



Source : vegpro et pixel.com

## PROJET RADEAU

### RÉSULTATS DES BILANS HYDRIQUES RÉGIONAUX

Rapport régional  
Chaudière-Appalaches  
Septembre 2019



Agriculture and  
Agri-Food Canada  
Agriculture et  
Agroalimentaire Canada



UNIVERSITÉ  
LAVAL



G R O U P E  
**AGÉCO**

[www.groupeageco.ca](http://www.groupeageco.ca)

Le projet de recherche participative d'Alternative durables pour la gestion de l'eau en milieu agricole dans un contexte de changement climatique (RADEAU) est un projet mandaté par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Le présent livrable brosse un portrait des disponibilités et des besoins actuels en eau de surface et souterraine des différents usagers (secteurs agricole, résidentiel, de même qu'institutionnel, commercial et industriel (ICI). L'étude projette également ce bilan en climat futur suivant différents scénarios possibles d'évolution du climat, d'occupation du territoire et de stratégies d'adaptation.

Cette présentation porte sur la région de Chaudière-Appalaches. Elle aborde en premier lieu la méthodologie utilisée dans la projection de la disponibilité et des besoins en eau et présente les résultats sous la forme de cartes interprétatives à l'échelle de la région.

Les informations reproduites dans cette présentation sont disponibles de façon plus détaillée dans ***L'Atlas électronique des bilans régionaux de la consommation et de la disponibilité des eaux de surface et souterraine en climat actuel et futur*** produit sous la forme d'un système d'information géographique (SIG). En format GDB, le SIG à accès libre comprend toutes les données de disponibilité et de prélèvement/consommation d'eau de surface et souterraine en climat actuel et futur rapportés aux polygones de municipalité ou des bassins versants.

## TABLE DES MATIÈRES

---



1. Contexte, mandat et approche méthodologique



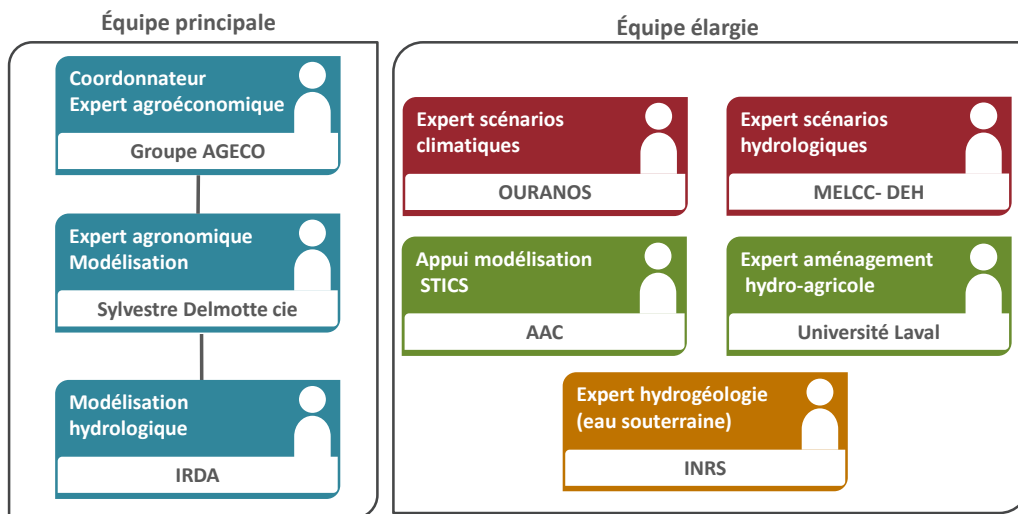
2. Bilans hydriques actuels et conflits recensés

3. Bilans hydriques futurs - évolution des ressources et usages de l'eau



Conclusion

## ÉQUIPE DE RÉALISATION



3

Sous la coordination du Groupe AGÉCO, l'étude a été réalisée par une équipe scientifique regroupant l'expertise d'intervenants de l'Institut de Recherche et Développement en Agroenvironnement (IRDA), Sylvestre Delmotte, consultant, le consortium OURANOS, l'Université Laval et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

### **Équipe principale :**

Groupe AGÉCO - Isabelle Charron, Rosalie-Maude St-Arnaud, Sandrine Ducruc  
Sylvestre Delmotte

IRDA - Aubert Michaud, David Dugré, Arianne Blais, François Landry, Carl Boivin

### **Équipe élargie:**

INRS-ÉTÉ- René Lefebvre, Mélanie Raynauld et Jean-Sébastien Gosselin (RADEAU 2)

Ouranos - Marco Braun

Direction de l'Expertise hydrique (DEH/MELCC) - Simon Ricard

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) - Guillaume Jégo et René Morissette

Université Laval - Robert Lagacé (prof.) et Antoine Beauchemin (étudiant)

Expertise en drainage, irrigation, aménagements hydro-agricoles et des cours d'eau  
Revue de littérature sur les innovations

PROJET RÉALISÉ EN VERTU DU SOUS-VOLET 3.2 DU PROGRAMME PRIME-VERT 2013-2018

**PRIME-  
VERT**  
UN PAS DE PLUS,  
POUR VOUS.  
POUR VOTRE COLLECTIVITÉ.

2013-2018

AVEC UNE AIDE FINANCIÈRE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE  
L'ALIMENTATION (MAPAQ) ET DU FONDS VERT

*Agriculture, Pêcheries  
et Alimentation*  
**Québec** 

  
**Fondsvert**

Le projet a été réalisé en vertu du sous-projet 3.2 du programme Prime-Vert 2013-2018 avec une aide financière du Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et Fonds Vert.

Obtenir un état de la situation harmonisé, à l'échelle régionale, sur les besoins et la disponibilité en eau :

- Agricole, industriel, résidentiel
- Actuel et en 2050

S'outiller pour aider à prévenir/atténuer les conflits quantitatifs d'usage de l'eau en milieu agricole, dans un contexte de changement climatique



5

Soucieux de participer à l'adaptation des entreprises agricoles dans un contexte de changement climatique, le MAPAQ a confié la réalisation d'une étude pour mieux cerner les défis actuels et futurs de la gestion de l'eau (quantitatif). Le mandat implique de dresser un portrait des besoins hydriques à l'échelle régionale des différents usagers (secteurs agricole, résidentiel, de même que institutionnel, commercial et industriel (ICI)) pour comprendre quels usages et usagers de l'eau pourraient être les plus affectés dans le futur par les changements climatiques.

Le projet vise également à identifier des innovations qui permettraient d'atténuer les conflits d'usage de l'eau quant à l'aspect quantitatif dans un contexte de changement climatique.

## GRANDES ÉTAPES

- 1) Développer une méthode harmonisée de comptabilisation des besoins en eau des différents usagers et des ressources disponibles
  - Agricole, résidentiel et industriel/commercial
  - Échelle régionale – 5 régions (RADEAU 1) et 6 régions (RADEAU 2)
  - Bilans hydriques actuel et futur (2050)
  - Eau de surface/eau souterraine

**Régions administratives**

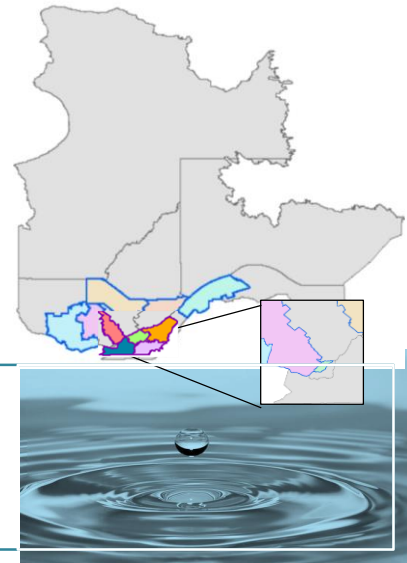
- Lanaudière
- Montérégie
- Centre-du-Québec
- Estrie
- Chaudière-Appalaches

**Régions administratives**

- Outaouais
- Laurentides
- Laval
- Mauricie
- Capitale-Nationale
- Bas-Saint-Laurent

■ Zone d'étude RADEAU 1

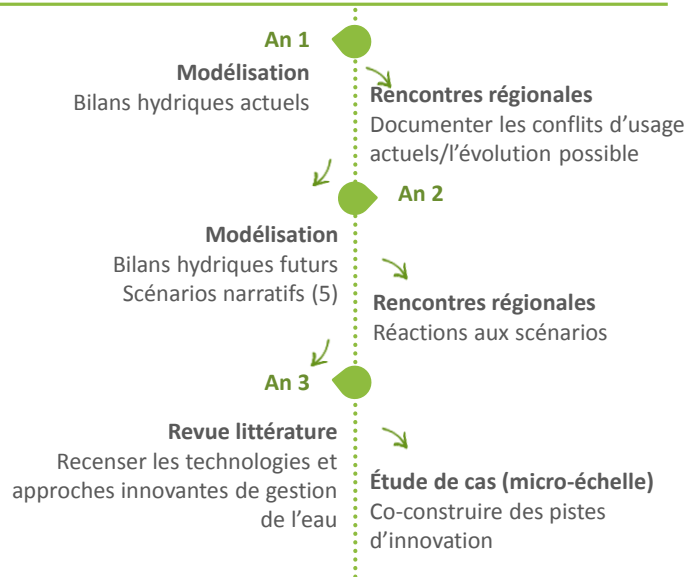
■ Zone d'étude RADEAU 2



- 2) Documenter les conflits d'usage de l'eau, actuels et potentiels
- 3) Recenser les pistes de solution

Une première phase (RADEAU 1), débutée en 2016, couvre les régions de la Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Lanaudière et Centre-du-Québec. Une deuxième phase (RADEAU 2) s'est amorcée en 2017 pour six autres régions : Mauricie, Laval, Bas-St-Laurent, Capitale-Nationale, Laurentides et Outaouais.

## PROJETS SUR 3 ANS ET UNE APPROCHE PARTICIPATIVE FORTE



Le projet, débuté en 2016, a été réalisé sur une période de 3 ans, suivant une alternance d'exercices de modélisation et d'interactions avec les acteurs régionaux.

La présentation d'un premier bilan régional en climat actuel auprès d'intervenants locaux des principaux secteurs d'activités a permis de documenter les conflits d'usage passés, actuels ou potentiels de l'eau puis de projeter l'évolution possible de leurs secteurs d'activités dans le futur.

En deuxième rencontre régionale, la présentation de bilans d'usages de l'eau en climat futur a permis aux mêmes intervenants de réagir aux différents scénarios d'évolution du climat, des secteurs d'activités et de stratégies d'adaptation présentés.

Les réactions et commentaires aux bilans de gestion de l'eau ont aligné le recensement de technologies et approches innovantes et la co-construction de pistes de solutions dans le cadre de deux études de cas à micro-échelle (Lanaudière et en Montérégie).



## APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE – BILANS HYDRIQUES ACTUELS

---

Cette section présente brièvement la méthodologie utilisée pour obtenir les bilans hydriques régionaux :

- Méthode d'évaluation des prélèvements selon les différents secteurs d'activité.
- Méthode d'évaluation de la ressource disponible.
- Analyse spatiale des prélèvements par rapport à la ressource.

La méthodologie détaillée se retrouve dans le rapport final du projet.



## PRÉLÈVEMENTS ACTUELS

### • Résidentiel, Commercial et Institutionnel (CI)

#### À l'échelle municipale

- Démographie actuelle (MAMOT)
- Nombre de personnes reliées au réseau et origine de l'eau du réseau (MDDELCC)
- Hypothèse résidentiel : Hors réseau = approvisionnement par puits privés – eau souterraine
- Calcul résidentiel : Population \* facteurs de consommation par habitant
- Calcul CI : Volume distribué – Pertes (aqueduc) – Volume résidentiel



Consommation résidentielle retenue (L/j/p)

**216 (L/j/p)**

Source: Estimation à partir de la base de données sur l'usage de l'eau potable en 2015 du MAMOT.

Les prélèvements en eau des secteurs résidentiel, commercial et institutionnel sont cumulés à l'échelle de la municipalité, distinguant l'approvisionnement par réseau ou par puits privés.

## PRÉLÈVEMENTS ACTUELS

---

- Industriel

- Par géolocalisation

- Base de données des grands préleveurs
- Précision sur l'origine de l'eau
- L/nb de jours/mois

- Agricole (végétal, animal, piscicole)

- Par géolocalisation

- Base de données du MAPAQ
- Calcul: Superficies ou nombre de têtes \* facteurs de consommation
- Précision sur l'origine de l'eau dans les Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA)



Les déclarations de Gestion des Prélèvement d'Eau (GPE) des entreprises qui prélèvent plus de 75 m<sup>3</sup>/jour ont été obtenues du MELCC et ont été utilisées pour évaluer et localiser les prélèvements en eau des secteurs industriel et piscicole.

Les données géolocalisées de superficies cultivées et de composition des cheptels des entreprises agricoles ont été obtenues du MAPAQ. Des chartes de consommation pour l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail ont été établies pour les principales cultures et espèces animales.

Les sources d'eau des entreprises agricoles ont par la suite été définies sur la base des informations colligées par le MAPAQ dans le cadre des Plan d'Accompagnement Agroenvironnementale (PAA) de 2013 à 2016.

## COEFFICIENT DE CONSOMMATION : CE QUI EST PRÉLEVÉ N'EST PAS TOUJOURS 100% CONSOMMÉ

- Résidentiel et ICI :

- Prélèvement = Consommation

- Agricole :

- Production végétale:  
90 % de l'eau sert aux plantes
- Production animale:  
80 % de l'eau est utilisé par l'animal
- Production piscicole :  
5 % de l'eau est utilisé par le poisson

- Industriel : variable selon les secteurs

Code SCIAN	Secteurs	Coefficient de consommation (%)
212	Extraction minière et exploitation en carrière (sauf l'extraction de pétrole et de gaz)	10
311	Fabrication d'aliments	20
312	Fabrication de boissons	100
313	Usines textiles	100
321	Fabrication de produits en bois	25
322	Fabrication du papier	10
324	Fabrication de produits du pétrole et du charbon	12
325	Fabrication de produits chimiques	28
326	Fabrication de produits en plastique et caoutchouc	8,6
327	Fabrication de produits minéraux non métalliques	19
331	Première transformation de métaux	15
332	Fabrication de produits métalliques	6
713	Récréotouristique	100
-	Autres (221, 334, 417, 486, 721, 913, 919)	100

11

Des coefficients de consommation ont été déterminés afin de rendre compte de la portion des prélèvements effectués dans les eaux de surface qui retourne au cours d'eau. Pour les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel, les volumes prélevés ont été directement estimés sur la base de la consommation. Pour les élevages et les productions végétales sous irrigation du secteur agricole, de même que pour les piscicultures et l'industrie, des coefficients de consommation ont été appliqués aux volumes prélevés:

- Pour les productions végétales, un coefficient de 0.9 a été utilisé, impliquant que 90 % de l'eau utilisée pour l'irrigation sert effectivement aux plantes, 10 % de cette eau retournant au cours d'eau (Pebbles, 2003);
- Pour les productions animales, un coefficient de 0.8 a été utilisé, impliquant que 80 % de l'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux est perdue (transpiration des animaux, lait, évaporation dans les fosses), alors que 20 % de l'eau prélevée retourne au cours d'eau (Pebbles, 2003);
- Pour les productions piscicoles, un coefficient de 0.05 a été utilisé, signifiant que 95 % de l'eau prélevé retourne au cours, d'eau (INRS, 2009, Shaffer, 2009);
- Pour le secteur industriel, le coefficient dépend du secteur d'activité de l'entreprise (code SCIAN) tiré des études de l'INRS (2009) et de Shaffer (2009).

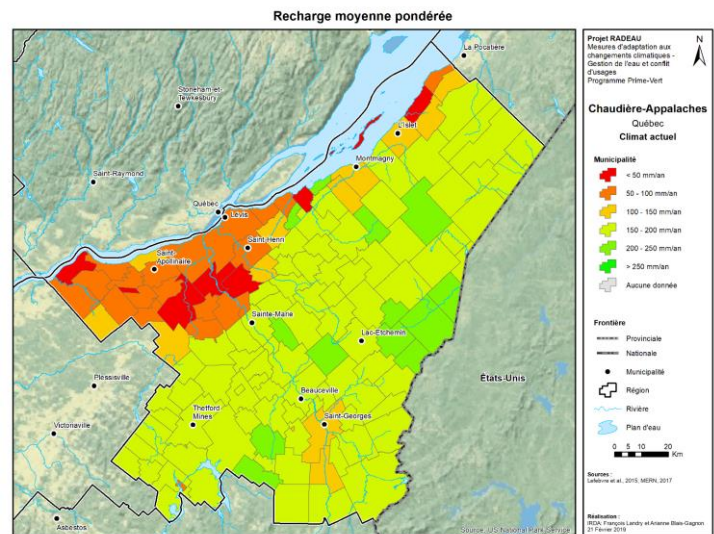
## RESSOURCES ACTUELLES

- Eau de surface

- Par bassin versant – Atlas hydroclimatique méridional 2018 – DEH
  - Coordonnées des exutoires
  - Étiages estival et hivernal (m<sup>3</sup>/sem)

- Eau souterraine

- Par pixel de 250 m \* 250 m – PACES du Québec
  - Recharge (mm/an)
  - Moyenne par municipalité



12

La disponibilité des eaux de surface et souterraine est projetée de façon distincte:

- L'indicateur retenu pour la disponibilité de l'eau de surface est le débit minimum du cours d'eau cumulé sur sept jours consécutifs pour une période de récurrence de deux ans ( $Q_{2,7}$ ). Ces débits d'étiage hebdomadaires estival ou hivernal sont extraits de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018 (DEH-MELCC, 2018) pour chacun des sous-bassins versants documentés dans l'atlas. Pour les sous-bassins non documentés, les débits d'étiage ont été estimés sur la base de leurs superficies respectives, en mettant à profit les relations débits:superficie établies pour un ensemble de données hydrométriques colligées par l'IRDA et la DEH-MELCC.
- L'indicateur retenu pour la disponibilité de l'eau souterraine est la recharge au roc documentée dans le cadre des études du Programme d'Acquisition des Connaissances sur les Eaux Souterraines (PACES) pour la région de Chaudière-Appalaches par l'équipe de l'INRS (Lefebvre et al., 2015).



BILAN DE LA SITUATION ACTUELLE

---

## UN CONFLIT C'EST....

---

- Utilisations **concurrentielles** entre plusieurs usagers
- Quantité vs qualité
- Actuel et potentiel
- Eau de **surface** vs **souterraine**
- Eau disponible et période d'étiage (débit réservé...)



---

14

Dans le cadre de la présente étude et sur la base de la littérature consultée, il est établi qu'un conflit d'usage :

- Survient lorsqu'il y a utilisations **concurrentielles** entre plusieurs usagers ou usages;
- Concerne autant les aspects **quantitatifs** que **qualitatifs**, dans la mesure où un enjeu de qualité peut limiter l'usage de la ressource et entraîner le recours, par exemple, à d'autres sources (souterraines). Par ailleurs, il semble que l'aspect quantitatif seul soit rarement une source de conflit. À ce sujet, c'est précisément l'aspect quantitatif qui est le point de mire du projet confié par le MAPAQ; les aspects qualitatifs sont pris en compte que s'ils ont un impact sur les aspects quantitatifs (ex. changement de source d'approvisionnement en eau).
- Concerne autant les eaux de **surface** que les eaux **souterraines**;
- Est **actuel** ou **latent**, c'est-à-dire qu'un conflit peut se déclarer si une situation aujourd'hui soutenable se détériore (notamment en contexte de changement climatique).

## LES CONFLITS IDENTIFIÉS – PRINCIPAUX CONSTATS

---

- Peu-pas d'enjeu lié aux eaux de surface
- Problème localisé d'eau souterraine
  - Enjeux de puits (ex. implantation à St-Isidore et contrainte dans l'usage des terres agricoles)

Les habitants de Chaudière-Appalaches sont majoritairement dépendants de puits ou forages individuels. Quant aux réseaux municipaux, plusieurs auraient atteint leur capacité maximale (Parent et Anctil, 2012). Il existerait en conséquence des problèmes d'approvisionnement pour les habitants de plusieurs municipalités dont l'Islet, Sainte-Claire, Saint-Anselme, Honfleur et Saint-Charles (BPR Groupe-conseil, 2003).

La concentration élevée de production animale et la présence de nombreux terrains de golf suscitent des inquiétudes au plan de la qualité des sources d'eau de surface (Parent et Anctil, 2012). La qualité des eaux souterraines serait aussi préoccupante pour les municipalités de Saint-Martin, Sainte-Hélène, l'est de Beauceville et Saint-Bernard en raison d'une forte présence de fer et de manganèse. A Saints-Anges, Scott et Sainte-Hénédine la présence de soufre ou de la dureté de l'eau est préoccupante, alors que Saint-Gervais-de-Bellechasse et Saint-Michel-de-Bellechasse sont aux prises avec des concentrations importantes de nitrates dans leur eau souterraine (BPR Groupe-conseil, 2003; Rousseau et coll., 2004).

Les rencontres régionales ont particulièrement mis en relief des préoccupations d'approvisionnement en eau potable de qualité, en lien avec les activités d'épandage d'engrais de ferme et de pesticides. Les municipalités d'Honfleur et de Saint-Isidore ont notamment procédé à des demandes d'autorisation pour l'aménagement de nouveaux puits d'alimentation.

Le chapitre 2 et l'annexe 3 du rapport de projet présentent une description plus complète des conflits potentiels d'usage de l'eau dans la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL CLIMAT ACTUEL – PRINCIPAUX CONSTATS

- **Consommation totale : 62,3 Mm<sup>3</sup>/an (76,5 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	Part relative	% d'eau de surface	% d'eau souterraine
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	<b>60</b>
Résidentiel	44 %	42	58
ICI réseau	27 %	57	43
Industries hors réseau	3 %	65	35
Agricole	26 %	17	83

- **Eau de surface**

- Peu ou pas d'enjeux

- **Eau souterraine**

- Problématique localisée?
  - Autour de Lévis
  - PACES : Vallée-Jonction et St-Flavien

16

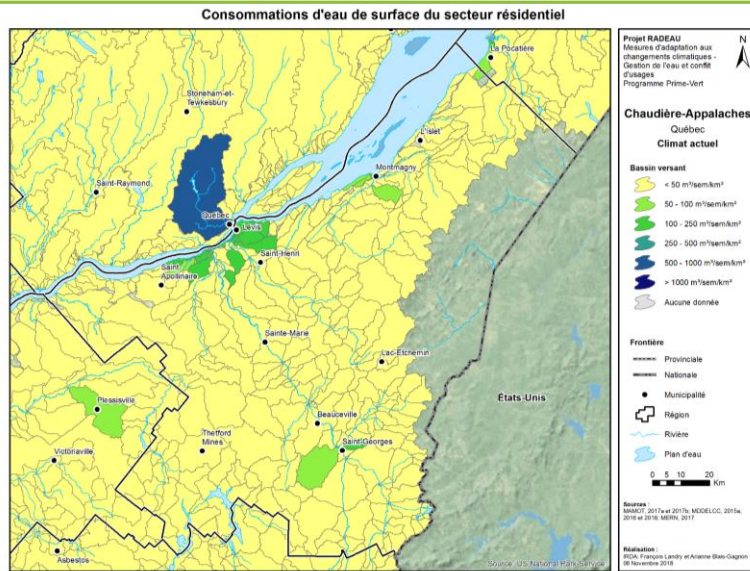
La consommation totale d'eau de la région de Chaudière-Appalaches est la plus faible de toutes les régions à l'étude, avec un total de 62 Mm<sup>3</sup> par année. Pourtant, son poids démographique est supérieur à l'Estrie et au Centre-du-Québec. Les usagers résidentiels de Chaudière-Appalaches sont les premiers utilisateurs (44 % de l'eau consommée). Les usages ICI lié au réseau et agricoles arrivent second, presque à part égale (26 et 27 %). Dans la région, la part de l'eau provenant des eaux de surface est légèrement plus importante (60 %) que celle de type souterraine (40 %). Toutefois, le secteur agricole s'approvisionne largement (83 %) dans les eaux souterraines.

La répartition des consommations du secteur agricole de la région de Chaudières-Appalaches se présente comme suit:

	%besoins agricoles	%eau surface	%eau souterraine
Végétal	18,3	36,663,4	
Animal	70,4	9,2	90,8
Piscicole	11,3	30,769,3	

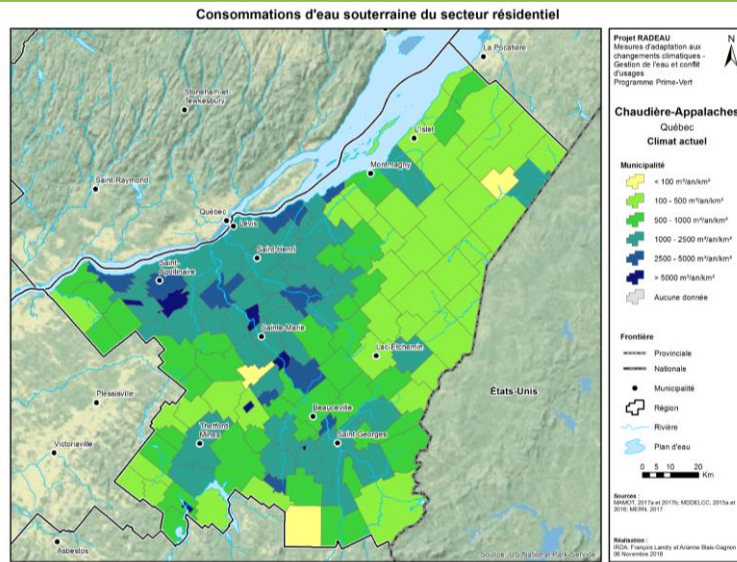


# PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



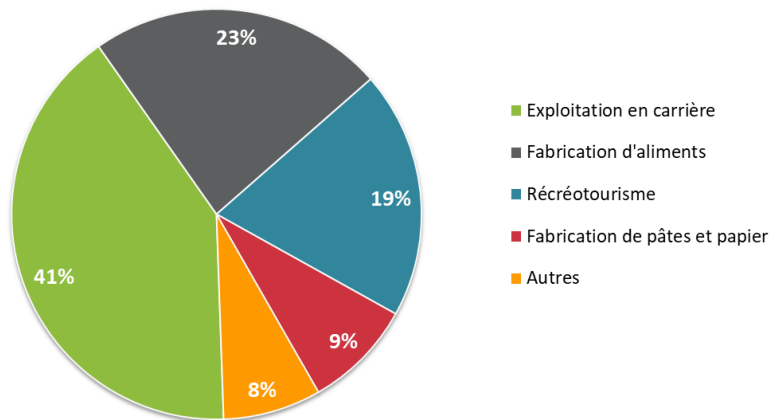
La pression du secteur résidentiel sur l'eau de surface demeure relativement faible sur l'ensemble du territoire de la région de Chaudières-Appalaches (50 à moins de 250 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>).

## PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



Les consommations en eau souterraine du secteur résidentiel reflètent les gradients démographiques de la région. Les secteurs de Saint-Agapit, dans Lotbinière, de même que Valée-Jonction et Scott en Nouvelle-Beauce affichent les taux spécifiques les plus élevés de consommation en eau souterraine (> 5,000 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>).

## PRINCIPAUX PRÉLEVEURS INDUSTRIELS D'EAU HORS RÉSEAU- 2015



Quatre principaux secteurs couvrent **92 %** du volume prélevé.

Dans la catégorie « Autres » on retrouve les secteurs :

- Fabrication de produits chimiques
- Fabrication de produits en bois
- Première transformation des métaux

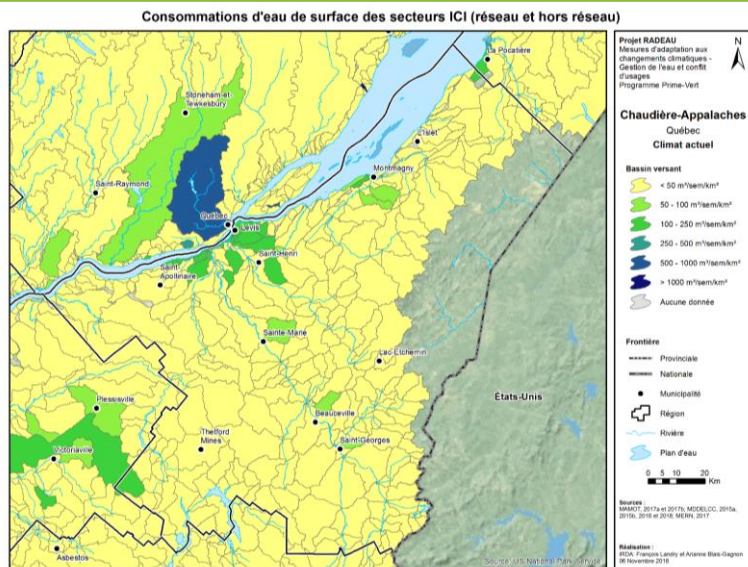
Source: MDDELCC à partir de la base de donnée des grands préleveurs d'eau de 2015

Groupe AGÉCO

19

Les principaux prélèvements d'eau (surface) hors-réseau pour les usages industriels dans la région sont exercés par le secteur des carrières. Le second secteur est la production d'aliments.

## PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCE ET INSTITUTIONS

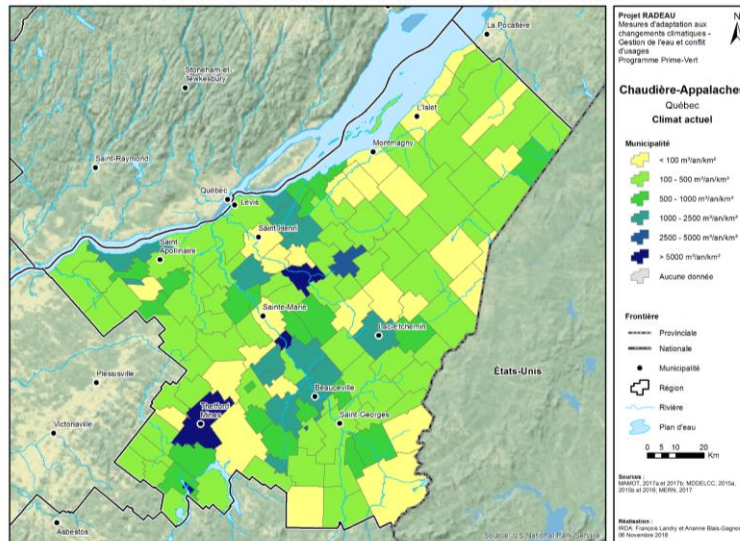


20

Les prélèvements d'eau de surface des secteurs ICI, réseau et hors-réseau confondus, demeurent modestes pour l'ensemble de la région (moins de 100 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>).

## PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCE ET INSTITUTIONS

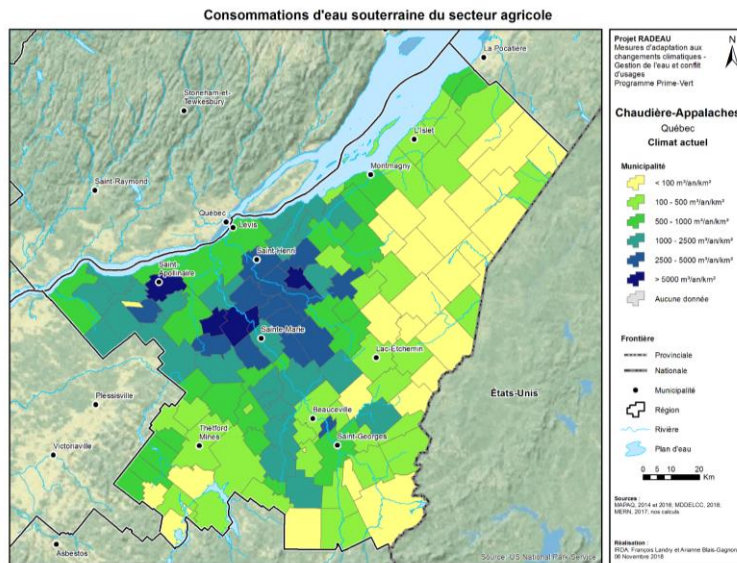
Consommations d'eau souterraine des secteurs ICI (réseau et hors réseau)



21

Une pression plus importante des secteurs ICI reliés ou non aux réseaux d'aqueduc sur l'eau souterraine ( $> 5,000 \text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$ ) est exercée dans quelques municipalités de la région, dont Theford Mines, Vallée Jonction et Sainte-Claire.

## PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

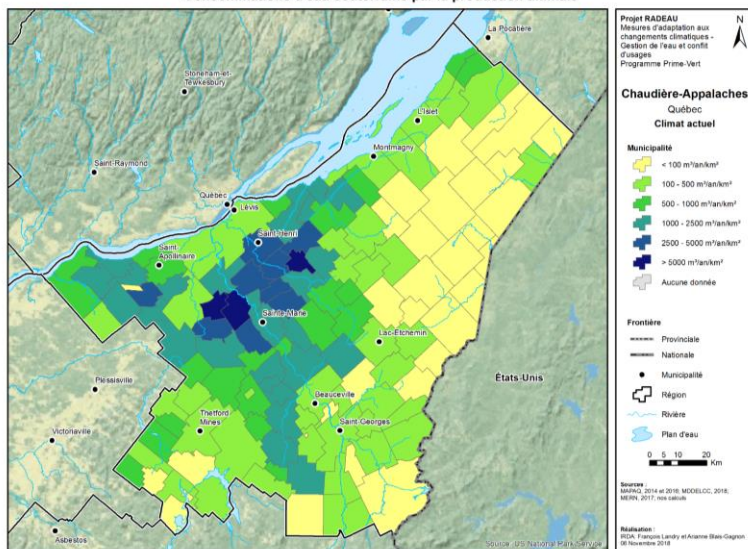


22

Le secteur agricole des municipalités de Saint-Apollinaire, Scott, Saint-Bernard, Saint-Narcisse-de-Beaurivage et Honfleur prélève les plus importants volumes d'eau souterraine de la région de Chaudières-Appalaches (> 5,000 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>). Les illustrations suivantes répartissent les consommations en eau souterraine pour les secteurs de production végétale et animale.

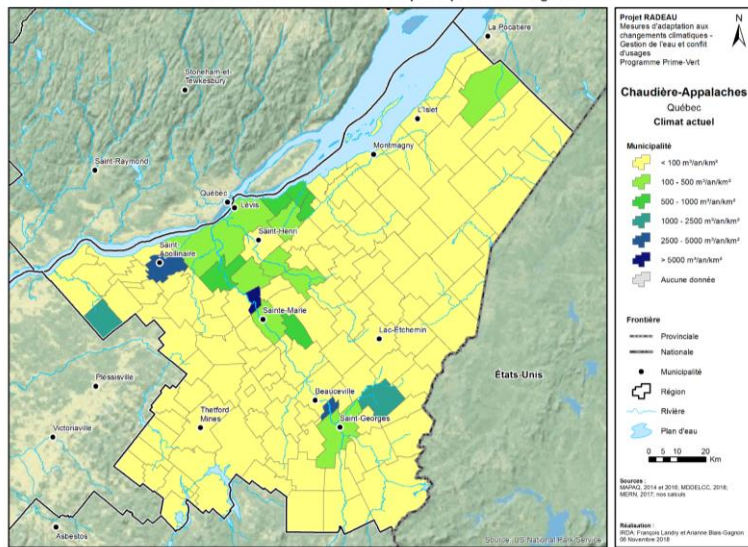
# PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - ANIMAL

Consommations d'eau souterraine par la production animale



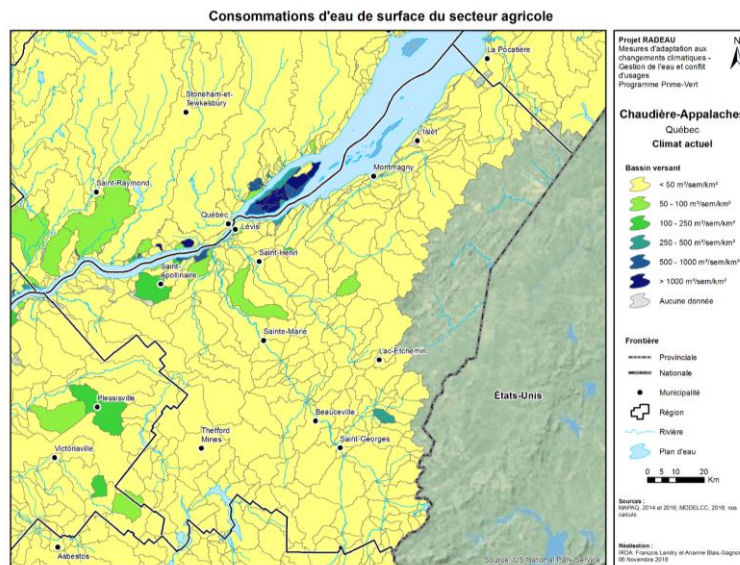
# PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - VÉGÉTAL

Consommations d'eau souterraine par la production végétale





## PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

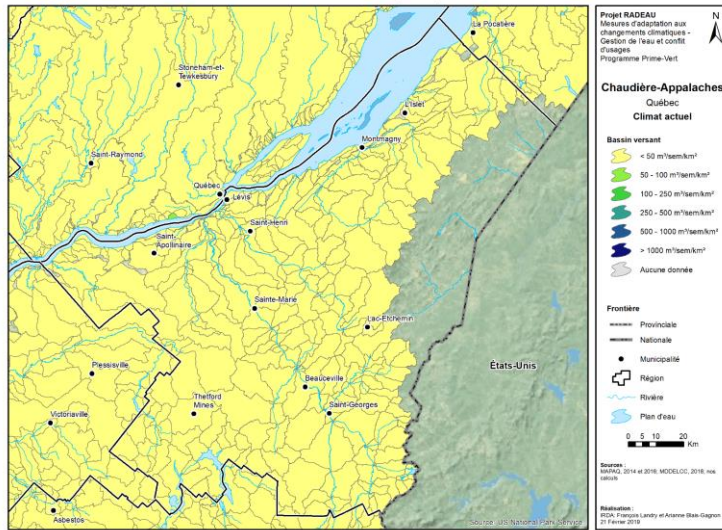


25

Les prélèvements d'eau de surface en milieu agricole dans Chaudières-Appalaches sont modestes. Ils demeurent dans l'ensemble sous la barre des 50 à 250 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>. Les illustrations suivantes répartissent les consommations en eau de surface pour les secteurs de production végétale et animale.

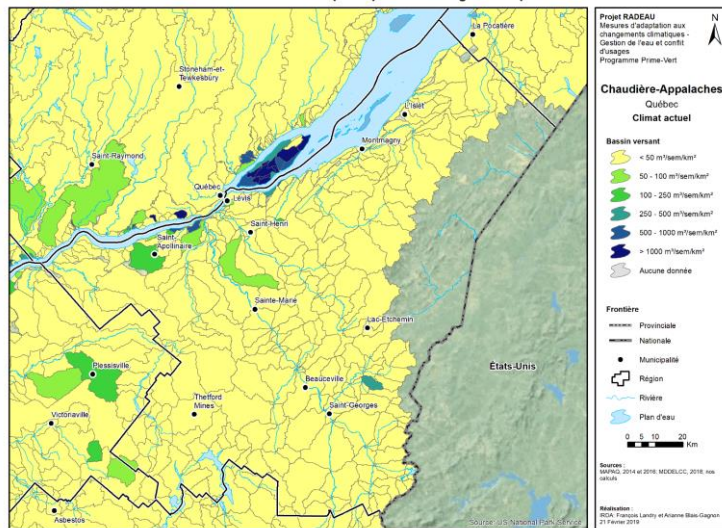
# PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - ANIMAL

Consommations d'eau de surface par la production animale

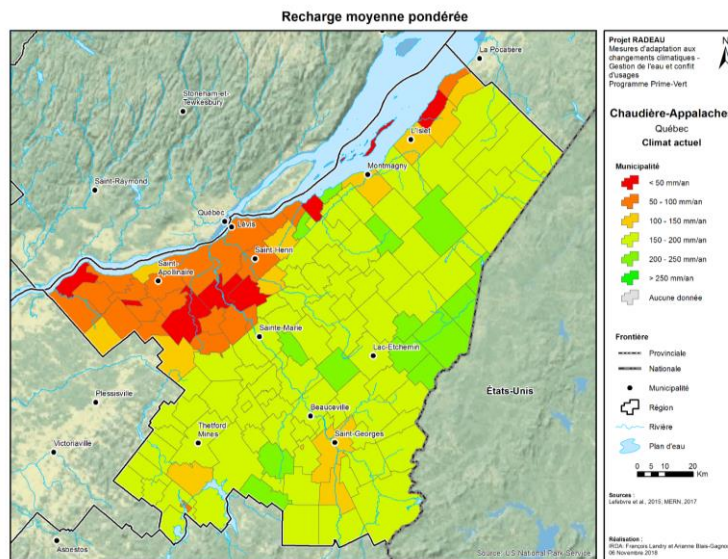


# PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - VÉGÉTAL

Consommations d'eau de surface par la production végétale en période estivale



## LES BILANS HYDRIQUES ACTUELS – LES RESSOURCES EN EAU : RECHARGE SOUTERRAINE



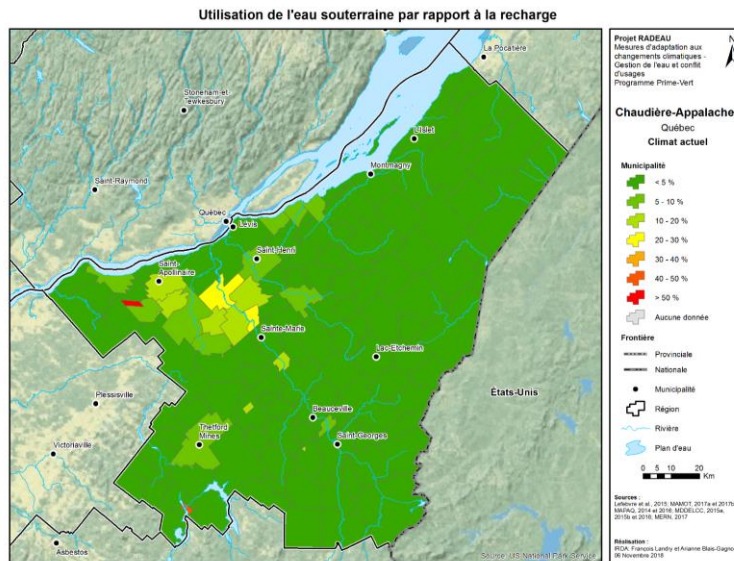
28

L'indicateur de disponibilité de l'eau souterraine est la recharge annuelle totale estimée de l'aquifère profond (au roc). Rappelons que les cartes de recharge de l'aquifère (mm/an) développées dans le cadre des études du Programme d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines (PACES) de Chaudière-Appalaches (Lefebvre et al., 2015) ont été mises à profit pour la caractérisation de la recharge dans la région de Chaudière-Appalache. Cette étude a utilisé le modèle HELP (*Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*), qui considère les données du climat, de la végétation, de l'occupation du territoire et les propriétés des sols, des dépôts et du roc, afin d'estimer les différents paramètres hydrologiques. Le calcul de la recharge se base sur l'équation:

$$\text{Recharge} = \text{Précipitation} - \text{Ruissellement} - \text{Évapotranspiration} \pm \text{Emmagasinement}$$

En Chaudière-Appalaches, les estimations de la recharge moyenne de l'aquifère varient ainsi de moins de 50 mm par an dans la plaine du Saint-Laurent à plus de 250 mm par an dans le paysage Appalachien.

## BILANS – UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE ET RECHARGE



29

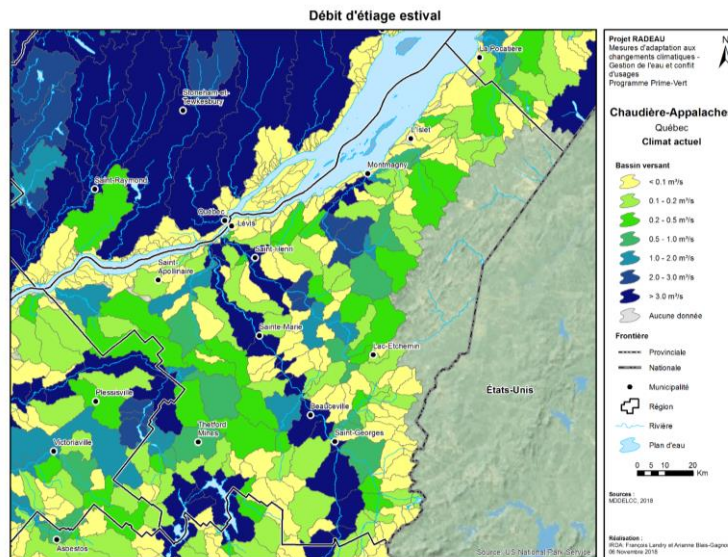
Les indices de pression sur l'eau souterraine ont été estimés à l'échelle de chacune des municipalités suivant le ratio suivant :

$$\frac{\sum \text{prélèvements d'eau souterraine de la municipalité (résidentiel, agricole et ICI)}}{\text{Recharge}}$$

L'estimation de la recharge est présumée indépendante du taux de prélèvement. En effet, les taux documentés de recharge sont plutôt déterminés par des facteurs liés au climat, la topographie, la géologie, la végétation et les propriétés physiques des sols. Le seuil critique de l'indice de pression sur l'eau souterraine (ratio prélèvements : recharge) a été établi à 20 % (René Lefebvre, INRS, communication personnelle).

Dans l'ensemble, les utilisations de l'eau souterraine de la région de Chaudière-Appalaches demeurent en deçà de la capacité de support à long terme de l'aquifère profond (au roc), soit sous le niveau de 20%. Les municipalités de Laurier-Station, Saint-Lambert-de-Lauzon et Scott font cependant exception en raison principalement d'un taux de recharge relativement faible par rapport à la consommation.

## LES BILANS HYDRIQUES ACTUELS – LES RESSOURCES EN EAU : DÉBITS D'ÉTIAGE



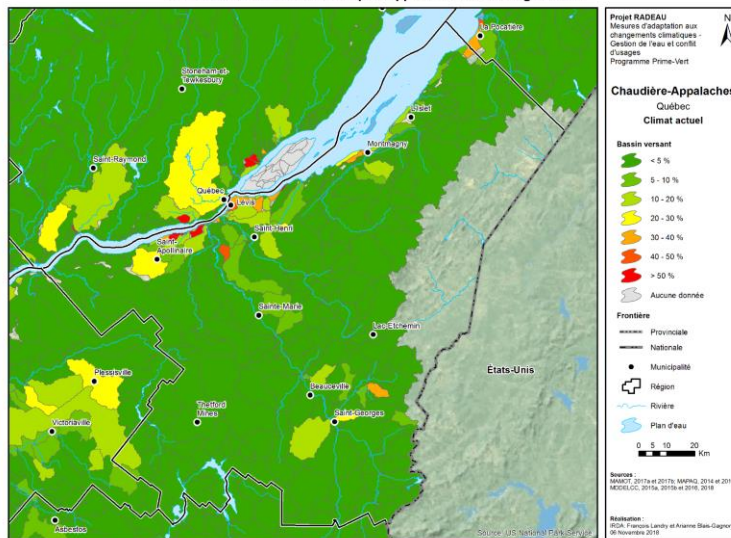
30

Le débit d'étiage estival (indicateur  $Q_{2,7}$  : débit minimum sur sept jours consécutifs du cours d'eau pour une période de récurrence de deux ans ) a été retenu comme indicateur de disponibilité de l'eau de surface en période estivale ou hivernale. Les indicateurs  $Q_{2,7}$  sont tirés de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018 (DEH-MELCC, 2018), ci-après nommé Atlas 2018.

Les débits d'étiage projetés pour les cours d'eau de la région de Chaudière-Appalaches reflètent essentiellement les superficies de leurs bassins versants respectifs, avec des  $Q_{2,7}$  variant de moins de 0,1 m<sup>3</sup>/s à plus de 3 m<sup>3</sup>/s. Les débits d'étiage des plus petits bassins versants, non documentés dans l'atlas, ont été générés sur la base de relations statistiques établies entre les superficies de petits bassins méridionaux jaugés au Québec et leurs débits d'étiage respectifs (IRDA et DEH/MELCC). Ces petits bassins versants sont généralement associés à des débits d'étiage inférieurs à 0,1 m<sup>3</sup>/s. La méthodologie et les données mises à contribution dans l'évaluation des débits d'étiage sont présentées en section 5.1.2 du rapport de de projet RADEAU.

## BILANS – UTILISATION DE L’EAU DE SURFACE ET DÉBIT D’ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage estival



31

L'indice de pression sur l'eau de surface est exprimé à l'échelle des sous-bassins hydrographiques par le ratio des prélèvements par rapport au débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ). Puisque les débits d'étiage sont dépendants des prélèvements effectués, les prélèvements ont été ajoutés au débit d'étiage dans le calcul des indices de pression suivant le ratio suivant:

$$\frac{\sum \text{prélèvements d'eau de surface du bassin (résidentiel, agricole et ICI)}}{Q_{2,7} + \sum \text{prélèvements d'eau de surface du bassin (résidentiel, agricole et ICI)}}$$

La projection cartographique des indices de pression mettent en relief une vulnérabilité relativement faible de la plupart des municipalités de la région, où les prélèvements hebdomadaires demeurent en deçà de 5 à 10 % du  $Q_{2,7}$ , alors que le seuil critique, indicateur d'un possible conflit d'usage, se situe à 15%. Quelques micro-bassins présentent un taux élevé de prélèvement en comparaison du débit d'étiage, cependant, à cette échelle, il s'agit probablement d'un artefact de représentation lié à une mauvaise localisation du prélèvement.



### Disponibilité en eau

- Hypothèse d'une recharge stable des nappes souterraines à l'horizon 2050
- Évolution des débits d'étiage estivaux et hivernaux : atlas hydroclimatique 2018

### Choix de 5 scénarios climatiques

### Comment pourraient évoluer les prélèvements ?

### Et les conflits d'usage ?

Les sections suivantes présentent la méthodologie et les résultats projetés de consommation et de disponibilité des eaux de surface et souterraine en climat futur pour les différents usages (agricole, résidentiel et ICI) dans Chaudière-Appalaches. S'arrimant à la méthode appliquée aux bilans en période actuelle, la démarche repose sur des évaluations distinctes des portraits de l'utilisation et de la disponibilité des eaux de surface et souterraines en climat futur.

Les hypothétiques prélèvements futurs d'eau de surface en période de pointe sont comparés, à l'échelle de chacun des bassins versants, à la disponibilité projetée des eaux de surface en période d'étiage à l'horizon 2050. Cette comparaison repose sur l'indicateur de débit d'étiage  $Q_{2,7}$ , soit la valeur minimum du débit moyen du cours d'eau sur une période de 7 jours, pour une période de récurrence de deux ans.

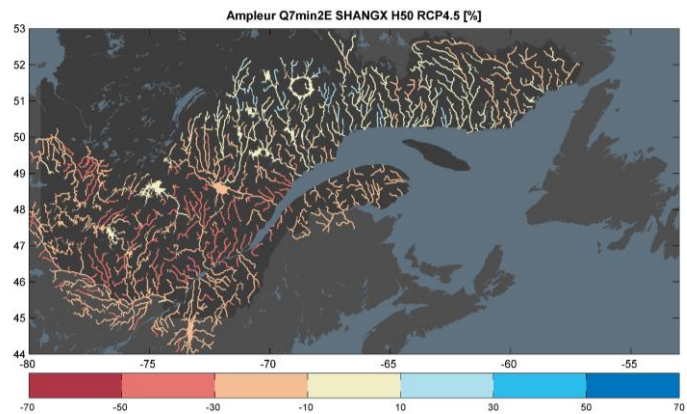
Les hypothétiques prélèvements futurs d'eau souterraine sur une base annuelle sont comparés à la recharge annuelle de la nappe, à l'échelle des municipalités.

Les projections des prélèvements en climat futur pour les secteurs résidentiel, industriel et agricole, sont basés sur cinq scénarios d'évolution du climat, de la démographie et des différents secteurs d'activités économiques.



## QUE SAIT-ON DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU?

- Diminution des débits d'étiages
  - Selon les scénarios choisis avec Ouranos, de - 14 % à - 52 %
  - À l'échelle du Québec, pour les cours d'eau majeurs
- Pas d'évolution à court terme (2050) de la recharge des nappes phréatiques



Source : DEH MDDELCC, 2017, com. Pers. Résultats préliminaires, rôle uniquement d'illustration

Sur le plan de la gestion de l'eau, les impacts des changements climatiques s'inscrivent en double. D'une part, il y a un impact sur l'utilisation de la ressource, alors que l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration motive une utilisation plus importante d'eau souterraine ou de surface. D'autre part, il y a aussi une diminution de la disponibilité de l'eau de surface qui est appréhendée en période critique d'étiage en climat futur.

Pour les fins de la présente étude, les projections des débits d'étiage en climat futur ( $Q_{2,7}$ ) à l'horizon 2050 de l'atlas hydro-climatique du Québec (MELCC, 2018) ont été retenus comme balises dans l'évaluation des conflits potentiels d'usage des eaux de surface en climat futur. Dans l'ensemble, les diminutions appréhendées des débits d'étiages des cours d'eau majeurs sont de l'ordre de 14 à 52 % du débit actuel.

En ce qui a trait à la disponibilité de l'eau souterraine en climat futur, il est postulé que les changements climatiques n'auront pas d'impacts significatifs sur la recharge de l'aquifère profond à l'horizon 2050, reflétant l'état des connaissances exprimé par les collaborateurs au projet du domaine de l'hydrogéologie.

## QUE SAIT-ON DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES BESOINS EN EAU?

- Peu d'impact sur les besoins résidentiels
  - Mais pression accentuée causée par la hausse démographique
  - Et la pression sur les infrastructures vétustes (déficit d'entretien)
- Peu d'impact sur les besoins industriels
- Augmentation des besoins pour les activités récréotouristiques (golfs, stations de ski)
- Et surtout, hausses des besoins en eau pour l'agriculture
  - Besoin en eau d'irrigation plus important car déficit hydrique plus sévère



34

Pour les fins de la présente étude, les changements dans les prélèvements d'eau inhérents aux scénarios narratifs d'évolution en climat futur ont été projetés sur la base de cinq scénarios climatiques. Ces scénarios climatiques ont été développés par le Consortium de recherche Ouranos, à partir de variables climatiques choisies comme indicateurs, incluant la variation en matière de précipitations cumulées sur la période de juin à août, la moyenne de température moyenne d'avril à octobre, et enfin le nombre de jours avec des températures supérieures à 32 °C (Braun, 2017). Les scénarios retenus représentent 72 % de la variabilité qui est simulée dans les scénarios climatiques de l'ensemble CMIP5 utilisés par Ouranos. Une projection des besoins en eau en fonction du climat futur a été réalisée pour chacune des régions à l'étude, sur la base des données propres à sa station météorologique de référence. Il s'agit de Beauceville pour la région Chaudière-Appalaches, pour laquelle des données historiques complètes sur la période de référence (1981-2010) étaient disponibles.

Dans l'ensemble, il est reconnu que les changements climatiques ont peu d'effet sur les besoins en eau résidentiels et industriels. Mais les besoins en eau peuvent néanmoins évoluer dans le temps selon la croissance de la population ou le dynamisme des activités économiques. Le principal secteur affecté par le climat est sans contredit le secteur agricole.

## IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES BESOINS EN EAU EN AGRICULTURE



	BEAUCEVILLE
PRÉCIPITATIONS DE JUIN À AOÛT (CLIMAT HISTORIQUE - OURANOS)	335 mm
ETP MOYENNES JUIN A AOÛT (CLIMAT HISTORIQUE)	349 mm
MOYENNE DE P – ETP (MM) (CLIMAT HISTORIQUE)	-13 mm
VARIATION SUPÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	-65 mm
VARIATION INFÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	+37 mm

- Besoin en eau d'irrigation : simulations pommes de terres en sol loam / loam sableux
  - Scénarios forts : + 41 à + 66 mm par saison | scénarios faibles : stables (+ 13 à + 22 mm)
- Besoin en eau pour abreuvement des animaux et refroidissement des bâtiments
  - Ex. vache laitière : +1.2L /jr /°C en plus.
    - Consommation moyenne actuelle : ~110L par jour. 3°C en plus = 3.6L.
  - Refroidissement : 15 L/jr/vache pour la brumisation, 150 L/jour/vache pour l'aspersion.

Des simulations pour certaines cultures types ont permis d'évaluer, pour chacun de nos scénarios climatiques, comment la hausse des températures se traduisait en évapotranspiration et besoin d'abreuvement supplémentaire ou refroidissement des bâtiments.

L'augmentation moyenne simulée pour les cinq scénarios climatiques retenus est de l'ordre de 2.9 °C à Beauceville sur la période d'avril à octobre pour 2041-2070, lorsque comparé à la période 1981-2010.

Le nombre moyen de jours au-dessus de 30 °C passe de **6 jours** en période de référence à **20 jours** en climat futur, alors que la durée de la saison de croissance augmente, soit de **188 à 218 jours**. Cette évolution des températures et de durée de cycle se traduit en augmentation importante du nombre de degrés-jours (DJ) estimés pour la saison de croissance, qui s'accroît de 450 DJ (base 10°C) pour une estimation de 866 en climat actuel.

À partir de l'ensemble des variables précédentes, l'évapotranspiration potentielle (ETP) en climat de référence et futur a été projetée à partir de la méthode de la FAO Penman-Monteith. Les cinq scénarios climatiques retenus pour les fins de l'étude donnent tous lieu à une augmentation significative de l'ETP à la station de Beauceville (104 mm en moyenne), représentant une hausse moyenne de 12 %.

Enfin, les précipitations totales cumulées sur la saison de croissance passent, en moyenne, de **621 à 764 mm** en climat futur, suivant les cinq scénarios climatiques à l'étude. Les épisodes projetés d'absence de précipitations en climat futur (5 jours minimum sans précipitations) ne seraient cependant pas différents, en nombre comme en durée, du climat actuel.

Des simulations pour certaines cultures types ont permis d'évaluer, pour chacun de nos scénarios climatiques, comment la hausse des températures se traduirait en besoin d'irrigation, de même qu'en besoins en eau d'abreuvement supplémentaires ou destinés au refroidissement des bâtiments.

## IMAGINER LES BESOINS EN EAU FUTURS

---



### Prélèvements résidentiels

- Scénarios de croissance démographique (ISQ) + densification/dévitalisation
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Commentaires et anticipations partagés par les acteurs régionaux



### Prélèvements industriels

- Scénarios d'évolution du tissu industriel
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Commentaires et anticipations partagés par les acteurs régionaux

Pour évaluer les besoins en eau futur, nous avons aussi combiné les informations partagées par les acteurs régionaux quant à l'évolution possible de leur territoire, à différentes données historiques et de perspectives disponibles (évolution démographique, industrielle, agricole). Des hypothèses ont aussi été posées sur le comportement des acteurs (effort de réduction de consommation d'eau).

En ce qui a trait aux prélèvements résidentiels, la moyenne de 216 litres/personne/jour utilisée en période de référence a été modulée en climat futur dans les différents scénarios. Sur la base de la littérature disponible et de renseignements empiriques (québécois ou européens), nous avons documenté les effets du recours à des équipements moins consommateur d'eau (toilette, laveuse). En combinant l'ensemble des mesures de réduction possibles, il a ainsi été projeté que la consommation résidentielle moyenne pourrait diminuer jusqu'à 30 %. Les projections démographiques de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ) à l'horizon 2036 pour chacune des régions à l'étude ont été utilisées pour faire varier les hypothèses d'évolution de la population (faible, moyenne, élevée). Des hypothèses de densification ou de dévitalisation ont été développées avec les acteurs locaux lors des rencontres régionales. La section 6.2 du rapport de projet présente plus en détails la méthode.

L'évolution des prélèvements en eau des secteurs industriel, commercial et institutionnel dans les scénarios narratifs a été projetée en climat futur suivant plusieurs variables, incluant les volumes d'eau prélevés actuellement, les projections économiques à long terme, basées notamment sur les tendances de croissance économique historiques, et enfin sur un niveau de réduction de la consommation d'eau, lié aux possibles efforts de réduction et à l'intégration de procédés industriels plus efficaces. Une description détaillée de la méthode est présentée 6.4 du rapport final de projet.

## IMAGINER LES BESOINS EN EAU FUTURS



### Prélèvements agricoles

- Scénarios d'évolution des superficies et cheptels
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Inclusion des impacts climatiques (évapotranspiration, températures extrêmes, etc.)

	Actuel (Station Beauceville)	Futur 2041-2070
Déficit hydrique estival potentiel (P - ETP)	+ 32 mm	- 10 à + 73 mm
Volume supplémentaire d'eau d'irrigation (pommes de terre)		13 à 66 mm selon les modélisations

37

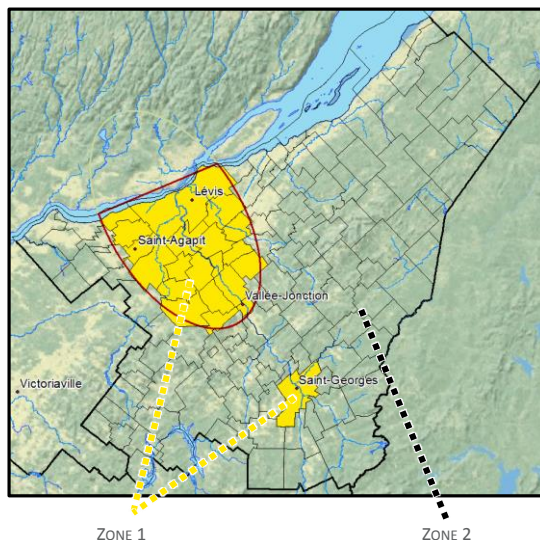
Pour le secteur agricole, l'évolution des besoins en eau a été projetée sur la base de l'évolution de plusieurs variables, dont:

- Les superficies en cultures qui nécessitent de l'irrigation basées sur des tendances historiques. Les dynamiques actuelles de marché ont été alimentées par la littérature consultée, par des entrevues auprès de conseillers et intervenants, et, finalement, elles ont été corroborées ou corrigées lors des rencontres régionales tenues avec les acteurs locaux.
- La part de ces superficies, par type de culture, qui seraient effectivement irriguées dans la région Chaudière-Appalaches, variant de **+ 20 à + 100 %** selon les productions végétales documentées (fruits et petits fruits, production maraîchère, production en serre). Ces hypothèses ont été réalisées sur la base des renseignements obtenus auprès de différents conseillers avec lesquels nous avons communiqué pour l'établissement des valeurs de référence, et d'une rencontre de travail avec plusieurs conseillers du MAPAQ et d'un chercheur de l'IRDA spécialisés en irrigation,
- La hausse éventuelle des besoins en eau de chaque culture, touchant la régie de l'irrigation. Les besoins en eau futurs pour l'irrigation des cultures ont été projetés sur la base de l'incidence des changements climatiques sur l'évapotranspiration des cultures, telle que modélisée avec le support du modèle STICS en mettant à profit les scénarios climatiques fournis par Ouranos. Une description détaillée de la méthode, des hypothèses et des sources de données utilisées dans les projections des utilisations de l'eau par les différentes cultures est présentée 6.3 du rapport de projet.
- Le nombre d'animaux à abreuver. Les tendances d'évolution du cheptel calculées pour la période 1996-2016 démontrent que la plupart des cheptels de bovins, qu'ils soient laitiers ou de boucherie sont en diminution notable, sauf les veaux qui sont presque stables. Les cheptels de porc et de moutons sont en forte augmentation, tout comme les chèvres, les poules et les poulets. Pour nos cinq scénarios, nous avons réalisé des hypothèses d'évolution cohérentes avec les scénarios narratifs communs à toutes les régions.

- Les répercussions du CC sur les besoins en eau des animaux : pour l'abreuvement de même que pour le refroidissement des bâtiments, en raison par exemple des systèmes de brumisation, des écrans humides ou des systèmes d'aspersion. Une description détaillée de la méthode, des hypothèses et des sources de données est présentée dans la section 6.3 du rapport de projet.



- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire







Des zones de densification ont été établies pour chaque région sous la forme de couronnes, en s'appuyant notamment sur les commentaires des acteurs régionaux quant à leur vision de l'évolution de leur territoire. Dans Chaudière-Appalaches, deux zones ont été définies.

La **première** est celle qui se densifie le plus et englobe les municipalités suivantes: Lévis, Saint-Agapit, Saint-Anselme, Saint-Antoine-de-Tilly, Saint-Apollinaire, Saint-Bernard, Sainte-Hénédine, Saint-Elzéar, Sainte-Marguerite, Sainte-Marie, Saint-Georges, Saint-Gilles, Saint-Henri, Saint-Isidore, Saint-Lambert-de-Lauzon, Saint-Narcisse-de-Beaurivage, Saint-Patrice-de-Beaurivage, Saint-Séverin, Saint-Sylvestre, Scott et Vallée-Jonction.

La **deuxième** zone, regroupant le reste des municipalités, sont celles présentant une augmentation de la population la plus faible, ainsi que l'hypothèse d'exode rurale pour le 5<sup>e</sup> scénario.



## AU FINAL : CINQ SCÉNARIOS POSSIBLES SELON DES HYPOTHÈSES ET FACTEURS DE CHANGEMENT

	Scénario 1 Statu quo	Scénario 2 Chaleur et soif	Scénario 3 Chaleur et interdits	Scénario 4 Tempéré et dense	Scénario 5 Tempéré et urbain
Évolution des débits d'étiage	Réduction moyenne du fait du changement climatique	Forte diminution du fait du changement climatique	Diminution moyenne du fait du changement climatique	Diminution faible du fait du changement climatique	Diminution moyenne du fait du changement climatique
	Croissance moyenne	Forte croissance	Faible croissance	Forte croissance	Faible croissance, exode rural
	Pas de changement	Facturée au volume : forte diminution	Diminution modérée	Compteurs d'eau: diminution modéré	Forte diminution
	Poursuite des tendances	Secteur en forte croissance sauf pâtes et papier Réduction modérée des prélèvements	Croissance modérée Facturée au volume : Réduction élevée des prélèvements	Forte croissance Réduction d'eau modérée	Croissance modéré Réduction faible pour industriel
Récréotourisme	Poursuite des tendances	Forte croissance	Faible croissance	Croissance modérée	Forte croissance
	Poursuite des tendances Hausse des superficies cultivées	Hausse importante des superficies cultivées irriguées Hausse importante des besoins en eau/ha	Faible hausse des superficies cultivées irriguées Faible hausse des besoins en eau/ha	Faible hausse des superficies cultivées irriguées Hausse importante des besoins en eau/ha	Hausse moyenne des superficies cultivées irriguées Faible hausse des besoins en eau/ha et eau souterraine à 100%

- 5 scénarios narratifs
  - Logique interne
  - Plausibles
  - Originaux (en dehors des lieux communs)
  - Contrastés

Il était une fois...Le Centre-du-Québec en 2050, déclin de l'industrie récréotouristique, facturation de l'eau pour tous les usagers, développement marqué des serres, etc....

39

Une approche par scénarios narratifs a été retenue pour la présente étude compte-tenu du contexte d'incertitude quant à l'évolution future des différents secteurs d'activité. L'approche consiste à littéralement raconter une histoire, c'est-à-dire à mettre en récit des futurs possibles. En retenant des critères dans l'élaboration des scénarios (respecter une logique interne, plausibles, originaux, contrastés).

Les facteurs de changements identifiés sont notamment la réglementation, les développements industriel et agricole ainsi que la croissance démographique. Pour l'élaboration des scénarios, nous avons retenu les deux facteurs les plus incertains et se traduisant par des répercussions sur les prélèvements. Puis, nous avons déterminé les répercussions de ces évolutions sur les prélèvements. Les changements climatiques et l'évolution démographique sont le fil conducteur des changements. Les scénarios climatiques d'Ouranos ont donc été combinés à nos scénarios narratifs.

Au final, cinq scénarios narratifs ont été développés, basés sur des scénarios climatiques et différentes évolutions possibles des besoins des usagers. Un premier scénario est représentatif d'un statu quo dans les tendances de l'évolution démographique et de l'activité économique. Les quatre autres scénarios sont contrastés en termes de prélèvements et de ressources en eau, mais aussi probables les uns que les autres. En se référant au tableau synthèse illustré ci-haut, les couleurs jaune-orangé-rouge indiquent une évolution qui met une pression sur la ressource eau, alors que le vert indique plutôt une évolution favorable à la ressource, par exemple une faible croissance démographique.

Deux éléments importants et incertains influenceront la consommation en eau dans le futur, soit les changements climatiques et la démographie.



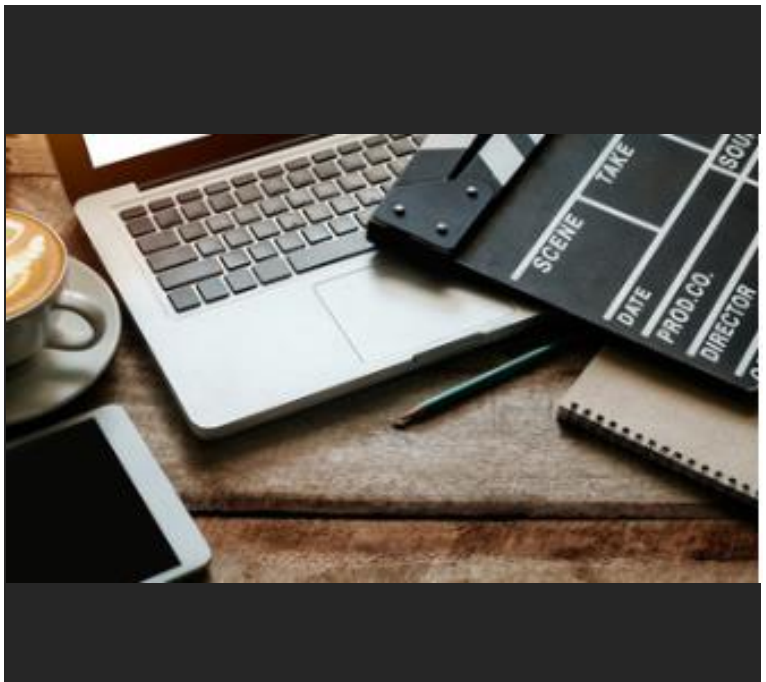
BILANS HYDRIQUES DES SCÉNARIOS FUTURS

La prochaine section présente les résultats projetés de prélèvements et de disponibilité de l'eau surface et souterraine pour chaque scénario narratif. Pour chacun des scénarios, un récit décrivant l'évolution des tendances futures dans la démographie, les différents secteurs d'activités économiques et l'évolution du climat est présentée. Le bilan des utilisations de l'eau et des conflits potentiels en climat futur sont par la suite projetés à l'aide de cartes interprétatives.

Scénario 1

**STATU QUO**

---



## SCÉNARIO 1 – STATU QUO



**Diminution élevée des débits d'étiages : - 29%**



**↑ 5 %**



Pas d'effort de réduction  
Consommation/habitant stable



**↑** Croissance  
variable selon  
secteur

Industriel

Pas d'effort de réduction



Ha cultivées et  
cheptel suivent la  
tendance

Agricole

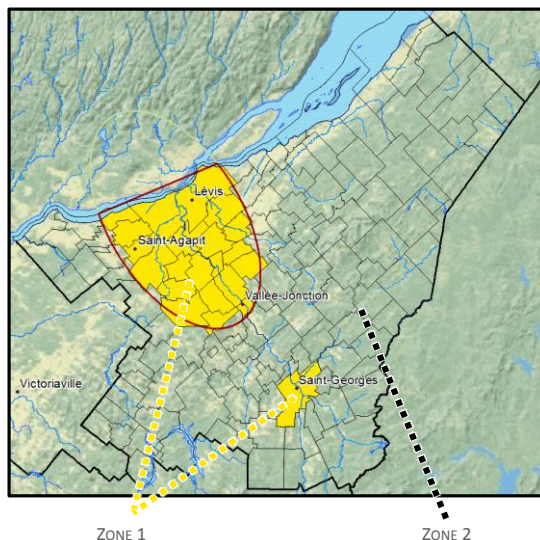
Même pratique d'irrigation

Ce scénario présente un cas où il n'y a aucune proactivité en matière d'adoption de bonnes pratiques ou de révision réglementaire favorisant une gestion plus durable de l'eau. Les prélèvements suivent la tendance observée depuis les 20 dernières années.

## SCÉNARIO 1 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

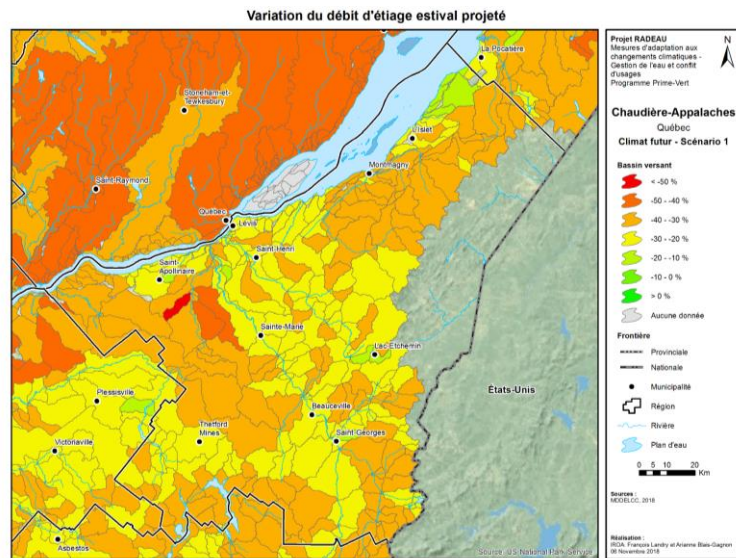
- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 6	+ 4



Selon les tendances actuelles, la croissance démographique est légèrement plus marquée (+ 6 %) dans la couronne de Québec s'étendant jusqu'à Vallée-Jonction ainsi qu'à Saint-Georges, qu'ailleurs sur le territoire (+ 4 %).

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



Suivant la moyenne des quatre projections de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional (MELCC, 2018) utilisées dans le cadre de ce projet, les débits d'étiage dans le cas du scénario du Statu quo seraient appelés à diminuer en moyenne de 29 % sur le territoire régional.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 1 – STATU QUO

- **Consommation TOTALE en légère hausse vs climat actuel : 66,5 Mm<sup>3</sup>/an (Prélèvements: 80,9 Mm<sup>3</sup>/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	40 % (40 %) <sup>1</sup>	60 % (60 %)	+ 6 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Statu Quo	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	44 %	43 %	28 (27)	↗
CI	27 %	27 %	18 (17)	↗
Industriel	3 %	4 %	2 (2)	→
Agricole	26 %	27 %	18 (16)	↗

<sup>1</sup> (Climat actuel)

45

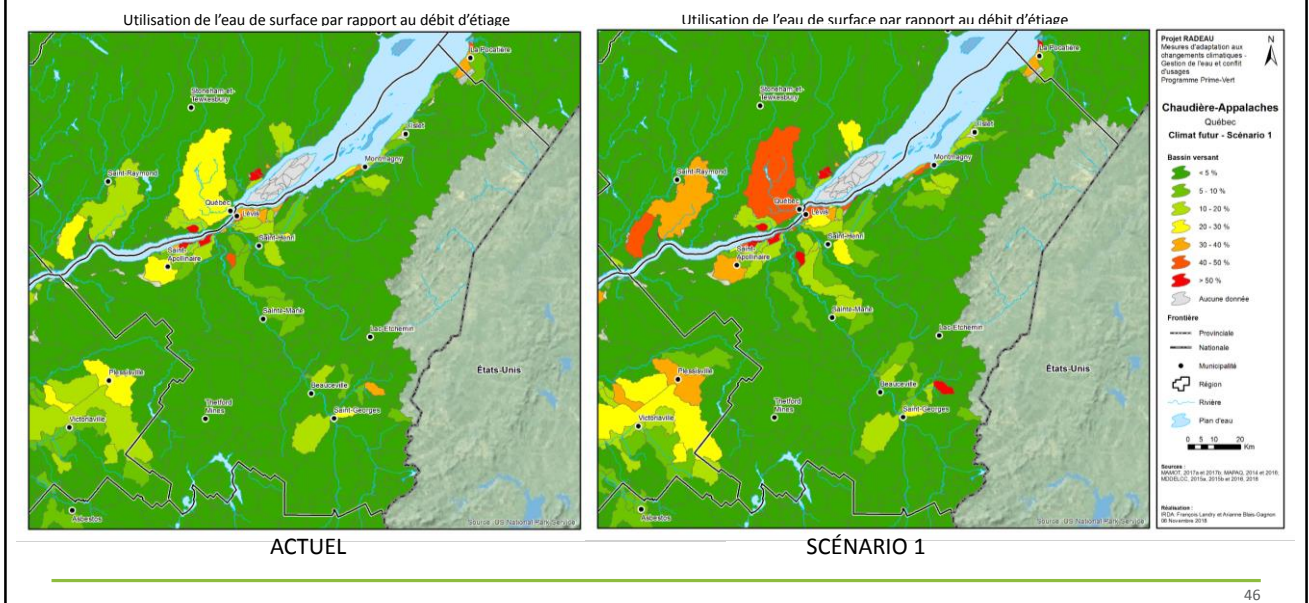
Suivant le scénario du *Statu quo*, la consommation globale en eau augmenterait de 6 % en climat futur.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 1 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)	Δ vs actuel
Production végétale	18,3	21,5	3,9 (3,0) <sup>1</sup>	↗
Production animale	70,4	68,2	12,4 (11,6)	↗
Production piscicole	11,3	10,2	1,9 (1,9)	→

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

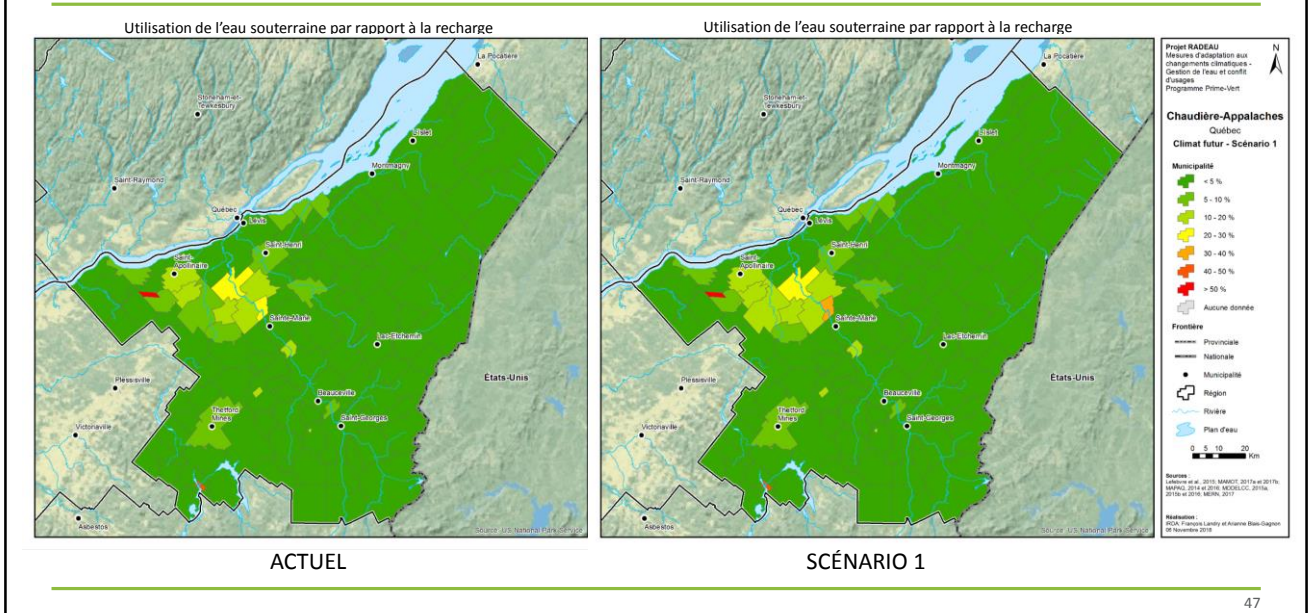
## PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE



Suivant le scénario du Statu quo, la pression sur la ressource eau de surface s'intensifie légèrement dans quelques sous-bassins versants, notamment ceux des rivières Etchemin et Boyer. Dans l'ensemble, toutefois, les indices de pression demeurent sous le seuil critique de 15 %.



## PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

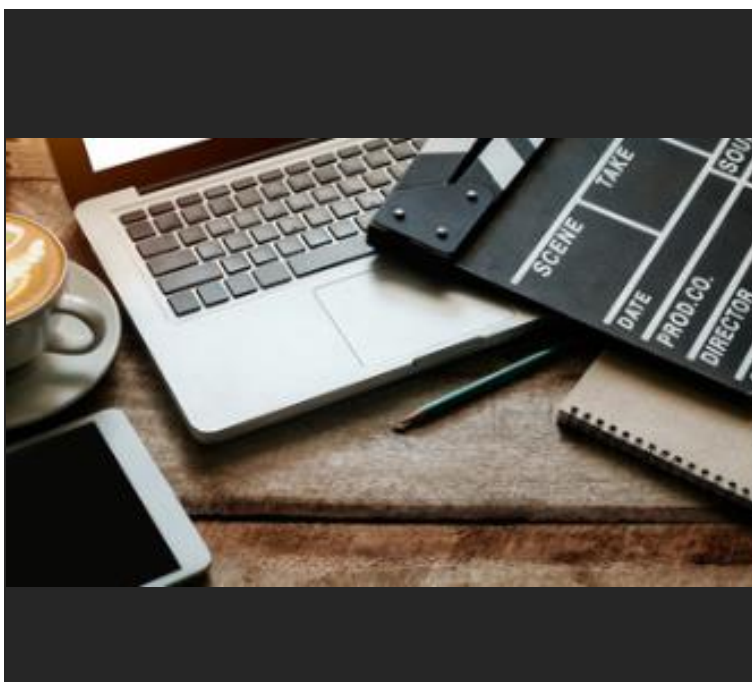


Suivant le scénario Statu quo, l'utilisation de l'eau souterraine en climat futur reflète les gradients de croissance de la population, mais surtout la plus faible disponibilité de la ressource à l'ouest de Saint-Henri. De fait, dans les municipalités localisées entre Saint-Apollinaire, Saint-Henri et Sainte-Marie, la recharge de l'aquifère profond est de moins de 100 mm/an.

Dans l'ensemble, les indices de pression d'utilisation de l'eau souterraine demeurent en deçà de la capacité de support à long terme de l'aquifère au roc de 20 %.

## Scénario 2

### CHALEUR ET SOIF



Il était une fois le Québec en 2050 : depuis l'implantation de politiques très favorables à l'immigration, la population du Québec a augmenté de manière constante et importante, autour des pôles urbains principaux, mais aussi dans les territoires ruraux à proximité. Du fait de cette population croissante, des parcs à vocation commerciale et, d'une manière générale, le secteur de la construction et notamment les industries du sable et des graviers, ont connu de belles années. De même, le récréotourisme s'est développé, avec des activités comme les parcs aquatiques. Cependant, d'autres secteurs ont connu une évolution plus morose, par exemple le secteur des pâtes et papiers qui n'a pas réussi à se renouveler avec des productions à valeur ajoutée. L'industrie du ski s'est également consolidée, il y a eu plusieurs fermetures de centres et ceux qui restent ont augmenté l'usage de la neige artificielle.

De plus, notamment du fait du changement climatique, l'eau a eu tendance à se raréfier. Face à des consommations croissantes, il a été nécessaire de faire évoluer certaines pratiques. Premièrement, l'eau distribuée dans les aqueducs est dorénavant facturée au volume. Ce contrôle de la consommation résidentielle a permis de réduire de 30 % le volume prélevé par habitant par rapport aux consommations de 2015. En ce qui concerne l'agriculture, du fait des changements climatiques, la demande en eau est devenue plus importante : les cultures irriguées se sont fortement développées, principalement dans le secteur des fruits et légumes, du fait de la hausse de l'évapotranspiration mais de précipitations constantes. Les bâtiments d'élevage font aussi l'objet de nouvelles infrastructures de brumisation et d'aspersion, nécessaire pour rafraîchir l'atmosphère et garantir le bien-être des animaux d'élevage.



**Diminution élevée des débits d'étiages : - 50%**



↑ 16 %



↓ 30%

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



↑ Forte  
croissance  
économique



↑ Ha cultivées irriguées  
Augmentation des besoins  
en eau pour l'irrigation

Industriel Effort modéré de réduction

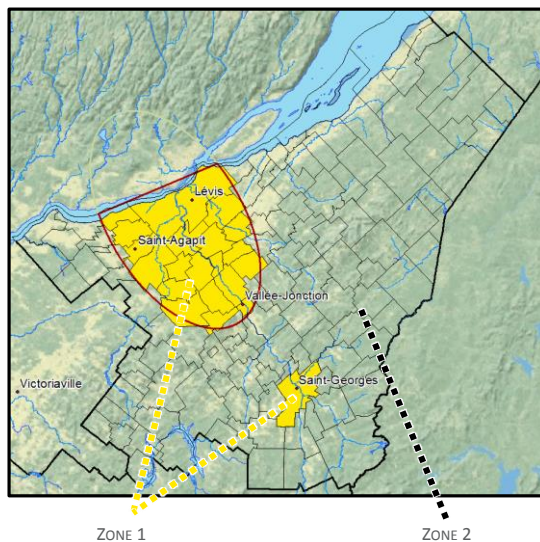
Agricole

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) conjugue une baisse substantielle des débits d'étiage avec une forte croissance de la population et de l'économie, et un effort modéré de la réduction de l'eau en milieu industriel. Alors que la consommation *per capita* en milieu résidentiel est réduite, il y a une augmentation substantielle des besoins en irrigation en milieu agricole.

## SCÉNARIO 2 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 6	+ 4
Scénario 2 – ISQ fort	+ 18	+ 13



Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) implique une forte croissance démographique, plus marquée dans les MRC de Lévis et de la Nouvelle-Beauce et à Saint-Georges.

## SCÉNARIO 2 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique
  - Extrapolation de la tendance historique 1991-2015 (annualisée) par secteur + 3% en 2050
- Efficacité dans la consommation d'eau
  - Effort de réduction modéré

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication d'aliments	47
Fabrication de pâtes et papier	-23
Exploitation en carrières	34

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) reflète une forte croissance du secteur industriel, à l'exception du secteur des pâtes et papiers dont le déclin demeure.

## SCÉNARIO 2 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

- Irrigation pour certains végétaux :
  - Pommes de terre + 66 mm (104 mm)
- Pas d'évolution pour la protection contre le gel

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 10
ETP	+ 58
P – ETP	- 48

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Serre	100 %	(100 %) <sup>1</sup>
Fraises d'automne	20 %	(100 %)
Fraises d'été	10 %	40 % (20 %)
Bleuets	50 %	100 % (90 %)
Pommiers nains	75 %	(100 %)
Canneberges	100 %	(100 %)
Plantes en conteneurs	50 %	(100 %)
Pommes de terre	10 %	50 % (25 %)

<sup>1</sup>(Climat actuel)

Pour le scénario 2, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une hausse conséquente des besoins en eau, du fait de l'aggravation du déficit hydrique de 48 mm, principalement sous l'effet de la hausse de l'évapotranspiration. En conséquence, les besoins en eau futurs ont été ajustés sur la base de ce déficit hydrique plus important, et des hypothèses, quant aux évolutions des superficies cultivées et des pourcentages de ces superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050, ont été posées.

Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport complet du projet.

## SCÉNARIO 2 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

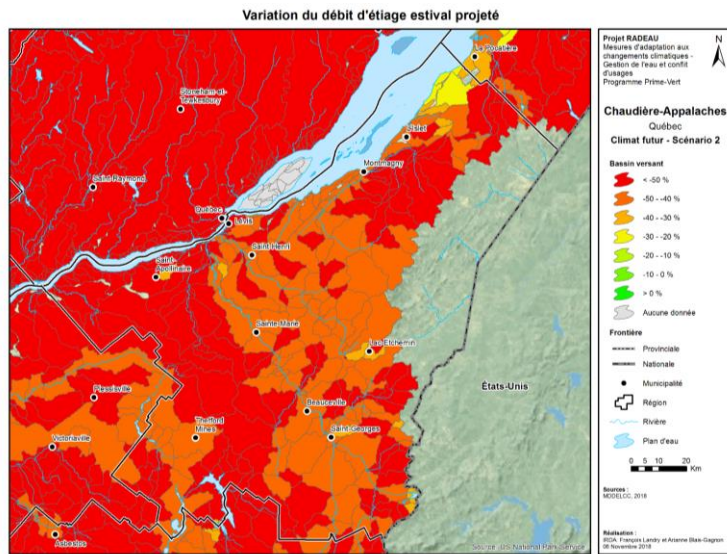
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : stable
    - Bovins boucherie : - 20 %
    - Ovin : + 30 %
    - Avicole : + 40 %
    - Porcin : + 20 %
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : 3 m<sup>3</sup>/vache/été, 15 L/porc/été
  - Lavage des bâtiments : stable

---

53

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Chaleur et soif » (no.2) suivant l'hypothèse que le cheptel laitier resterait stable, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait de 20 %, alors que les cheptels ovins, avicole et porcin connaîtraient une hausse. Les besoins en eau pour chaque animal augmenteraient sous l'effet de la hausse de température, de manière marginale pour l'abreuvement et pour le refroidissement des bâtiments.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



54

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) est associé à la projection de débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ) la plus pessimiste de l'Atlas hydroclimatique du Québec (MELCC, 2018), avec une réduction moyenne de 50 % à l'échelle de la région.



## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCENARIO 2

- **Consommation TOTALE en légère baisse vs climat actuel : 58,2 Mm<sup>3</sup>/an (Prélèvements: 73,4 Mm<sup>3</sup>/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	38 % (40 %) <sup>1</sup>	62 % (60 %)	- 7 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 2	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	44 %	38 %	21 (27)	↘
CI	27 %	23 %	14 (17)	↘
Industriel	3 %	4 %	2 (2)	→
Agricole	26 %	35 %	20 (16)	↗

<sup>1</sup> (Climat actuel)

55

Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la consommation globale diminue de 7 % en climat futur, principalement sous l'effet de la réduction de la consommation résidentielle. Celle-ci est néanmoins partiellement compensée par l'augmentation des besoins en irrigation et l'évolution des superficies irriguées et cultivées vient considérablement jouer sur l'importance du secteur agricole, passant de 26 % à 35 %, dans la consommation d'eau dans ce second scénario.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 2 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)	Δ vs actuel
Production végétale	18,3	25,7	5,3 (3,0) <sup>1</sup>	↗
Production animale	70,4	65,3	13,4 (11,6)	↗
Production piscicole	11,3	9,0	1,9 (1,9)	→

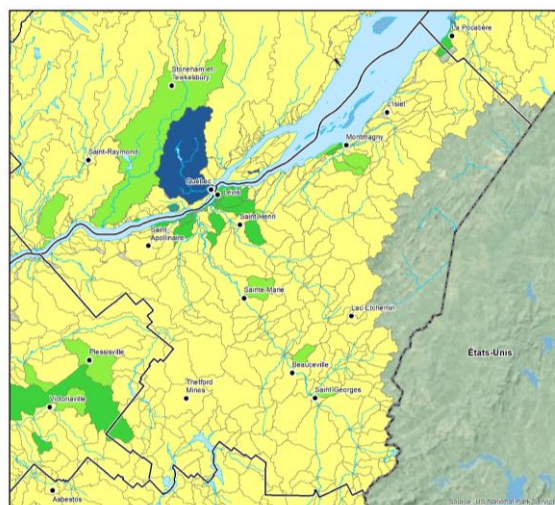
<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

Les illustrations suivantes comparent les projections d'eau de surface en climat futur des différents secteurs d'activité par rapport aux consommations établies en climat actuel.

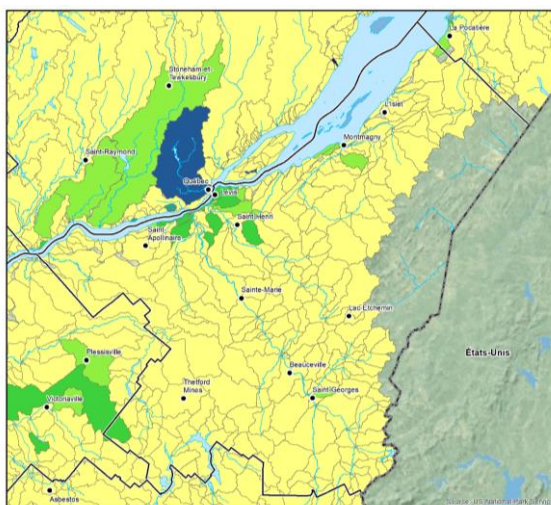
## PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DES INDUSTRIES, COMMERCES ET INSTITUTIONS

Consommations d'eau de surface du secteur ICI (réseau et hors réseau)

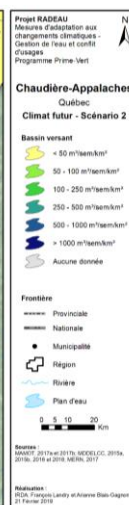
Consommations d'eau de surface du secteur ICI (réseau et hors réseau)



ACTUEL



SCÉNARIO 2

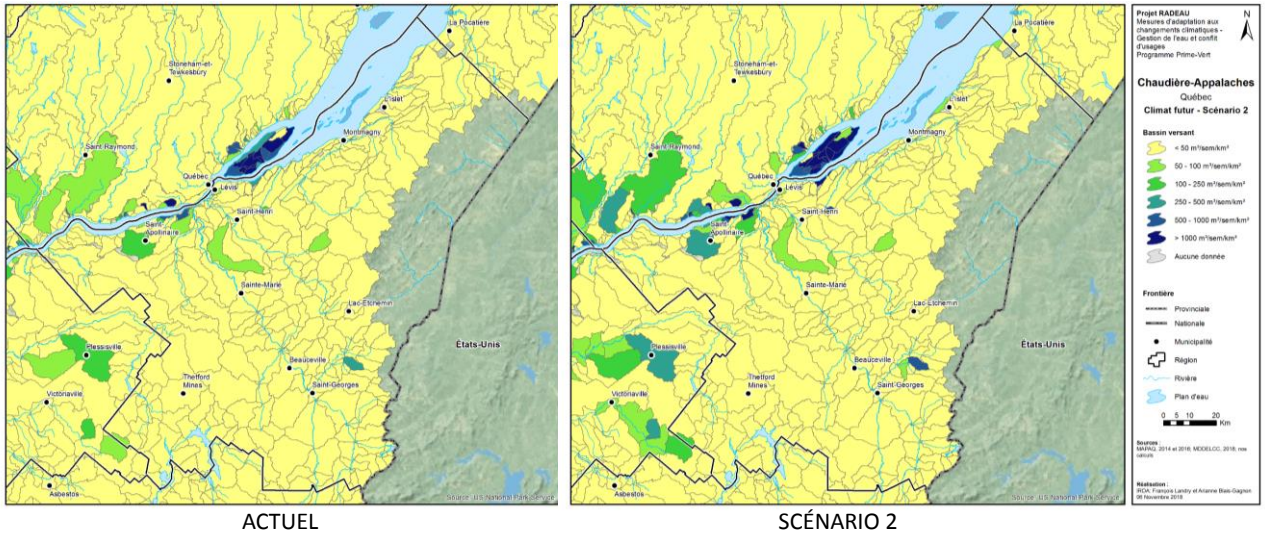


Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur résidentiel diminuent, malgré une hausse de population de 16 %. Les projections d'évolution des prélèvements d'eau de surface des secteurs ICI entraînent une diminution des besoins du secteur.

# PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR AGRICOLE

Consommations d'eau de surface du secteur agricole

Consommations d'eau de surface du secteur agricole

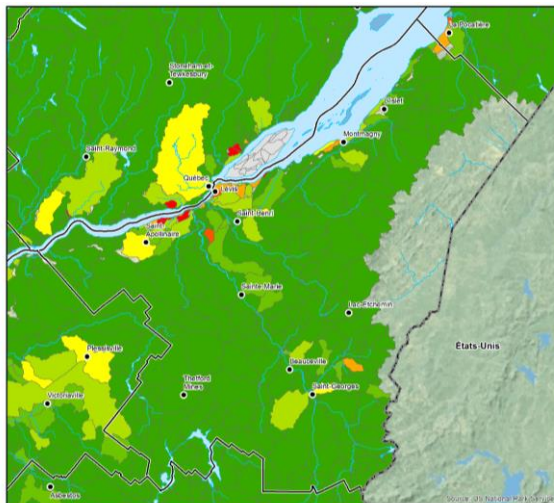


Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur agricole demeurent stables, et en très grande majorité sous les 50 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>.

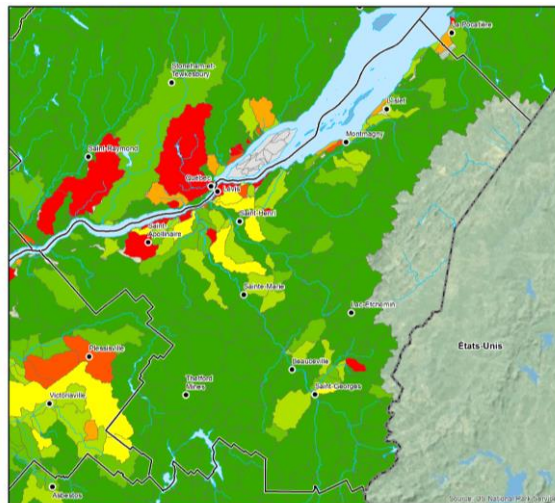
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

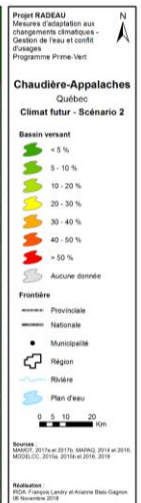
Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL



SCÉNARIO 2

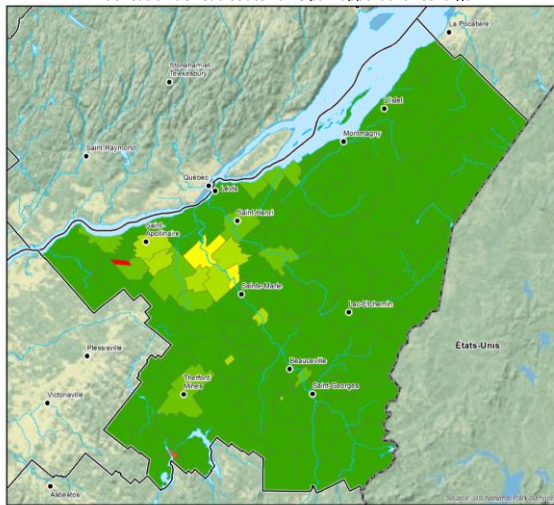


Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la pression sur la ressource eau de surface s'intensifie légèrement dans quelques sous-bassins versants, notamment ceux des rivières Etchemin, Boyer et Beaudet. Dans l'ensemble, toutefois, les indices de pression demeurent sous le seuil critique de 15 %.

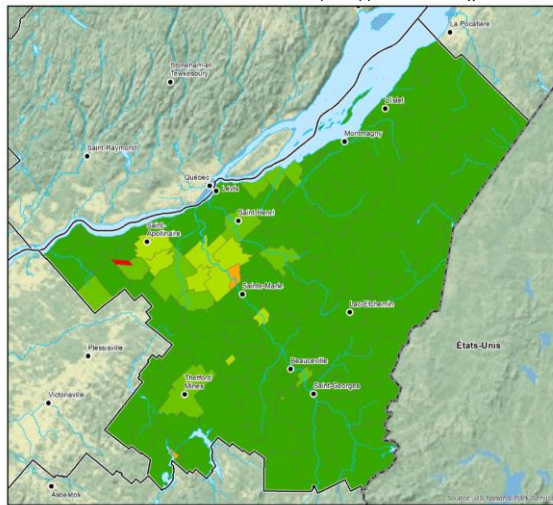
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL



SCÉNARIO 2

**Projet RADEAU**  
Mesures d'adaptation aux changements climatiques -  
Détection de l'état et conseil d'usagers  
Programme Prime-Vert

**Chaudière-Appalaches**  
Québec  
Climat futur - Scénario 2

**Municipalité**

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

**Frontière**

- Provinciale
- Nationale
- Municipale
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

**Source:**  
Lefebvre et al., 2016; Séguin, 2017a et 2017b;  
MÉRIQ, 2014 et 2016; MRC/CLC, 2016a,  
2017a et 2016; MERN, 2017

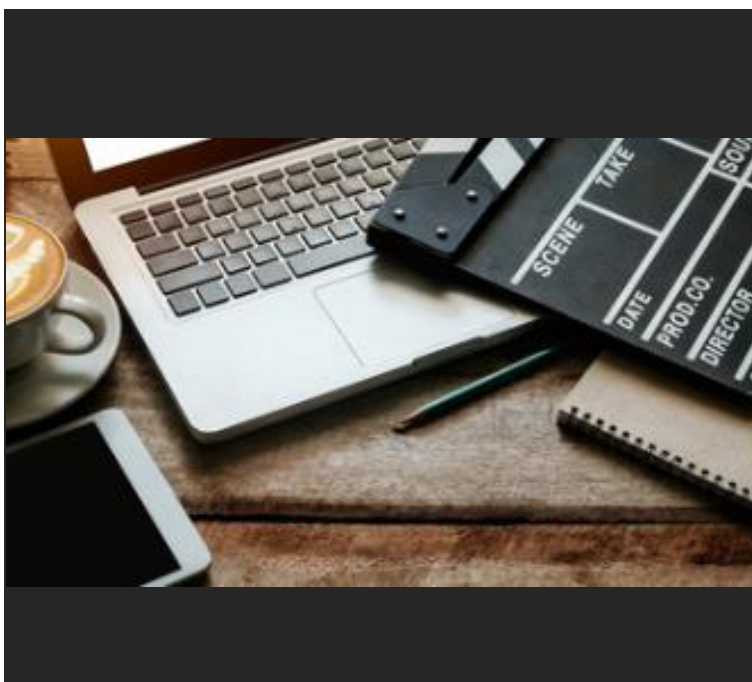
**Méthodes:**  
Bilan d'énergie, qualité et quantité des données  
08 novembre 2018

0 5 10 20 km

Suivant le scénario « Chaleur et soif », la pression sur la ressource souterraine demeure stable et sous la capacité de support à long terme de l'aquifère au roc de 20 %. Les municipalités où la pression est plus forte en climat actuel le demeurent en climat futur.

### Scénario 3

## CHALEUR ET INTERDITS



Il était une fois le Québec en 2050 : du fait du changement climatique, la disponibilité de l'eau de surface en période estivale a diminué. Une meilleure gestion de la ressource est donc devenue nécessaire. Parmi les mesures qui ont été prises à l'échelle provinciale, notons celle de la taxation de l'eau à un niveau supérieur et pour toutes les industries, commerces et institutions, incluant le secteur agricole. Cette mesure a entraîné une amélioration des procédés industriels consommant de l'eau, et ainsi une réduction de la consommation.

L'évolution de la population, somme toute raisonnable, a eu un effet limité sur la demande en eau. L'usage de l'eau a même diminué dans le secteur résidentiel, notamment par une permission plus restreinte de l'eau pour des usages tels le lavage des voitures, mais aussi du fait d'un changement de comportement des citoyens suite à de nombreuses campagnes de sensibilisation. La faible augmentation de la population et du tourisme international n'ont pas justifié l'essor de l'industrie récréotouristique.

Les cultures maraîchères et fruitières ont connu un développement modéré, de même que l'irrigation puisque le déficit hydrique ne s'est pas aggravé. Les élevages laitiers et avicoles se sont fortement consolidés suite à l'assouplissement des barrières tarifaires qui a dû être concédé sous la pression internationale. Le cheptel laitier a diminué de 40 %, alors que le cheptel avicole est resté stable en nombre d'animaux. Les sites d'élevage restant sont de plus grande taille et se traduisent par des densifications d'élevage dans certaines régions et zones. Les élevages porcins et ovins ont quant à eux connus une croissance, sous l'effet d'une demande mondiale en produits carnés de qualité. Pour toutes les productions animales en bâtiment, des procédés de refroidissement des bâtiments et des animaux (ex. : ventilation, brumisation) ont été adoptés.

Enfin, à la faveur de mouvement favorisant la consommation d'autres protéines que celles de sources animales, la consommation de poisson a augmenté. L'industrie piscicole québécoise a profité de ce marché plus dynamique pour se développer en circuit fermé.



**Diminution élevée des débits d'étiages : - 30 %**



**5 %**



**15%**

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



**Industriel**



Croissance  
économique  
variable par secteur

Effort important de réduction  
(↑taux facturé et à tout secteur)



**Agricole**



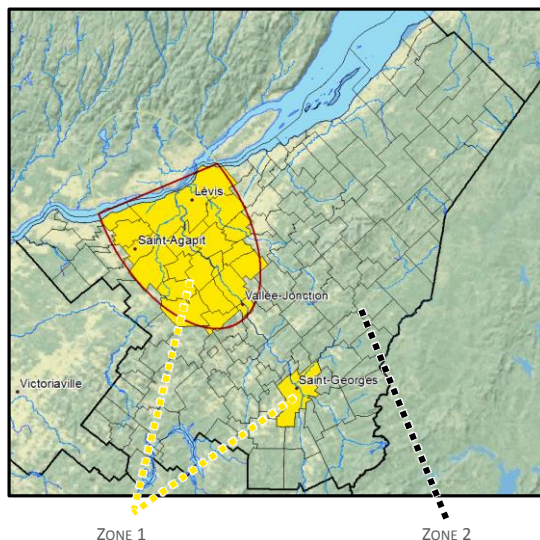
Faible hausse des  
cultivées irriguées  
Faible hausse des besoins  
en eau pour l'irrigation

Le scénario « Chaleur et interdits » conjugue une baisse élevée des débits d'étiage du fait du changement climatique avec une faible croissance de la population et des besoins en eau de l'industrie, voire une réduction du secteur résidentiel en lien avec une facturation au volume. En production agricole, la hausse des superficies irriguées demeure faible, à l'instar de la hausse des besoins en eau des cultures.

## SCÉNARIO 3 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 6	+ 4
Scénario 3 – ISQ faible	+ 6	+ 4



Le scénario « Chaleur et interdits » implique une croissance démographique reflétant les tendances actuelles, avec une croissance légèrement plus marquée dans la couronne de Québec s'étendant jusqu'à Vallée-Jonction ainsi qu'à Saint-Georges.



### SCÉNARIO 3 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique
  - Extrapolation de la tendance historique 1991-2015 (annualisée) par secteur + 3% en 2050
- Efficacité dans la consommation d'eau
  - Effort de réduction élevé

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication d'aliments	-25
Fabrication de pâtes et papier	-19
Exploitation en carrières	-43

Le scénario « Chaleur et interdits » reflète un effort élevé de réduction de consommation, liée à un dynamisme économique variable

## SCÉNARIO 3 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

- Besoins stables

- Pommes de terre + 41 mm (104 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 80
ETP	+ 43
P – ETP	+ 37

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Serre	75 %	stable
Fraises d'automne	stable	stable
Fraises d'été	stable	stable
Bleuets	25 %	stable
Pommiers nains	25 %	stable
Canneberges	50 %	stable
Plantes en conteneurs	25 %	stable
Pommes de terre	stable	stable

64

Pour le scénario 3, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une diminution du déficit hydrique estival. Cette baisse est potentiellement liée à une hausse des précipitations durant l'été et à une diminution du déficit hydrique estival de 37 mm. En conséquence, nous avons considéré les besoins en eau futurs comme stables. Nous avons également réalisé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées et des parts superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050 : les superficies de certaines cultures irriguées augmenteraient sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance des marchés, mais la part relative sous irrigation resterait stable.

Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport complet du projet.

### SCÉNARIO 3 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

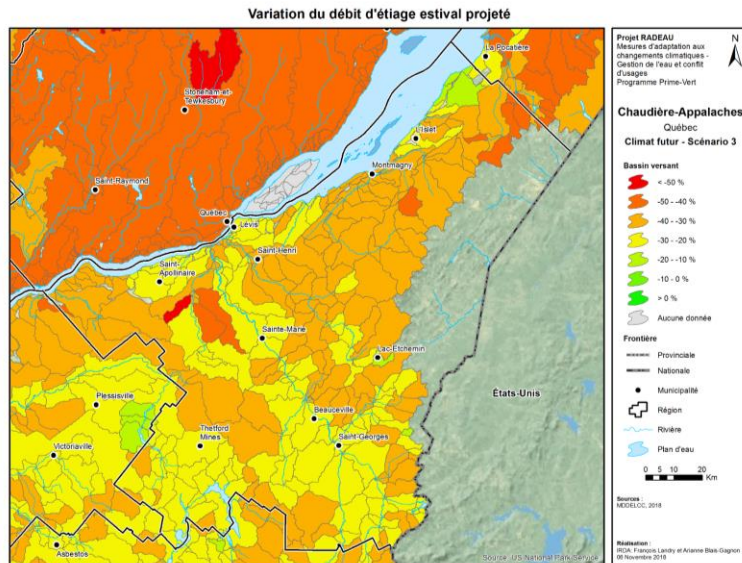
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : - 40 %
    - Bovins boucherie : - 30 %
    - Ovin : + 50%
    - Avicole : stable
    - Porcin : +30%
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : 3 m<sup>3</sup>/vache/été, 15 L/porc/été
  - Lavage des bâtiments : stable

---

65

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario 3 suivant l'hypothèse que le cheptel laitier diminuerait sous l'effet de l'assouplissement des barrières tarifaires, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait aussi de manière importante, alors que l'évolution du cheptel avicole serait stable. Les cheptels ovin et porcin seraient en légère hausse. Les besoins en eau pour chaque animal augmenteraient légèrement sous l'effet de la hausse de température, à la fois pour l'abreuvement et pour le refroidissement des bâtiments.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



66

Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) met à contribution une projection modérée dans la réduction du débit d'étiage de l'ordre de 30 % en moyenne pour la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 3

- **Consommation TOTALE en légère baisse vs climat actuel : 59,5 Mm<sup>3</sup>/an (Prélèvements: 76,0 Mm<sup>3</sup>/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	39 % (40 %) <sup>1</sup>	61 % (60%)	- 5 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 3	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	44 %	41 %	24 (27)	↘
CI	27 %	25 %	15 (17)	↘
Industriel	3 %	3 %	2 (2)	→
Agricole	26 %	32 %	19 (16)	↗

<sup>1</sup> (Climat actuel)

67

Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la consommation globale diminuerait de 5 % en climat futur. Les secteurs résidentiels et ICI parviennent à limiter leurs consommations par rapport à la situation actuelle. La hausse des superficies irriguées entrainerait une augmentation limitée des besoins en irrigation des cultures, en raison d'un changement climatique qui demeure modéré.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

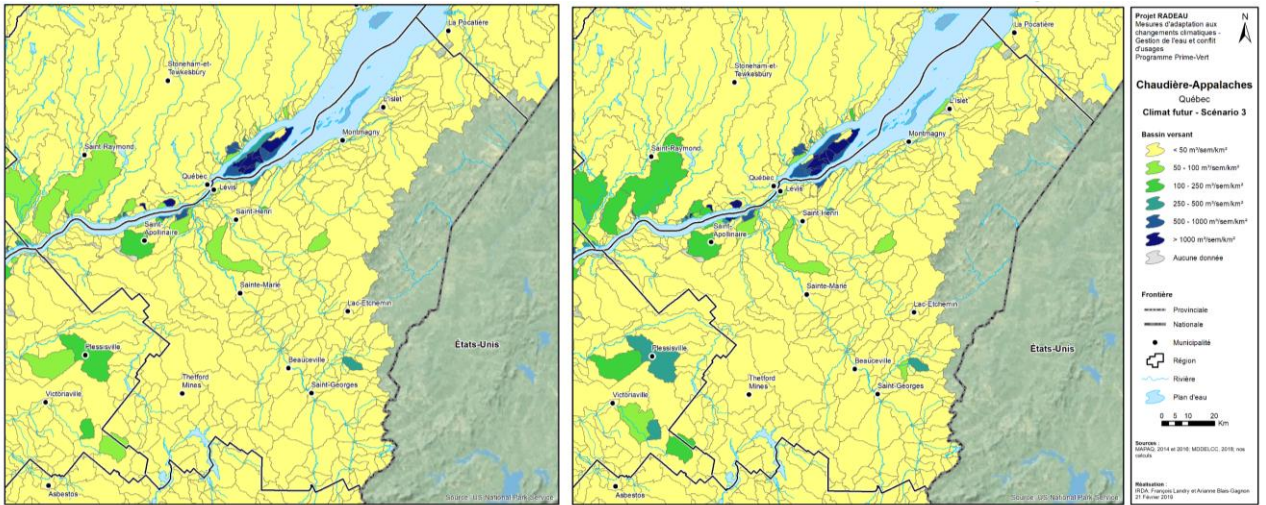
	Actuel (%)	Scénario 3 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)	Δ vs actuel
Production végétale	18,3	22,6	4,2 (3,0) <sup>1</sup>	↗
Production animale	70,4	64,6	12,1 (11,6)	↗
Production piscicole	11,3	12,8	2,4 (1,9)	↗

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

# PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR AGRICOLE

Consommations d'eau de surface du secteur agricole

Consommations d'eau de surface du secteur agricole



ACTUEL

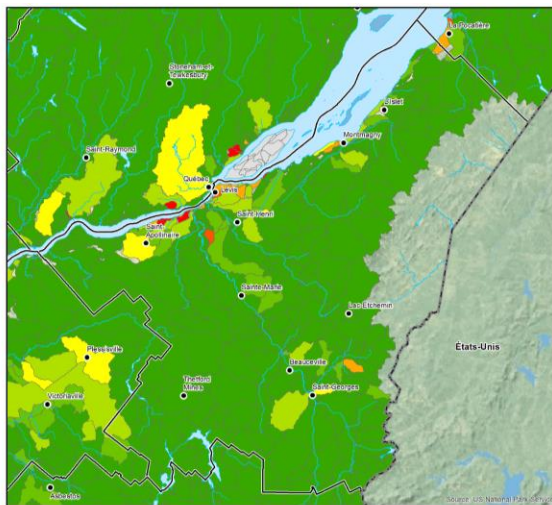
SCÉNARIO 2

Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur agricole demeurent stables, et en très grande majorité sous les 50 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>.

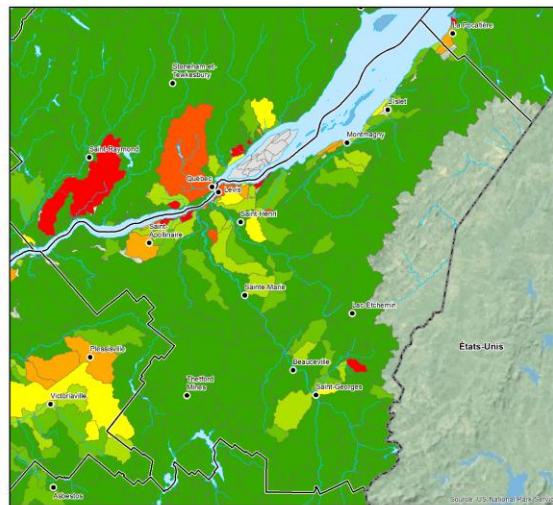
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL



SCÉNARIO 3

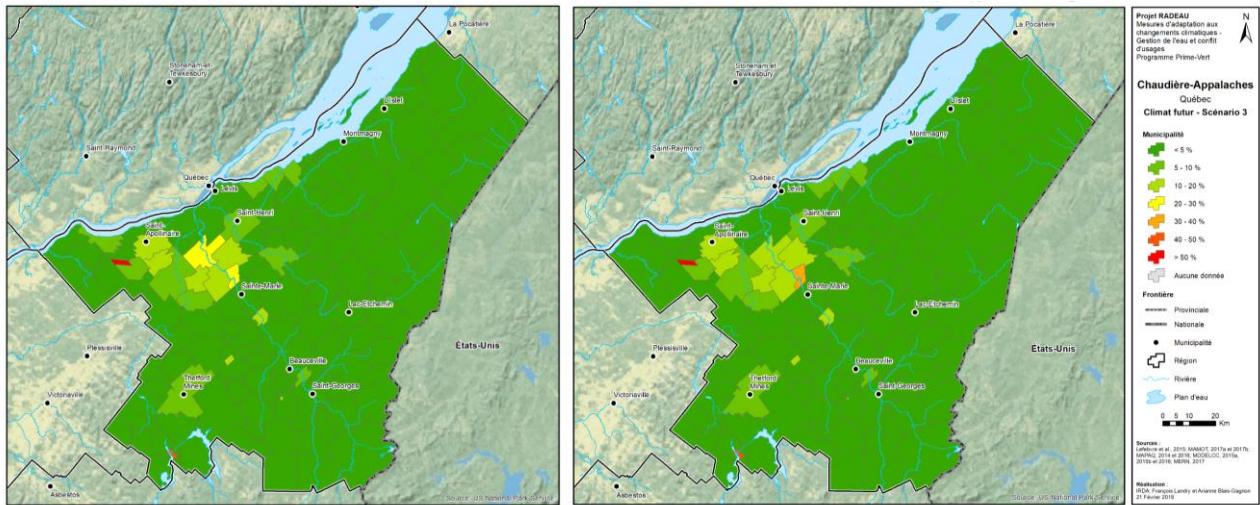


Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la pression sur la ressource en eau de surface s'intensifie légèrement dans quelques sous-bassins versants, notamment ceux des rivières Etchemin, Boyer et Beudet. Dans l'ensemble, toutefois, les indices de pression demeurent sous le seuil critique de 15 %.

# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL

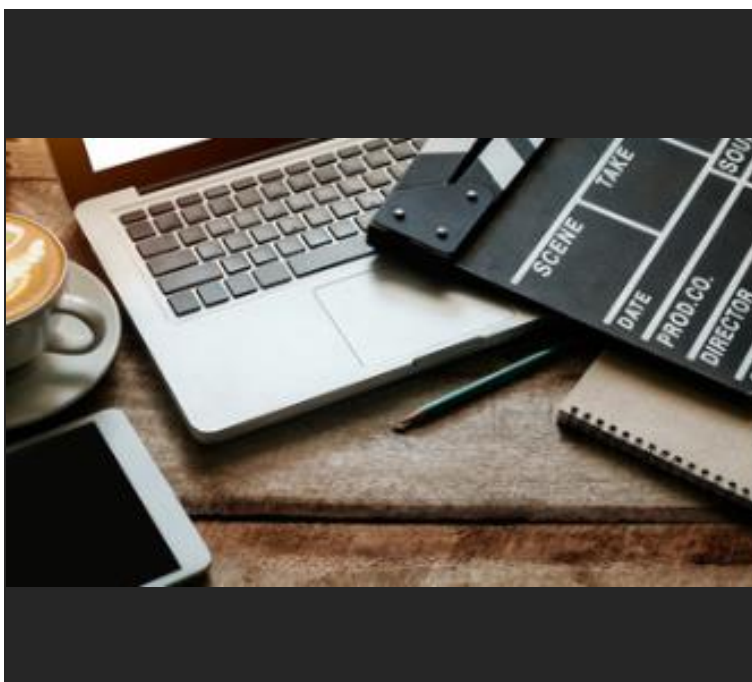
SCÉNARIO 3

Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la pression sur la ressource demeure stable et sous la capacité de support à long terme de l'aquifère au roc de 20 %. Les municipalités où la pression est plus forte en climat actuel le demeurent en climat futur.



## Scénario 4

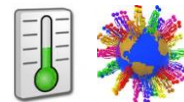
### TEMPÉRÉ ET DENSE



Il était une fois le Québec en 2050 : du fait d'un effort global, les changements climatiques ont pu être contenus et leurs impacts au Québec, bien que ressentis, sont inférieurs aux scénarios les plus pessimistes. Néanmoins, des changements importants sont survenus dans les dernières décennies, notamment du fait de la forte croissance de la population : un flux immigratoire important s'observe au Canada comme le pays est relativement épargné des impacts négatifs des changements climatiques. À cette forte augmentation de population s'est combinée une forte augmentation des industries manufacturières du fait de la disponibilité de main-d'œuvre, ainsi que le développement des parcs commerciaux et autres industries de la construction. L'industrie récréotouristique a subi une croissance économique modérée suivi d'une augmentation de son usage d'eau, notamment pour la neige artificielle pour les centres de ski.

Afin de limiter l'impact des besoins en eau pour le secteur résidentiel, en croissance du fait de l'augmentation de la population, des compteurs d'eau ont été installés dans chaque domicile afin de sensibiliser sur une base individuelle et encourager une limite de consommation.

Les cultures irriguées ont connu des augmentations importantes de superficie, notamment les produits maraîchers et légumes de transformation, afin d'approvisionner un marché en forte croissance ici et ailleurs. La viande blanche de volaille a pris une part plus importante dans le régime alimentaire des québécois, au détriment de la viande rouge particulièrement celle du bœuf et du veau. Les élevages avicoles se sont donc développés.



**Diminution élevée des débits d'étiages : - 17 %**



**16 %**



**21%**

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance économique variable par secteur

Effort modéré de réduction



Agricole



Hausse des cultivées irriguées

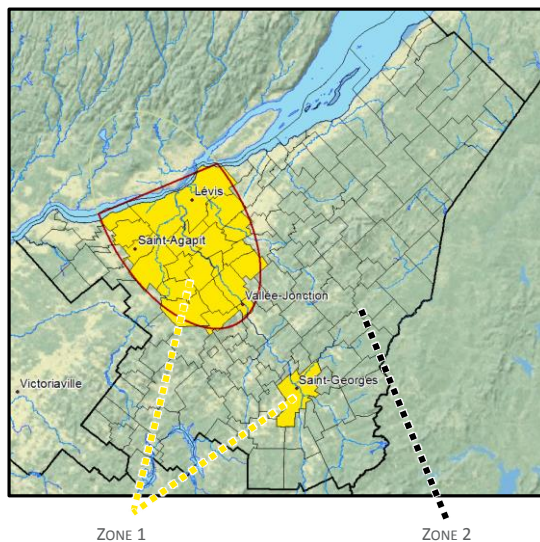
Forte hausse des besoins en eau pour l'irrigation

Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) conjugue une baisse modérée des débits d'étiage, une forte croissance de la population et de l'économie et un effort modéré de réduction de consommation d'eau dans le secteur industriel. Alors que la consommation *per capita* en milieu résidentiel est réduite, il y a une augmentation substantielle des besoins en irrigation en milieu agricole.

## SCÉNARIO 4 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 6	+ 4
Scénario 4 – ISQ fort	+ 18	+ 13



Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) implique une forte croissance démographique, au-delà des tendances des dernières années, et qui se manifeste dans toute la région.

## SCÉNARIO 4 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique
  - Extrapolation de la tendance historique 1991-2015 (annualisée) par secteur + 3% en 2050
- Efficacité dans la consommation d'eau
  - Effort de réduction modéré

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication d'aliments	47
Fabrication de pâtes et papier	15
Exploitation en carrières	34

Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) reflète une forte croissance du secteur industriel et des efforts modérés dans la réduction de l'utilisation de l'eau. Le secteur des pâtes et papier réussi à renverser sa tendance baissière.

## SCÉNARIO 4 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

- Besoins légèrement en hausse

- Pommes de terre + 22 mm (104 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	- 40
ETP	+ 25
P – ETP	- 65

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Serre	100 %	(100 %) <sup>1</sup>
Fraises d'automne	10 %	(100 %)
Fraises d'été	5 %	40 % (20 %)
Bleuets	35 %	100 % (90 %)
Pommiers nains	50 %	(100 %)
Canneberges	75 %	(100 %)
Plantes en conteneurs	30 %	(100 %)
Pommes de terre	5%	50 % (25 %)

<sup>1</sup>(Climat actuel)

Pour le scénario 4, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une hausse importante des besoins en eau d'irrigation. Cette hausse est liée à l'aggravation du déficit hydrique estival (+65 mm de déficit), principalement due à la diminution des précipitations estivales. En conséquence, nous avons considéré les besoins en eau futurs en hausse. Nous avons également réalisé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées qui seraient fortement à la hausse, notamment en ce qui concerne la production serricole et la production de canneberges. La part des superficies sous irrigation en 2050 seraient également à la hausse du fait de l'accroissement du déficit hydrique.

Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport complet du projet.

## SCÉNARIO 4 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

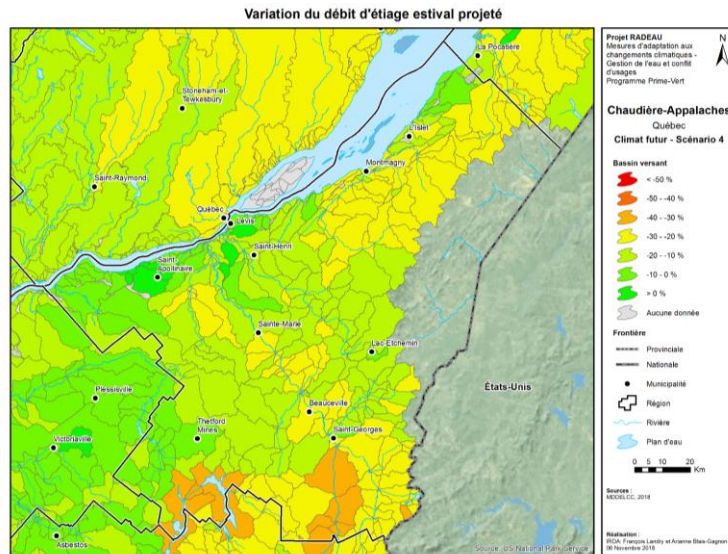
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : stable
    - Bovins boucherie : - 20 %
    - Ovin : + 50 %
    - Avicole : + 40 %
    - Porcin : + 20 %
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : pas de hausse puisque température estivale modérée
  - Lavage des bâtiments : stable

---

76

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario 4 suivant l'hypothèse que le cheptel laitier resterait stable, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait de 25 %, alors que les cheptels ovin et avicole connaîtraient des hausses importantes et que le secteur porcin subirait une hausse plus modérée. Les besoins en eau pour chaque animal resteraient stables puisque la hausse de température serait modérée dans ce quatrième scénario climatique.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



Le scénario « Tempéré et dense » (no.4) est associé à une projection de réduction relativement faible du débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ), soit de l'ordre de 17 %, en moyenne pour la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 4

- **Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 61,2 Mm<sup>3</sup>/an (Prélèvements: 76,5 Mm<sup>3</sup>/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	39 % (40 %) <sup>1</sup>	61 % (60 %)	- 2 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 4	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	44 %	40 %	25 (27)	↘
CI	27 %	25 %	15 (17)	↘
Industriel	3 %	4 %	2 (2)	→
Agricole	26 %	31 %	19 (16)	↗

<sup>1</sup> (Climat actuel)

78

Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), la consommation globale diminue de 2 % en climat futur dans la région. Les consommations des secteurs résidentiel et ICI seraient stables, contenues en partie par le recours aux compteurs d'eau. La hausse des superficies irriguées entrainerait une légère augmentation des besoins en irrigation des cultures, bien que l'effet du changement climatique demeure modéré, alors que la hausse du nombre d'animaux et de leurs besoins en eau entraîne une hausse des besoins pour la production animale.

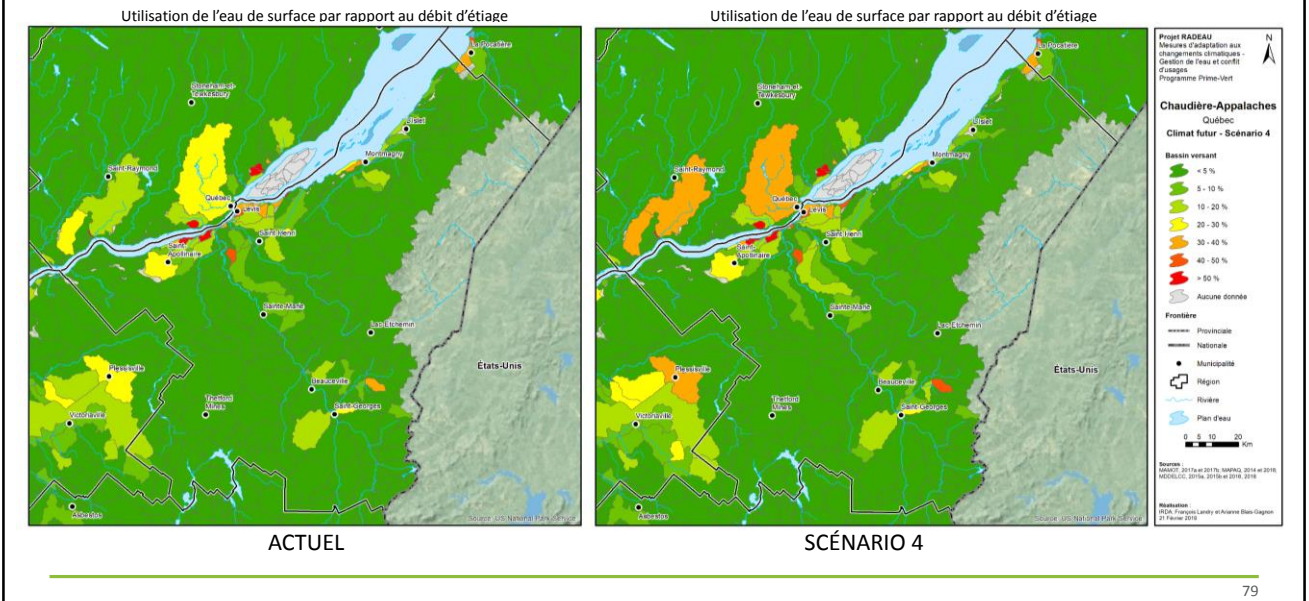
Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 4 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)	Δ vs actuel
Production végétale	18,3	21,3	4,0 (3,0) <sup>1</sup>	↗
Production animale	70,4	68,9	13,0 (11,6)	↗
Production piscicole	11,3	9,8	1,9 (1,9)	→

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.



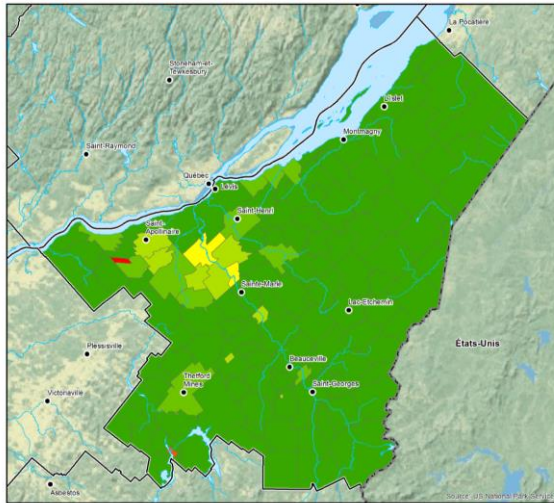
## PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE ESTIVAL



Dans l'ensemble, suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), les indices de pression de l'eau de surface des sous-bassins versants de la région demeurent stables par rapport au climat actuel.

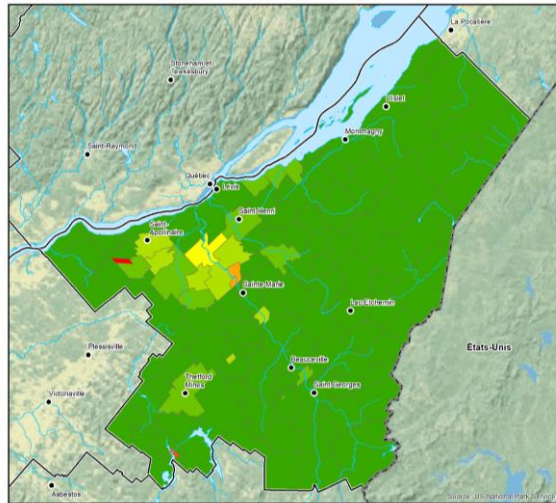
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



SCÉNARIO 4

**Projet RADEAU**  
Mesures d'adaptation aux changements climatiques - Gestion de l'eau et comité d'usagers Programme Prime Vert

**Chaudière-Appalaches**  
Québec  
Climat futur - Scénario 4

**Municipalités**

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

**Frontière**

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

**Échelle**  
0 5 10 20 km

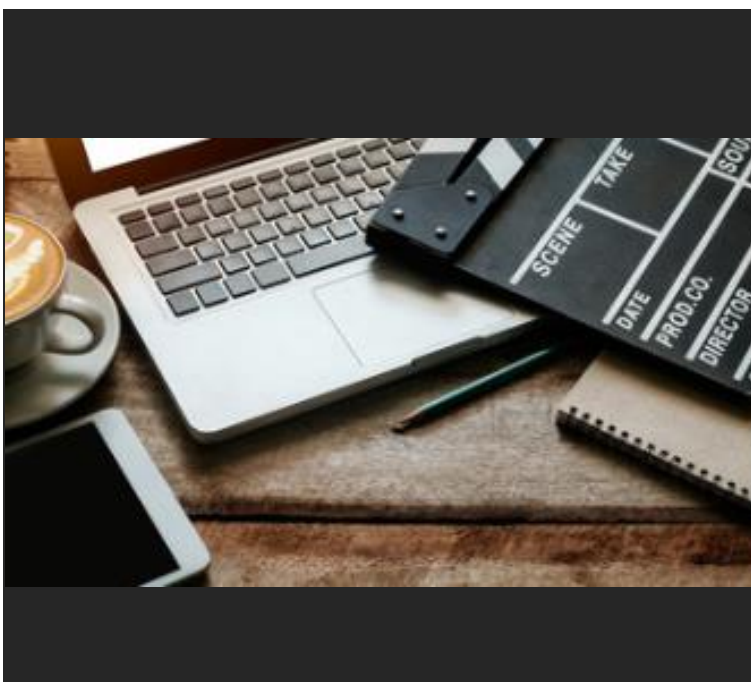
**Références**  
Lefebvre et al., 2010; BÉGIN, 2017a et 2017b; MATHÉ, 2014 et 2016; MATHÉ, 2017a, 2017b et 2018; 2019 et 2019; MATHÉ, 2017

**Révisions**  
RCA, Program Quality et Arrière Plan Gestion 31 Janvier 2019

Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), l'utilisation de l'eau souterraine demeure stable sur le territoire à l'étude.

## Scénario 5

### TEMPÉRÉ ET URBAIN



Il était une fois le Québec en 2050 : la croissance démographique moyenne connue dans la province au cours de la dernière décennie n'a pas permis de contrebalancer l'effet de l'exode rural observé de manière un peu plus marquée depuis les années 2000. La dévitalisation des régions s'est poursuivie avec un recul démographique. La population se concentre maintenant de façon encore plus forte dans les principaux pôles urbains, posant des problèmes d'alimentation en eau. Cet enjeu a conscientisé les usagers résidentiels en zone urbaine sur la valeur de la ressource eau, les amenant à réduire leur consommation d'eau à la maison et à se munir d'équipements plus efficace (ex. pompe de douche à débit réduit). Les municipalités ont aussi limité des usages tels le remplissage estival des piscines.

Le territoire se divise donc clairement entre, d'une part, les régions où s'est imposée la production industrielle et d'autre part, les régions dominées par les activités récréotouristiques et fréquentées par les résidents des pôles urbains. L'industrie récréotouristique a donc augmenté son usage d'eau suite à une forte croissance des centres de villégiatures. Les hivers étant plus doux, les centres de ski ont augmenté l'usage de la neige artificielle.

En ce qui concerne l'agriculture, elle a subi des mutations importantes : l'élevage porcin, du fait de la mise en œuvre de pratiques de bien-être animal soutenues depuis le tournant des années 2020, a bénéficié d'une nouvelle acceptabilité sociale et a pu profiter de la forte demande du marché international pour se développer. La production de fruits et légumes, ainsi que la production serricole, se sont développées pour répondre à la demande des consommateurs urbains friands de produits frais, tant au Québec que sur la côte est américaine. En particulier, il y a eu une multiplication de serres de petites tailles et à l'autre extrême l'expansion de parcs serricoles d'envergure (50 ha et plus). Néanmoins, des normes sanitaires resserrées et la mauvaise qualité de l'eau de surface ont rendu obligatoire l'usage d'eau souterraine pour l'irrigation des fruits et légumes.

Enfin, la production horticole ornementale s'est également développée ayant été stimulée par un recours plus important aux infrastructures vertes et aux espaces verts par les municipalités dans la gestion de leurs risques climatiques (contrôle des îlots de chaleur, qualité de l'air, etc.).



**Diminution élevée des débits d'étiages : - 20 %**



5 %



32%

Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance économique variable par secteur

Effort faible de réduction



Agricole



Hausse des cultivées irriguées

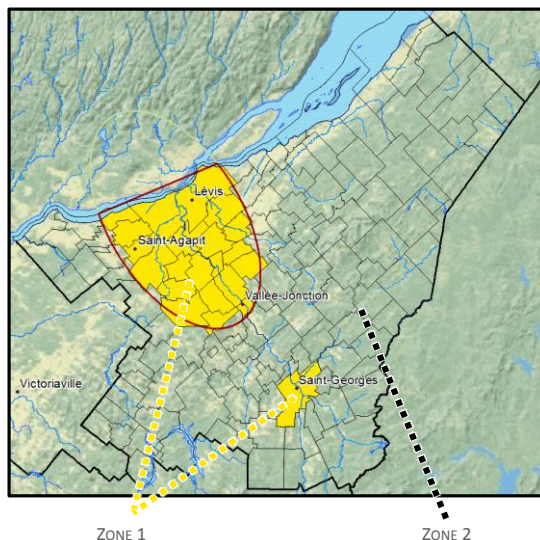
Faible augmentation des besoins en eau pour l'irrigation  
Eau souterraine seulement

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) conjugue une baisse sensible des débits d'étiage (- 20 %) avec une faible croissance de la population et un faible effort de la réduction de l'eau en milieu industriel. Alors que la consommation per capita en milieu résidentiel est réduite, il y a une augmentation substantielle des besoins en irrigation en milieu agricole, uniquement de source souterraine.

## SCÉNARIO 5 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Urbanisation des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> couronnes de Québec:
  - Lévis, Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Saint-Agapit et Saint-Apollinaire
- Exode rural dans le reste du territoire

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 6	+ 4
Scénario 5 – ISQ faible + exode rural	+ 22	- 17



Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) implique un accroissement de la croissance démographique dans Saint-Georges et dans les MRC de Lévis et de la Nouvelle-Beauce, alors que les municipalités des autres MRC connaissent une baisse marquée de leur population due à l’hypothèse d’exode rural.

## SCÉNARIO 5 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique
  - Extrapolation de la tendance historique 1991-2015 (annualisée) par secteur + 3% en 2050
- Efficacité dans la consommation d'eau
  - Effort de réduction faible

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication d'aliments	68
Fabrication de pâtes et papier	4
Exploitation en carrières	43

---

84

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) reflète une croissance modérée du secteur industriel, et peu d'efforts dans la réduction de l'utilisation de l'eau.

## SCÉNARIO 5 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

- Besoins stables

- Pommes de terre + 13 mm  
(104 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 39
ETP	+ 28
P – ETP	+ 11

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Serre	200 %	stable
Fraises d'automne	10 %	stable
Fraises d'été	5 %	stable
Bleuets	35 %	stable
Pommiers nains	50 %	stable
Canneberges	100 %	stable
Plantes en conteneurs	75 %	stable
Pommes de terre	5 %	stable

85

Pour le scénario 5, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une légère hausse des besoins en eau. Cette hausse est liée entre autres à une répartition inégale des précipitations durant l'été et se traduirait en moyenne par une amélioration du déficit hydrique estival (11 mm). En conséquence, les besoins futurs en eau sont considérés comme stables. Les superficies des cultures irriguées augmenteraient sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance des marchés, notamment pour la canneberge, mais le pourcentage de ces superficies sous irrigation resterait stable.

Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport complet du projet.

## SCÉNARIO 5 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

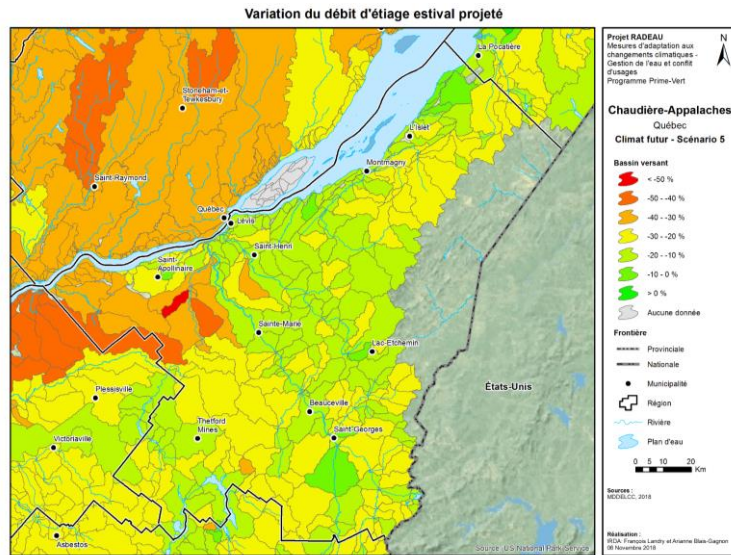
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
    - Évolution du cheptel:
      - Bovin lait : - 10 %
      - Bovins boucherie : - 10 %
      - Ovin : + 50 %
      - Avicole : + 50 %
      - Porcin : + 40 %
    - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
    - Besoins en eau pour le refroidissement : pas de hausse puisque T° estivale plus modérée
    - Lavage des bâtiments : stable
- 

86

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario 5 suivant l'hypothèse que le cheptel laitier diminuerait légèrement sous l'effet de la hausse de la productivité, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait légèrement alors que les cheptels ovin, avicole et porcin connaîtraient des hausses importantes, permises par une acceptabilité sociale retrouvée. Les besoins en eau pour chaque animal resteraient stables puisque la hausse de température serait modérée dans ce scénario climatique.



## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



87

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction modérée du débit d'étiage de l'ordre de 20 %, en moyenne pour la région d'étude.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 5

- **Consommation TOTALE en baisse vs climat actuel : 53,5 Mm<sup>3</sup>/an (Prélèvements: 69,1 Mm<sup>3</sup>/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	38 % (40 %) <sup>1</sup>	62 % (60 %)	- 16 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 5	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	44 %	35 %	19 (27)	↘
CI	27 %	22 %	12 (17)	↘
Industriel	3 %	5 %	3 (2)	↗
Agricole	26 %	39 %	21 (16)	↗

<sup>1</sup> (Climat actuel)

88

Suivant le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) la consommation globale en eau diminue de 16 % en climat futur dans la région, compte tenu des projections de réduction dans la consommation des secteurs résidentiel, commercial et institutionnel. Celles-ci sont contrebalancées par l'augmentation sensible des besoins en eau pour l'irrigation des cultures et la production animale, en lien avec l'augmentation des superficies cultivées en 2050 et des animaux élevés sous l'effet de la croissance démographique dans la région et de la croissance des marchés.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

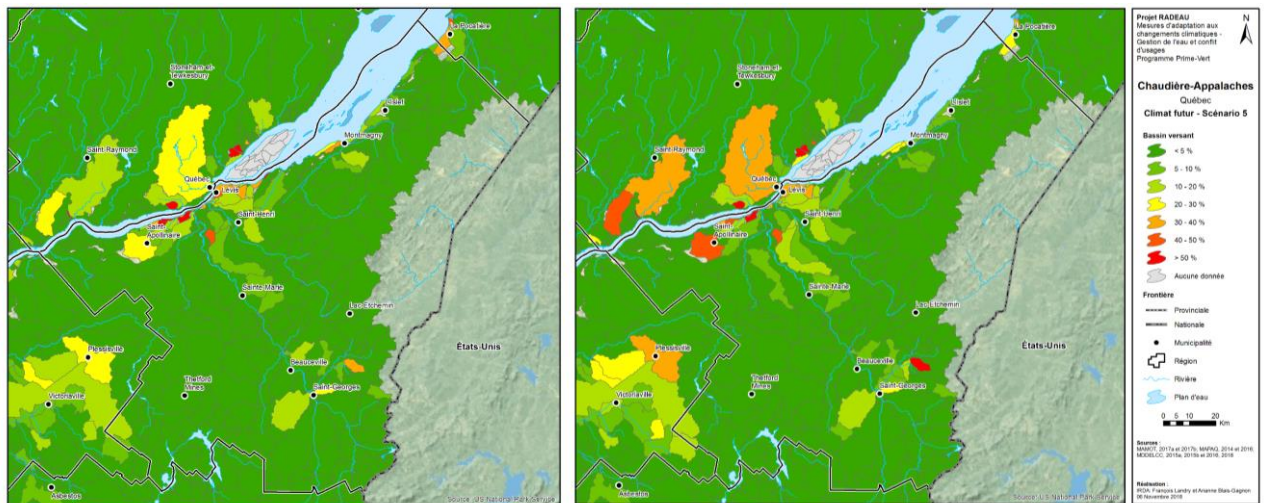
	Actuel (%)	Scénario 5 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)	Δ vs actuel
Production végétale	18,3	24,0	5,0 (3,0) <sup>1</sup>	↗
Production animale	70,4	67,1	14,0 (11,6)	↗
Production piscicole	11,3	8,9	1,9 (1,9)	→

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL

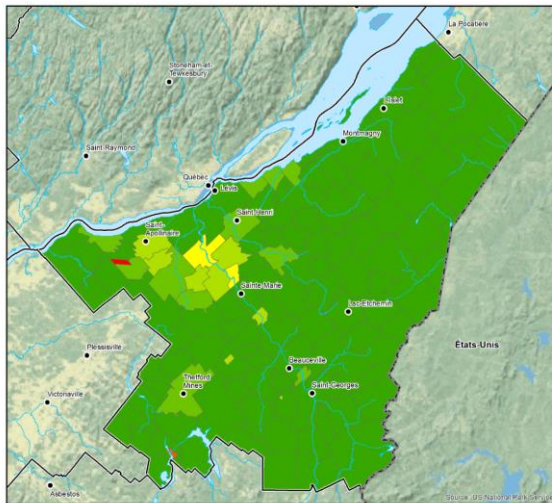
SCÉNARIO 5

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction moyenne de débit d'étiage de l'ordre de 24 % pour la région. Compte tenu des évolutions contrastées dans la croissance des populations entre les pôles urbanisés et ruraux, les indices de pression de l'utilisation de l'eau de surface en climat futur évoluent, quoique légèrement. Le recours aux seules sources souterraines pour l'irrigation des cultures vient peu influencer le portrait de l'utilisation de l'eau de ce 5<sup>e</sup> scénario.

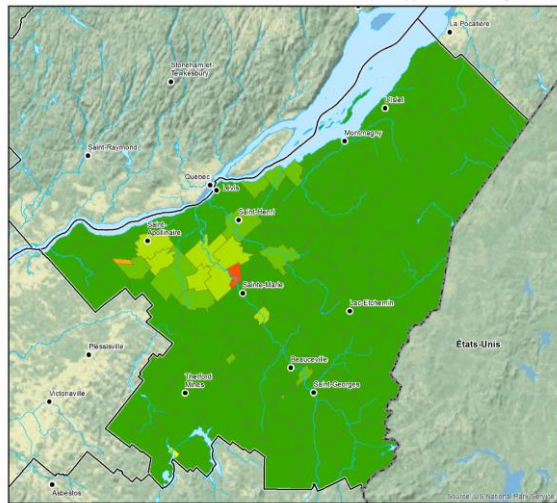
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL



SCÉNARIO 5

**Projet RADEAU**  
Mesure d'adaptation aux changements climatiques -  
Outils de suivi et de suivi d'usages  
Programme Prime Vert

**Chaudière-Appalaches**  
Québec  
Climat futur - Scénario 5

**Municipalité**

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

**Frontière**

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

**Source**  
Lefebvre et al. 2010; BARRET, 2011a et 2011b;  
MORIN, 2014 et 2016; BÉGIN, 2016a, 2016b, 2016c et 2016d; MEYER, 2017

**Mise à jour**  
Élu : François Lévesque et Annette St-Onge  
09 novembre 2018

0 5 10 20 km

Suivant le scénario «Tempéré et urbain» (no.5), l'utilisation de l'eau souterraine demeure relativement stable. Dans l'ensemble, les indices de pression sur l'eau souterraine demeurent en deçà de la capacité de support à long terme de l'aquifère profond (au roc), soit sous le niveau de 20 %.

## CONCLUSION

---

- Chaudière-Appalaches est parmi les 5 régions à l'étude celle avec la consommation totale d'eau la plus basse, soit 62 Mm<sup>3</sup> par année. Pourtant, son poids démographique est supérieur aux régions de l'Estrie et du Centre-du-Québec. Les usagers résidentiels de Chaudière-Appalaches sont les premiers utilisateurs (44 % de l'eau consommée). Les usagers agricoles et ICI liés au réseau arrivent seconds presque à parts égales (26 % et 27 %). Dans la région, la part de l'eau provenant des eaux de surface est légèrement plus importante (60 %) que celle de type souterraine (40 %). Toutefois, le secteur agricole s'approvisionne largement (83 %) dans les eaux souterraines.
- Dans Chaudière-Appalaches, les perspectives d'évolution de la population sont moins importantes qu'en Montérégie ou dans Lanaudière, et la pression sur la ressource conséquemment moindre, bien qu'encore une fois plus importante que les évolutions des secteurs industriels et agricoles. Dans le secteur résidentiel, des efforts de réduction de la consommation d'eau peuvent être obtenus par divers incitatifs, allant de la sensibilisation jusqu'à une tarification dissuasive, mais encore faut-il travailler à l'acceptabilité sociale.