qu'un ou plusieurs autres usagers subissent un dommage, par exemple s'il cause un rabattement, on dit qu'il y a conflit d'usage de l'eau souterraine. Ce conflit peut se produire entre des personnes ou entre une personne et un milieu aquatique.

Références cartographiques :

6.3.a et 6.3.b

Canada. Ministère des Ressources naturelles (2000-2006) Données numériques d'élévation du Canada, niveau 1 (DNEC1). Centre d'information topographique, Sherbrooke, Fichiers informatiques, 1 : 50 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Limites du Projet Eaux Souterraines de la Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2007) Secteurs du bassin versant de la rivière Chaudière. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (1998, 2000 et 2001) Base de données topographiques du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2003-2004) Base de données topographiques et administratives du Québec. Direction générale de l'information géographique, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 250 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Bassin versant de la rivière Chaudière et sous-bassins. Version de juillet 2007, Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2007) Réseau hydrographique filamentaire du bassin versant de la rivière Chaudière. Version d'octobre 2007, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec : le Ministère, Fichiers informatiques, 1 : 20 000.

Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Comité de bassin de la rivière Chaudière (2008) Synthèse des schémas d'aménagement des MRC de Beauce-Sartigan, L'Amiante, La Nouvelle-Beauce, Les Etchemins, Lotbinière, Robert-Cliche et de la ville de Lévis. Sainte-Marie, Fichiers informatiques, échelles multiples.

Tecsult (2008) Cartographie hydrogéologique du bassin versant de la rivière Chaudière – Secteurs de la Basse-Chaudière et de la Moyenne-Chaudière : Vulnérabilité. Étude réalisée dans le cadre du Projet eaux souterraines de la Chaudière, Montréal, Fichiers informatiques, 250 m de résolution.

PROTECTION DES PUIITS¹

Cette section est destinée aux propriétaires de puits individuels désireux d'en apprendre davantage sur les précautions d'usage lors de l'installation d'un puits et sur l'entretien qu'ils doivent en faire périodiquement afin d'assurer la protection de la qualité de l'eau captée.

En tant que propriétaire de puits, il est impératif de s'assurer que ce puits soit bien protégé, et ce, afin de maximiser la qualité de l'eau. En effet, à l'exception des [cas de contamination d'origine naturelle \(hyperlien vers la section Qualité de l'eau 5.1\)](#), la plupart des puits individuels contaminés sont affectés par une source de contamination située en surface ou près de la surface, et à proximité du puits.

Types de puits

Avant de définir les différentes actions à poser afin de prendre soin de son puits, il est essentiel de définir les différents types d'[ouvrages de captage](#) en eau souterraine qui se trouvent sur le territoire étudié, de même que leurs différentes composantes.

En premier lieu, il existe deux types d'ouvrages de captage individuels fréquemment utilisés au Québec : le **puits tubulaire** et le **puits de surface**.

Le **puits tubulaire** (appelé à tort puits artésien) est un ouvrage de petit diamètre (environ 15 centimètres), de grande profondeur (en moyenne 45 mètres au Québec) et aménagé avec une foreuse par une firme de puisatiers qui doit, afin de faire ces travaux, détenir une licence d'entrepreneur en puits forés (4518)² de la Régie du bâtiment du Québec. La figure 1 présente des schémas types d'aménagement de puits tubulaires.

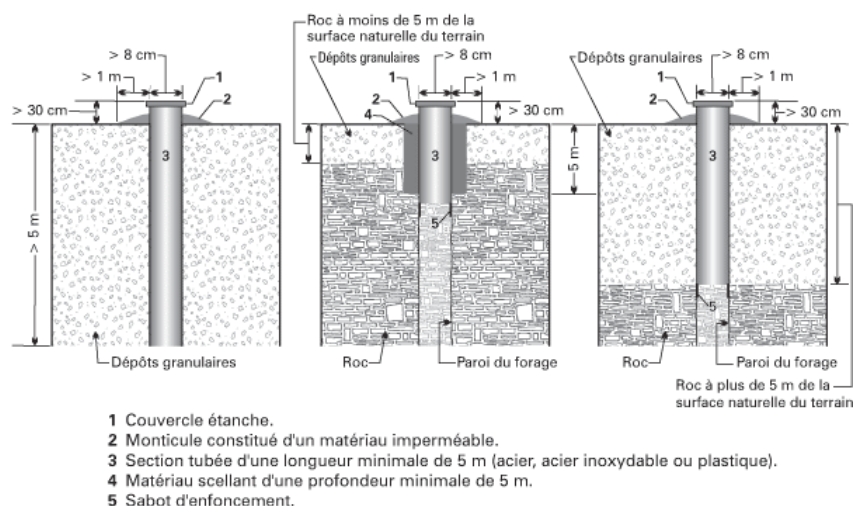


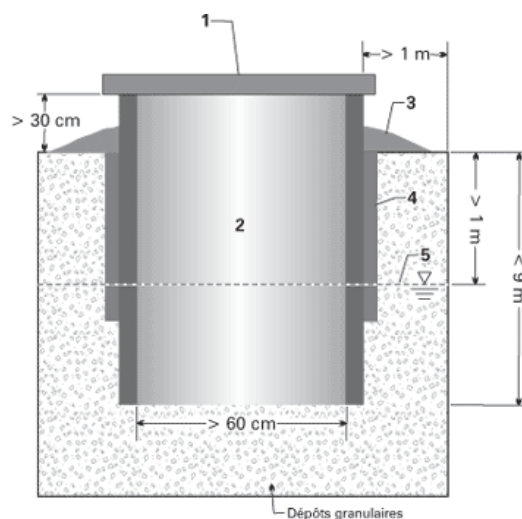
Figure 1 : Schéma d'aménagement d'un puits tubulaire¹

¹ Ce texte est fortement inspiré des guides et documents publiés par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs : Québec. Ministère de l'Environnement (2003) Le Puits. et Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2008) Guide technique : Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées.

² Québec. Régie du bâtiment du Québec (2008) RBQ : Entrepreneurs – Propriétaires – Partenaires : Les types de licences. Disponible en ligne :

<http://www.rbq.gouv.qc.ca/dirEntrepreneurs/dirObtenirLicence/dirTypeLicence/intro.asp> .

Le **puits de surface** est, quant à lui, un ouvrage de captage dont le diamètre est généralement supérieur à 60 centimètres et dont la profondeur est d'au plus 9 mètres à partir de la surface du sol. Ce type d'ouvrage est habituellement aménagé à l'aide d'une rétrocaveuse par les entrepreneurs locaux en excavation. Ces derniers doivent être détenteurs d'une licence d'entrepreneur en excavation et en terrassement (4280) émise par la Régie du bâtiment du Québec². La figure 2 présente un schéma type d'aménagement d'un puits de surface. Ce type d'ouvrage est plus sujet à un assèchement découlant d'un abaissement du niveau d'eau en période de sécheresse (particulièrement s'il est peu profond) qu'un puits tubulaire. Par ailleurs, il est plus vulnérable aux sources de contamination localisées à la surface du sol en raison de sa faible profondeur et des matériaux perméables dans lesquels il se trouve.



- 1- Couvercle étanche.
- 2- Section tubée (cylindres de béton, de plastique, de maçonnerie de pierres ou de béton poreux).
- 3- Monticule constitué d'un matériau imperméable.
- 4- Matériau scellant d'une profondeur minimale de 1 m remplissant tout l'espace annulaire.
- 5- Niveau de la nappe d'eau souterraine.

Figure 2 : Schéma d'aménagement d'un puits de surface¹

Il est à noter qu'un ouvrage de captage est composé d'un ou de plusieurs éléments : un tubage, un couvercle, une pompe, des tuyaux de raccordement, un réservoir, etc. Le bon entretien de ces composantes et le respect de la zone de protection autour de l'ouvrage favorisent la protection de l'eau qui y est puisée.

Responsabilités du propriétaire

Puisque l'aménagement d'un ouvrage de captage est un investissement coûteux et des plus importants, il faut prendre les précautions nécessaires afin d'assurer la salubrité et le bon fonctionnement d'un système individuel d'approvisionnement en eau potable.

Globalement, le rôle du propriétaire est d'inspecter le puits et ses abords, et de procéder à une analyse de la qualité de l'eau régulièrement ou dès que l'on constate un changement suspect (apparence, goût, odeur). Ces précautions permettront de maintenir la qualité de l'eau captée et de minimiser les risques de contamination externe.

Responsabilités du propriétaire pour l'installation du puits

Advenant le cas où un propriétaire désire faire aménager un puits individuel, il devra respecter les exigences prescrites par le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (R.Q. c. Q-2, r.1.3)³⁴. Ses responsabilités sont, entre autres de :

1. Présenter, préalablement aux travaux, une demande de permis à la municipalité locale ou régionale pour l'aménagement d'un ouvrage de captage en précisant la localisation et la capacité recherchée;
2. S'assurer du respect des distances prévues au règlement;
3. S'assurer que, dans un rayon d'un mètre autour de l'ouvrage de captage, la finition du sol soit réalisée de façon à éviter l'accumulation d'eau stagnante et empêcher l'infiltration d'eau dans le sol au pourtour du tubage et s'assurer que cette finition soit constamment maintenue;
4. Faire prélever, entre le deuxième et le trentième jour suivant l'installation de l'équipement de pompage, un échantillon d'eau et le faire analyser par un laboratoire accrédité par le MDDEP pour les paramètres prescrits;
5. Contrôler tout jaillissement provenant d'un puits;
6. S'assurer que l'eau destinée à la consommation humaine respecte les dispositions du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. Q-2, r.18.1.1).

Responsabilités du propriétaire pour l'entretien du puits

De plus, puisque le propriétaire est responsable de la qualité de l'eau qu'il capte, et de façon plus particulière si cette eau est destinée à la consommation humaine, le puits et ses abords devraient être inspectés régulièrement. Les points suivants devraient faire l'objet d'une inspection systématique :

1. Le maintien de l'intégrité du couvert;
2. L'évent est libre de toute obstruction;
3. Le drainage des eaux de surface avoisinantes se fait dans la direction opposée au puits (monticule autour de la section tubée);
4. L'absence d'eau stagnante à proximité du puits;
5. L'absence de débris à la surface de l'eau du puits;
6. L'absence de fissures dans le tubage ou entre les joints d'étanchéité des tubages de puits de surface qui laisseraient de l'eau de surface ou des débris entrer dans le puits;
7. L'absence d'animaux et de feuilles mortes près du puits;
8. S'assurer que l'eau captée soit propre à la consommation humaine et que l'ouvrage ne contamine pas la nappe d'eau souterraine.

Dans le cas où l'eau est destinée à la consommation, le propriétaire devra également prendre des mesures de prévention concernant son système de traitement, s'il y a lieu. Il importe de suivre fidèlement les directives du fabricant pour éviter la prolifération des bactéries et pour s'assurer de la qualité de l'eau.

³ En plus de ces règles, celui qui aménage lui-même son ouvrage de captage doit se soumettre aux autres exigences du règlement qui visent spécifiquement celui qui aménage l'ouvrage.

⁴ La section ci-dessous est une interprétation de la version du *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (R.Q. c. Q-2, r.1.3) tel que publié en date du 30 novembre 2007. Cette interprétation n'est pas officielle et a pour seul objectif de faciliter la compréhension générale des responsabilités liées au règlement. En tout temps, il est essentiel de se référer à la dernière version officielle du règlement afin de prendre en compte l'intégralité des dispositions qui s'appliquent aux différents intervenants.

Responsabilité du propriétaire pour l'obturation d'un puits non utilisé

Finalement, un propriétaire est responsable de faire obturer tout ouvrage sous sa responsabilité, dans les circonstances suivantes :

1. L'équipement de pompage n'est pas installé trois ans après la fin des travaux;
2. Le pompage est interrompu depuis au moins trois ans;
3. Un nouvel ouvrage destiné à le remplacer est aménagé;
4. L'ouvrage se révèle improductif ou insuffisant pour les besoins recherchés.

Façon supplémentaire d'assurer la qualité de l'eau d'un puits

Il est très important que le propriétaire ainsi que ses voisins connaissent l'emplacement d'un puits individuel, et qu'il l'identifie afin de s'assurer de le repérer facilement lors d'activités à proximité et, ainsi, respecter la zone de protection. Cela est particulièrement souhaitable en milieu agricole étant donné les dispositions réglementaires qui s'y appliquent et les contraintes concernant l'exercice de certaines activités par rapport à l'emplacement d'un ouvrage de captage individuel existant (figure 3).

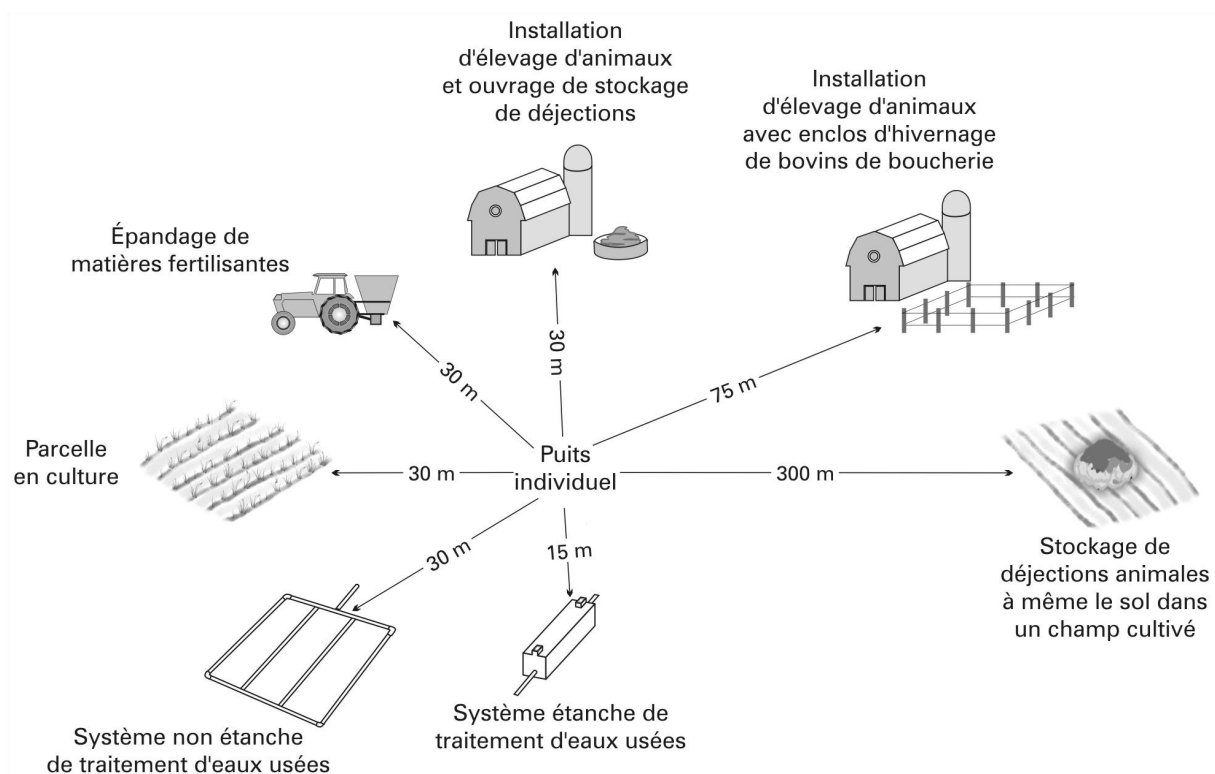


Figure 3 : Résumé des contraintes applicables à certaines activités, en vertu du Règlement sur le captage des eaux souterraines, par rapport à l'emplacement d'un ouvrage de captage individuel existant⁵

Le panneau illustré à la figure 4 est souvent utilisé afin d'illustrer les puits d'eau potable en milieu agricole. Un panneau avec ce symbole signale qu'il y a un accès possible aux eaux souterraines et que les actions entreprises peuvent amener une contamination de ces dernières.

⁵ Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2008). Guide technique : Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées.



Figure 4 : Panneau identifiant les puits d'eau potable en milieu agricole⁶

Lexique :

OUVRAGE DE CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINES

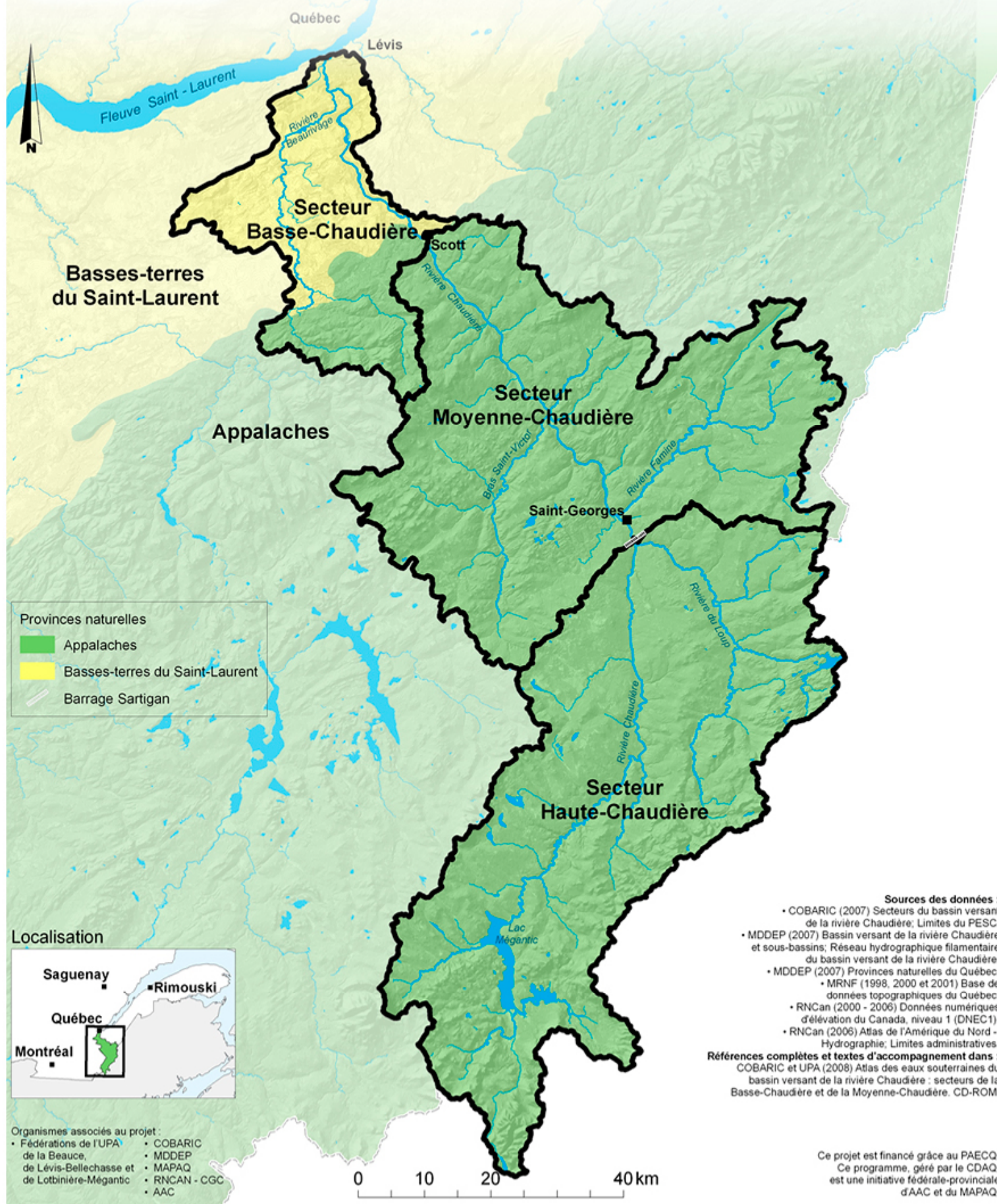
Installation qui permet de puiser l'eau à partir des nappes d'eau souterraines qui se situent sous la surface du sol.

⁶ UPA, Pictogramme identifiant les puits d'eau potable en milieu agricole, date et auteur inconnus.

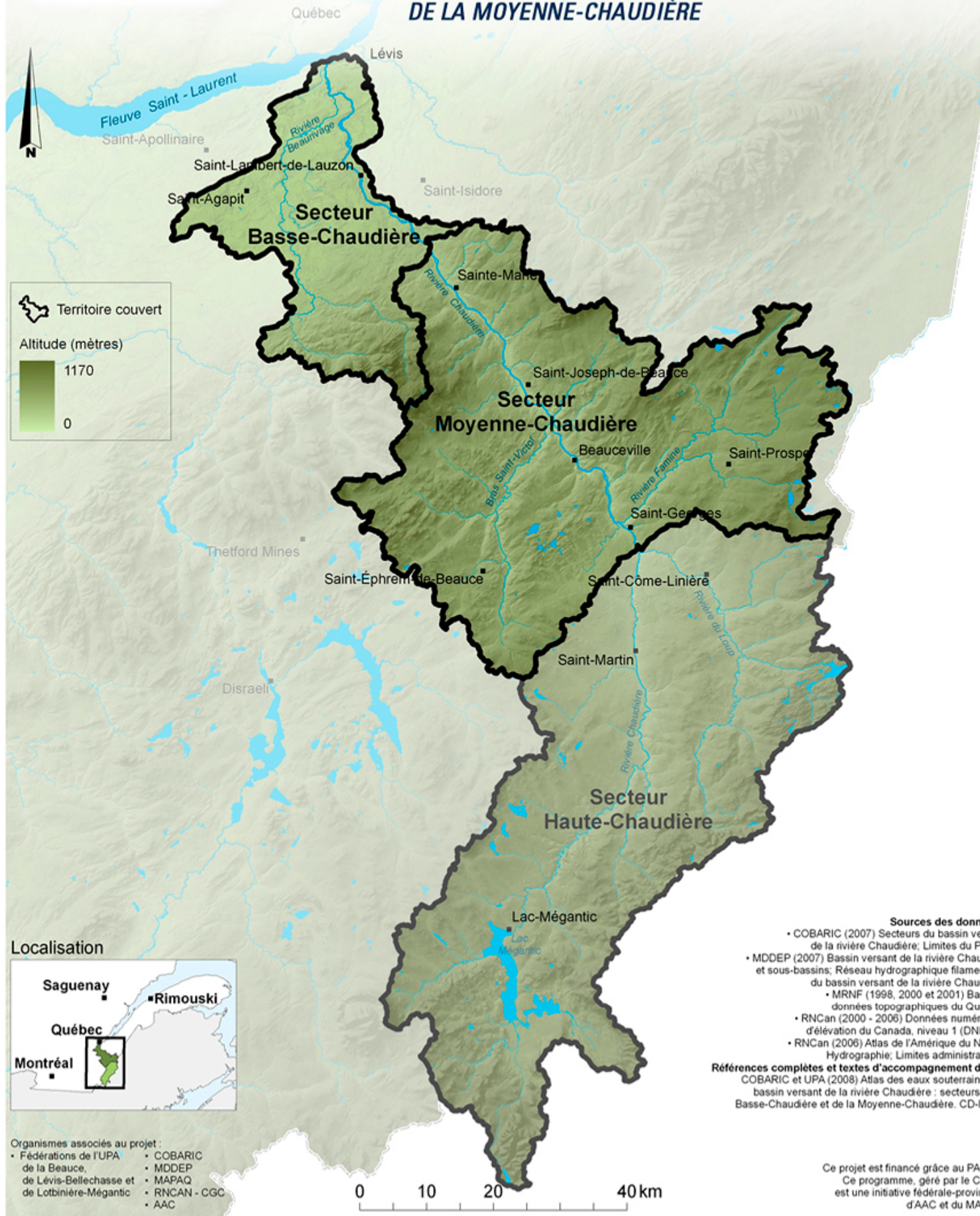
1.1.A LOCALISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE, PARMIS LES PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS DU QUÉBEC



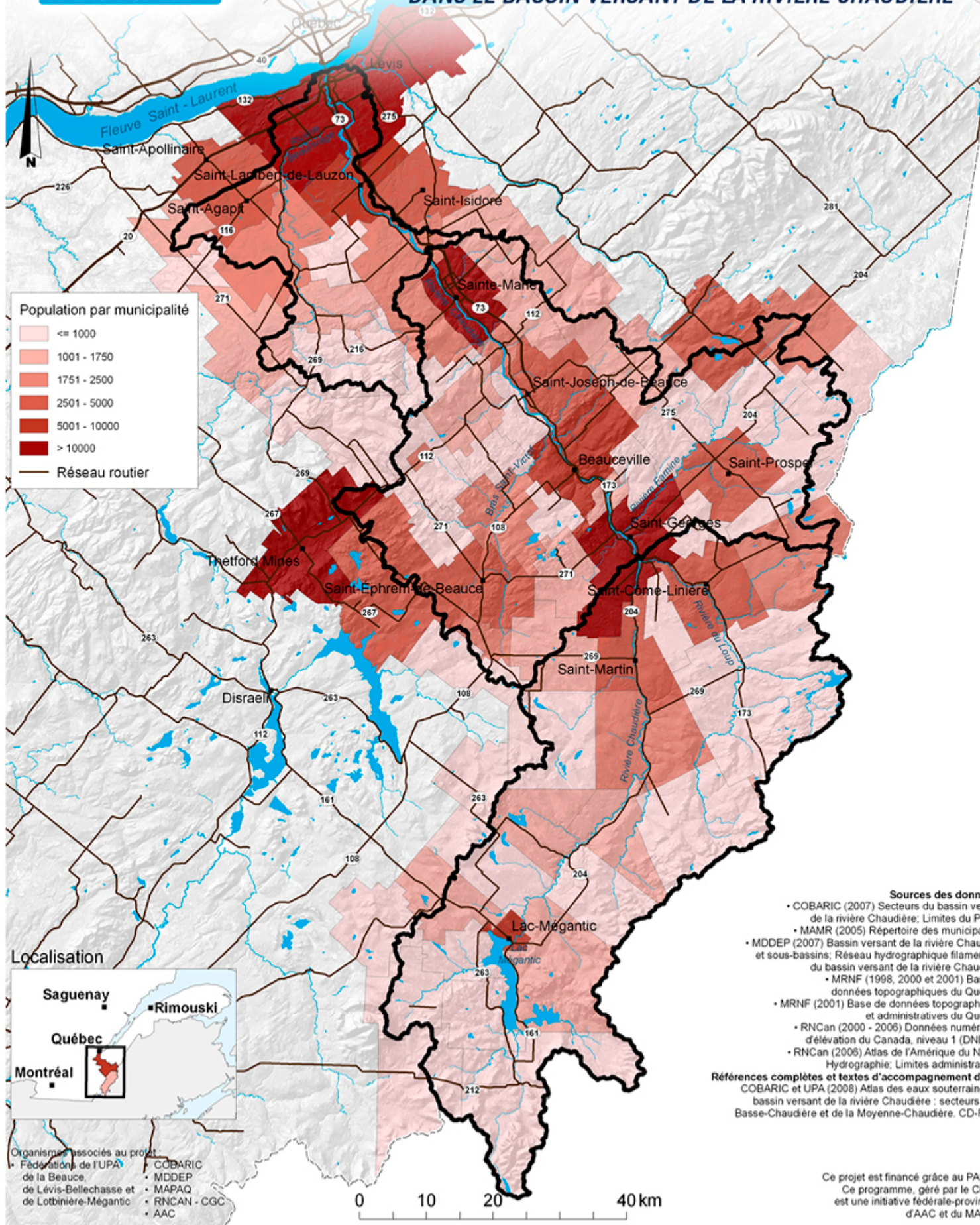
1.1.B DÉLIMITATION DES SECTEURS DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



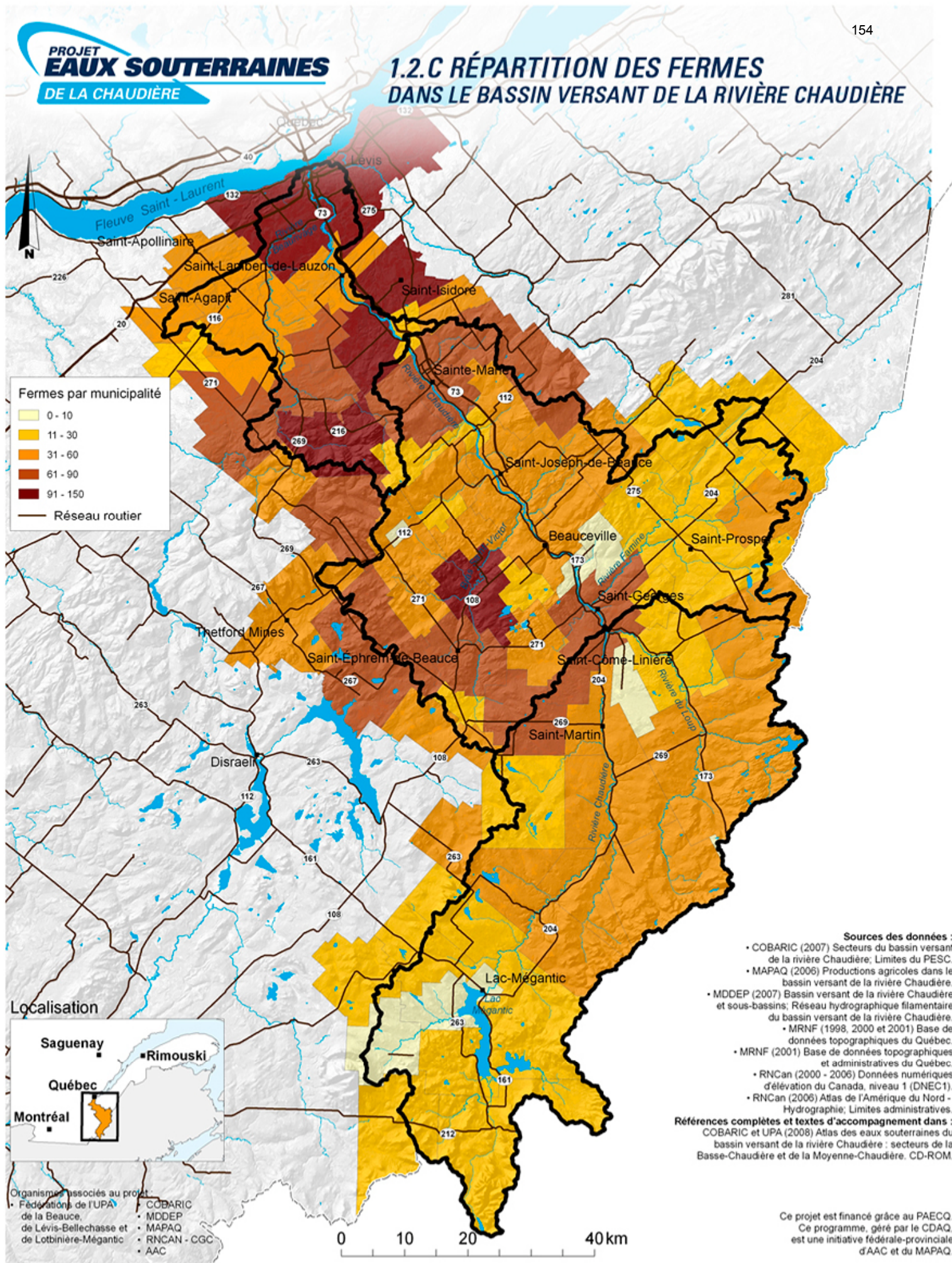
1.2.A TERRITOIRE COUVERT PAR LE PROJET SECTEURS DE LA BASSE-CHAUDIÈRE ET DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



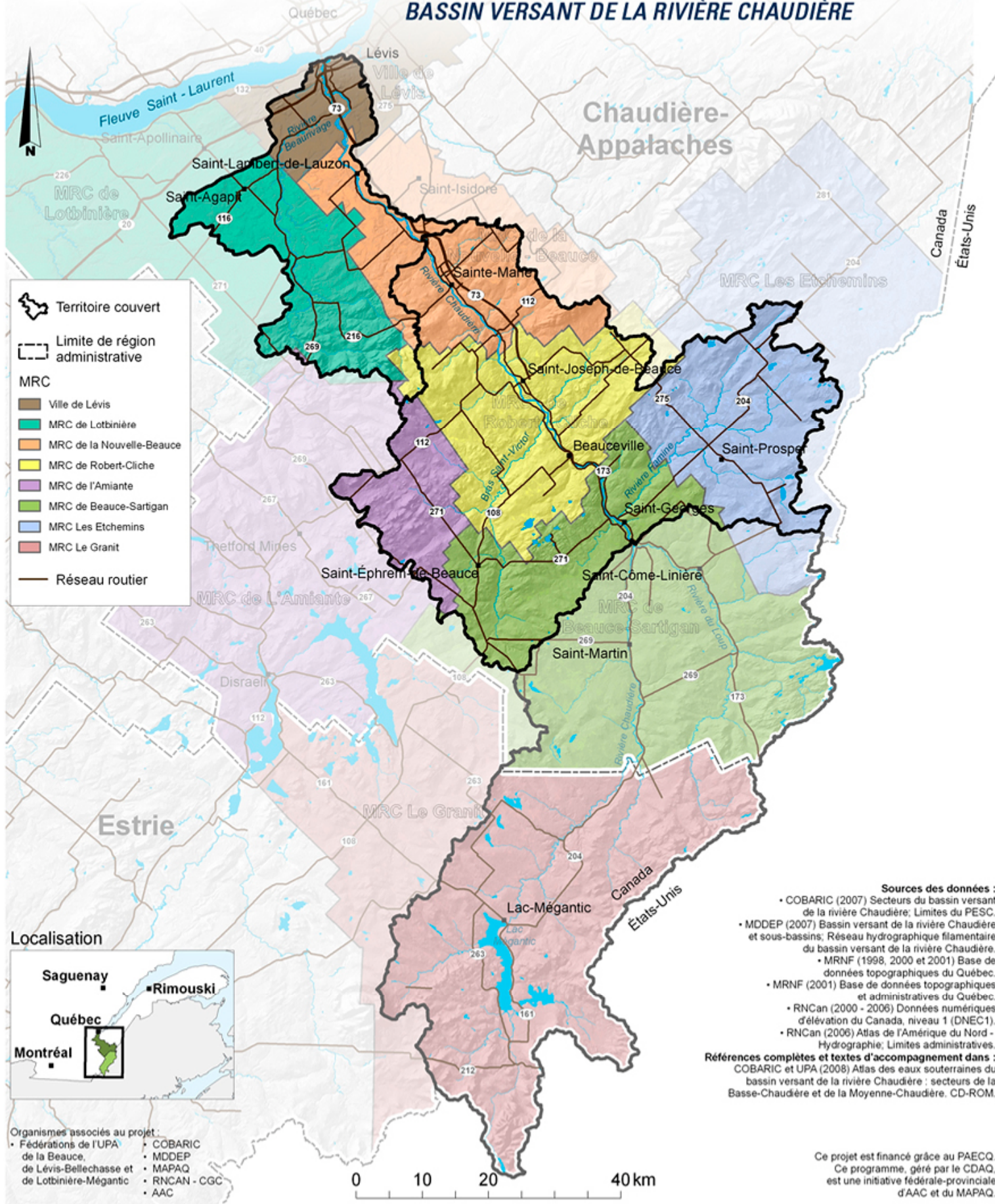
1.2.B RÉPARTITION DE LA POPULATION DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

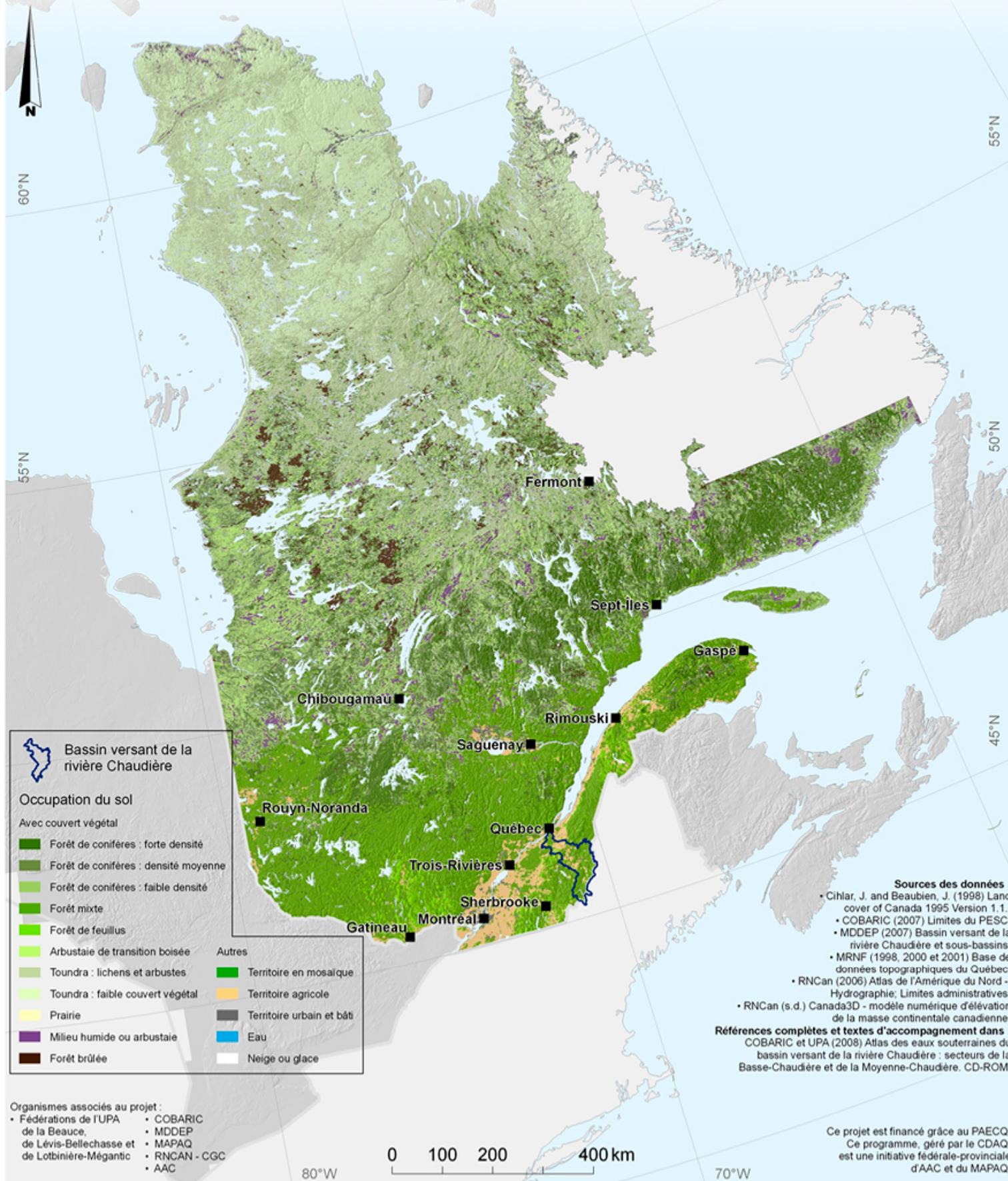


1.2.C RÉPARTITION DES FERMES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

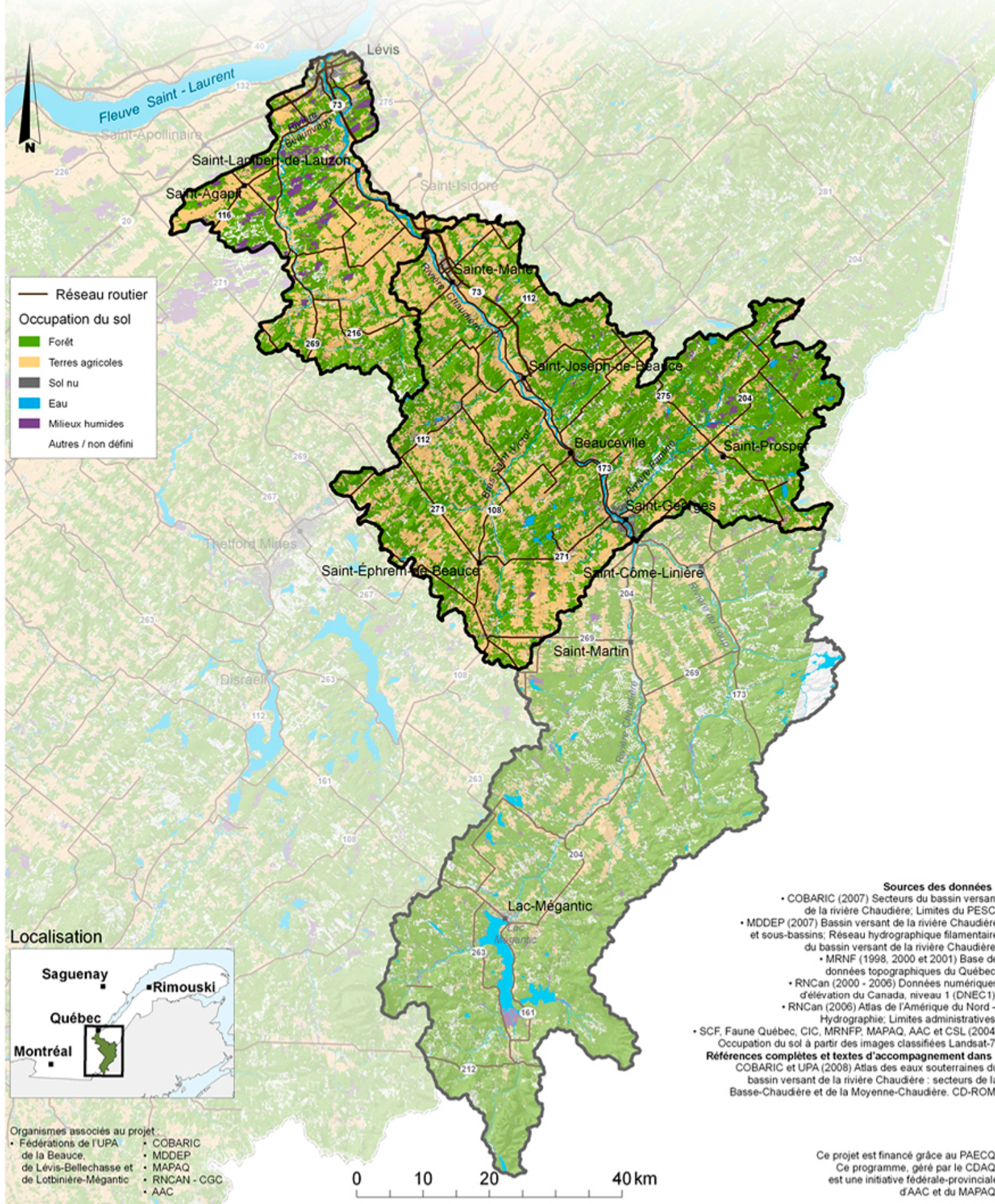


1.3 LIMITES ADMINISTRATIVES ET FRONTIÈRES POLITIQUES, DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

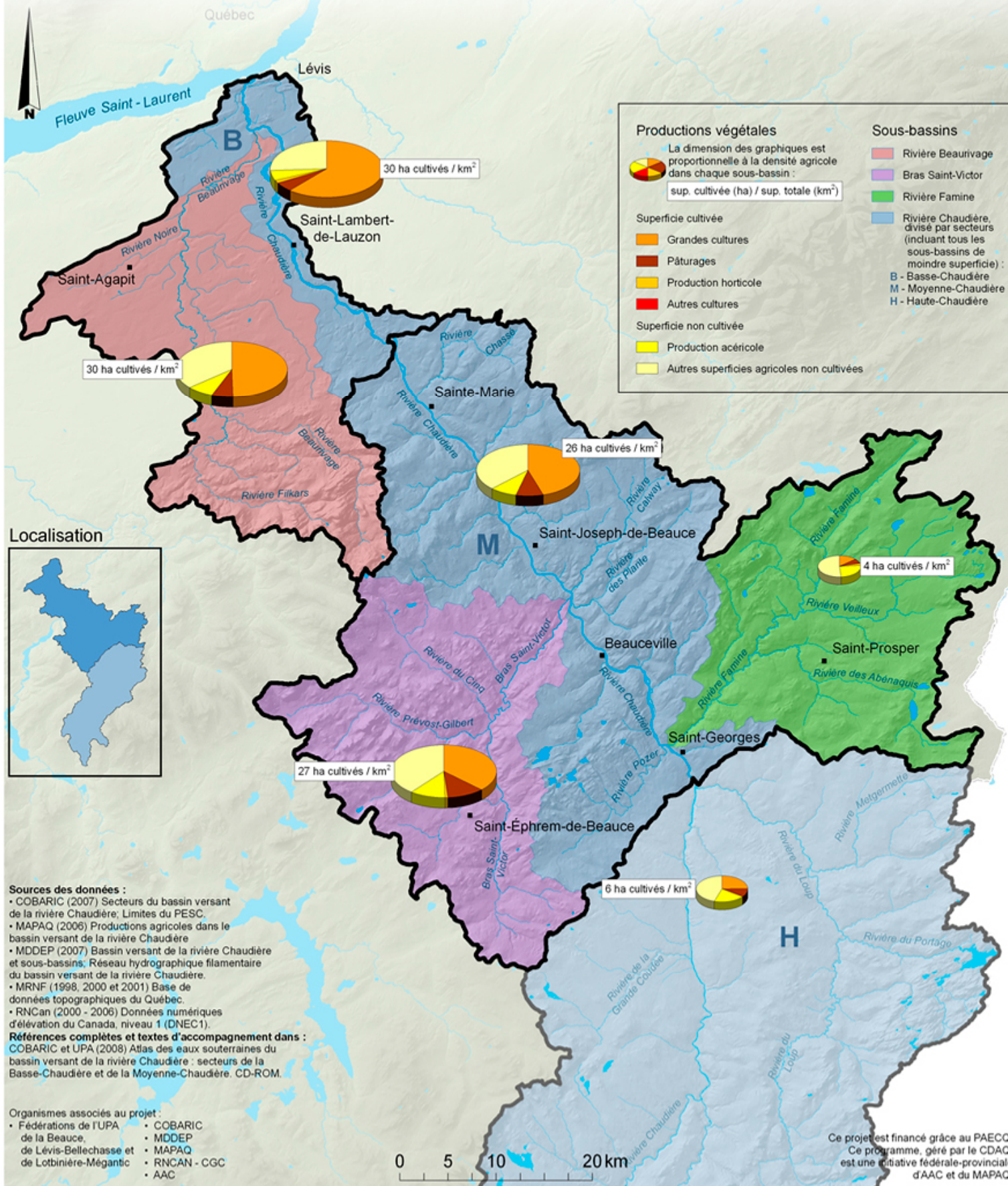




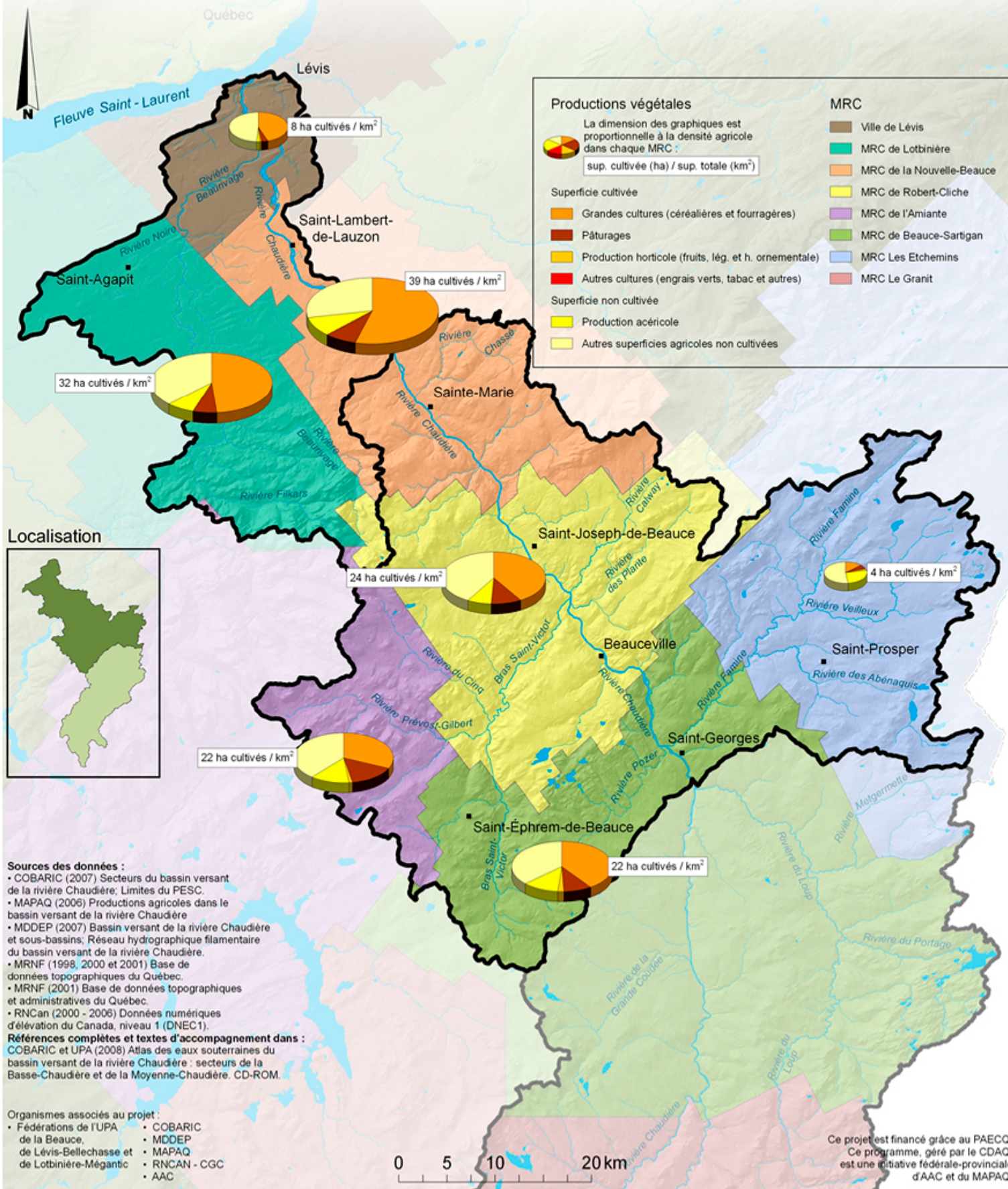
1.4.B OCCUPATION DU SOL DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



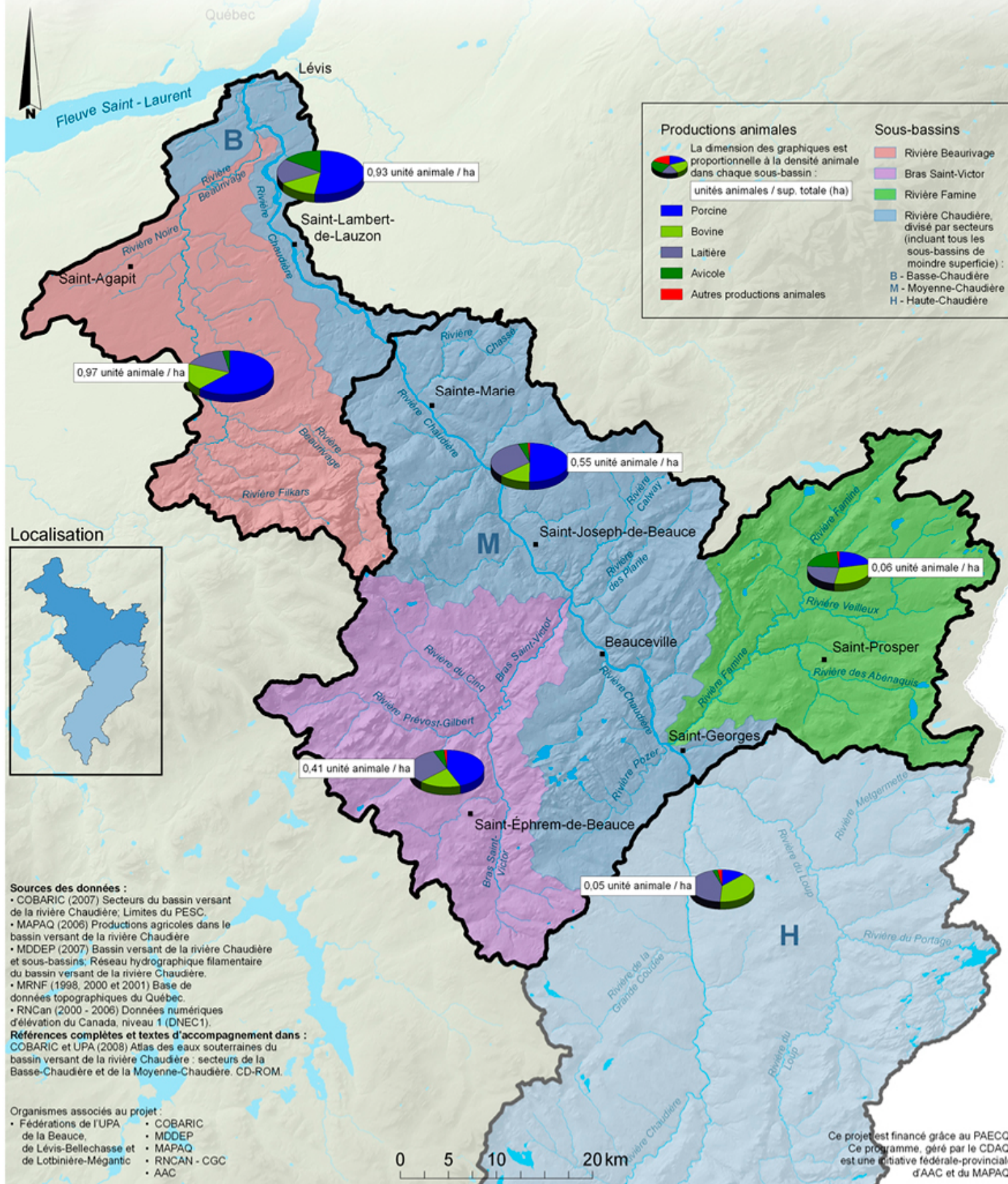
2.2.A PRODUCTIONS VÉGÉTALES PAR SOUS-BASSINS PRINCIPAUX, EN 2006



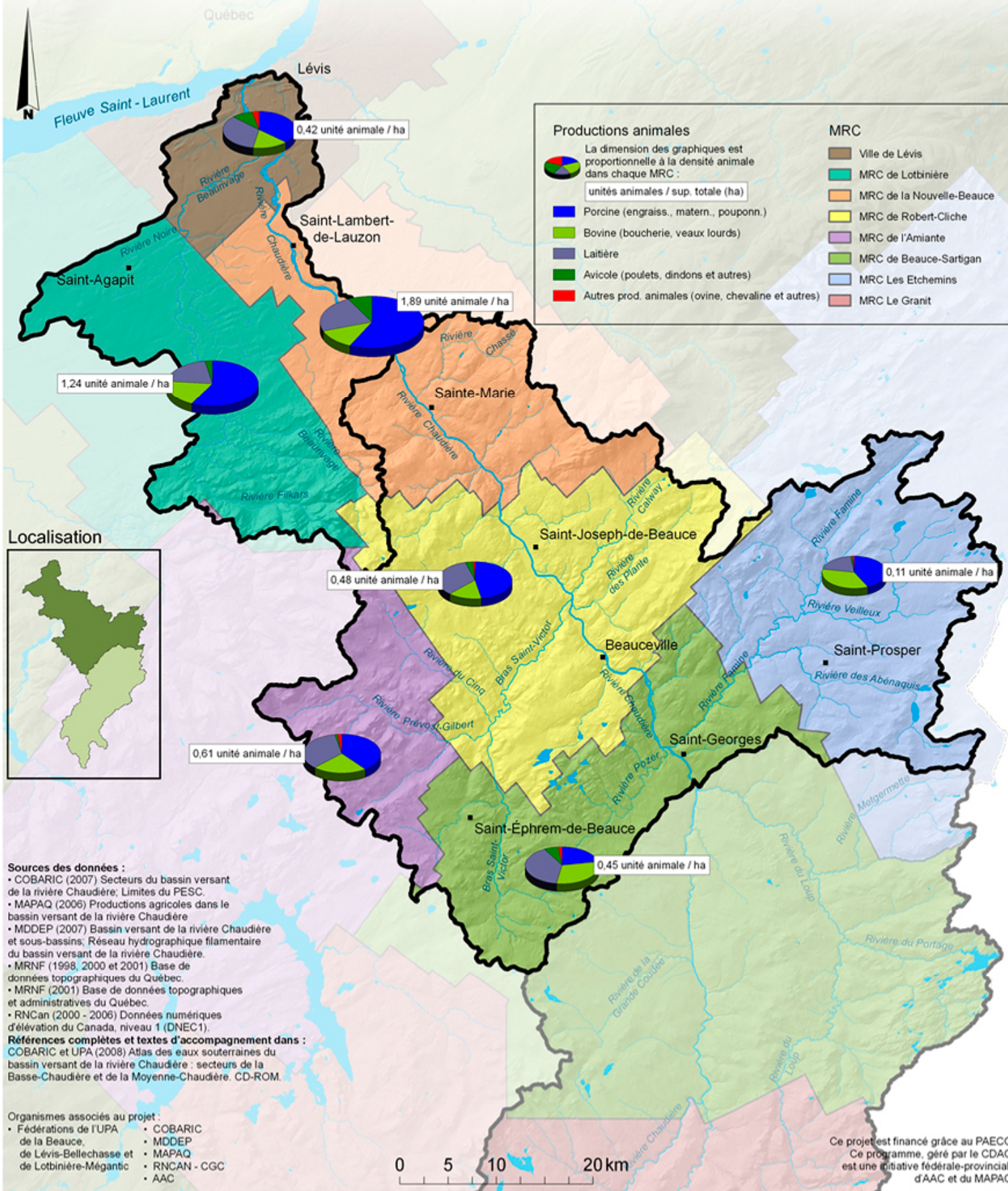
2.2.B PRODUCTIONS VÉGÉTALES PAR MRC, EN 2006



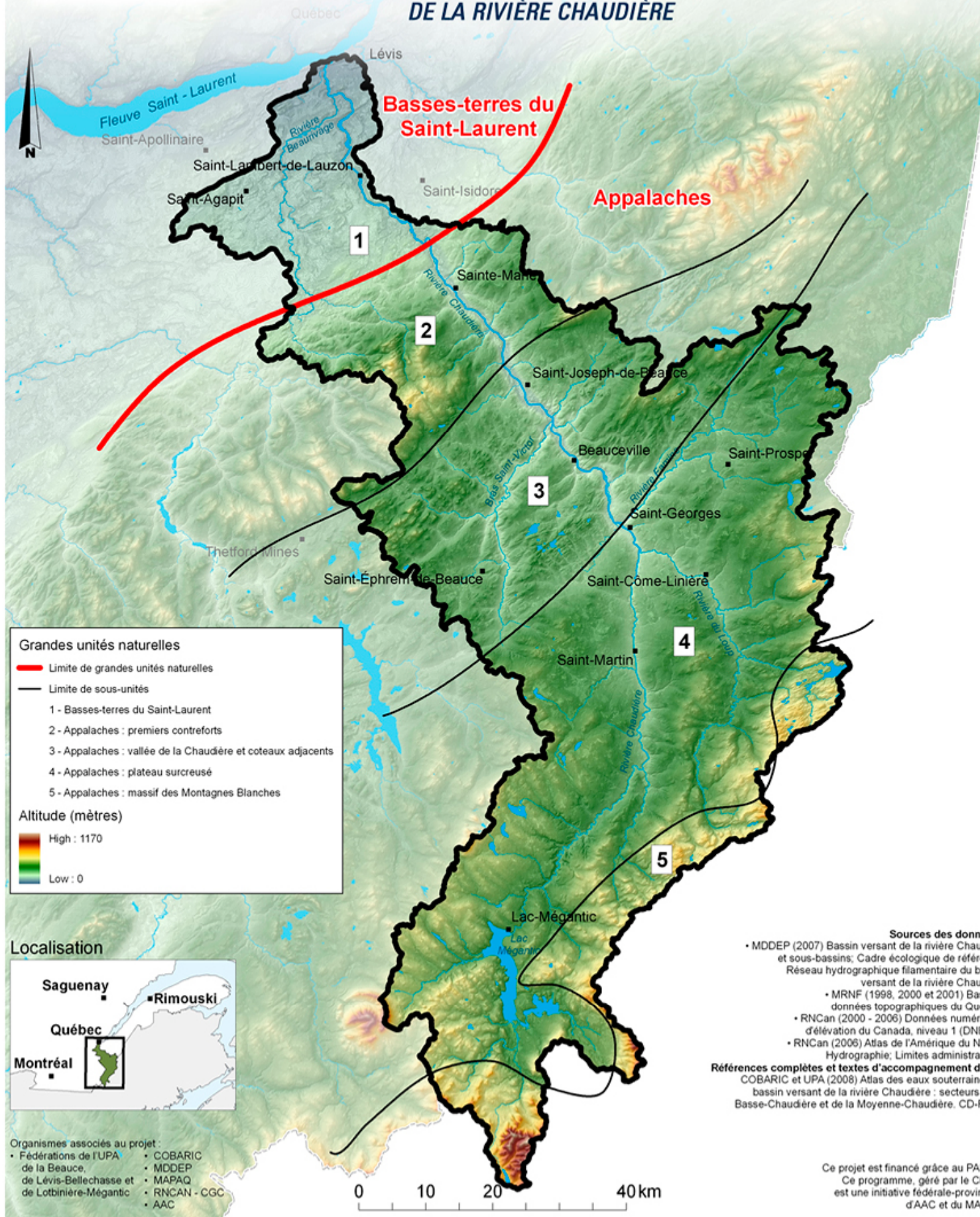
2.3.A PRODUCTIONS ANIMALES PAR SOUS-BASSINS PRINCIPAUX, EN 2006



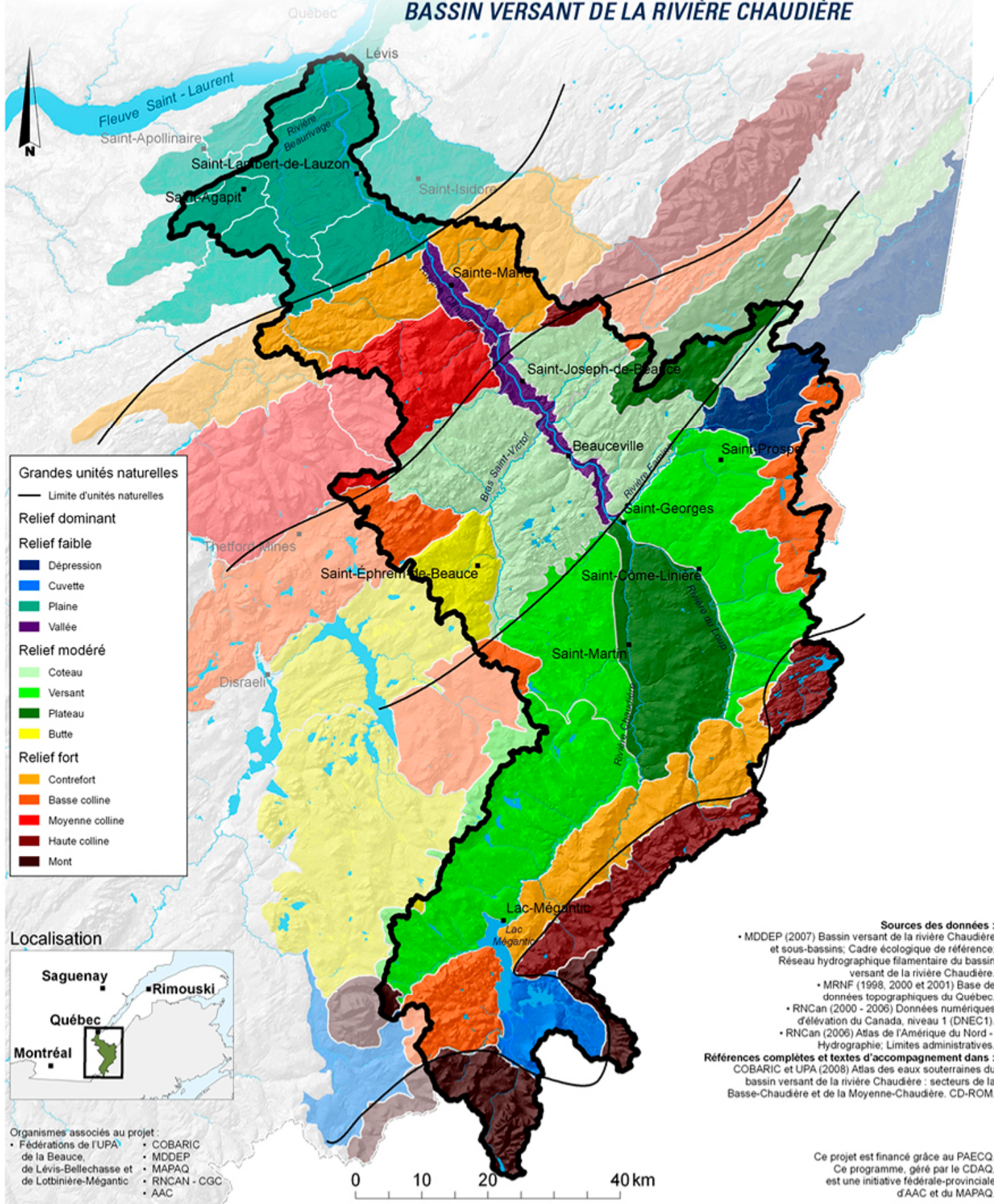
2.3.B PRODUCTIONS ANIMALES PAR MRC, EN 2006



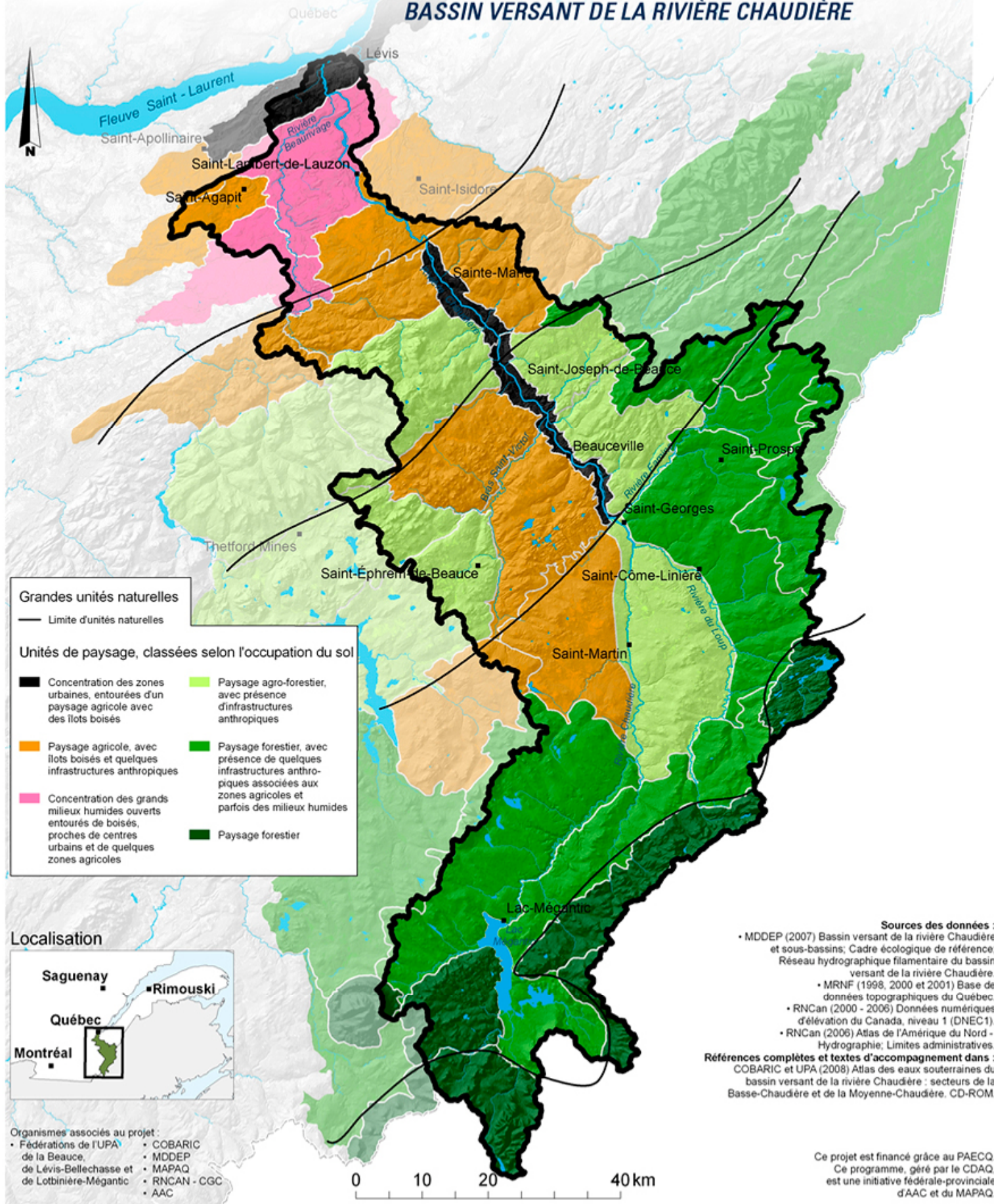
3.1.A GRANDES UNITÉS NATURELLES ET SOUS-UNITÉS, DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



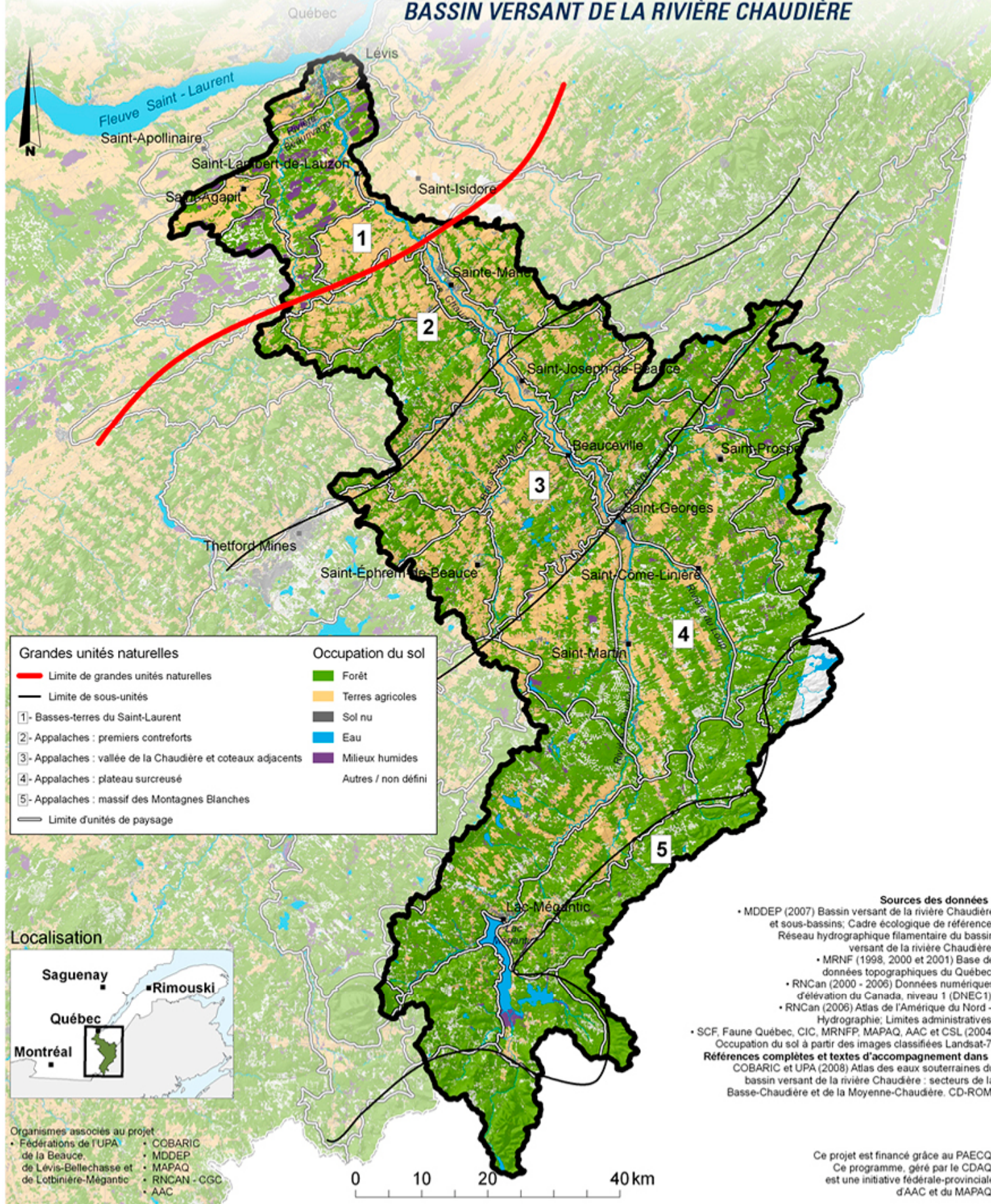
3.1.B RELIEF DOMINANT DANS LES UNITÉS DE PAYSAGE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



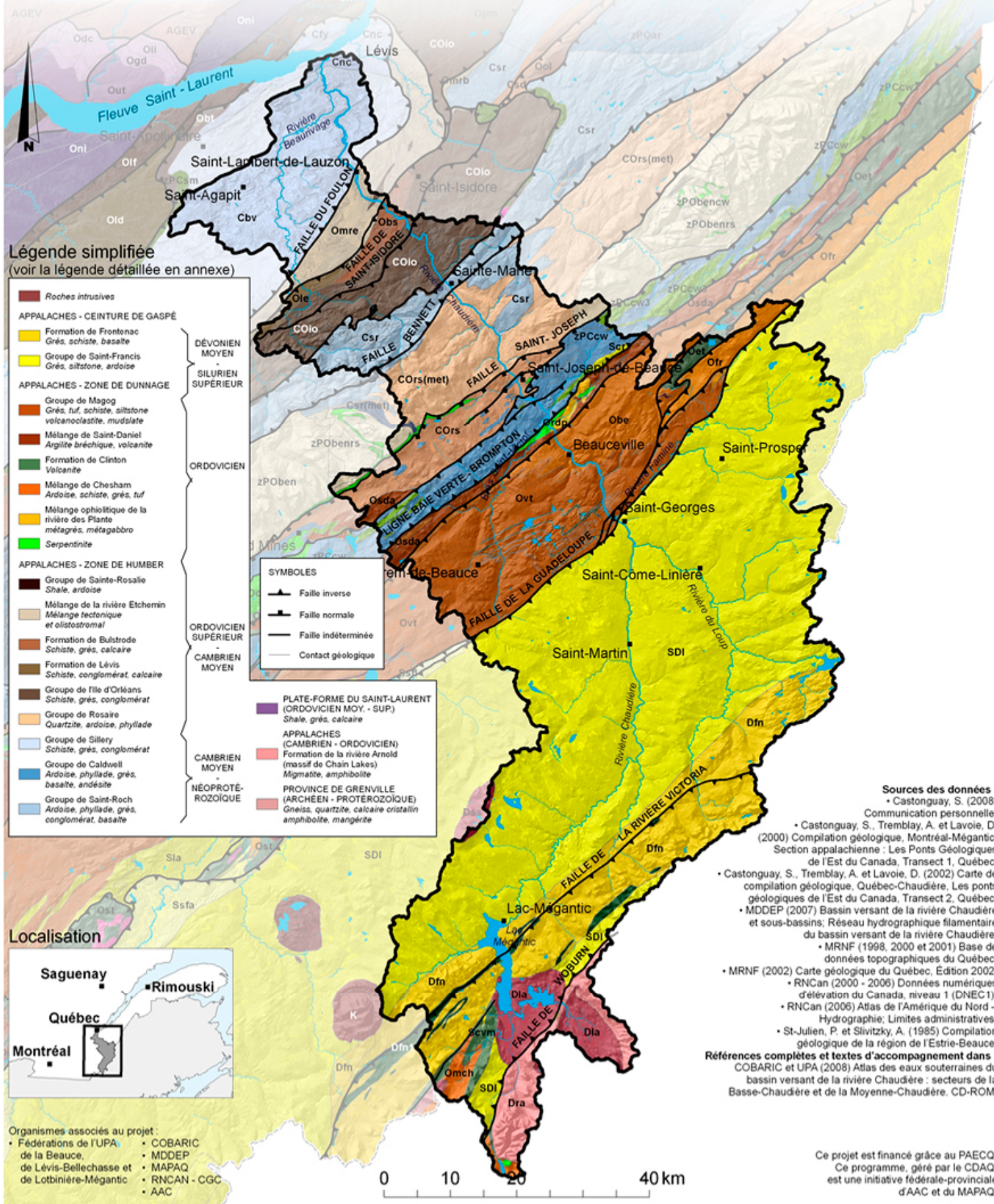
3.1.C UNITÉS DE PAYSAGE CLASSÉES SELON L'OCCUPATION DU SOL, DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



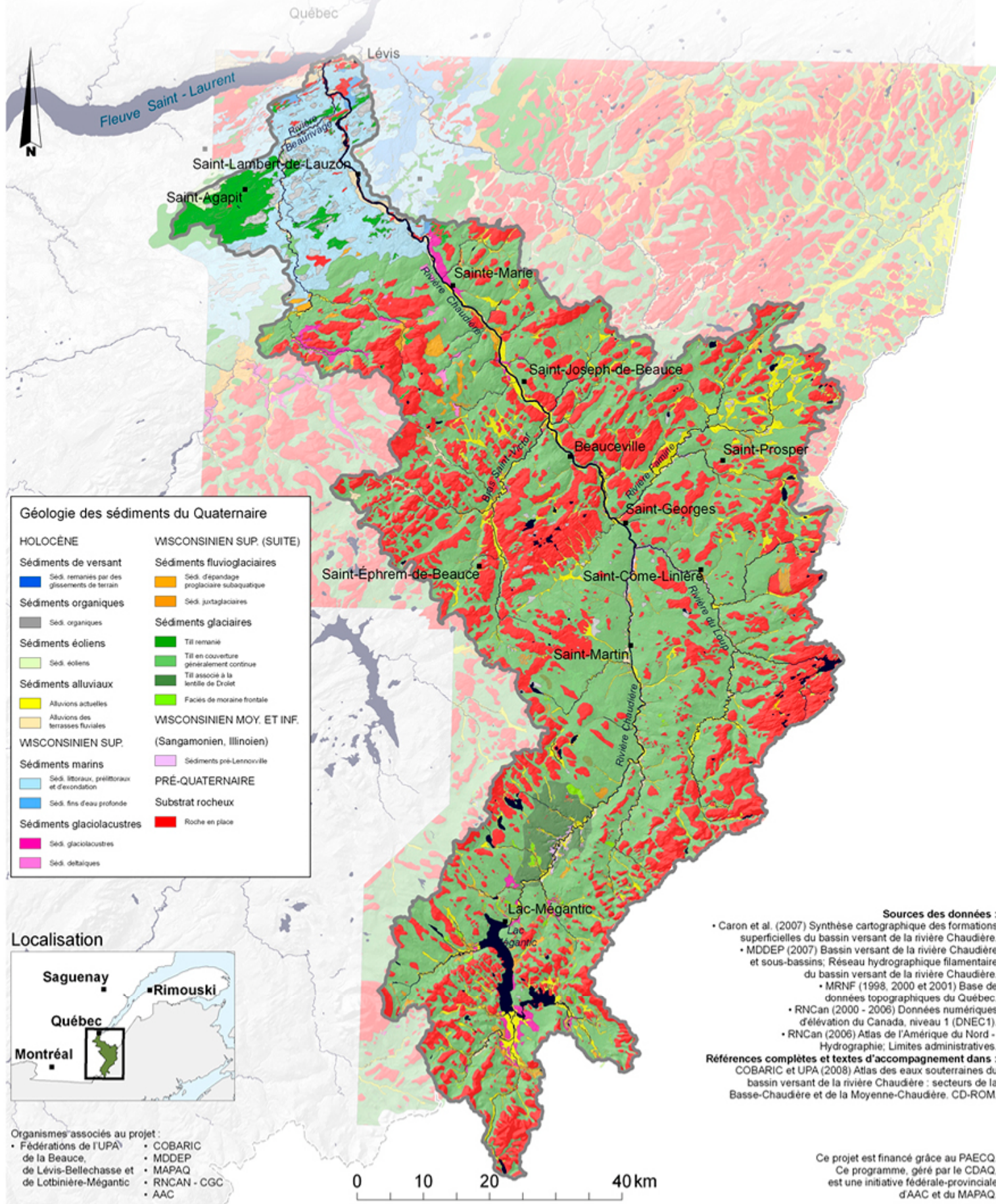
3.1.D OCCUPATION DU SOL PAR UNITÉ DE PAYSAGE, DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



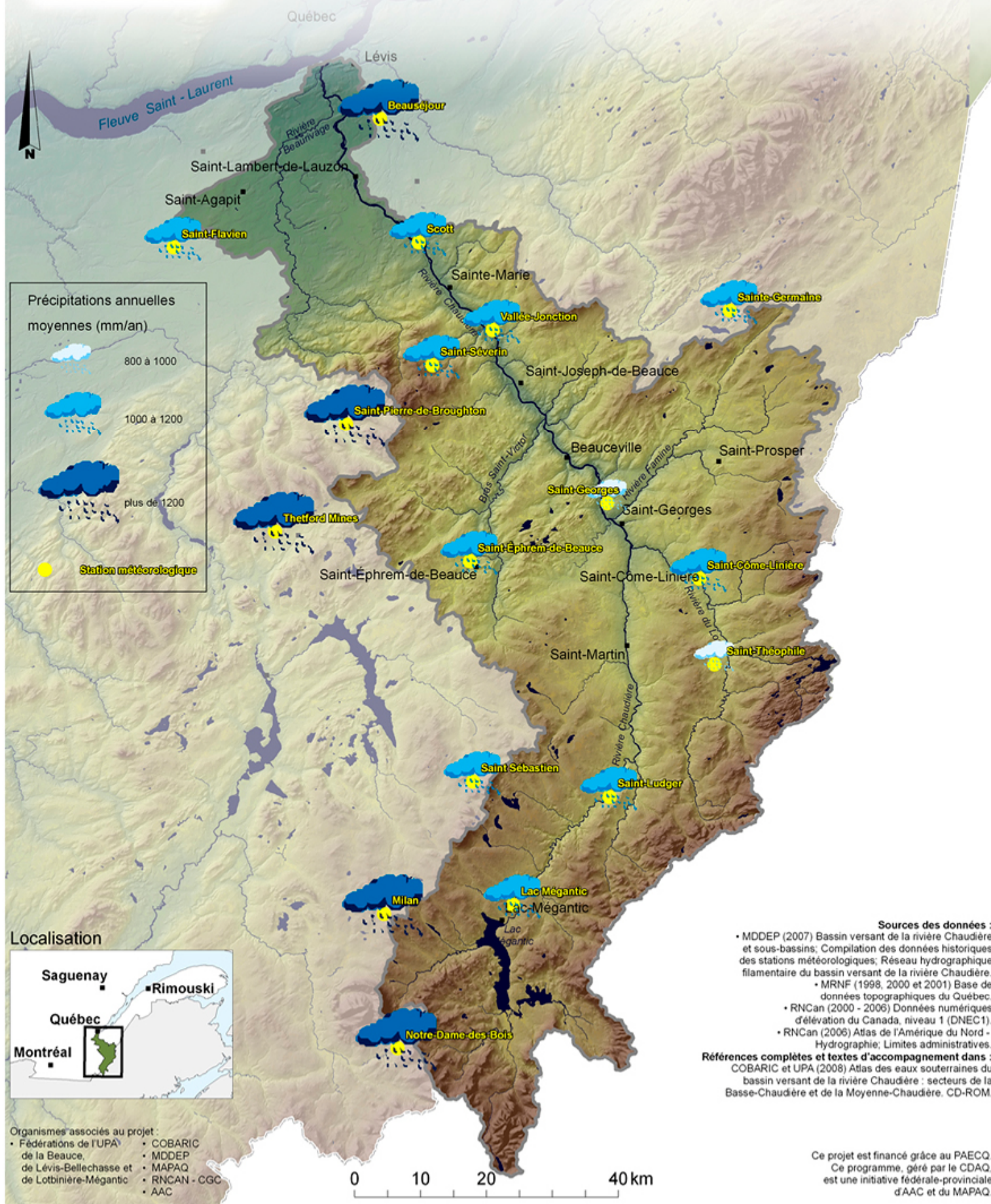
3.3.A GÉOLOGIE SIMPLIFIÉE DU ROC DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



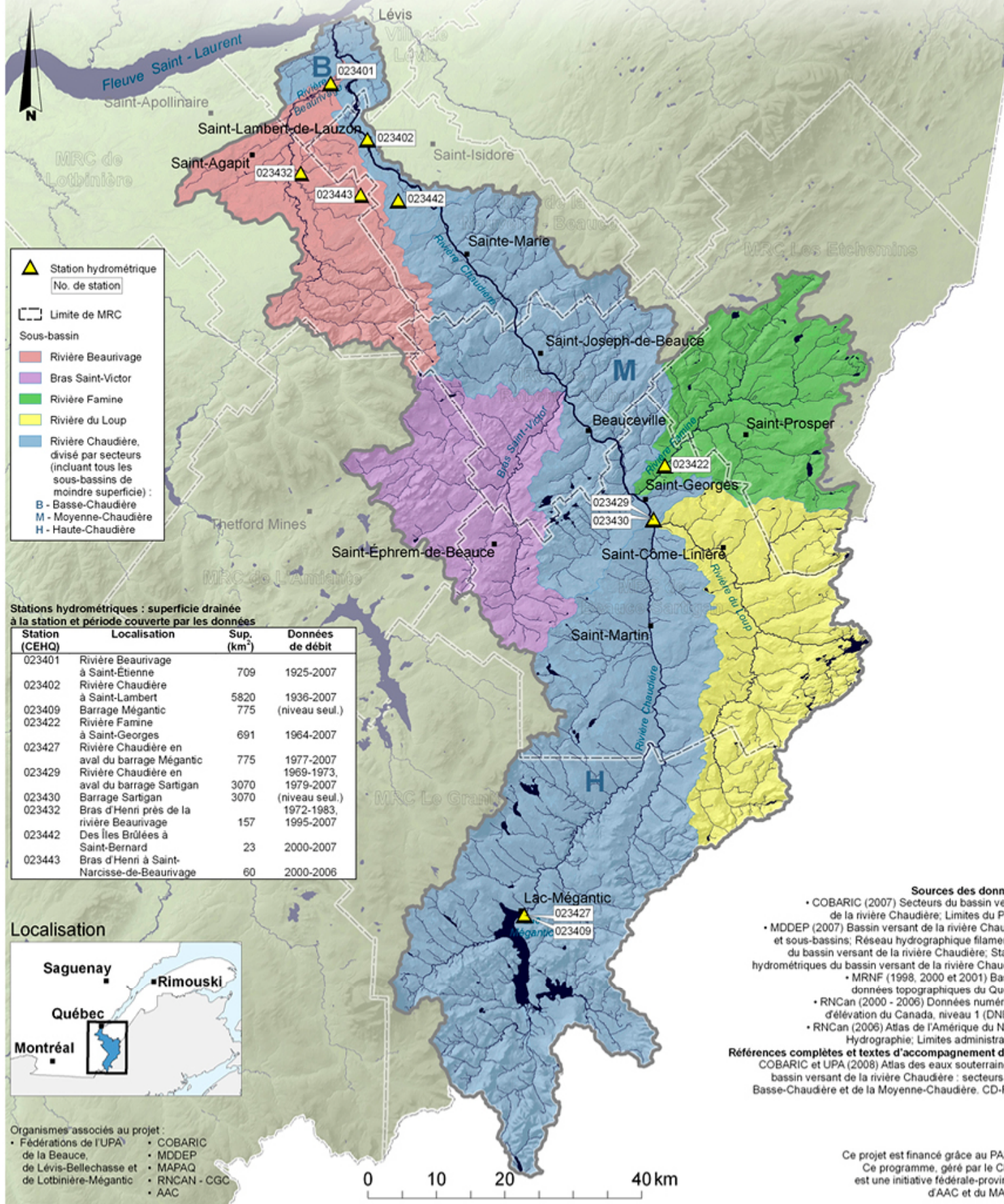
3.4 SÉDIMENTS DU QUATERNAIRE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



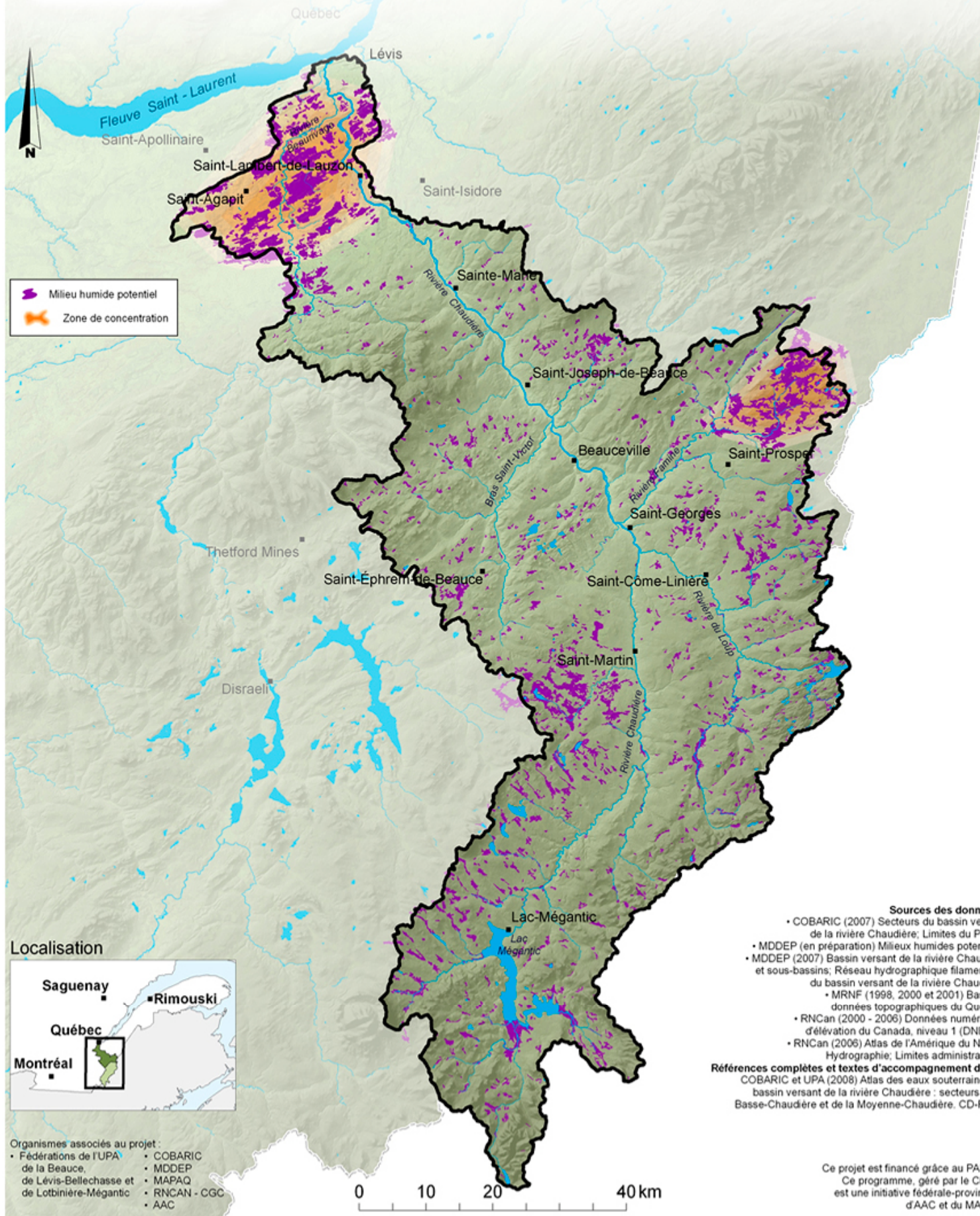
3.5 PRÉCIPITATIONS ANNUELLES MOYENNES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



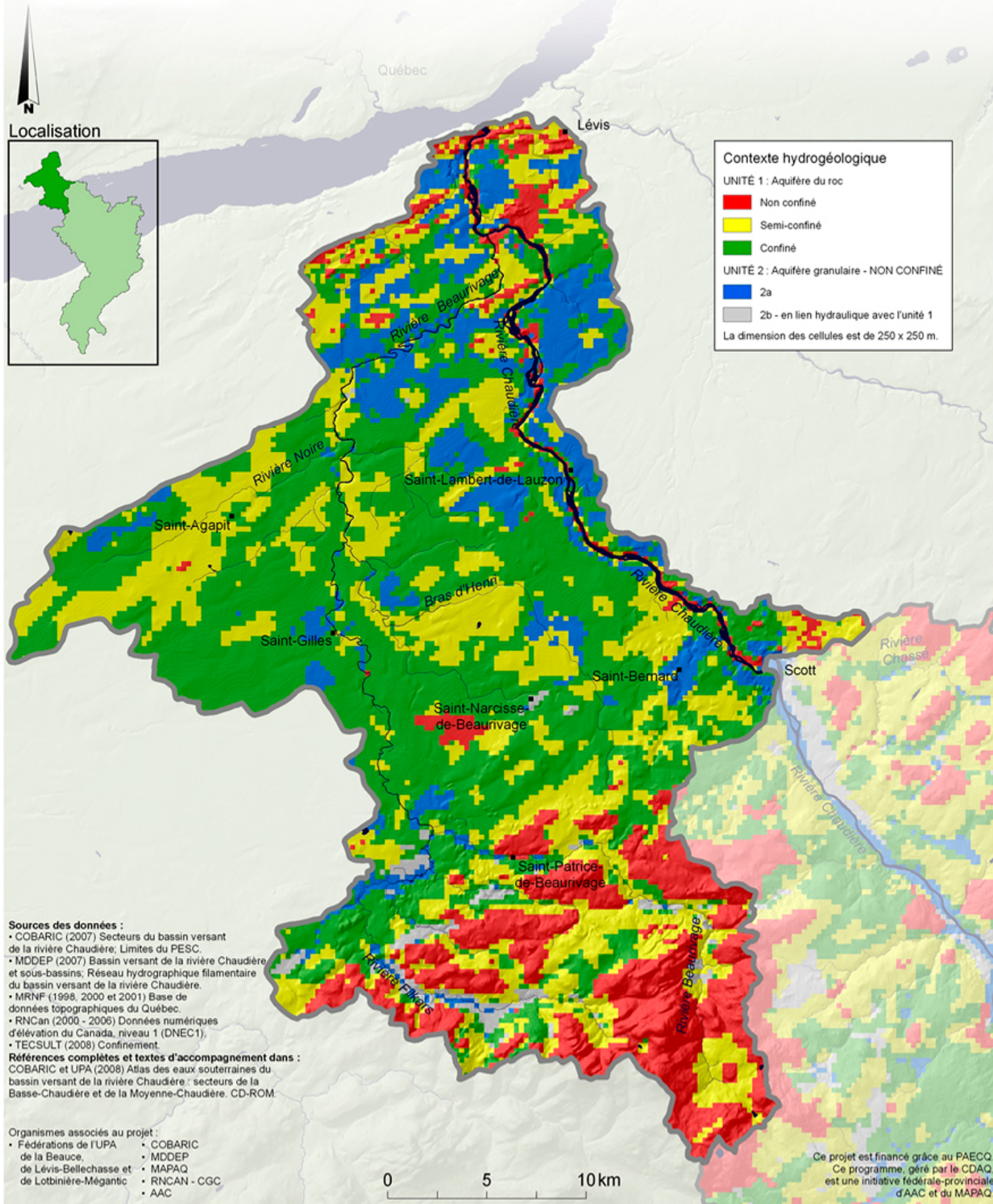
3.6.A RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE, SOUS-BASSINS ET STATIONS HYDROMÉTRIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



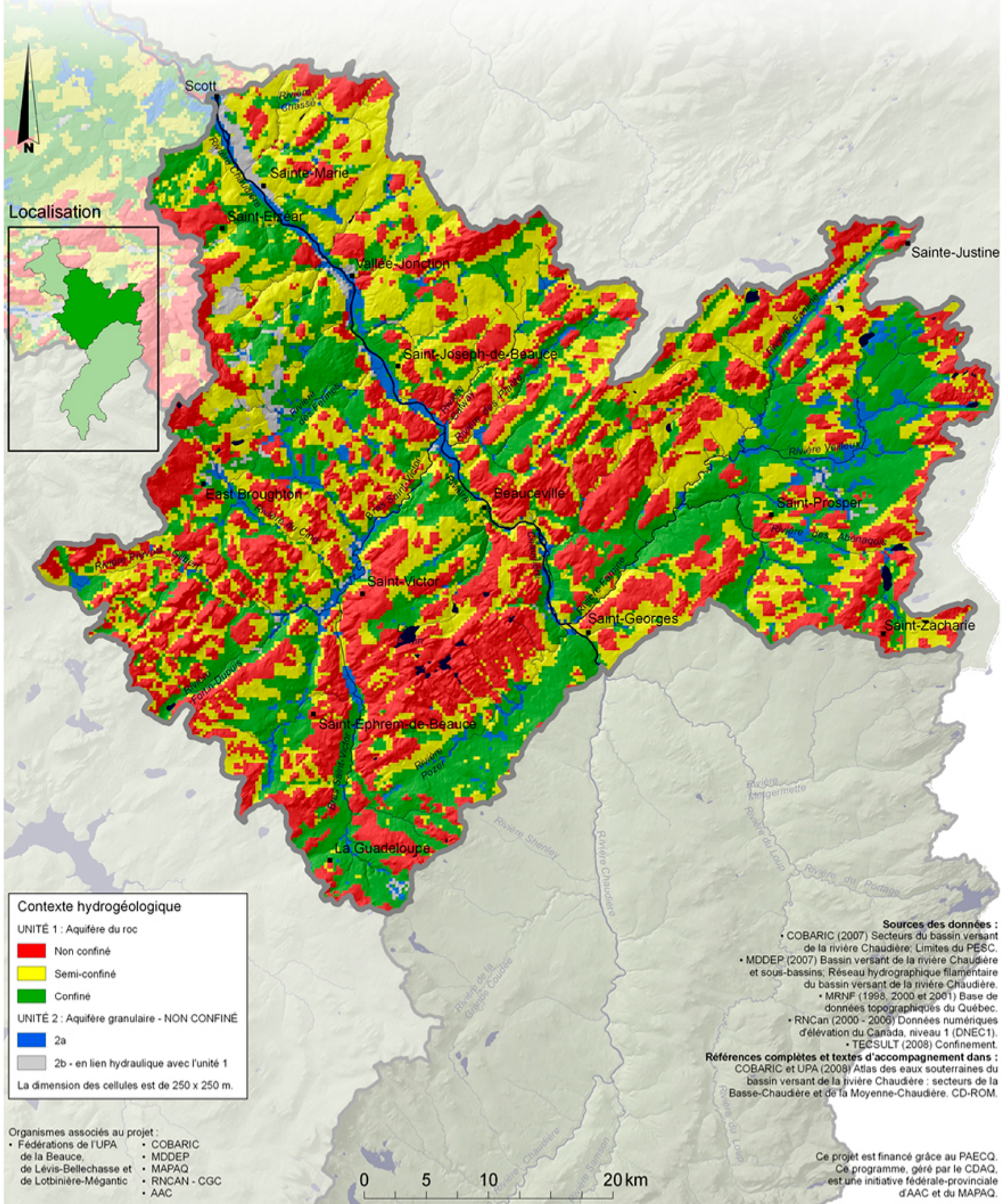
3.6.B MILIEUX HUMIDES POTENTIELS DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



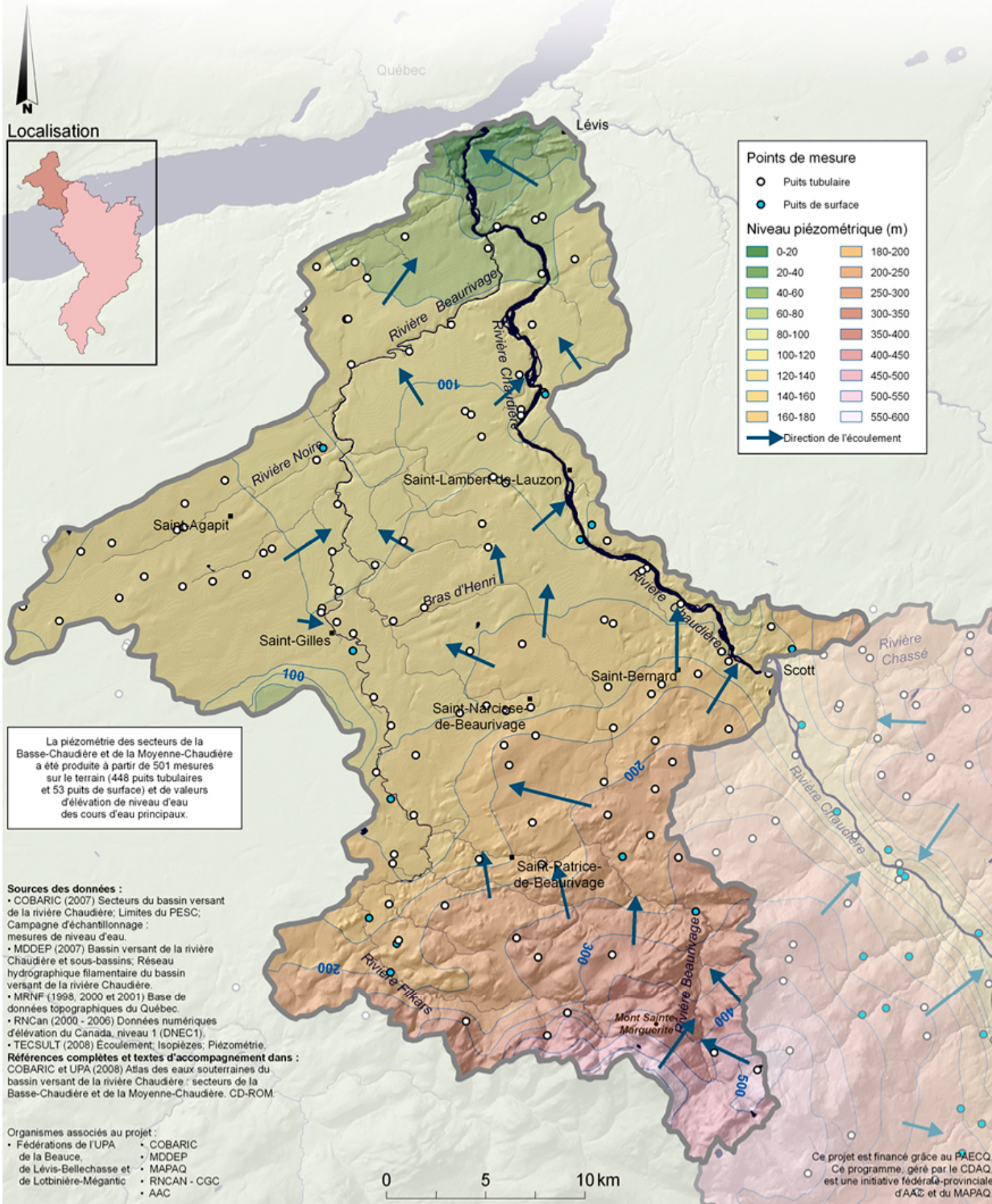
4.2.A CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



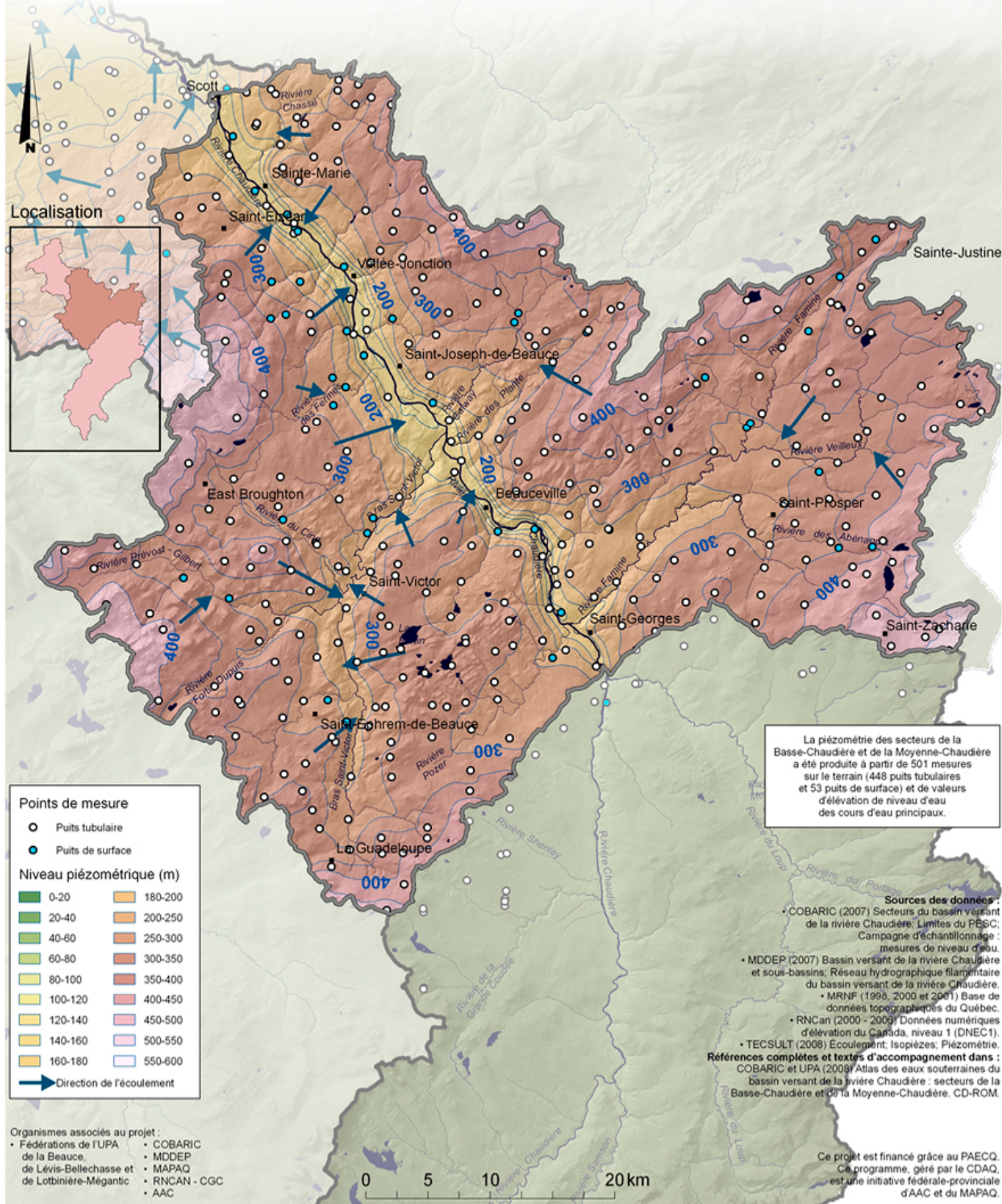
4.2.B CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



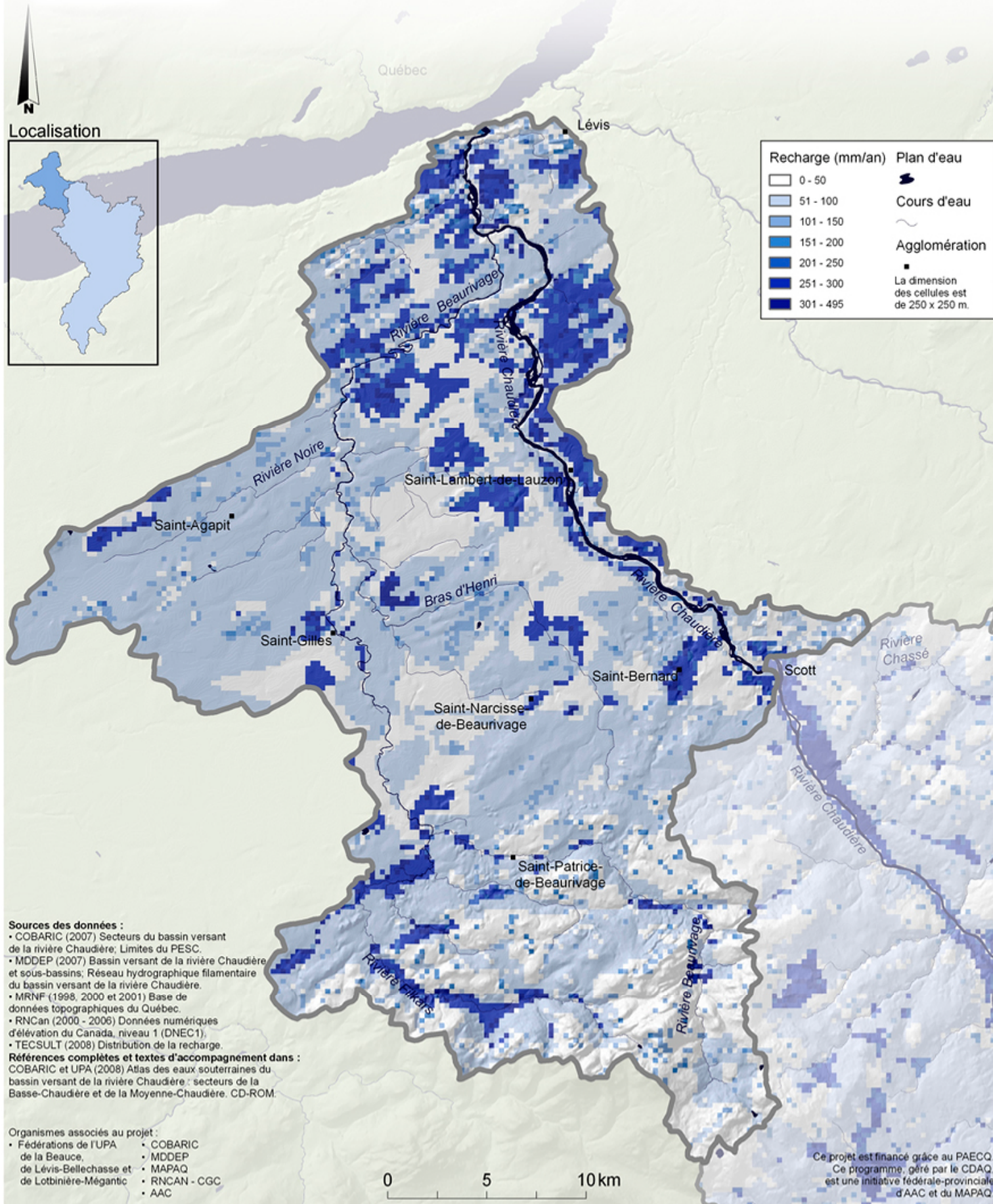
4.3.A PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



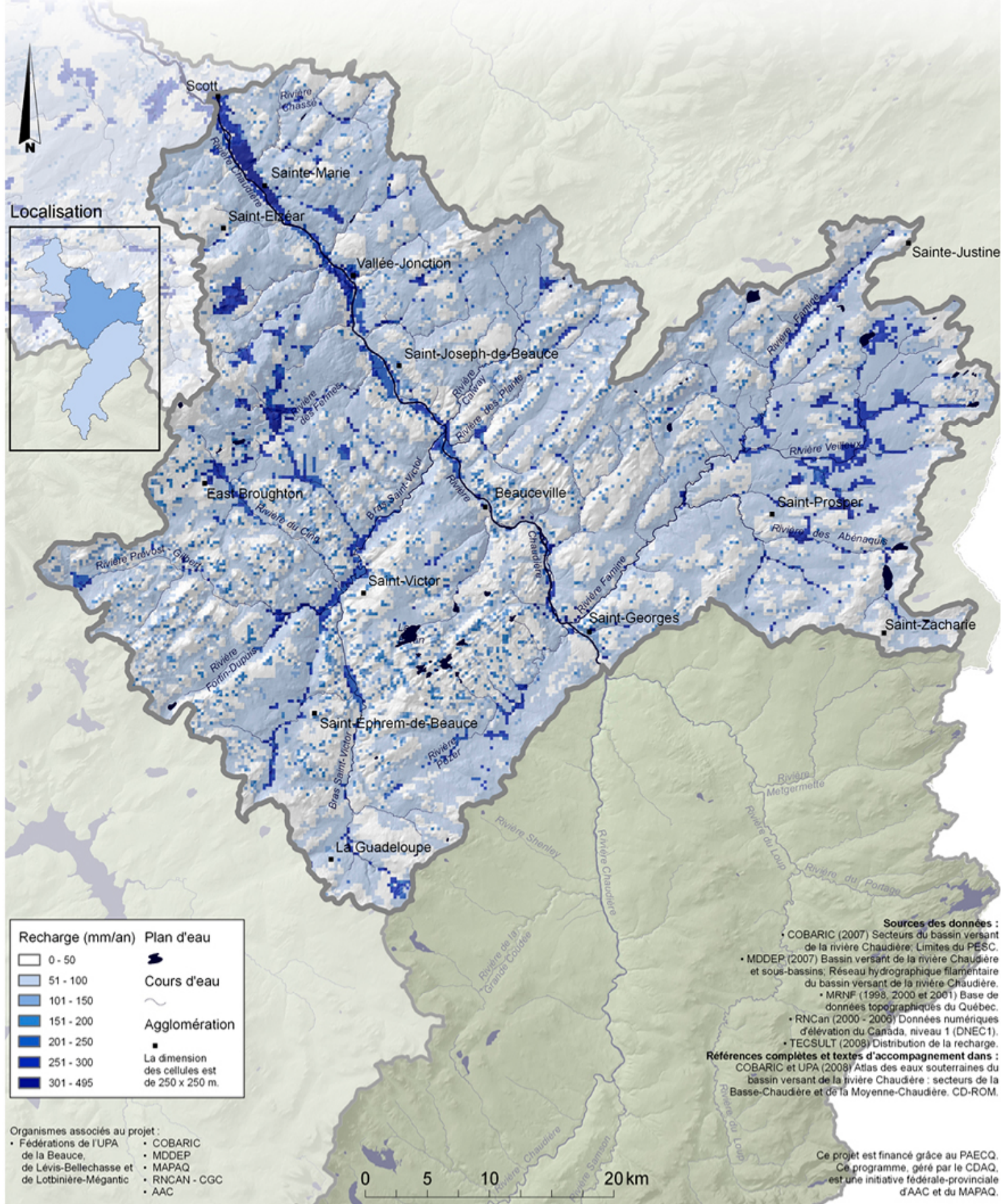
4.3.B PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



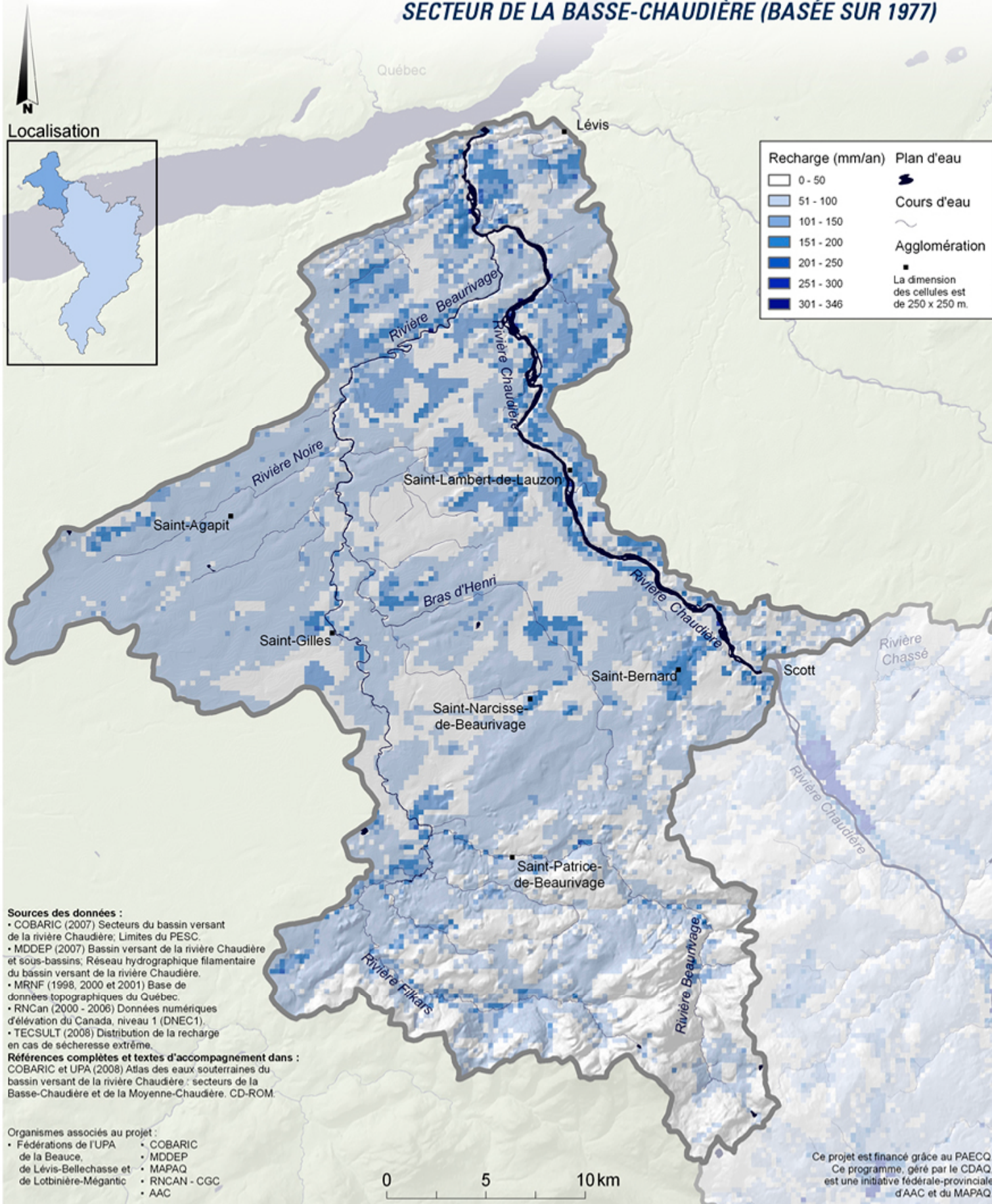
4.4.A DISTRIBUTION DE LA RECHARGE DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



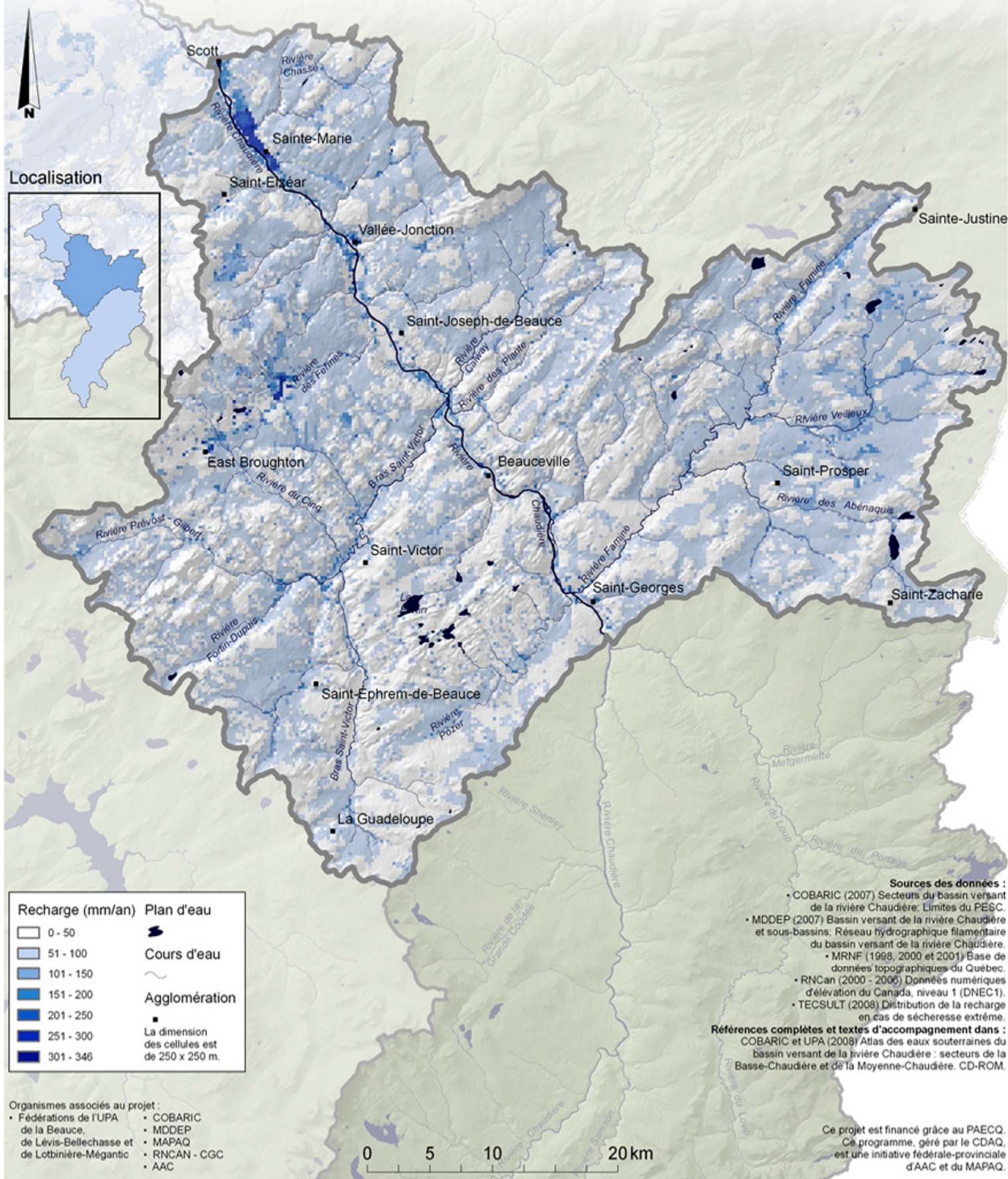
4.4.B DISTRIBUTION DE LA RECHARGE DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



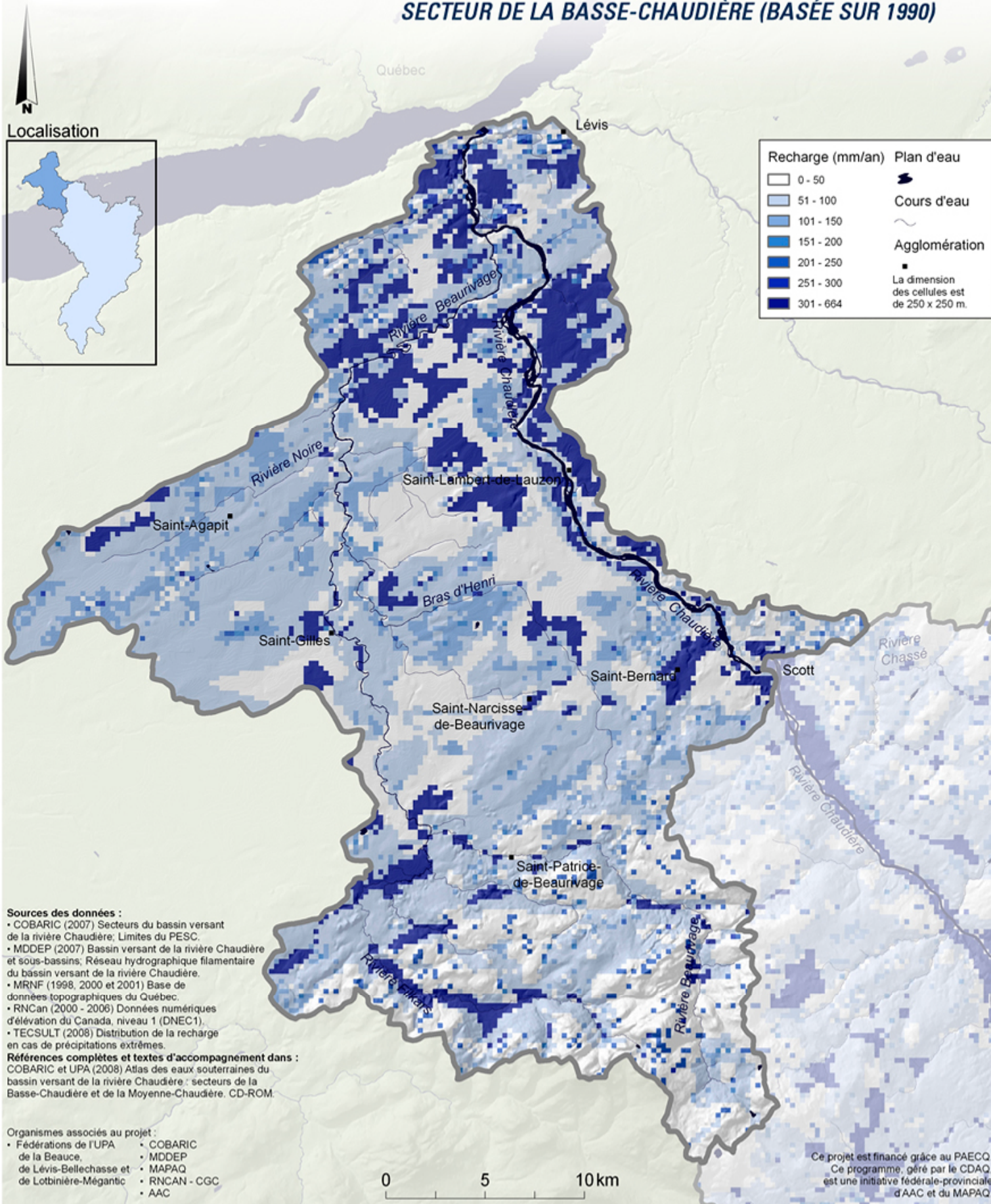
4.4.C SIMULATION DE LA RECHARGE EN CAS DE SÉCHERESSE EXTRÊME, DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE (BASÉE SUR 1977)



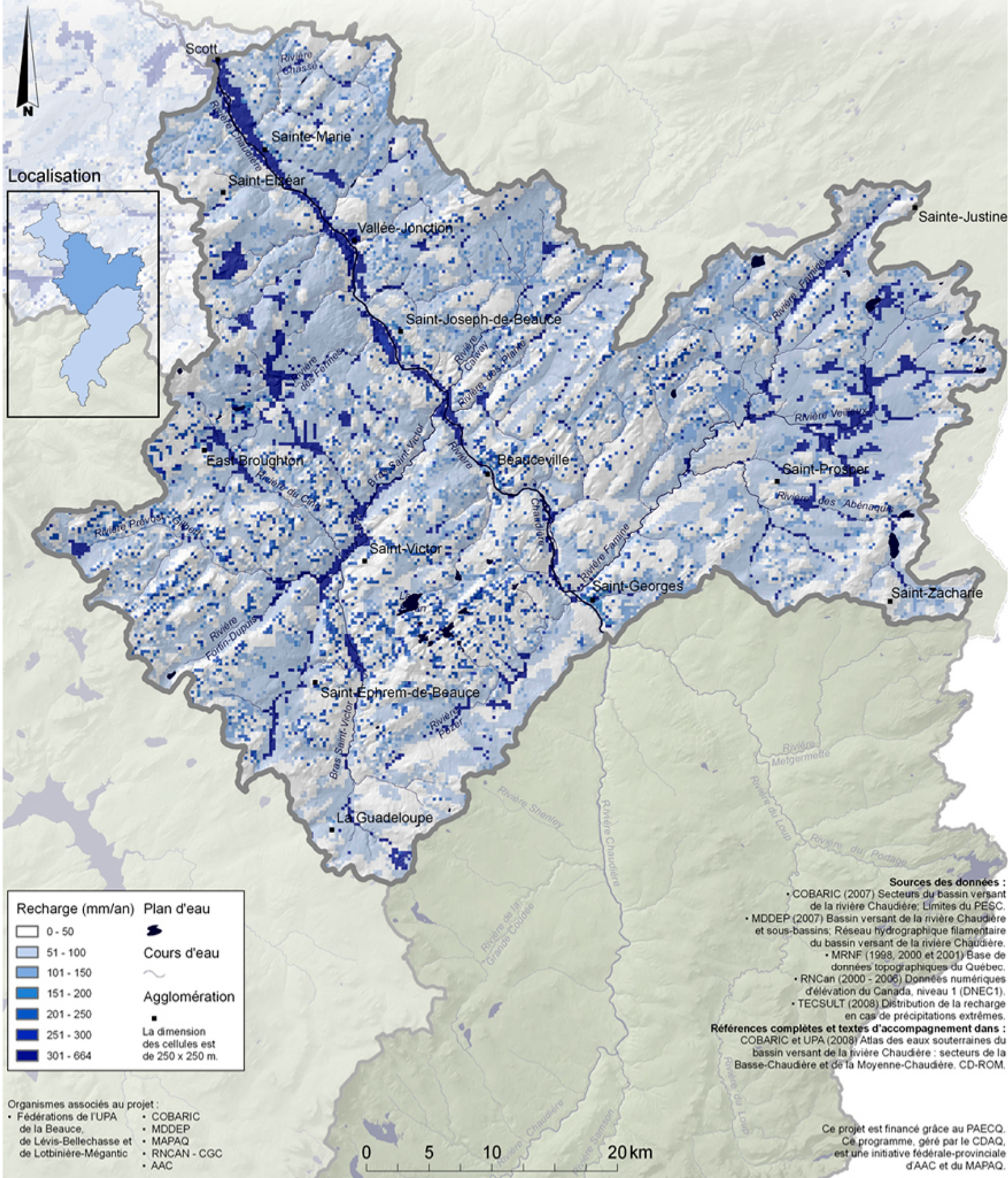
4.4.D SIMULATION DE LA RECHARGE EN CAS DE SÉCHERESSE EXTRÊME, DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE (BASÉE SUR 1977)



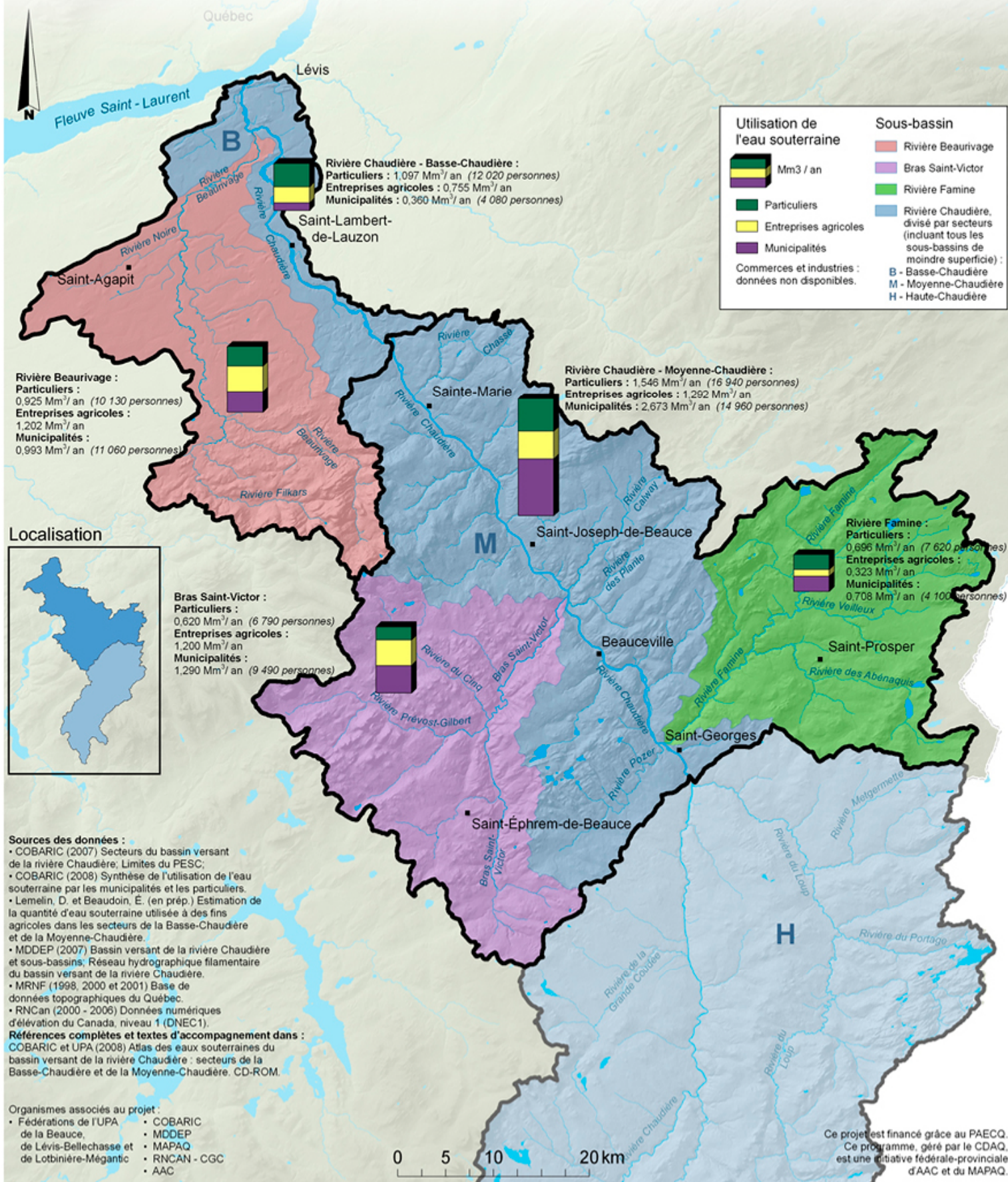
4.4.E SIMULATION DE LA RECHARGE EN CAS DE PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES, DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE (BASÉE SUR 1990)



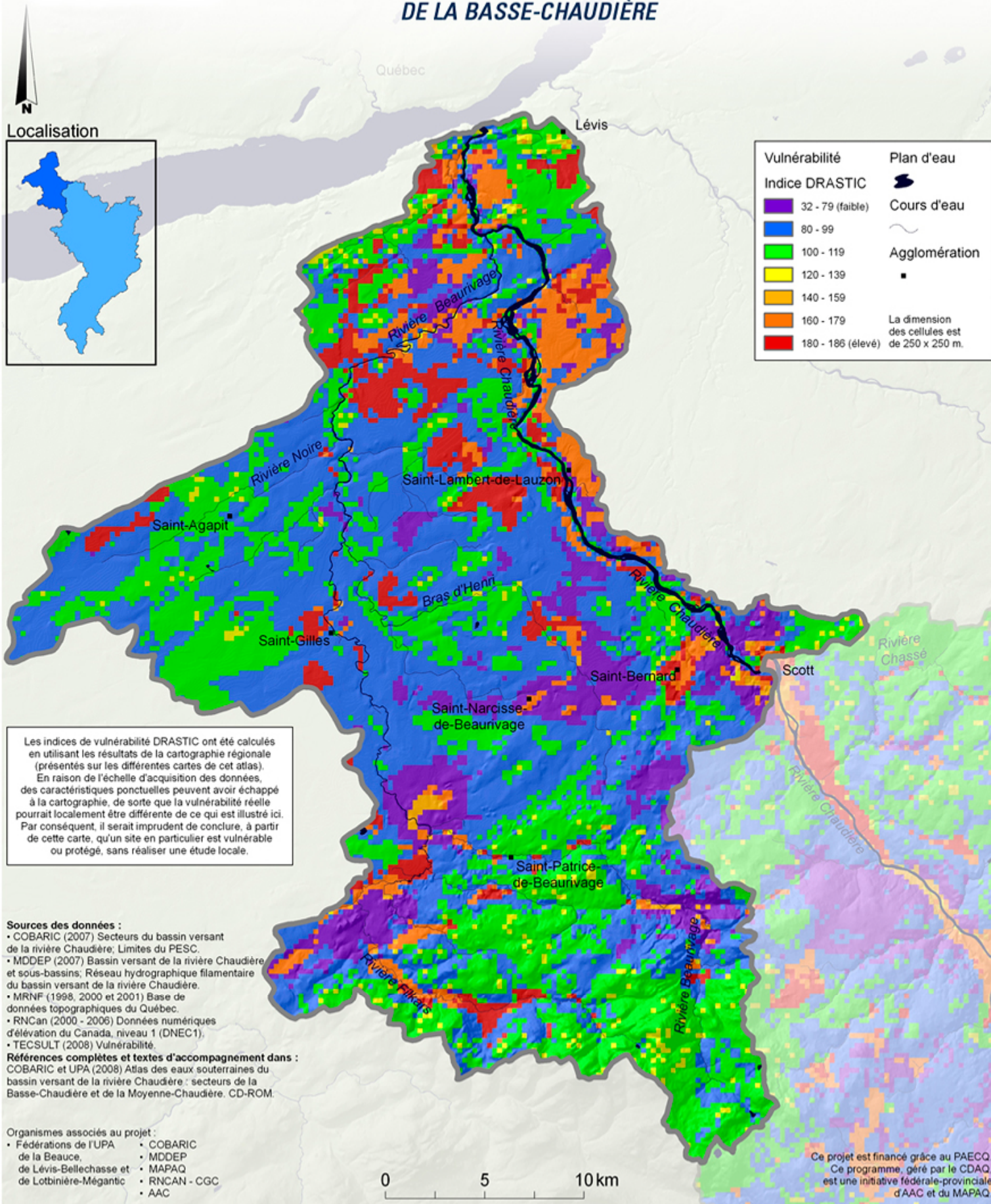
4.4.F SIMULATION DE LA RECHARGE EN CAS DE PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES, DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE (BASÉE SUR 1990)



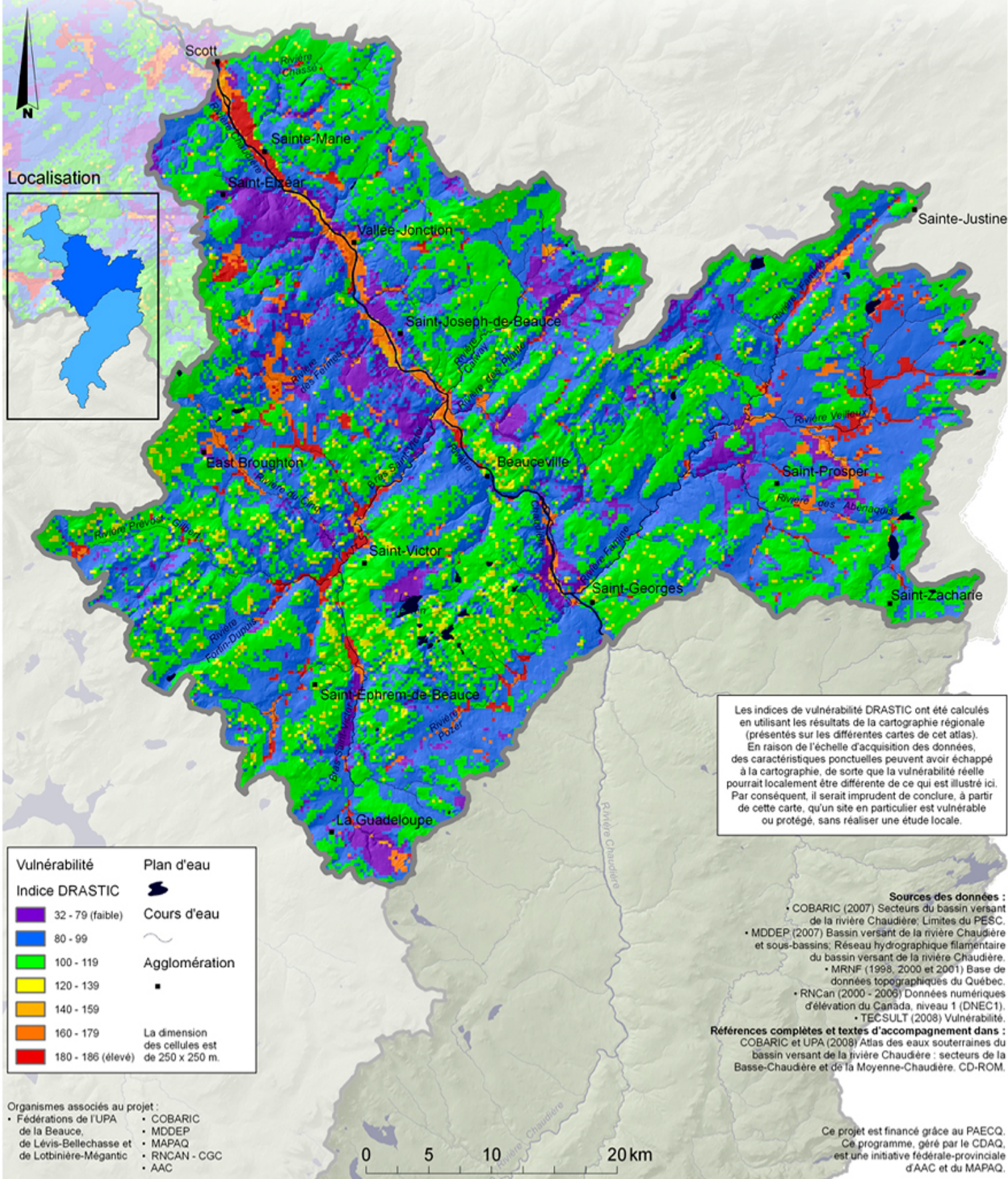
4.5 UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE ESTIMÉE PAR CATÉGORIE D'UTILISATEURS ET PAR SOUS-BASSINS



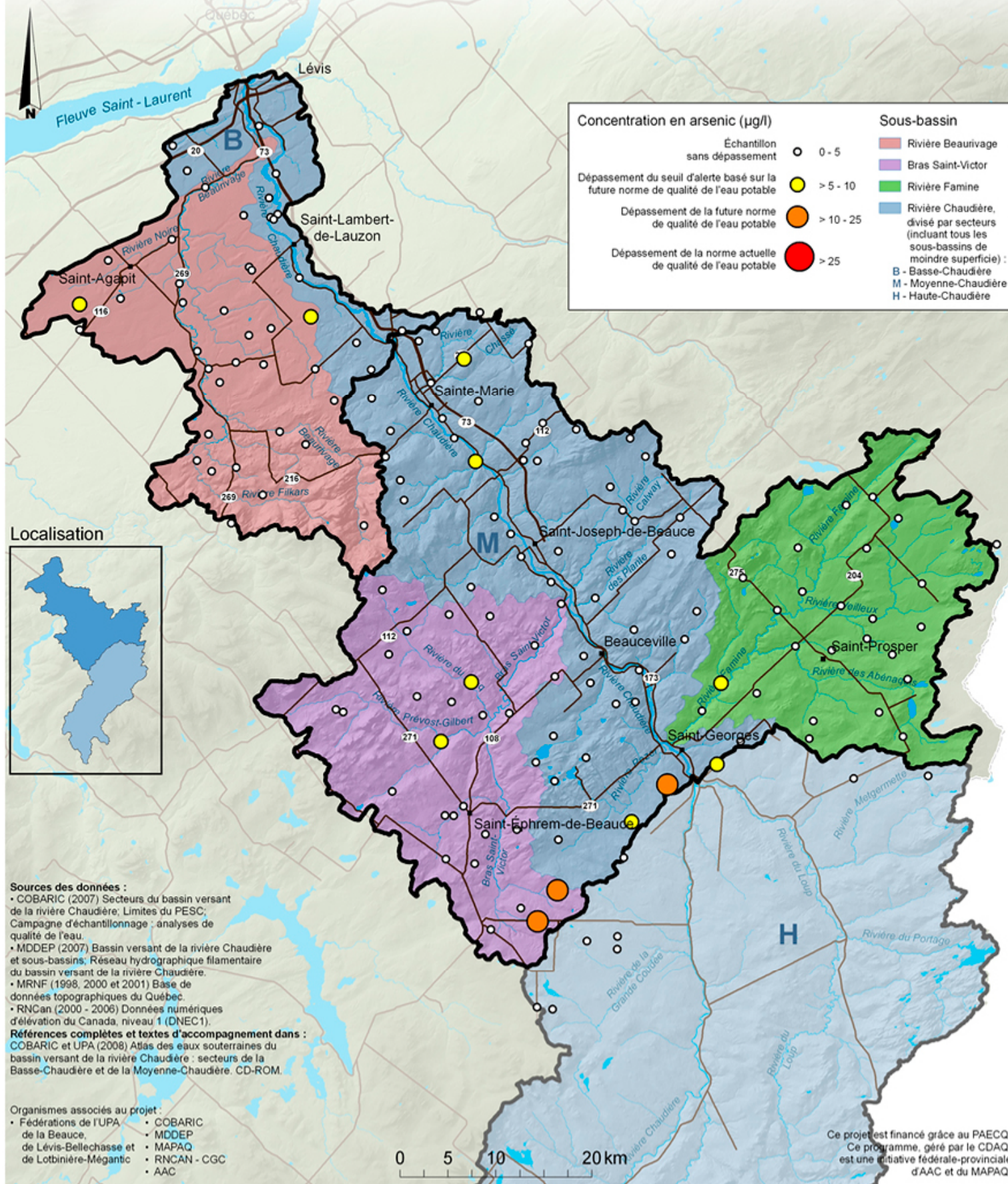
4.7.A VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE À LA CONTAMINATION, DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



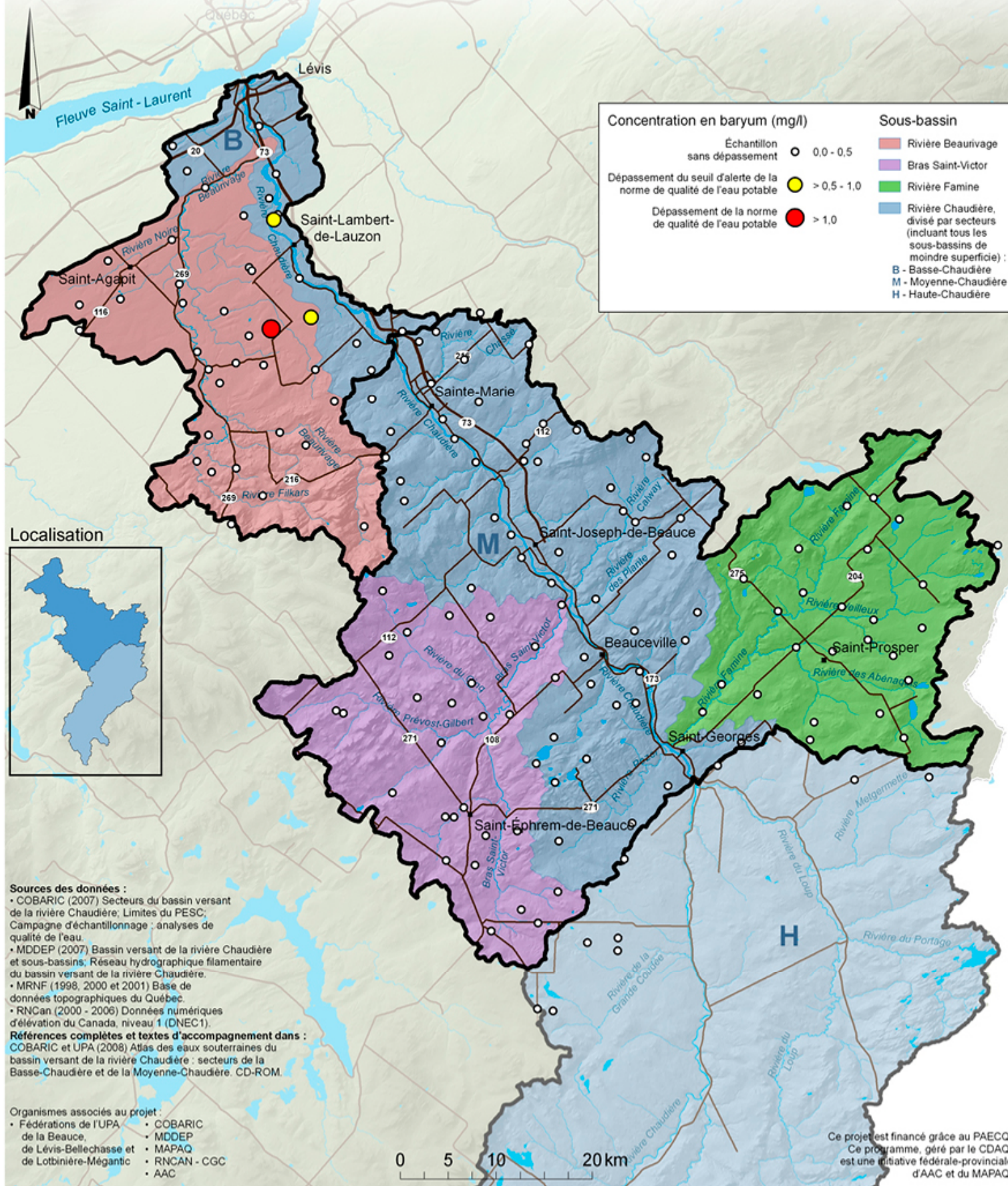
4.7.B VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE À LA CONTAMINATION, DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



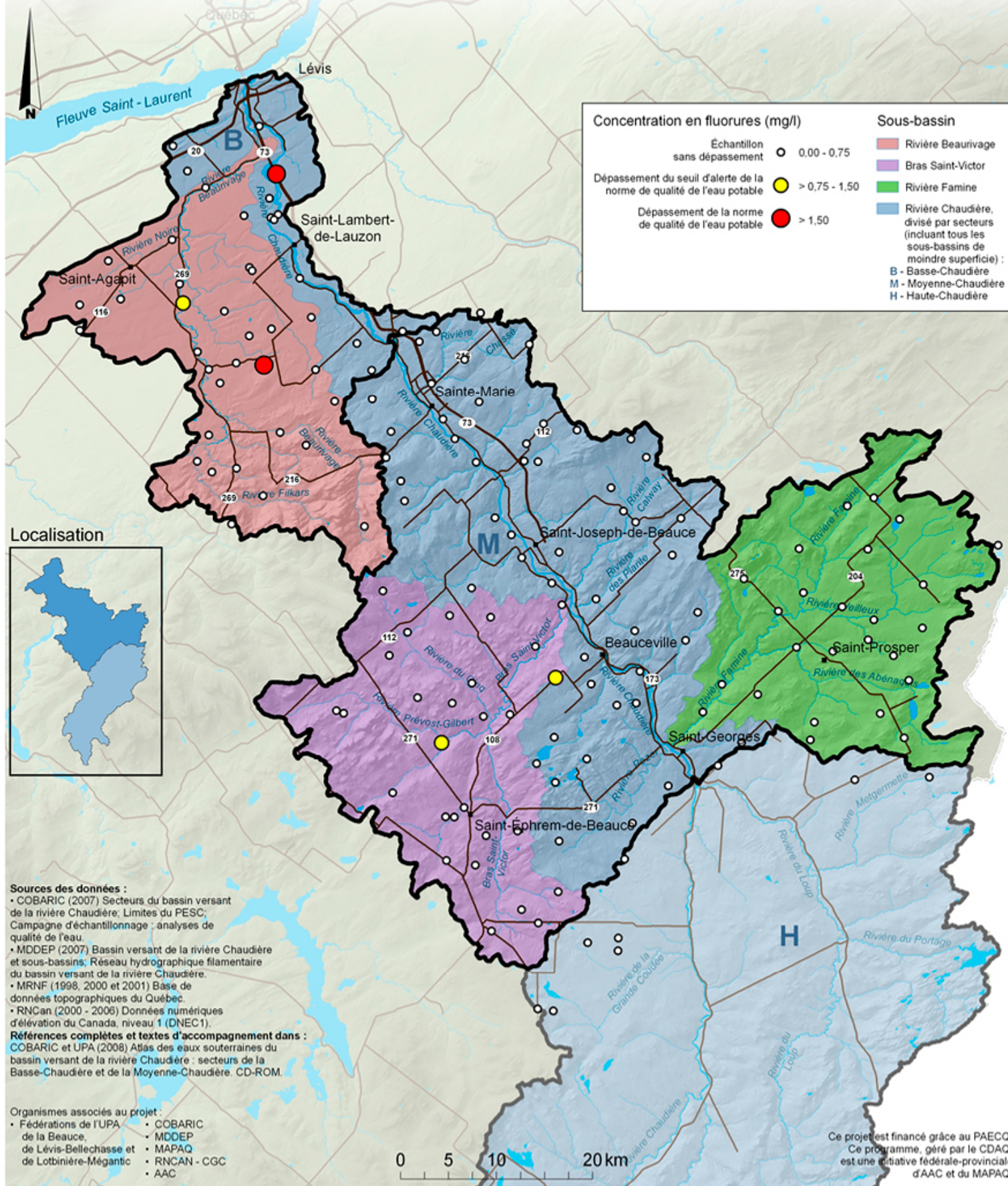
5.2.A ARSENIC (As) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



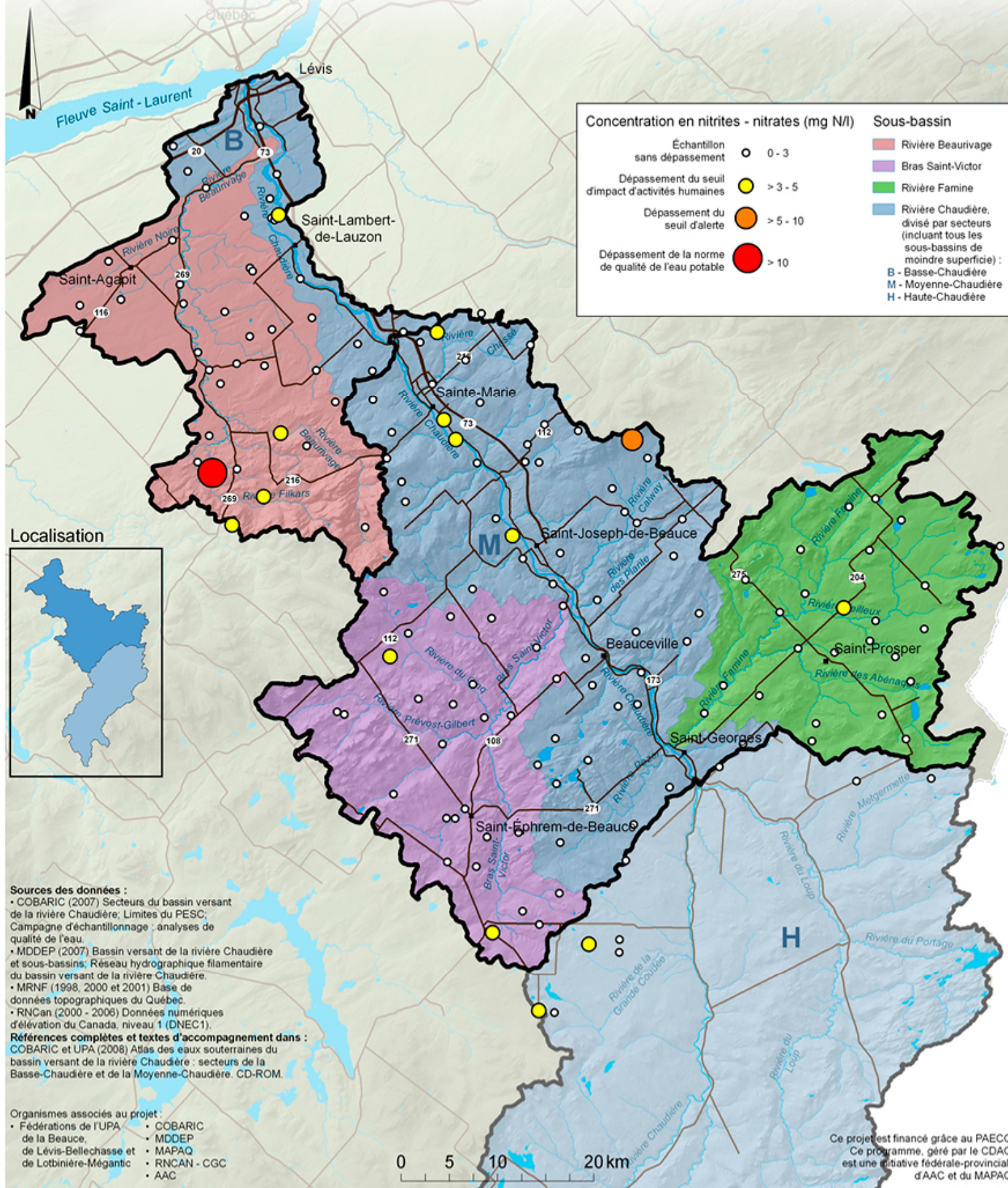
5.2.B BARYUM (Ba) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



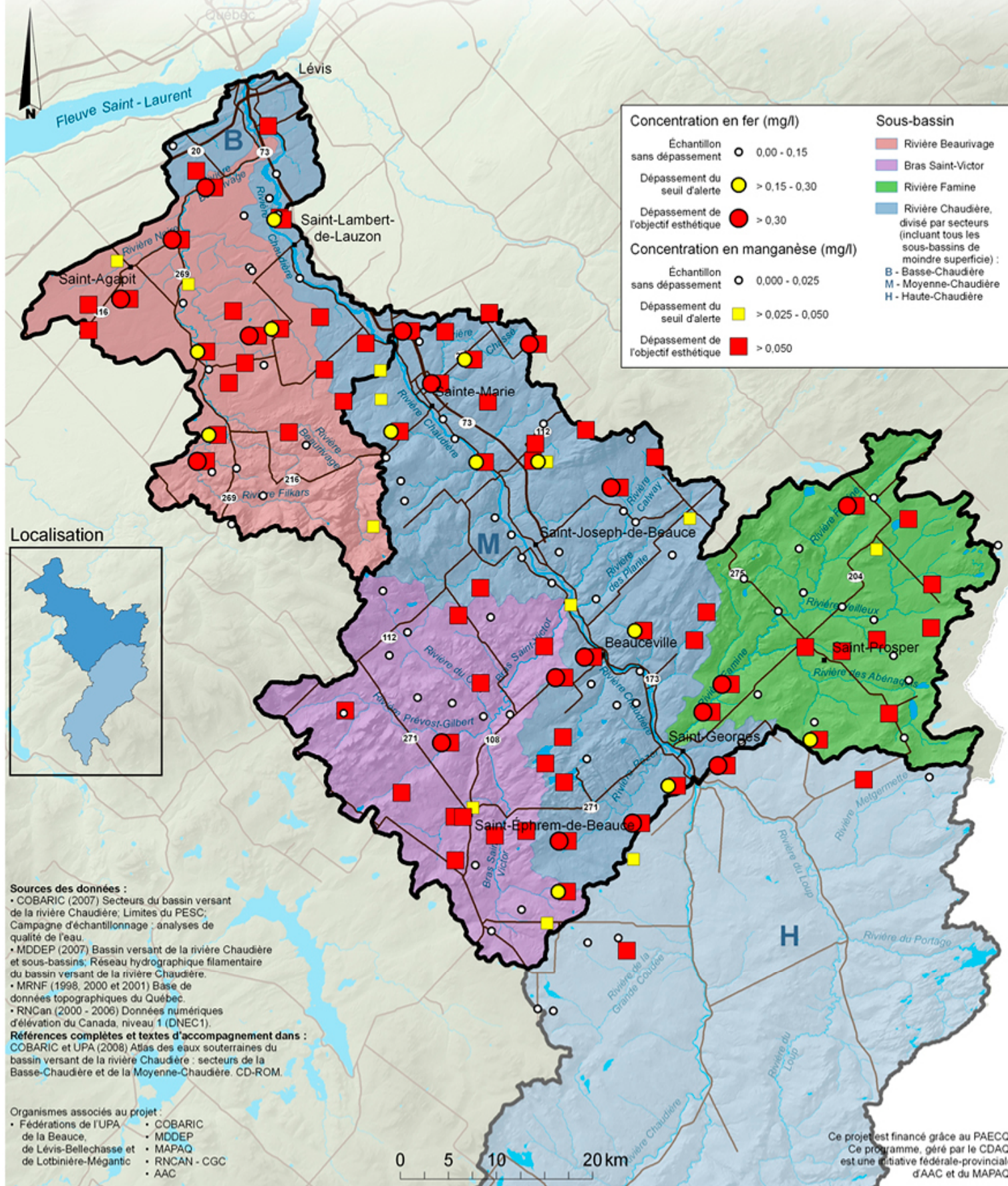
5.2.C FLUORURES (F) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



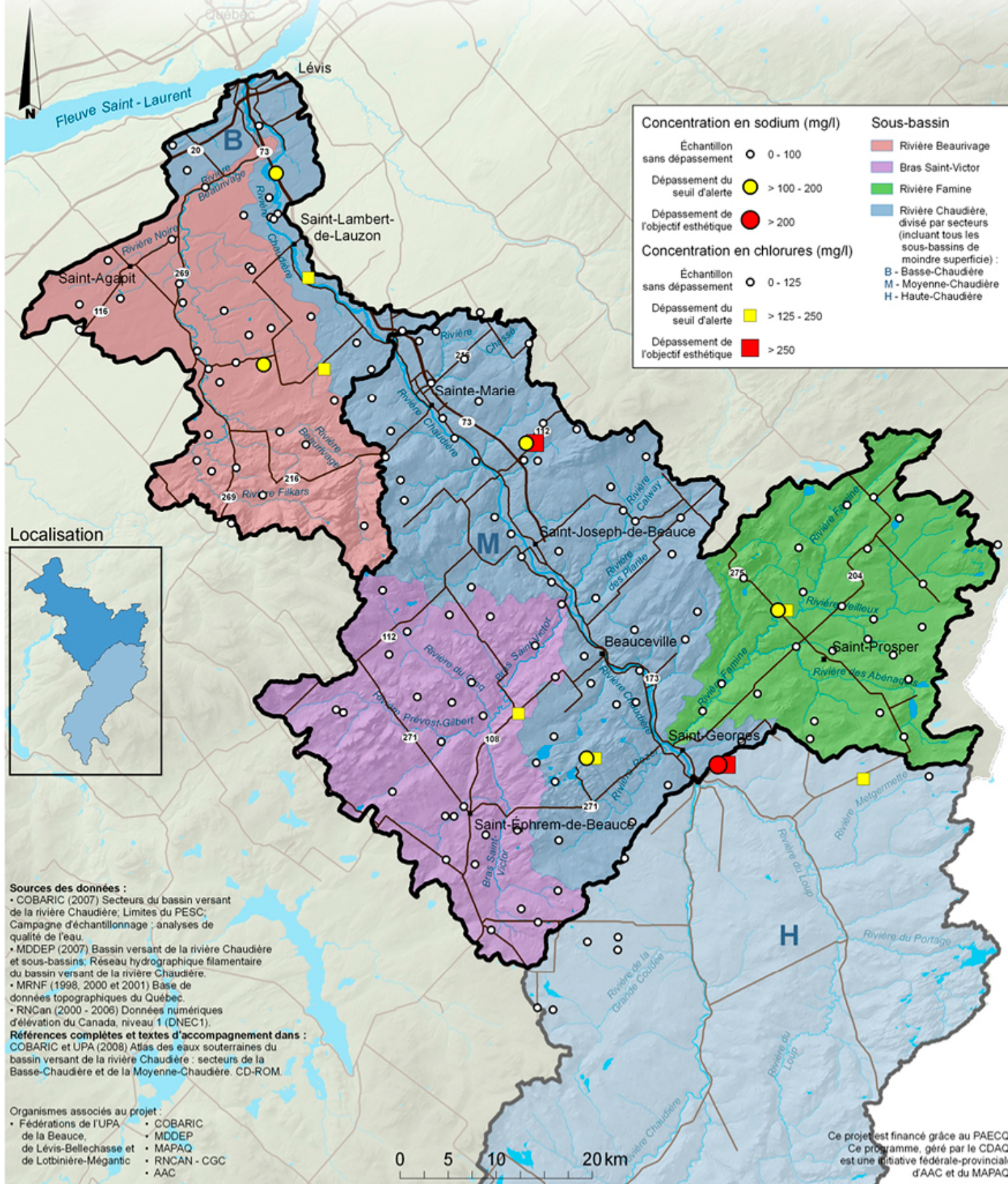
5.2.D NITRITES-NITRATES (NO₂-NO₃) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



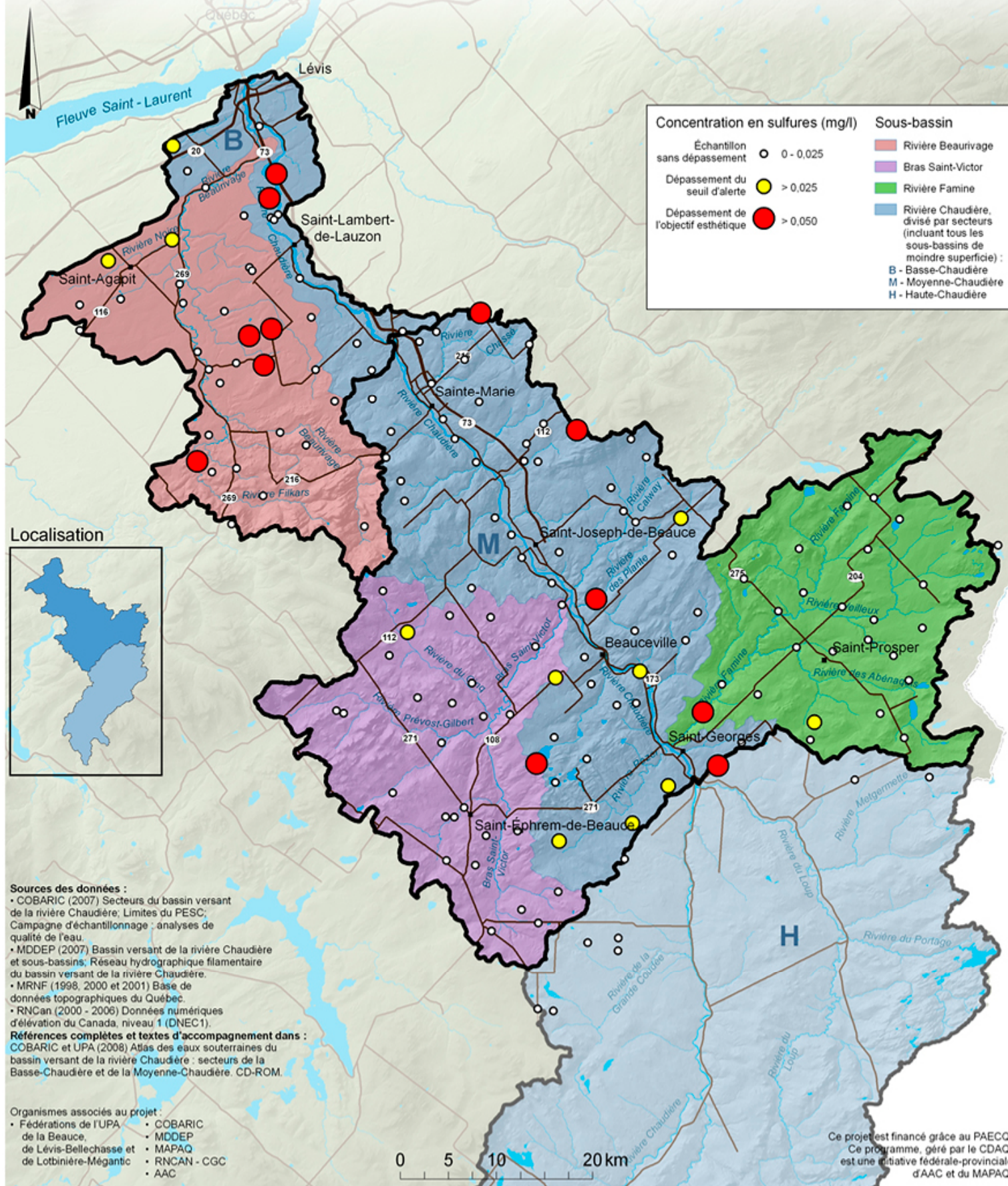
5.2.E FER (Fe) ET MANGANÈSE (Mn) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



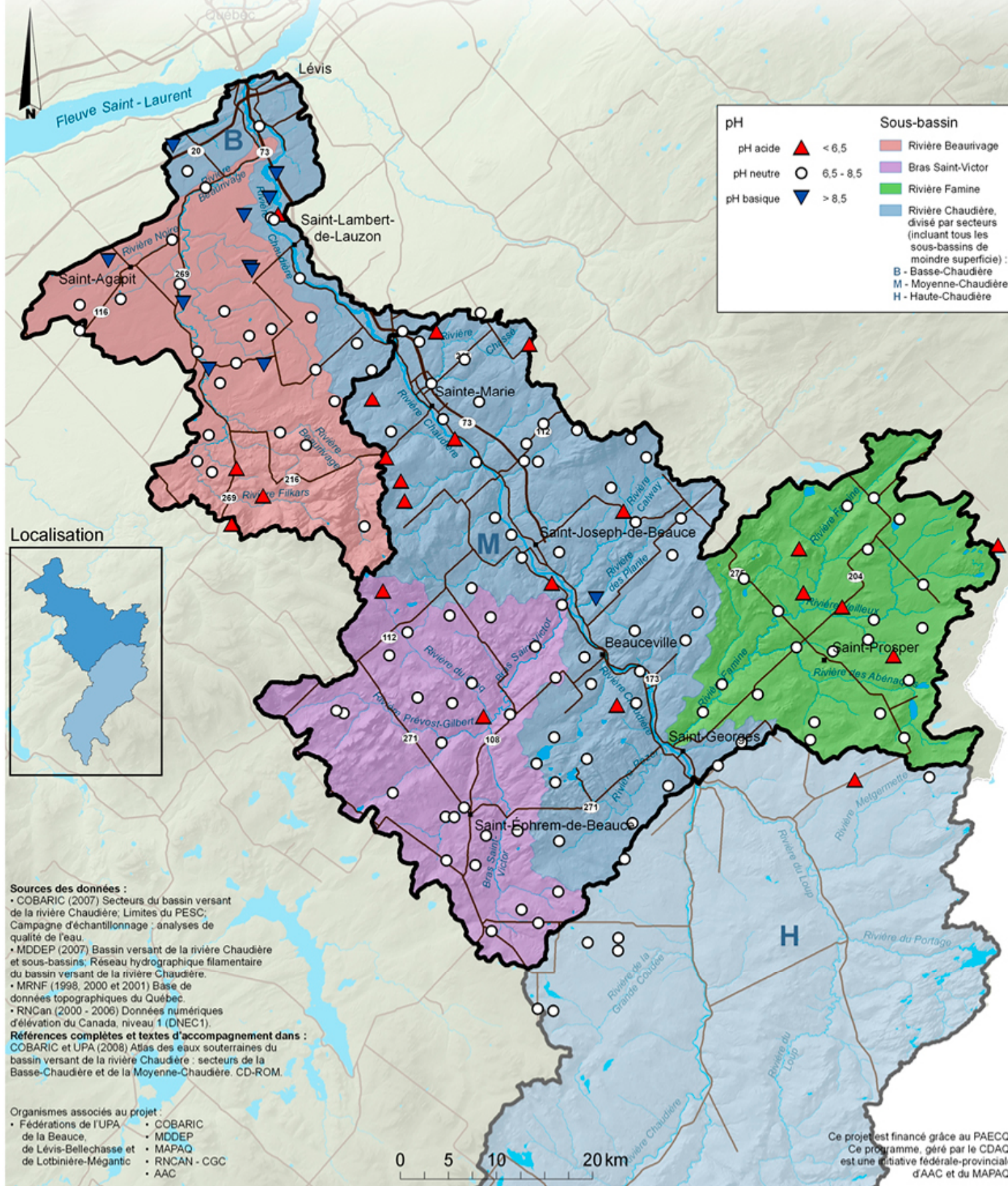
5.2.F SODIUM (Na) ET CHLORURES (Cl⁻) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



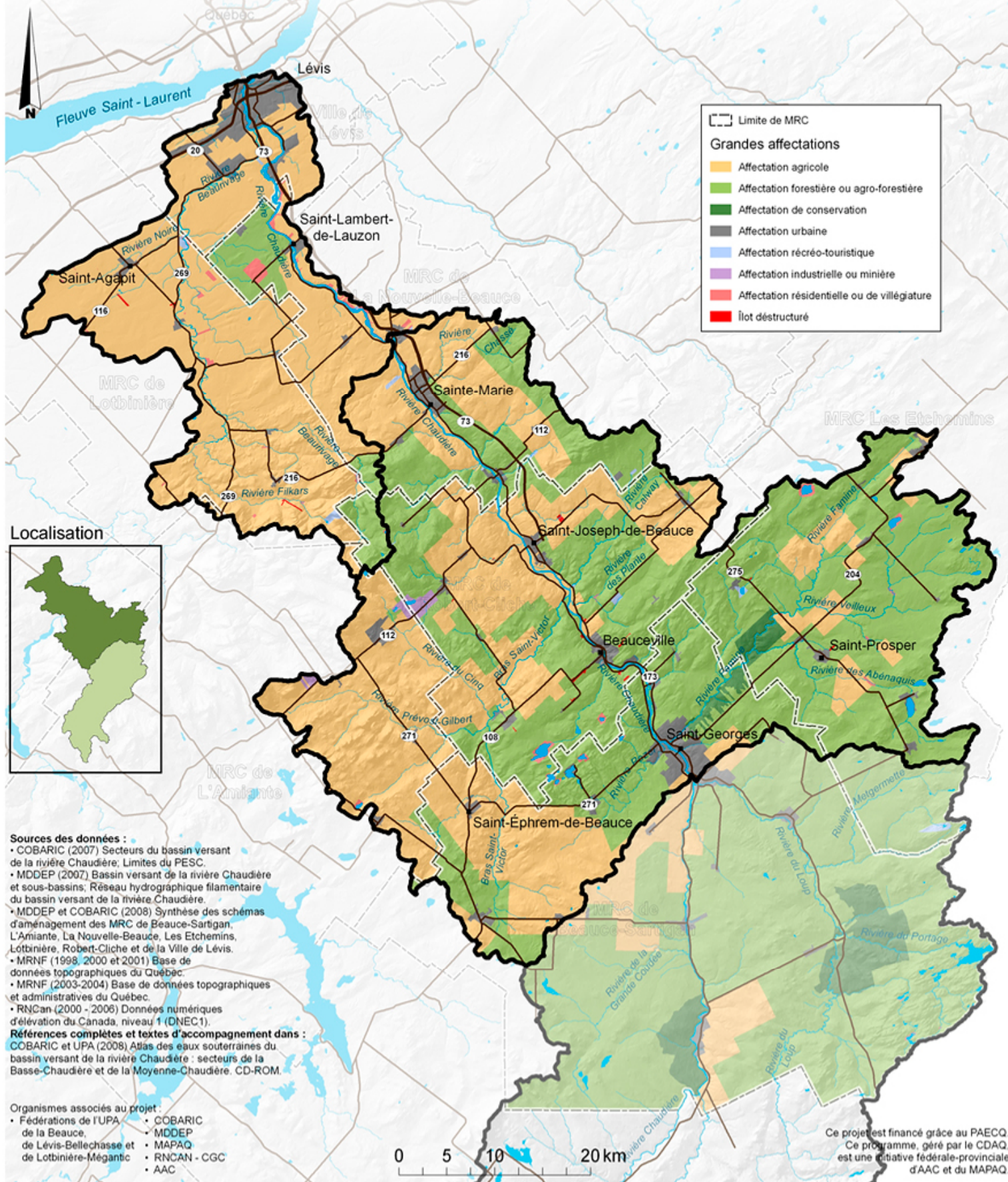
5.2.G SULFURES ($H_2S_{(g)}$) RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



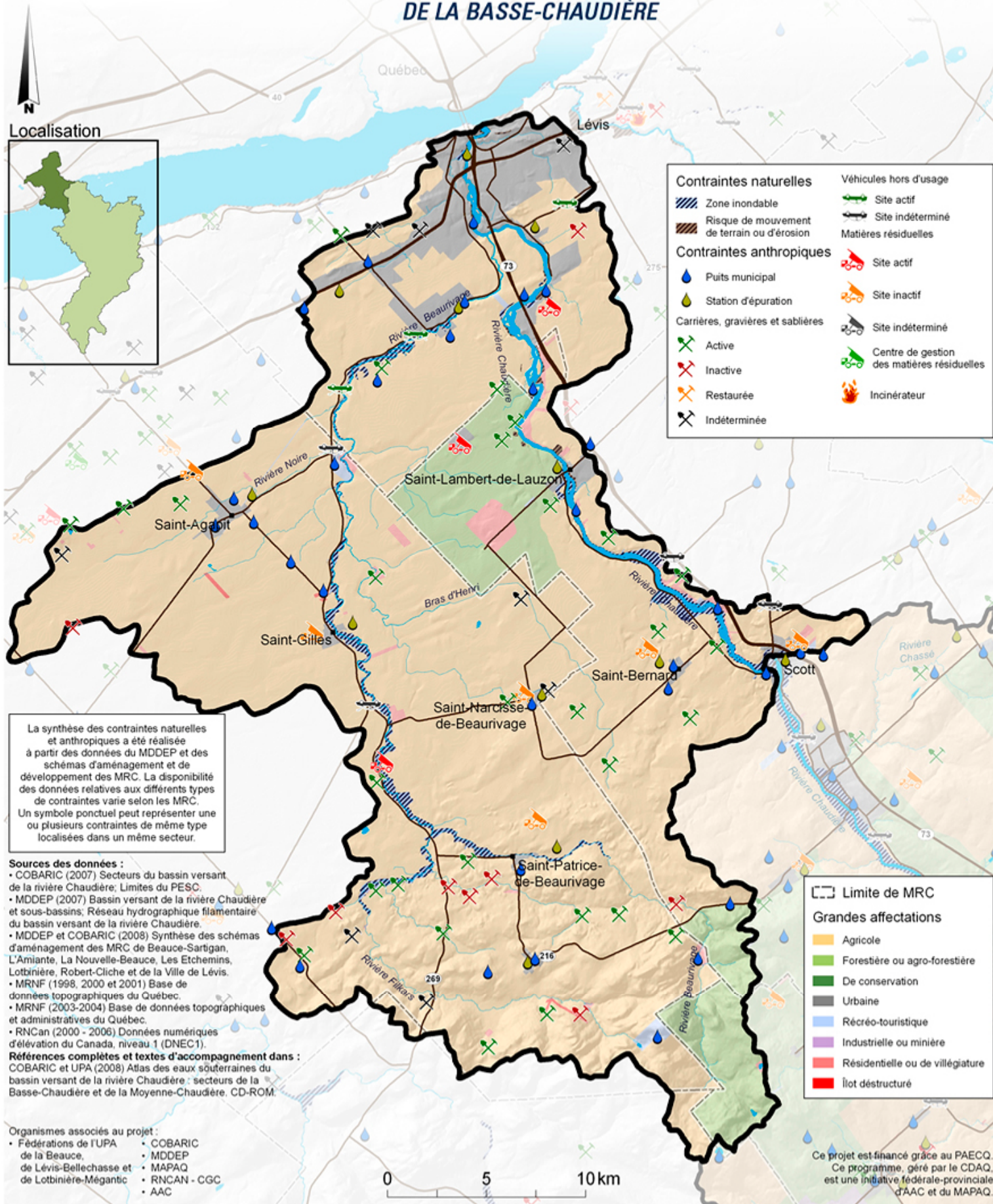
5.2.H pH RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE 2007 DANS LA BASSE-CHAUDIÈRE ET LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



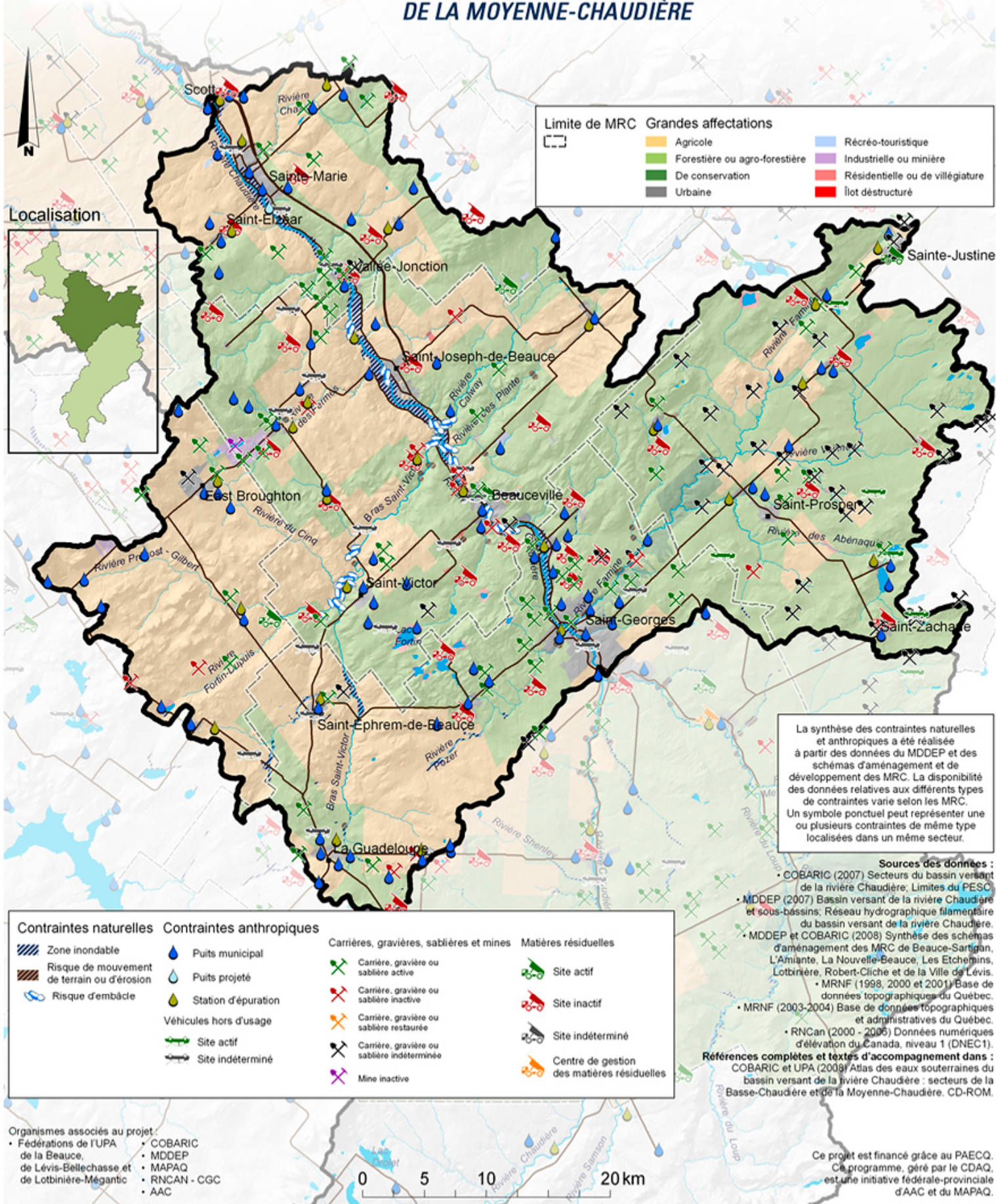
6.2.A GRANDES AFFECTATIONS DU TERRITOIRE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



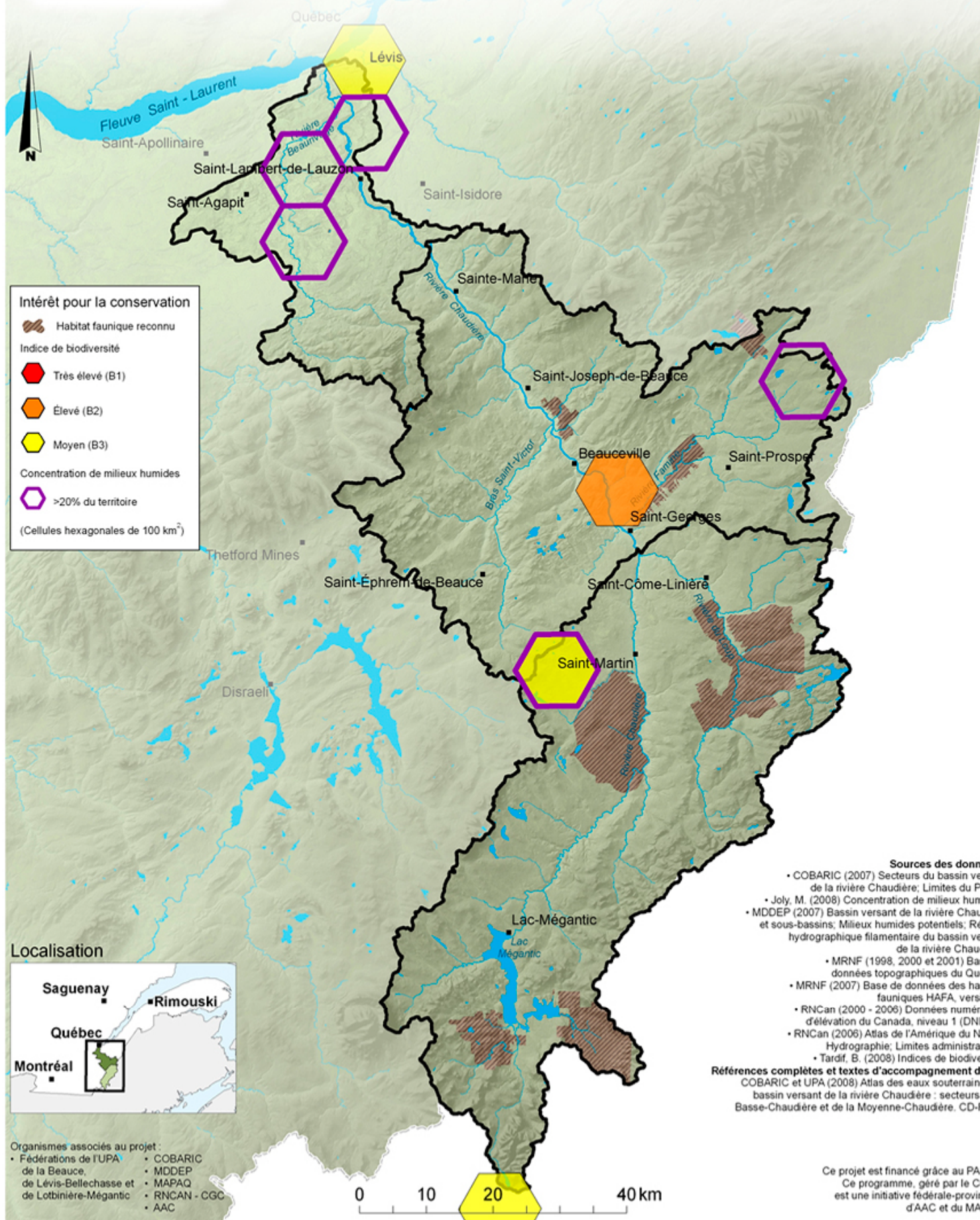
6.2.B CONTRAINTES NATURELLES ET ANTHROPIQUES, DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



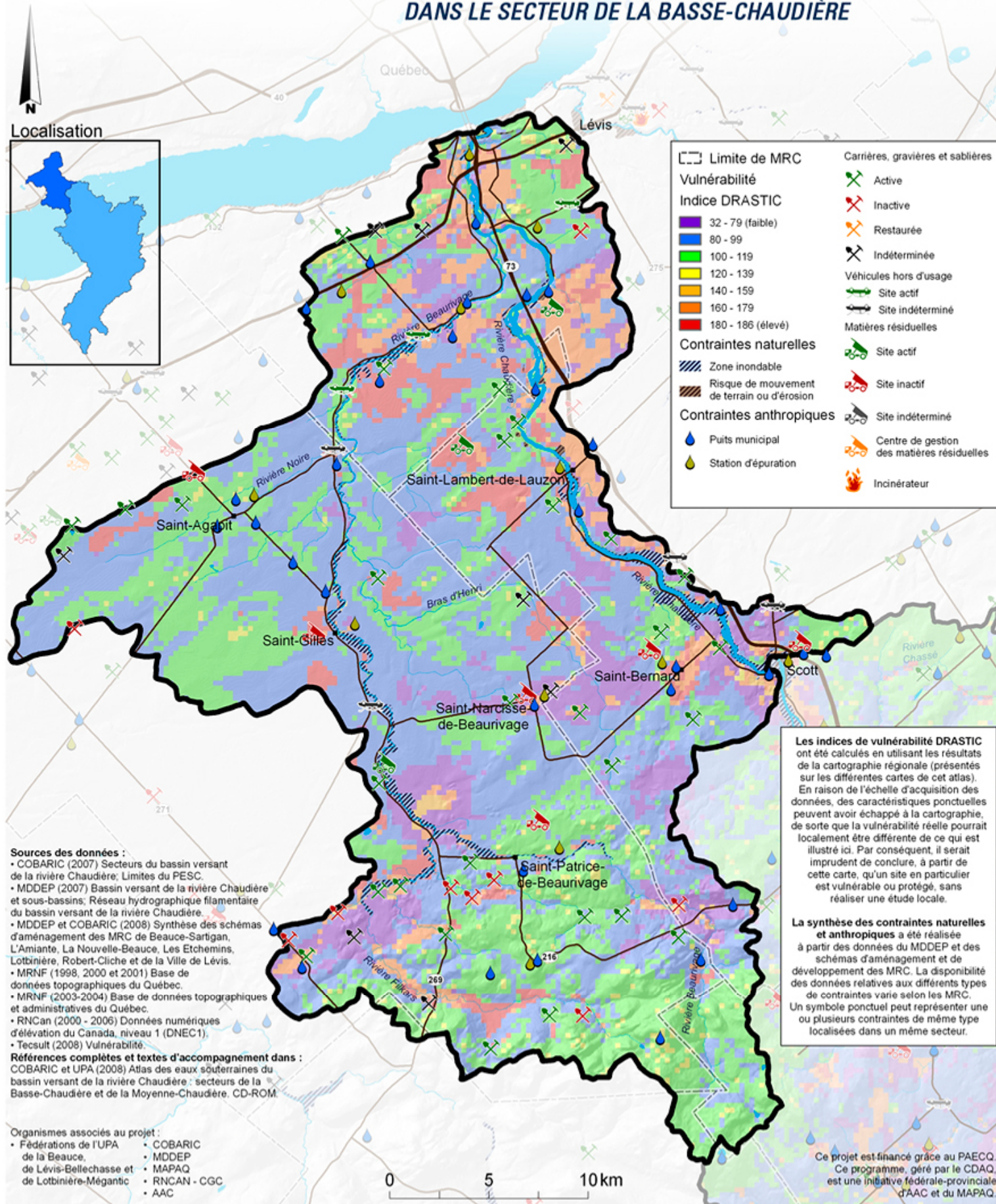
6.2.C CONTRAINTES NATURELLES ET ANTHROPIQUES, DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE



6.2.D MILIEUX D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



6.3.A EXEMPLE DE SUPERPOSITION VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE ET CONTRAINTES, DANS LE SECTEUR DE LA BASSE-CHAUDIÈRE



6.3.B EXEMPLE DE SUPERPOSITION VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE ET CONTRAINTES, DANS LE SECTEUR DE LA MOYENNE-CHAUDIÈRE

