



Source : vegpro et pixel.com

PROJET RADEAU

RÉSULTATS DES BILANS HYDRIQUES RÉGIONAUX

Rapport régional

Centre-du-Québec

Septembre 2019



Agriculture and
Agri-Food Canada
Agriculture et
Agroalimentaire Canada

www.groupeageco.ca



UNIVERSITÉ
LAVAL



GROUPE
AGÉCO

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 différentes 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 Centre-du-Québec. 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



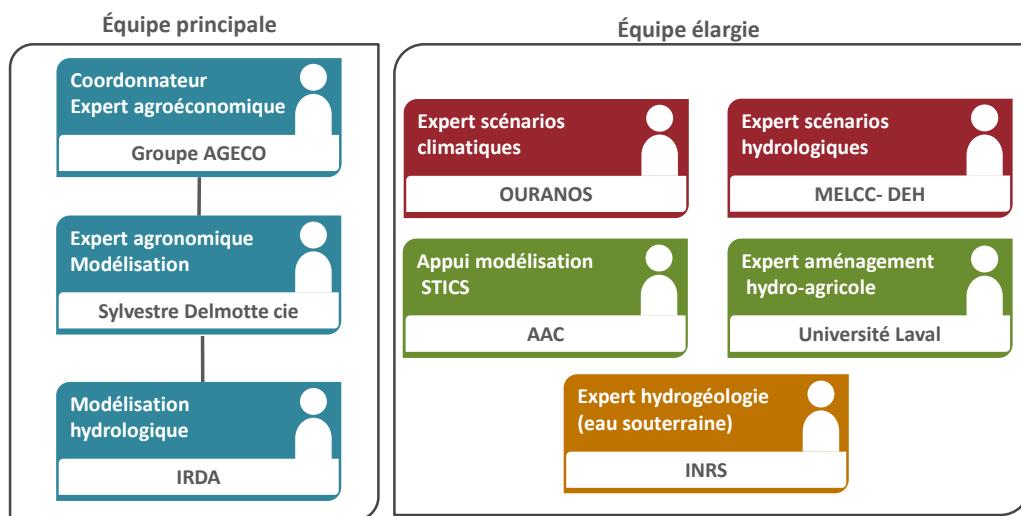
2. Bilans hydriques actuels et conflits recensés

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



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



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 différentes 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

- 2 Documenter les conflits d'usage de l'eau, actuels et potentiels

- 3 Recenser les pistes de solution

Régions administratives

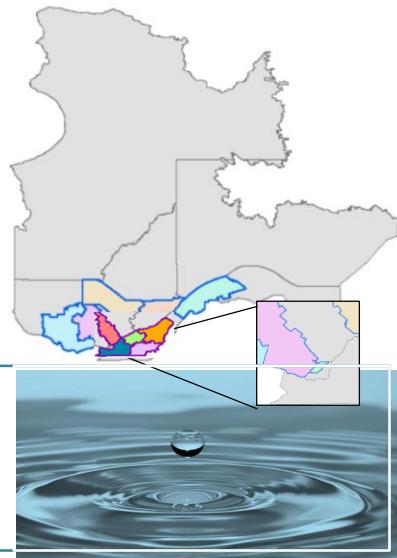
- Lanaudière
- Montérégie
- Centre-du-Québec
- Estrie
- Chaudière-Appalaches

Zone d'étude RADEAU 1

Régions administratives

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

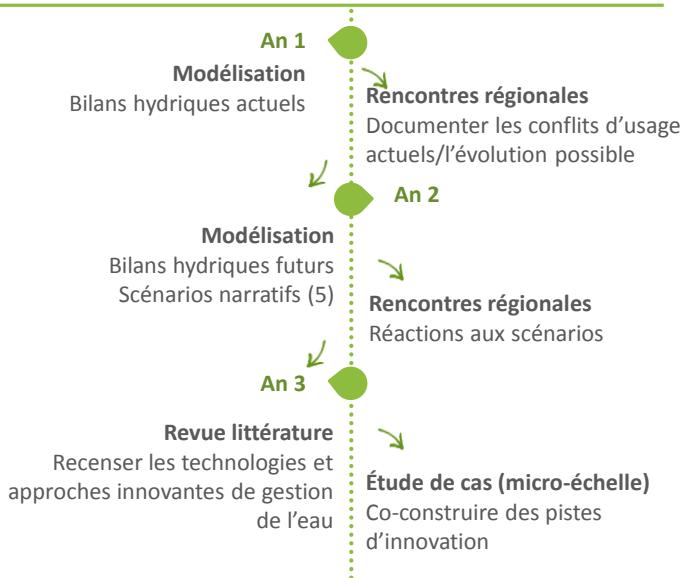
Zone d'étude RADEAU 2



6

Une première phase (RADEAU 1), débutée en 2016, couvre les régions de la Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Lanaudière, 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



7

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.

9

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)



10

Les déclarations de Gestion des Prélèvement d'Eau (GPE) des entreprises qui prélèvent plus de 75 m³/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	Récrétouristique	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).

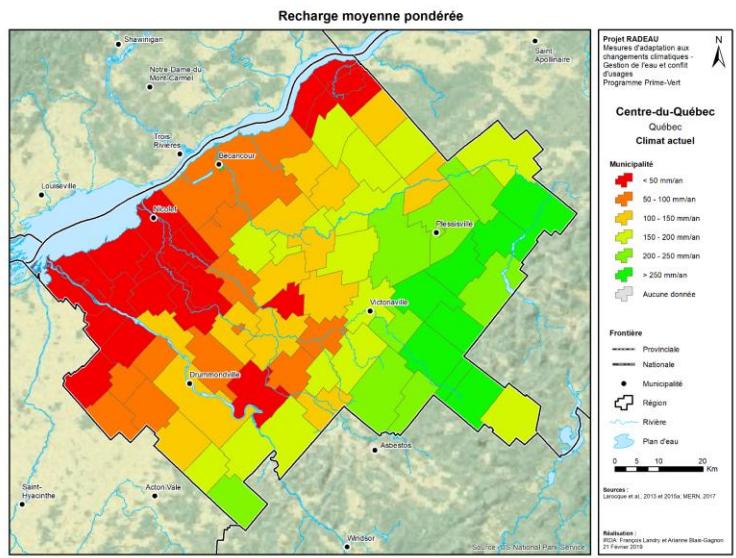
RESSOURCES ACTUELLES

- Eau de surface

- Par bassin versant – Atlas hydroclimatique mérisional 2018 – DEH
 - Coordonnées des exutoires
 - Étiages estival et hivernal (m^3/sem)

- Eau souterraine

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



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 mérisional 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) à la résolution de 250 m. Pour le Centre-du-Québec, les études de Nicolet-Bas-St-François (Larocque et al., 2015b) et Bécancour (Larocque et al., 2013) ont été mises à profit.



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

- Surtout entre usagers **résidentiel vs ICI**, et **résidentiel vs agricole**, pour un usage d'eau potable/irrigation
 - Eau souterraine
 - aquifère granulaire dans le BV de la rivière Bécancour
 - source alternative à l'approvisionnement au fleuve (eau salée en bordure du fleuve)
 - Eau de surface
 - approvisionnement eau potable
 - débit réservé
- Certains enjeux de gestion des barrages et niveau d'eau (ex. Barrage Jules-Allaires, Princeville, Barrage de la Chute-Hemmings)
- Certains enjeux de gestion de sécheresses ponctuelles

15

Au Centre-du-Québec, BPR Groupe-conseil (2003) rapportait que le principal cours d'eau sujet à des périodes de faible disponibilité de l'eau est la rivière Bécancour, où se situe 70 % de la production de canneberges du Québec (Poirier et coll., 2010). Toutefois, la majorité des cannebergières (90 % selon Painchaud, 2009 tiré de Julien Caron, 2009) fonctionnent en circuit fermé, c'est-à-dire qu'elles récupèrent leur eau de drainage plutôt que de la pomper au besoin (Marchand et Asselin, 2006). D'ailleurs, pour les nouvelles cannebergières ou lors de l'agrandissement des cannebergières existantes, l'installation d'un circuit fermé est obligatoire (Julien Caron, 2009). En conséquence, le prélèvement d'eau de la rivière Bécancour ne représente qu'une source d'appoint pour les cannebergières, ces prélèvements étant régis par des permis de captation (Poirier et coll., 2010). Au final, les avis sont contradictoires quant à l'impact des cannebergières sur les conflits d'usage de l'eau de la rivière Bécancour sur le plan quantitatif.

À plus grande échelle, sur l'ensemble de la région, la contamination de l'eau serait importante suivant plusieurs indicateurs : phosphore, matières en suspension et eutrophisation, ou plus localisée, liée à la présence d'arsenic, de baryum, de fluor, de fer ou de manganèse (BPR Groupe-conseil, 2003).

Les rencontres régionales ont principalement mis en relief des problématiques de gestion des barrages, notamment les infrastructures de la Chute-Hemmings et Jules-Allard sur la rivière Saint-François, de même qu'à Princeville. La ville de Victoriaville aurait également des enjeux d'approvisionnements en eau liés à l'accumulation de

sédiments dans le réservoir Beaudet, dont l'origine serait en grande partie des terres agricoles,

L'aquifère granulaire du bassin versant de la rivière Bécancour, de même que la concentration en sels en bordure du fleuve Saint-Laurent soulèvent également des inquiétudes au plan de l'approvisionnement en eau potable.

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 : 66,2 Mm³/an (81,5 Mm³/an prélevés)

	Part relative	% d'eau de surface	% d'eau souterraine
TOTAL		61	39
Résidentiel	28 %	55	45
ICI réseau	28 %	59	41
Industriel	10 %	73	27
Agricole	34 %	62	38

- Eau de surface

- Résidentiel et Industries à l'est de la région
- Pommes de terres en période estivale?
- Canneberge :
 - enjeu de quantité serait réglé avec les circuits fermés
 - potentiel enjeu lié aux rejets de surplus à l'automne (qualité)

- Eau souterraine

- ne semble pas un enjeu majeur (vs quantité)

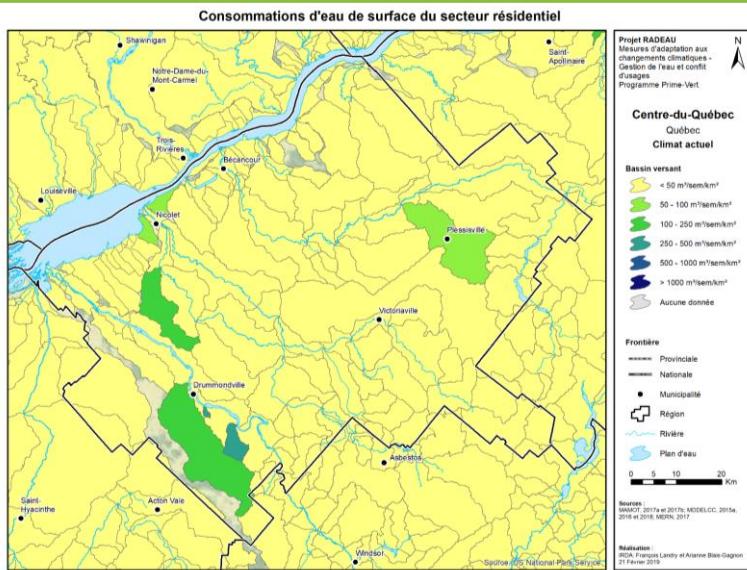
16

Le poids démographique de la région du Centre-du-Québec est relativement faible, avec un peu moins de 250 000 habitants. La région consomme ainsi un volume modeste d'eau en comparaison aux régions voisines, estimé annuellement à environ 66 M m³ (hors prélèvements aux fleuves, notamment pour la centrale nucléaire de Bécancour). La majorité des prélèvements vient des usagers agricoles (34 %), suivi de proche par les usagers des secteurs résidentiel et ICI réseau, tous deux à 28 %. La région du Centre-du-Québec est celle qui comble le plus ses besoins par de l'eau de surface (61 %). Le secteur des ICI hors réseau et agricole ont majoritairement recours à l'eau de surface pour répondre à leurs besoins.

La répartition des consommations du secteur agricole de la région de Centre-du-Québec (34 % de la consommation totale) se présente comme suit:

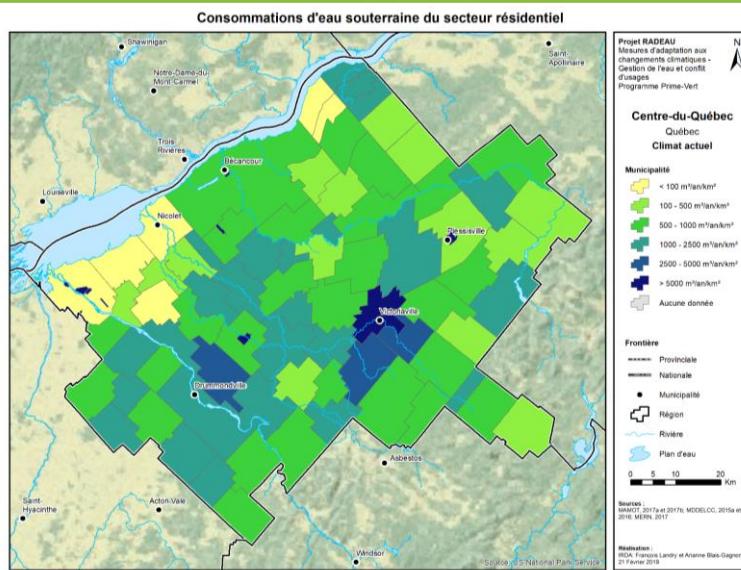
souterraine	%besoins agricoles	%eau de surface	%eau
Piscicole	1	21	79
Végétal	70	83	17
Animal	29	13	87

PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



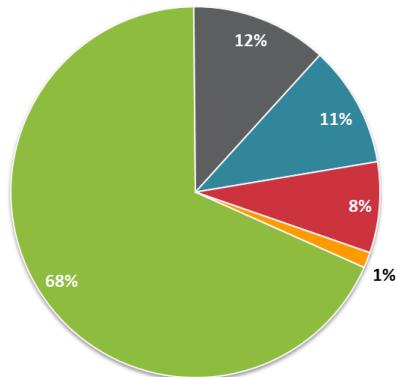
La pression du secteur résidentiel sur l'eau de surface demeure relativement faible sur l'ensemble du territoire de la région du Centre-du-Québec (50 à moins de 500 m³/an-km²).

PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



Les consommations en eau souterraine du secteur résidentiel reflètent les gradients démographiques de la région. Les secteurs de Victoriaville et de Plessisville affichent les taux spécifiques les plus élevés de consommation en eau souterraine ($> 5,000 \text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$), suivis de Saint-Cyrille-de-Wendover ($> 2,500 \text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$), à proximité de Drummondville.

PRINCIPAUX PRÉLEVEURS INDUSTRIELS D'EAU HORS RÉSEAU- 2015



- Fabrication d'aliments
- Fabrication de pâtes et papier
- Récrétouristique
- Exploitation en carrières
- Autres

Dans la catégorie « Autres », on retrouve les secteurs :

- première transformation des métaux;
- fabrication de produits chimiques,

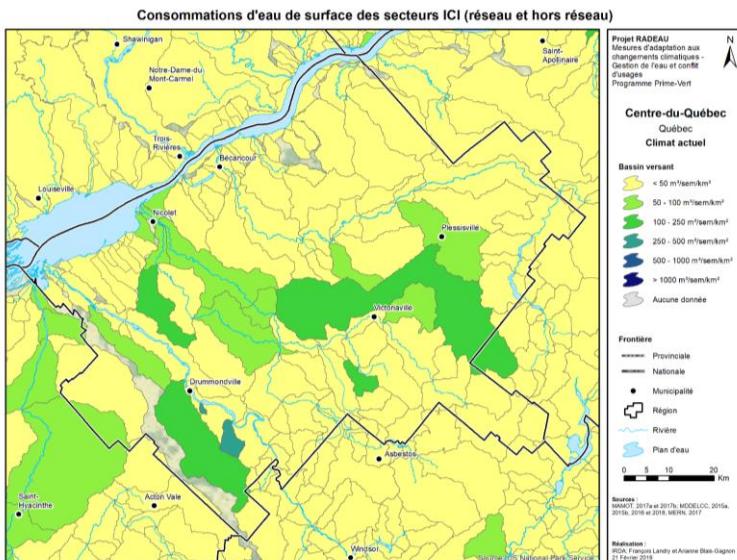
deux secteurs prometteurs dans la région vu la présence du parc industriel Bécancour.

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

19

Les principaux prélèvements d'eau (surface) hors-réseau pour usages industriels dans la région sont exercés par le secteur de la fabrication d'aliments.

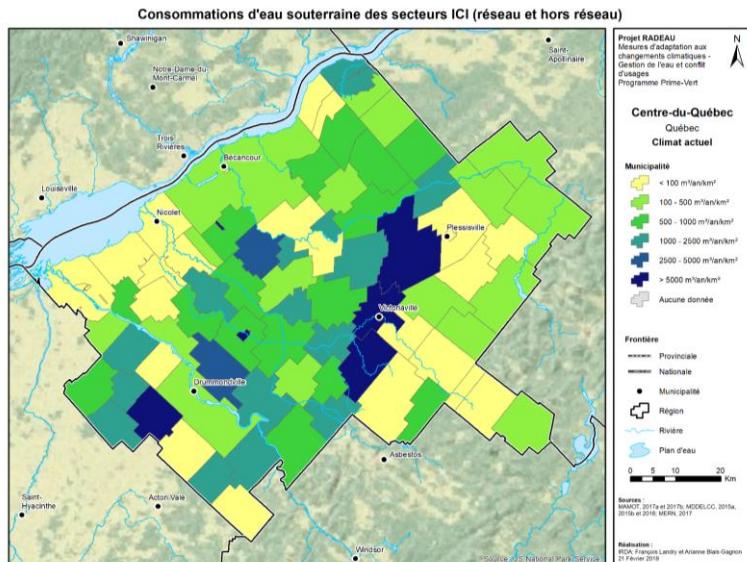
PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCES ET INSTITUTIONS



20

La consommation d'eau de surface des secteurs ICI des municipalités du Centre-du-Québec demeure relativement modeste, soit de moins de 50 m³/an-km² à moins de 250 m³/an-km².

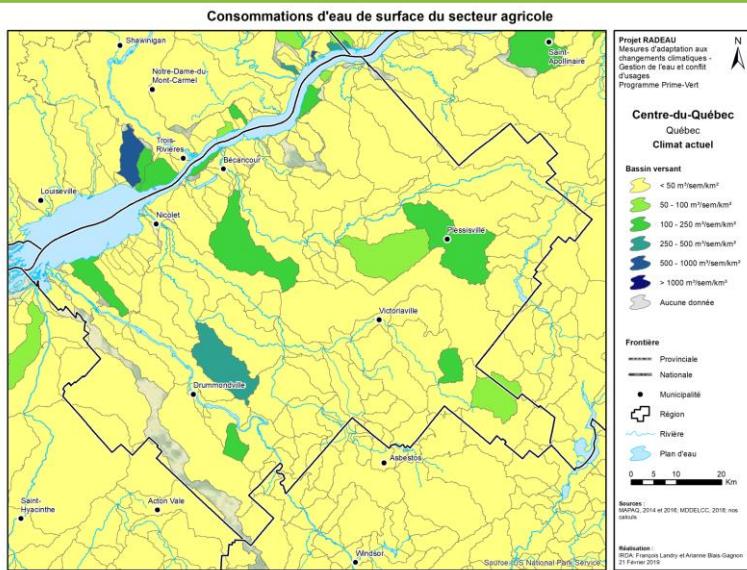
PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCES ET INSTITUTIONS



21

La pression des secteurs ICI sur l'eau souterraine ($> 5,000 \text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$) s'exerce essentiellement dans les municipalités de Princeville, Victoriaville, Warwick et Saint-Germain-de-Grantham.

PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

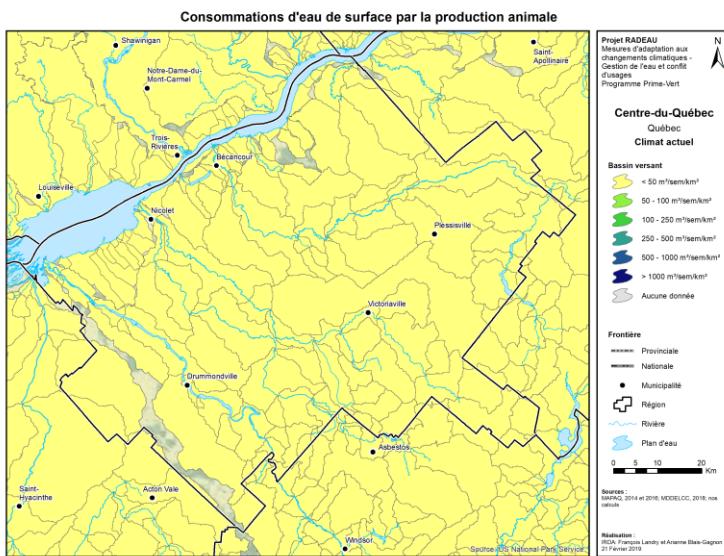


22

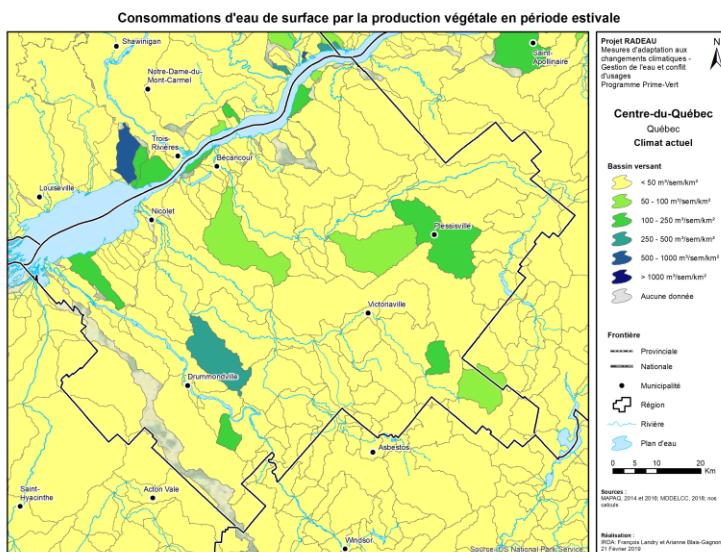
Les consommations d'eau de surface en milieu agricole au Centre-du-Québec sont modestes. Ils demeurent dans l'ensemble sous la barre des $250 \text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$, majoritairement pour les fins de la production végétale, et en particulier pour la production de canneberges.

Les illustrations suivantes répartissent ces consommations en eau de surface selon les secteurs de production végétale et animale.

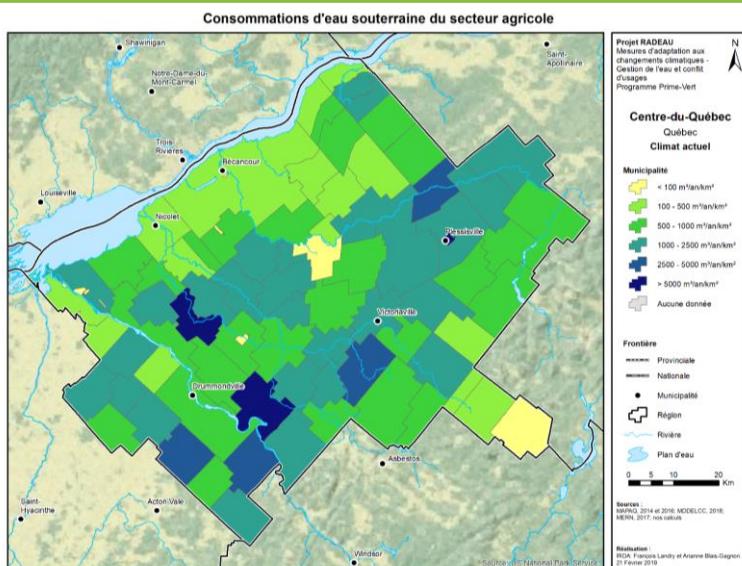
PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - ANIMAL



PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - VÉGÉTAL



PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

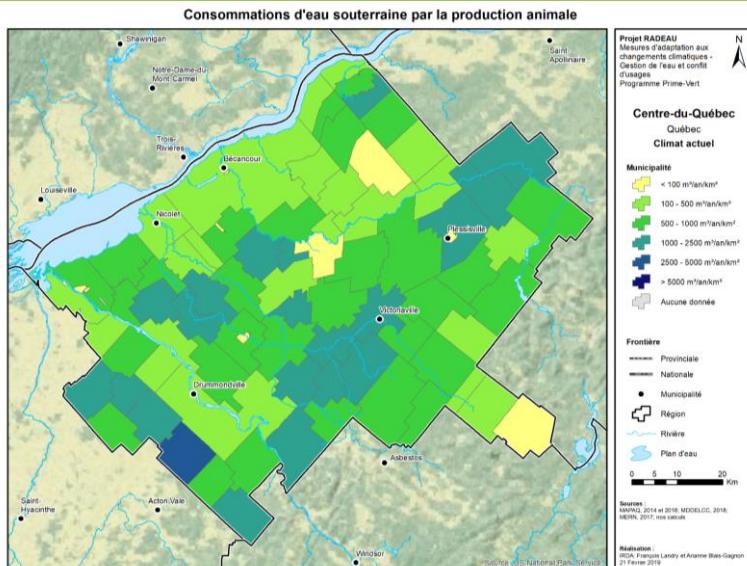


25

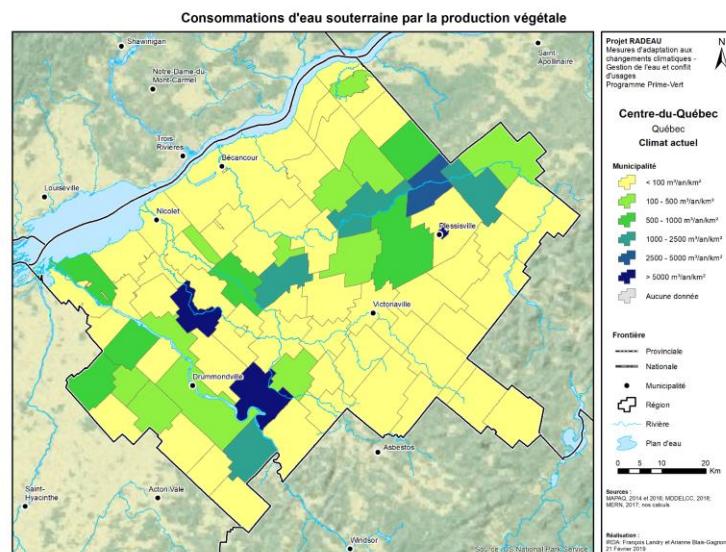
Le secteur de la production agricole de la municipalité de Saint-Lucien et de Saint-Brigitte-des-Saults préleve les plus importants volumes d'eau souterraine de la région du Centre-du-Québec ($> 5,000 \text{ m}^3/\text{an-km}^2$).

Les illustrations suivantes répartissent ces consommations en eau souterraine selon les secteurs de production végétale et animale.

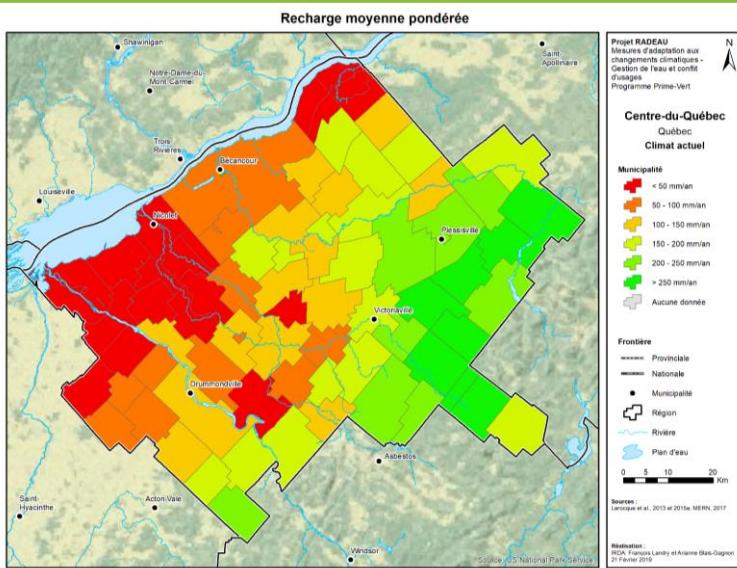
PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - ANIMAL



PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES - VÉGÉTAL



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

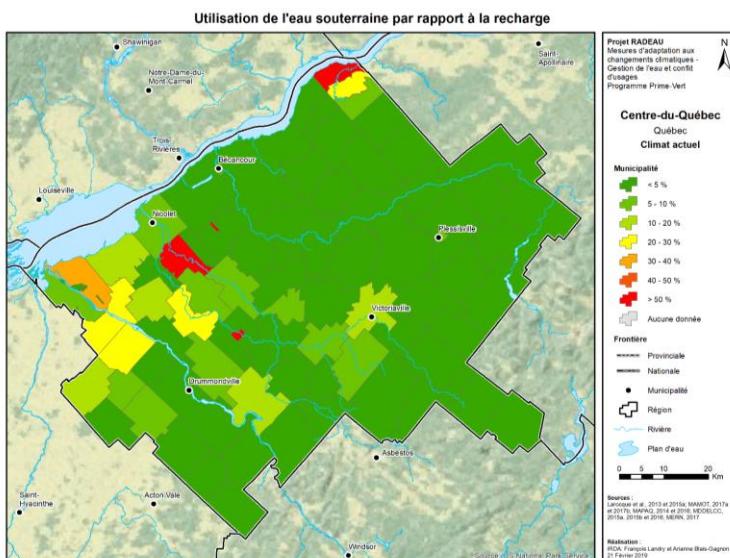


28

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 Nicolet-Bas-St-François (Larocque et al., 2015b) et Bécancour (Larocque et al., 2013) ont été mises à profit pour la caractérisation de la recharge dans la région du Centre du Québec. Ces études ont privilégié l'utilisation du modèle HydroBilan, un modèle d'infiltration qui travaille avec une approche de bilans hydriques journaliers et spatialisés (mailles 500 m X 500 m). À partir des valeurs d'apports verticaux, le modèle calcule le ruissellement, l'évapotranspiration et l'infiltration (recharge) selon les données géologiques et météorologiques sur 20 ans.

Au Centre-du-Québec, 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

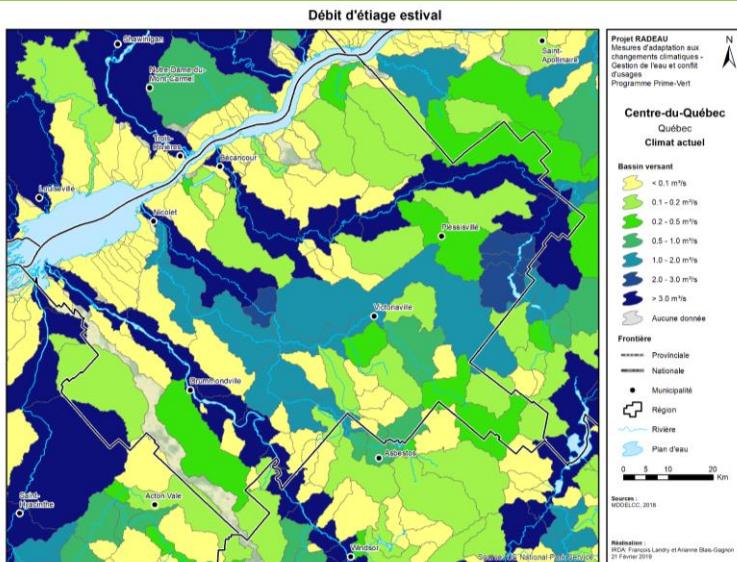
Les indices de pression sur l'eau souterraine ont été estimés à l'échelle de chacune des municipalités suivant le ratio suivant :

Σ prélèvements d'eau souterraine de la municipalité (résidentiel, agricole et ICI)
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 dans la région du Centre-du-Québec 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 Sainte-Monique, Pierreville, Sainte-Brigitte-des-Saults, Saint-Elphège, Saint-Pie-de-Guire et Saint-Bonaventure font cependant exception en raison principalement d'un taux de recharge relativement faible par rapport à la consommation du secteur agricole.

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

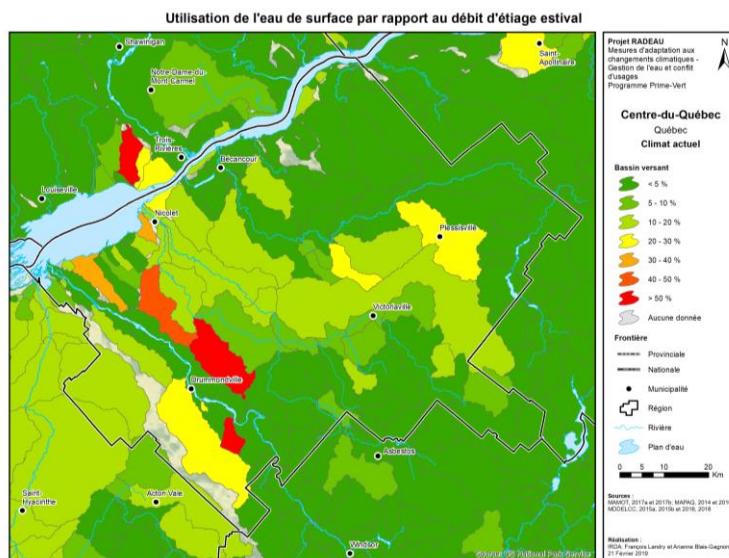


30

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 du Centre-du-Québec reflètent essentiellement les superficies de leurs bassins versants respectifs, avec des $Q_{2,7}$ de l'ordre inférieur à $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, à plus de $3 \text{ m}^3/\text{s}$. 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 $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. 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 projet RADEAU.

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



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 la vulnérabilité de quelques secteurs de la région, où les prélèvements hebdomadaires demeurent au-delà de 40% du $Q_{2,7}$, alors que le seuil critique, indicateur d'un possible conflit d'usage, se situe plutôt à 15%. Les prélèvements du secteur agricole sont en cause dans le bassin versant de la rivière Nicolet, alors que les ratios élevés des petits bassins affluents du fleuve sont plutôt redéposables au secteurs ICI et résidentiel. Les prélèvements dans les affluents de la rive gauche de la rivière Saint-François sont pour leur part répartis dans l'ensemble des secteurs d'activité résidentiel, ICI et agricole.

PROJECTIONS 2050



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 ?

32

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 la région Centre-du-Québec. 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.

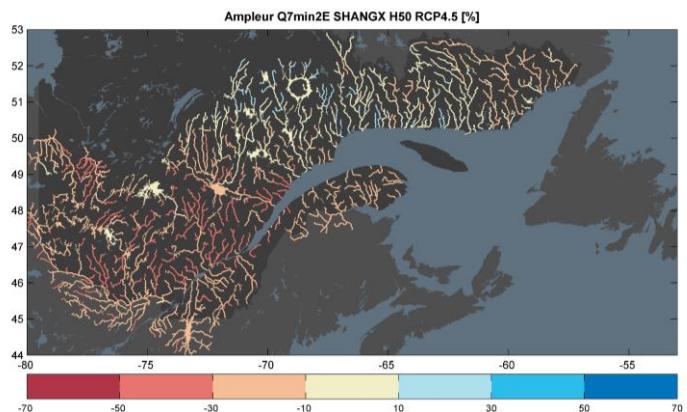
Les prélèvements d'eau de surface en période de pointe sont comparés, à l'échelle de chacun des bassins versants, à la disponibilité projetée des eaux de surface en période d'étiage à l'horizon 2050. Cette comparaison repose sur l'indicateur de débit d'étiage $Q_{2,7}$, soit la valeur minimum du débit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

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

La projection 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 différentes 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



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 ressources, 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 20150 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 accentue la pression 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 Nicolet pour la région Centre-du-Québec, 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



	NICOLET
PRÉCIPITATIONS DE JUIN À AOÛT (CLIMAT HISTORIQUE - OURANOS)	279 mm
ETP MOYENNES JUIN A AOUT (CLIMAT HISTORIQUE)	394 mm
MOYENNE DE P – ETP (MM) (CLIMAT HISTORIQUE)	-115 mm
VARIATION SUPÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	-84 mm
VARIATION INFÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	-17 mm

- Ex. simulations pommes de terres en sol sableux/ loam sableux
 - Scénarios forts : + 29 à + 64 mm par saison | scénarios faibles : + 20 à + 28 mm par saison
- 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 3,0 °C à Nicolet 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 9 jours en période de référence à **23 jours** en climat futur, alors que la durée de la saison de croissance augmente, soit de **196 à 219 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 505 DJ (base 10°C) pour une estimation de 1073 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 Nicolet (120 mm en moyenne), représentant une hausse moyenne de 13 %.

Enfin, les précipitations totales cumulées sur la saison de croissance passent, en moyenne, de **577 à 684 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 traduisait en évapotranspiration, 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

36

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 prospectives 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, lorsqu'elles étaient pertinentes, 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 Nicolet)	Futur 2041-2070
Déficit hydrique estival potentiel (P - ETP)	- 76 mm	- 90 à - 154 mm
Volume supplémentaire d'eau d'irrigation (pommes de terre)		20 à 64 mm selon les modélisations

37

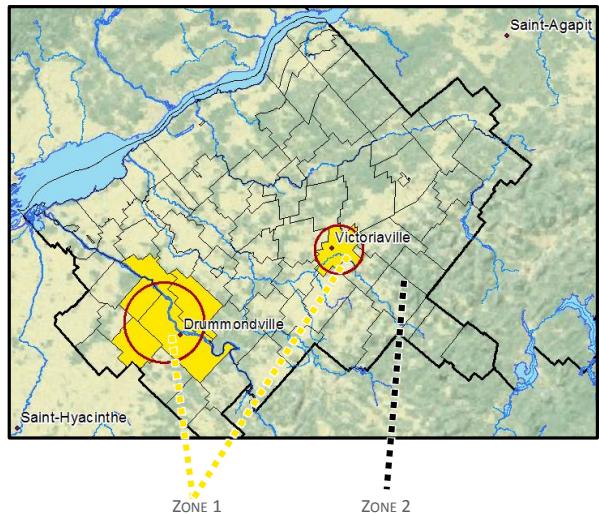
Pour le secteur agricole, l'évolution des besoins en eau a été projetée sur la base de l'évolution de plusieurs variables, dont:

- 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 Centre-du-Québec, variant de **+ 20 à + 100 %** selon les productions végétales documentées (fruits/petits fruits, production maraîchère, production en serre). Ces hypothèses ont été réalisées sur la base des renseignements obtenus auprès de conseillers consultés pour l'établissement des valeurs de référence, et d'une rencontre de travail avec plusieurs conseillers du MAPAQ et d'un spécialiste de l'IRDA 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 est présentée à la section 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 (laitiers, boucherie) sont en diminution notables, sauf les veaux qui sont presque stables. Les cheptels de porc et de moutons sont en augmentation, tout comme les chèvres et volaille. Pour nos cinq scénarios, les hypothèses d'évolution sont 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 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.

EN PLUS DE LA CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE, HYPOTHÈSES DE DENSIFICATION/DÉVITALISATION



- Densification autour de Drummondville et de Victoriaville



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. Au Centre-du-Québec, deux zones ont été définies.

La **première** est celle qui se densifie le plus et englobe les municipalités suivantes: Drummondville, Saint-Cyrille-de-Wendover, Saint-Germain-de-Grantham, Saint-Majorique-de-Grantham et Victoriaville.

La **deuxième** zone, constituée du reste des municipalités, inclue les municipalités présentant une augmentation plus faible de la population.

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'étage	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 modérée	Forte diminution
	Poursuite des tendances	Secteur en forte croissance sauf pâtes et papier Réduction modérée des prélevés	Croissance modérée Facturée au volume : Réduction élevée des prélevés	Forte croissance Réduction d'eau modérée	Croissance modérée Réduction faible pour industriel
Récrétourisme	Poursuite des tendances	Forte croissance	Faible croissance	Croissance modérée	Forte croissance
	Poursuite des tendances Hauteur des superficies cultivées irriguées Hauteur des besoins en eau/ha	Hausse importante des superficies cultivées irriguées Hauteur 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 Hauteur 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 récrétouristique, 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 (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 prélevements. Puis, nous avons déterminé les répercussions de ces évolutions sur les prélevements. 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 prélevements 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.

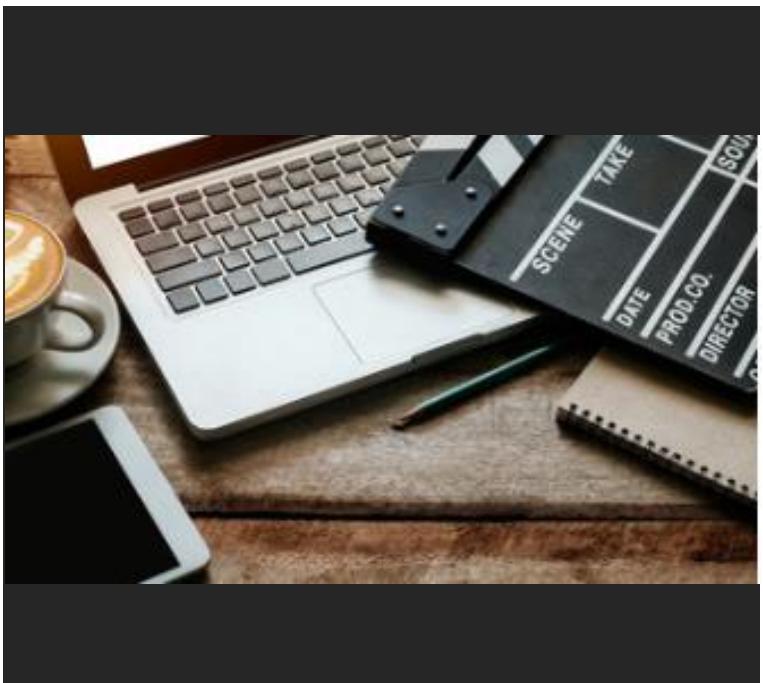


BILANS HYDRIQUES DES SCÉNARIOS FUTURS

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%



↑
10 %



Pas d'effort de réduction
Consommation/habitant stable



Industriel



Croissance
variable selon
secteur

Pas d'effort de réduction



Agricole



Ha cultivées et
cheptel suivent la
tendance

Mêmes pratiques d'irrigation

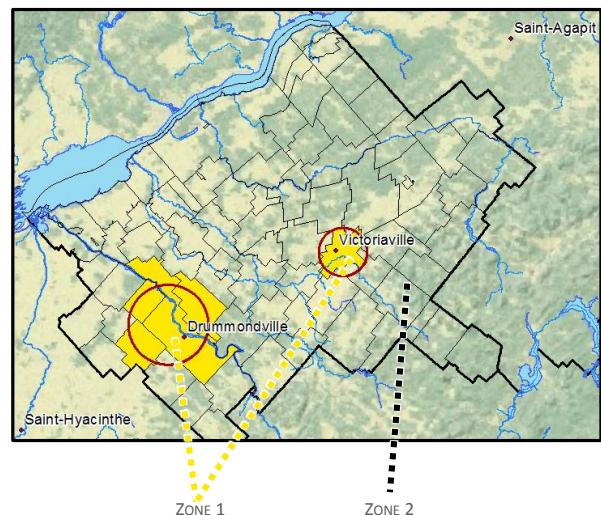
42

Ce scénario présente un cas où il n'y a aucune proactivité en matière d'adoption de bonnes pratiques ou de révision règlementaire 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

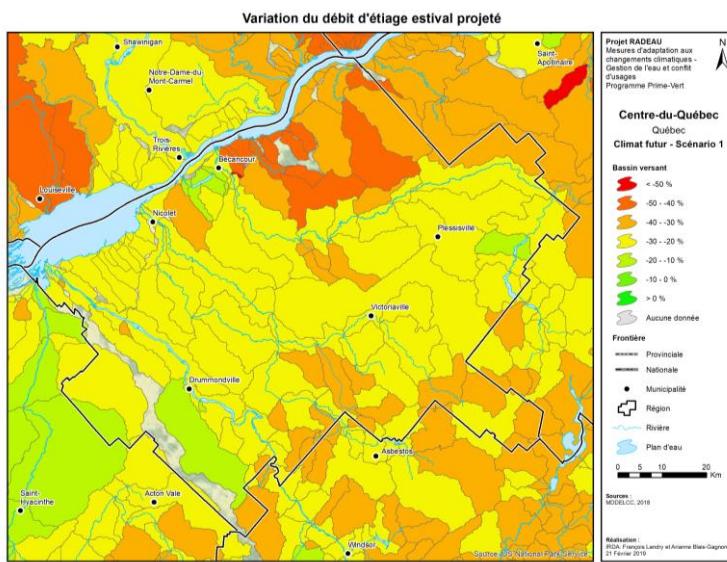
- Densification localisée autour de Drummondville et de Victoriaville

	Évolution de la population (%)	
Scénario	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 12	+ 8



Selon les tendances actuelles, la croissance démographique est plus marquée à Victoriaville, de même qu'à Drummondville et ses municipalités limitrophes.

VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVALE



44

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 ($Q_{2,7}$) seraient appelés à diminuer en moyenne de 29 % sur tout le territoire du Centre-du-Québec. Les bassins à l'est de la municipalité de Bécancour (Gentilly et Petite rivière du Chêne) sont marqués par une baisse plus importante, de l'ordre de 30 à 50 % en période estivale.

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

- Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 82,1 Mm³/an
(Prélèvements: 107,8 Mm³/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	64 % (61 %) ¹	36 % (39 %)	+ 19 %

- Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Statu Quo	Volume (Mm ³)	Δ vs actuel
Résidentiel	28 %	25 %	20 (18) ¹	↗
ICI réseau	28 %	25 %	20 (18)	↗
Industriel	11 %	13 %	10 (7)	↗
Agricole	34 %	38 %	31 (22)	↗

¹ (Climat actuel)

45

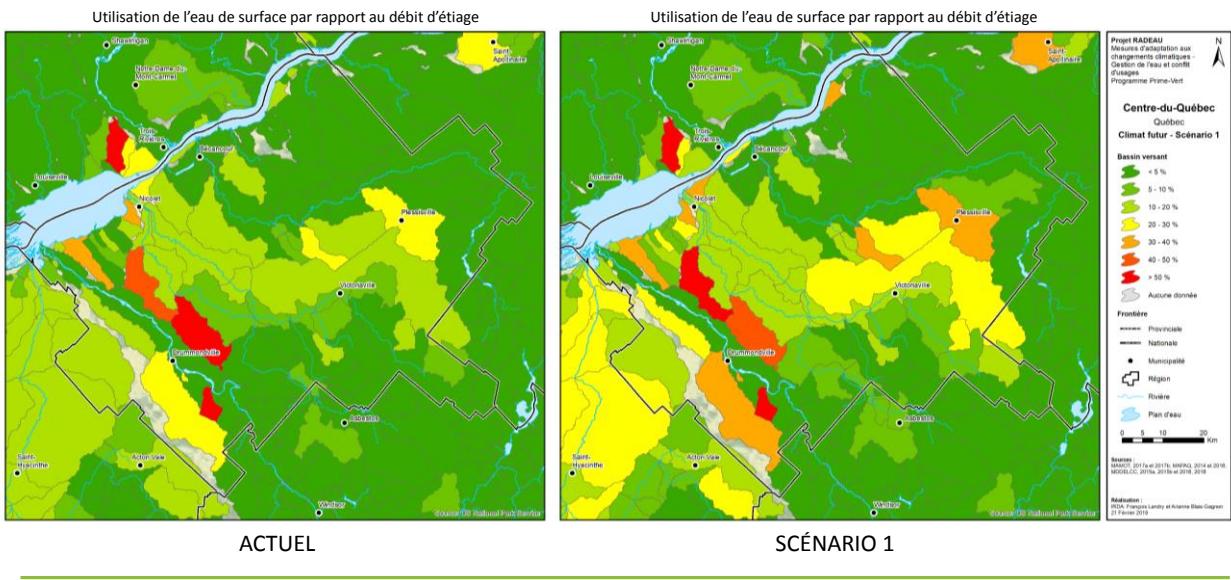
Suivant le scénario du *Statu quo*, la consommation globale en eau augmenterait de 19 % en climat futur.

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

	Actuel (%)	Statu Quo (%)	Volume (Mm ³ /an)	Δ vs actuel
Production végétale	70,0	77,6	24,3 (15,7) ¹	↗
Production animale	28,8	21,6	6,8 (6,5)	↗
Production piscicole	1,2	0,9	0,3 (0,3)	→

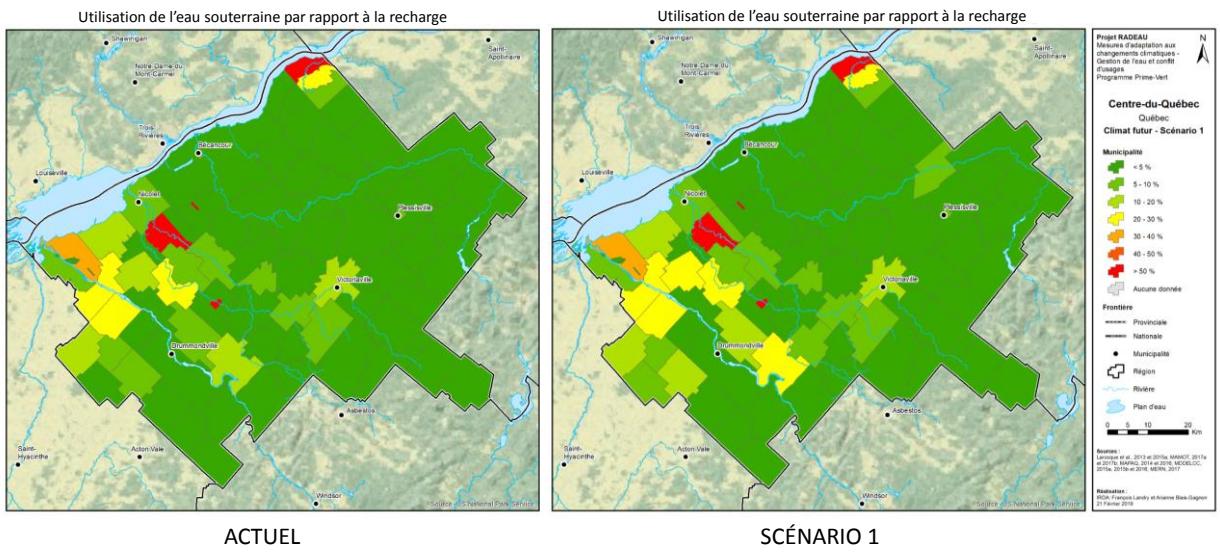
¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

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, pour dépasser le seuil critique de 15 %, notamment dans les bassins des rivières Bulstrode, Bourbon, Blanche et Saint-Germain.

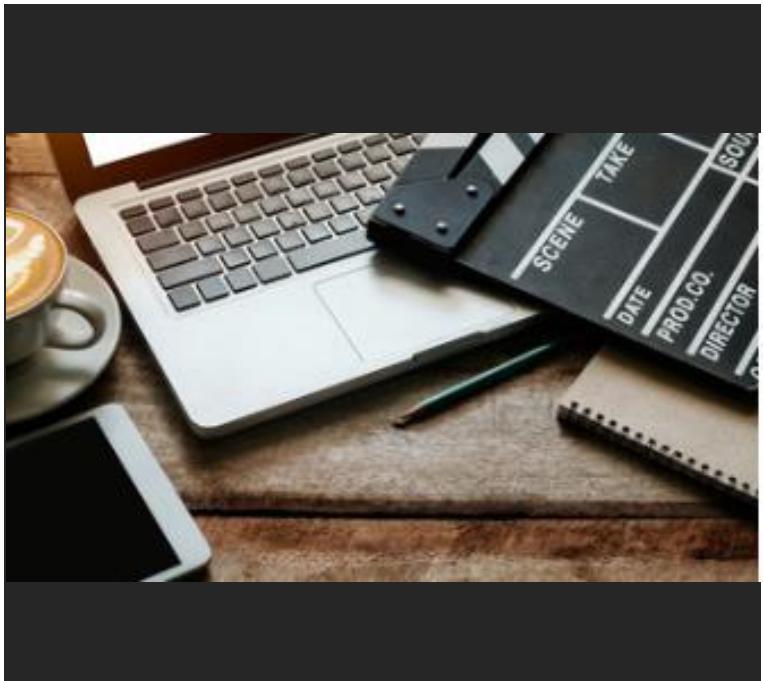
PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE



Suivant le scénario Statu quo, l'utilisation de l'eau souterraine en climat futur reflète principalement les gradients de croissance de la population. Dans l'ensemble, les municipalités bordant la Saint-François sont celles présentant une pression plus importante sur la ressource souterraine. Les indices de pression d'utilisation de l'eau souterraine changent peu du climat actuel au climat futur du scénario 1, à l'exception des municipalités de Saint-Zéphirin-de-Courval, de Saint-Lucien et de Saint-Germain-de-Grantham où l'indice d'utilisation augmente de façon à atteindre le seuil critique de 20 %.

Scénario 2

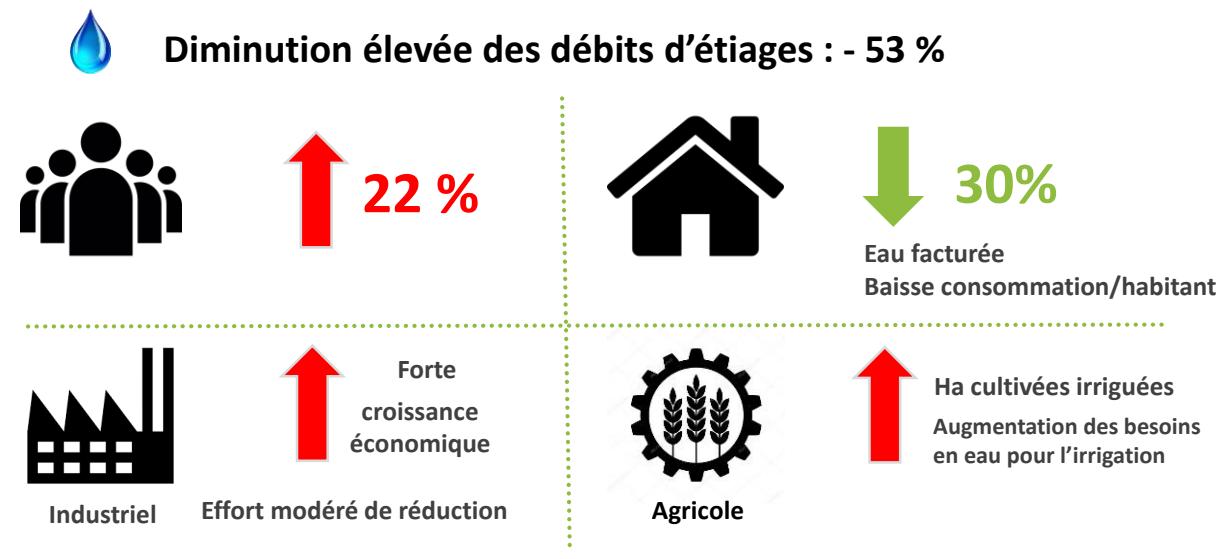
CHALEUR ET SOIF



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 récrétourisme 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.

SCÉNARIO 2 – CHALEUR ET SOIF



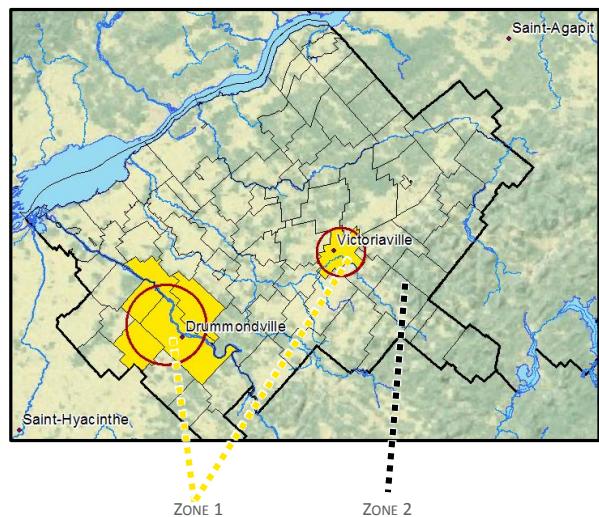
49

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

- Densification localisée autour de Drummondville et de Victoriaville

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 12	+ 8
Scénario 2 – ISQ fort	+ 26	+ 17



Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) implique une forte croissance démographique (+26 %), qui se manifeste particulièrement à Victoriaville ainsi qu'à Drummondville et ses alentours.

SCÉNARIO 2 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

- Basé sur la croissance économique historique en général, +3% en 2050
 - Secteur de la 1^{re} transformation des métaux: projet majeur de transformation de fer
 - Dans le secteur chimique: implantation projetée d'une nouvelle usine au parc Bécancour, mais ralentissement causé par la morosité du secteur des pâtes et papier
 - Aliments: production encouragée par la forte croissance de la population québécoise et mondiale
 - Exploitation en carrières: quantité maximale observée entre 1991-2015
- Efficacité dans la consommation d'eau
 - Effort de réduction modéré

Principaux secteurs industriels	Production (%)	Effort de réduction (%)
Exploitation en carrières	Basée sur max 1991-2015	10%
Fabrication d'aliments	130%	30%
Fabrication de pâtes et papier	20%	20%
Première transformation des métaux	155%	15%
Fabrication de produits chimiques	30%	20%

51

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) reflète une forte croissance du secteur industriel. Le secteur de la fabrication des métaux montre, en particulier, une hausse marquée, liée à une hypothèse effectuée avec l'information obtenue par des acteurs locaux concernant un projet majeur de transformation de 2 millions de tonnes de fer préréduit à chaud qui était associée à un volume de 2 Mm³ d'eau. Il y a également une nouvelle usine en transformation de produits chimiques à Bécancour qui est planifiée.

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

- Irrigation pour certains végétaux :
 - Pommes de terre + 64 mm (146 mm)
- Pas d'évolution pour la protection contre le gel et le lavage des légumes

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Fraises d'automne	20 %	(100 %) ¹
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 %)
Maïs sucré	25 %	10 % (5 %)

¹ (Climat actuel)

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 14
ETP	+ 62
P – ETP	- 48

52

Le scénario climatique d'Ouranos retenu pour le récit « Chaleur et soif » (no.2) entraîne une hausse significative 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 (+ 62 mm). En conséquence, les besoins en eau futurs ont été ajustés sur la base de ce déficit hydrique plus important. Des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées et des pourcentages de ces superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050 ont aussi été avancées.

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

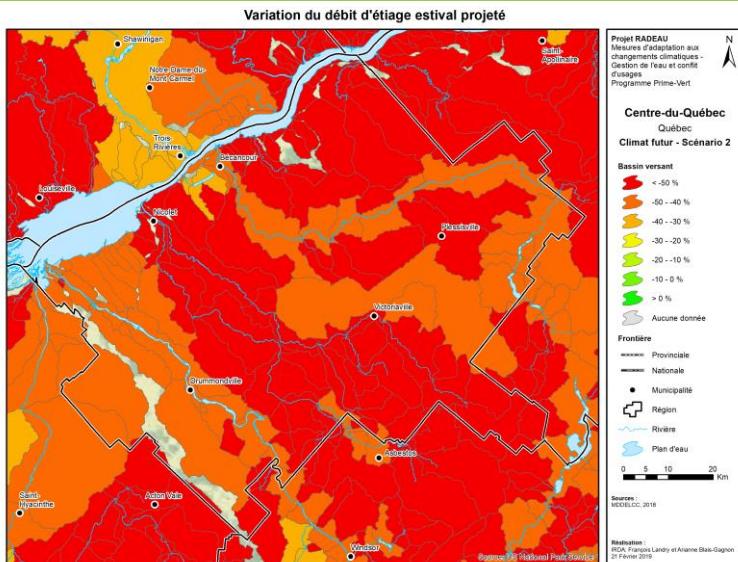
SCÉNARIO 2 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

- 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 m³/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 ESTIVALS



54

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) est associé à la projection de débit d'étiage ($Q_{2,7}$) la plus pessimiste considérée dans cette étude (et issue de l'Atlas hydroclimatique du Québec, MELCC, 2018), avec une réduction moyenne de 53 % à l'échelle de la région Centre-du-Québec.

BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCENARIO 2

- Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 85,7 Mm³/an
(Prélèvements: 102,6 Mm³/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	63 % (61 %) ¹	37 % (39 %)	+ 23 %

- Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 2	Volume (Mm ³)	Δ vs actuel
Résidentiel	28 %	18 %	16 (18) ¹	↘
ICI réseau	28 %	18 %	16 (18)	↘
Industriel	11 %	13 %	11 (7)	↗
Agricole	34 %	50 %	43 (22)	↗

¹ (Climat actuel)

55

Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la consommation totale augmenterait de **23 %** en climat futur. L'augmentation des besoins en irrigation et l'évolution des superficies irriguées et cultivées augmente l'importance du secteur agricole (50 %) dans la consommation d'eau dans ce second scénario.

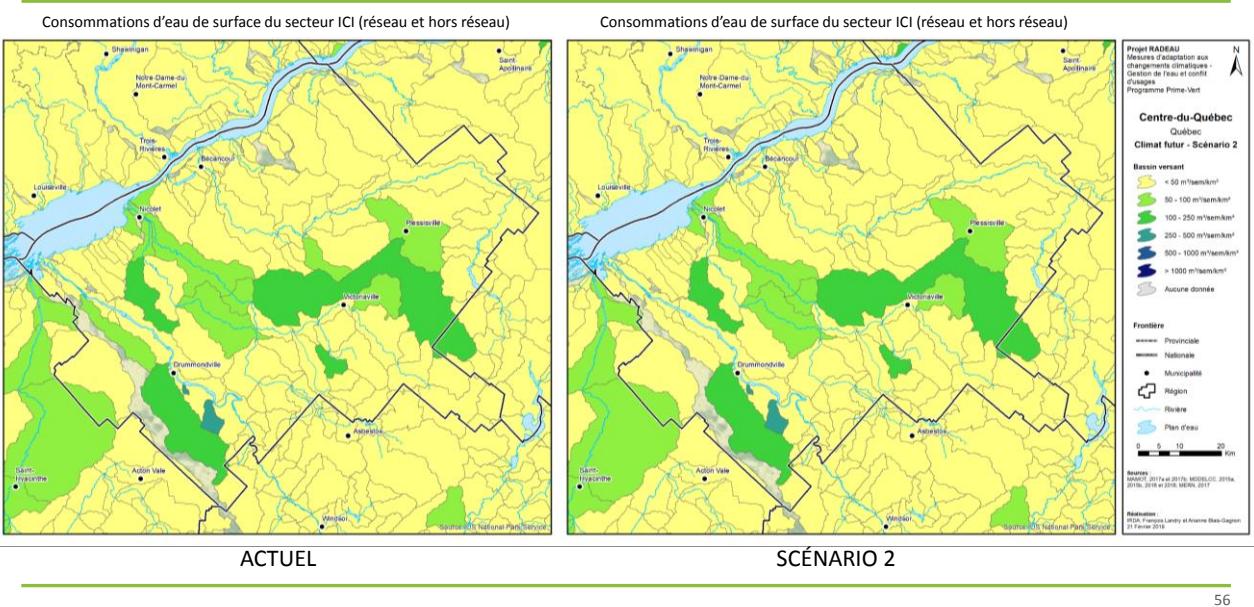
Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole, par rapport au total de leurs consommations, sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 2 (%)	Volume (Mm ³ /an)	Δ vs actuel
Production végétale	70,0	81,4	34,9 (15,7) ¹	↗
Production animale	28,8	18,0	7,7 (6,5)	↗
Production piscicole	1,2	0,6	0,3 (0,3)	→

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

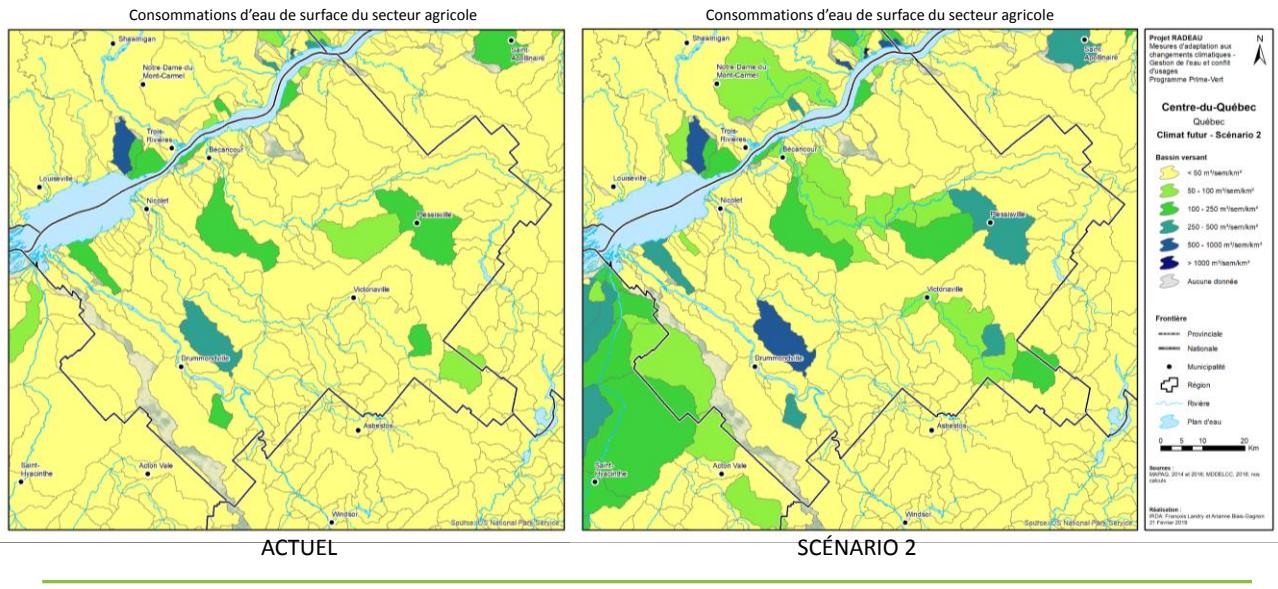
Les illustrations suivantes comparent les projections d'eau de surface en climat futur des différents secteurs d'activité par rapport aux consommations établies en climat actuel.

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



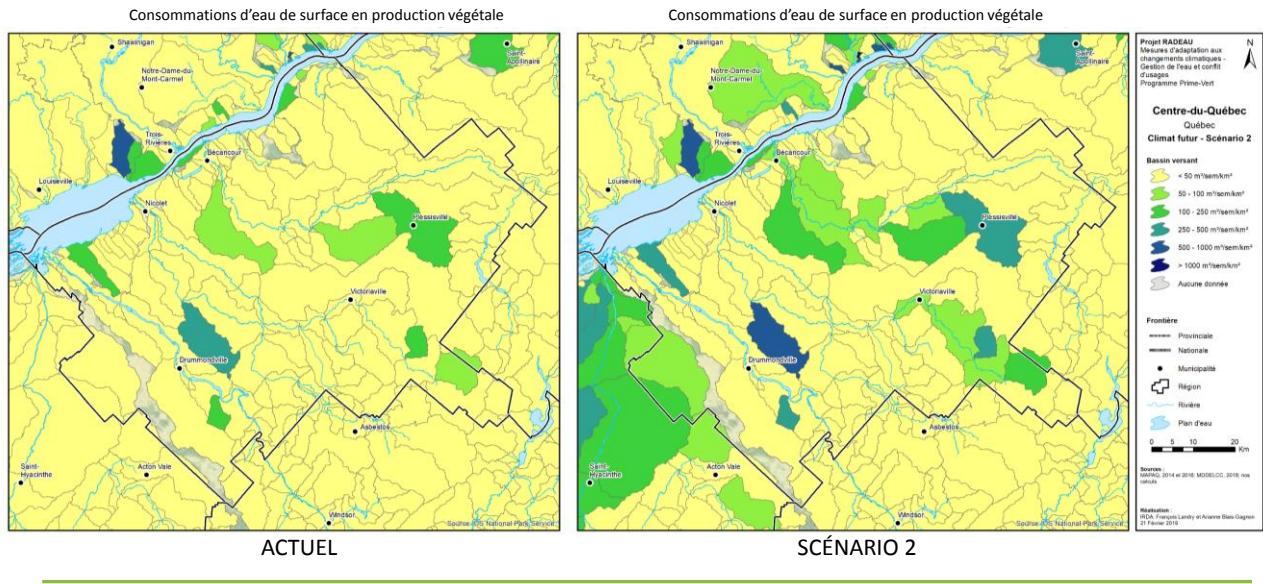
Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur résidentiel demeurent stables malgré une hausse de population de 22 %. Les projections de réduction des prélevements d'eau de surface des secteurs ICI permettent de stabiliser les besoins du secteur.

PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN 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 augmentent principalement dans le bassin de la Bécancour et en tête du bassin de la Nicolet. Dans le scénario 2, les besoins en eau des animaux évoluent peu (passant de 6,5 à 7,7 Mm³/an), de sorte que l'augmentation des besoins en eau de l'agricole est plutôt en lien avec l'augmentation des besoins pour l'irrigation des cultures.

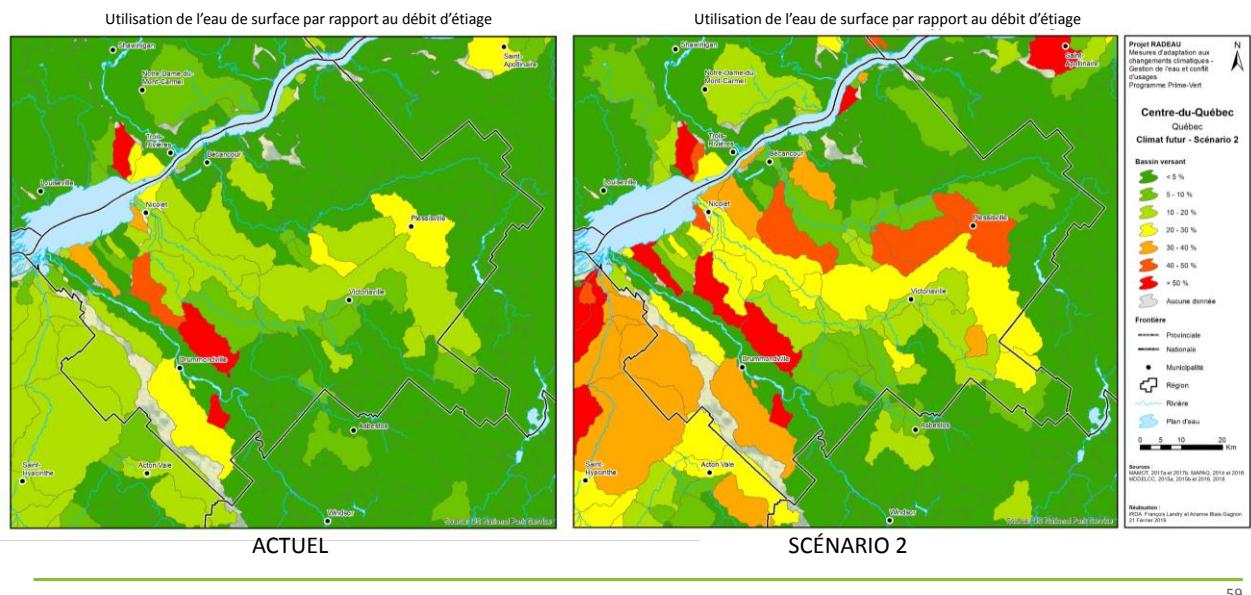
PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE



Dans le sous-bassin de la rivière des Saults, les pommes de terre et les asperges sont les cultures qui impactent le plus les consommations.

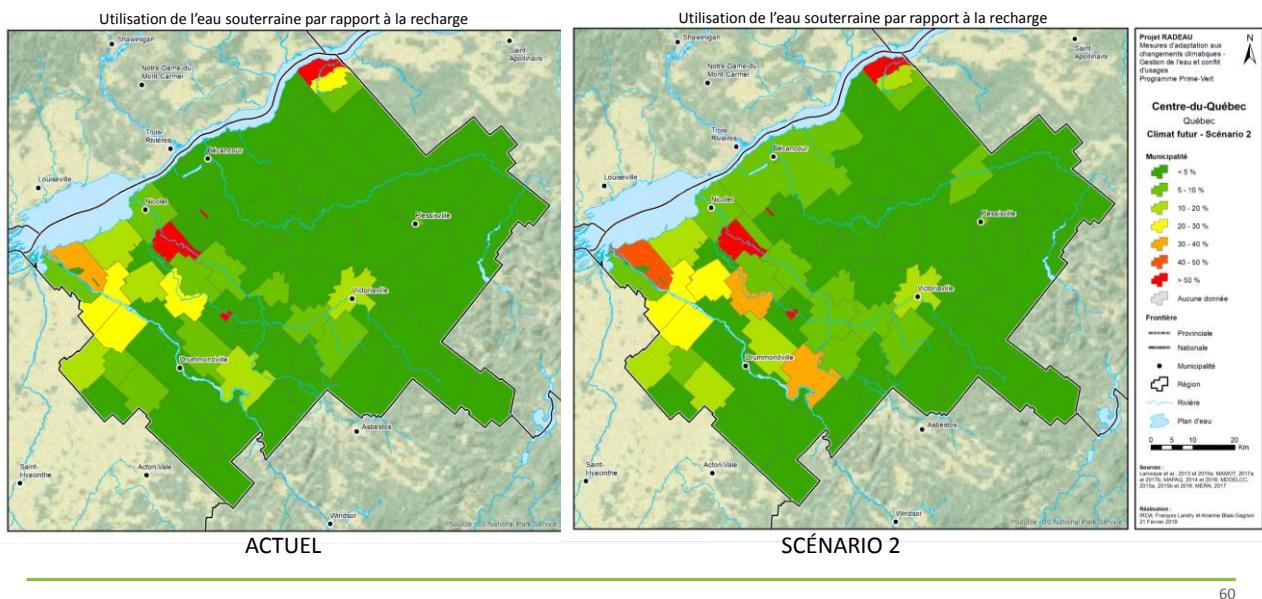
Dans la rivière Blanche, les plantes en conteneur et les pommiers sont les grands consommateurs d'eau et dans la rivière Bourbon, ce sont les plantes en conteneur et les fraisiers.

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



Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la pression sur la ressource en eau de surface s'intensifierait sensiblement dans les bassins des rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest. Plusieurs sous-bassins dépasseraient largement le seuil critique.

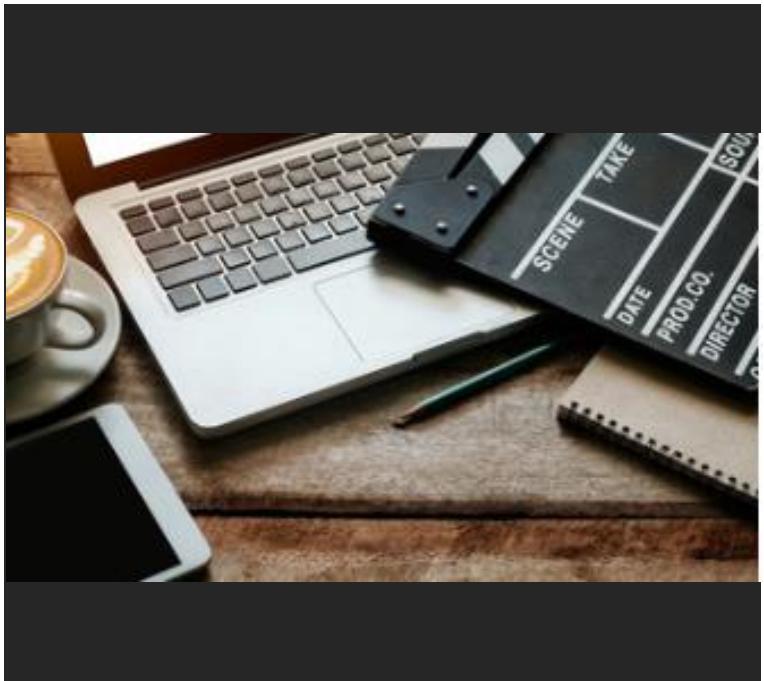
PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE



Suivant le scénario « Chaleur et soif », les besoins en eau souterraine en climat futur augmenteraient légèrement. La pression sur la ressource est davantage localisée dans les municipalités en bordure de la Saint-François (Pierreville, Saint-Zéphirin-de-Courval, Saint-Lucien), des rivières Nicolet Sud-Ouest et Nicolet, ainsi qu'en bordure du Fleuve. Dans l'ensemble, la majorité des municipalités ont un indice de pression inférieur ou avoisinant la capacité de support de l'aquifère profond.

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 mouvements 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.

SCÉNARIO 3 – CHALEUR ET INTERDITS



Diminution élevée des débits d'étiages : - 28 %



↓ 0,3 %



↓ 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

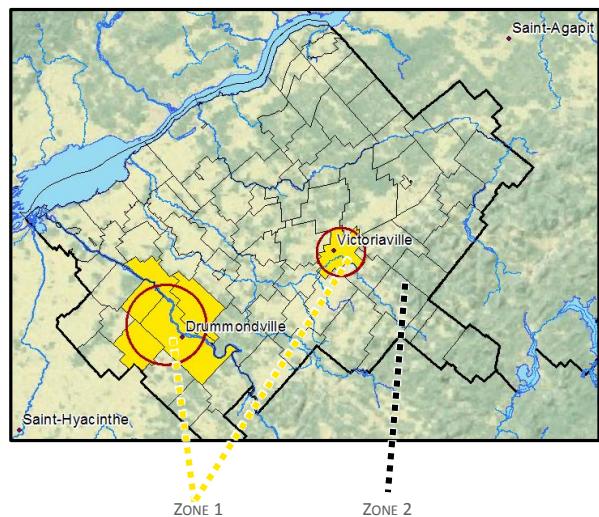
62

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. C'est pour cette raison que l'ensemble des facteurs affichent une faible pression (flèches vertes) sur la ressource eau.

SCÉNARIO 3 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Densification localisée autour de Drummondville et de Victoriaville

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 12	+ 8
Scénario 3 – ISQ faible	+ 12	+ 8



Le scénario « Chaleur et interdits » implique une croissance démographique reflétant les tendances actuelles et qui se manifestent principalement à Victoriaville et autour de Drummondville.

SCÉNARIO 3 – HYPOTHÈSES POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

- Basé sur la croissance économique historique
 - Secteur de la 1^{re} transformation des métaux: projet majeur de transformation de fer
 - Dans le secteur chimique: implantation projetée d'une nouvelle usine au parc Bécancour
 - Transformation alimentaire: croissance favorisée par la croissance mondiale.
- Efficacité dans la consommation d'eau
 - Effort de réduction élevé

Principaux secteurs industriels	Production (%)	Effort de réduction (%)
Exploitation en carrières	Basée sur max 1991-2015	10%
Fabrication d'aliments	130%	60%
Fabrication de pâtes et papier	20%	30%
Première transformation des métaux	155%	32%
Fabrication de produits chimiques	30%	50%

64

Le scénario « Chaleur et interdits » reflète une croissance modérée du secteur industriel.

Si l'effort de réduction des secteurs industriels est élevé, il y a néanmoins pour le secteur de la 1^{re} transformation des métaux la forte croissance de la consommation qui demeure importante compte tenu du projet majeur de transformation de fer préduit à chaud.

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

- Besoins stables

- Pommes de terre + 29 mm
(146 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 3
ETP	+ 36
P – ETP	- 33

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
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
Maïs sucré	10%	stable

65

Pour le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), les projections climatiques d'Ouranos retenues entraînent une augmentation des besoins en eau par rapport au climat actuel. Cette hausse est liée à l'augmentation de l'ETP, et entraîne une légère hausse des besoins en eau d'irrigation. Cependant, cette hausse étant faible, nous avons considéré les superficies irriguées comme stables. Nous avons également réalisé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées en 2050 : certaines superficies des cultures irriguées augmenteraient sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance des marchés.

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

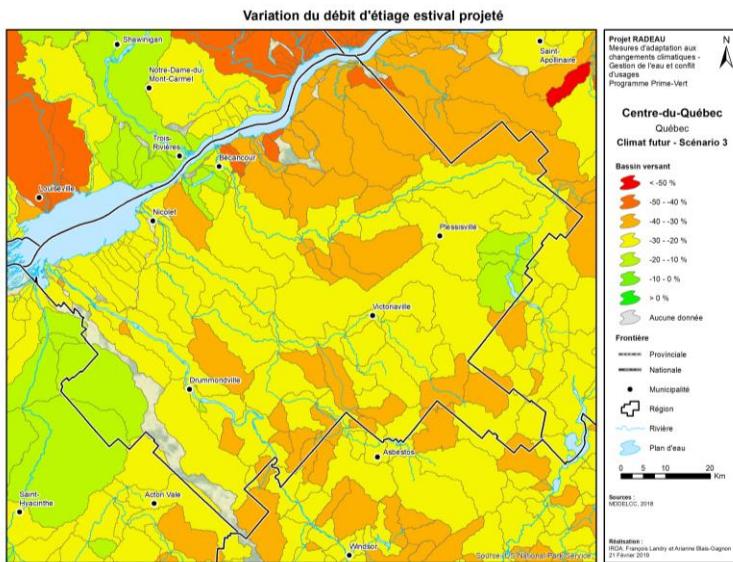
SCÉNARIO 3 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

- 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 m³/vache/été, 15 L/porc/été
 - Lavage des bâtiments : stable

66

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Chaleur et interdits » (no.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 de manière importante, alors que l'évolution des cheptels ovin, avicole et porcin serait stable. 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 ESTIVALS



67

Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) met à contribution une projection modérée dans la réduction du débit d'étiage ($Q_{2,7}$), soit de l'ordre de 28 %, en moyenne pour la région.

BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 3

- Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 75,8 Mm³/an
(Prélèvements: 90,0 Mm³/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	61 % (61 %) ¹	39 % (39 %)	+ 13 %

- Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 3	Volume (Mm ³)	Δ vs actuel
Résidentiel	28 %	23 %	17 (18) ¹	↘
ICI réseau	28 %	23 %	17 (18)	↘
Industriel	11 %	13 %	10 (7)	↗
Agricole	34 %	42 %	32 (22)	↗

¹ (Climat actuel)

68

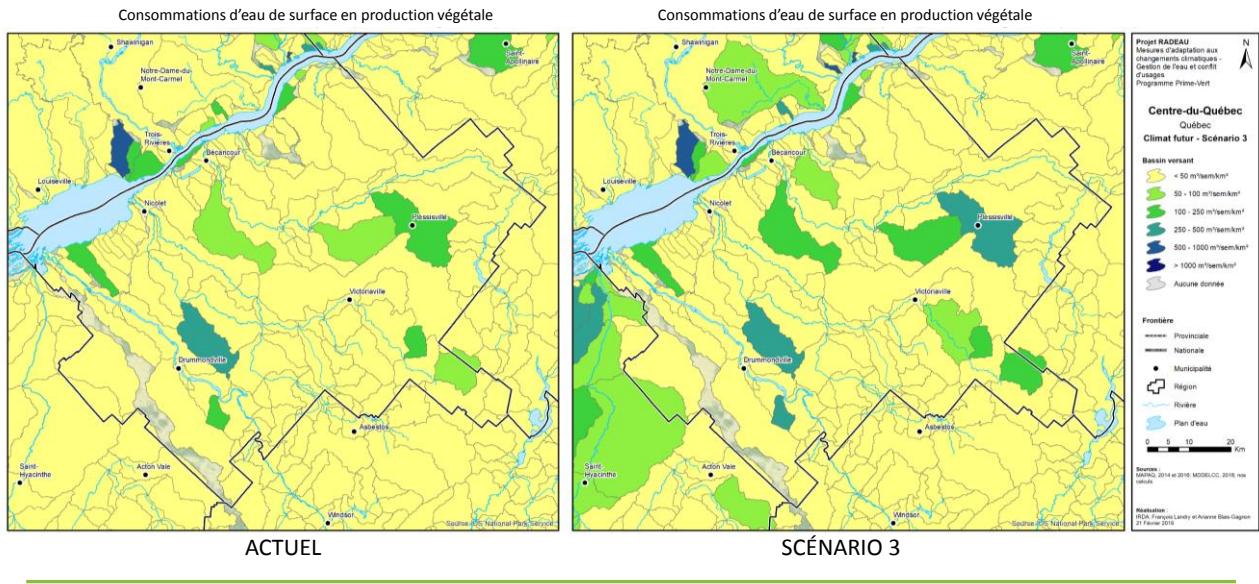
Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la consommation globale augmenterait de 13 % en climat futur. Les secteurs résidentiels et ICI au Centre-du-Québec parviennent à limiter leurs consommations par rapport à la situation actuelle. La hausse des superficies irriguées entraînerait une augmentation 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 ³ /an)	Δ vs actuel
Production végétale	70,0	78,3	24,9 (15,7) ¹	↗
Production animale	28,8	20,6	6,5 (6,5)	→
Production piscicole	1,2	1,1	0,4 (0,3)	↗

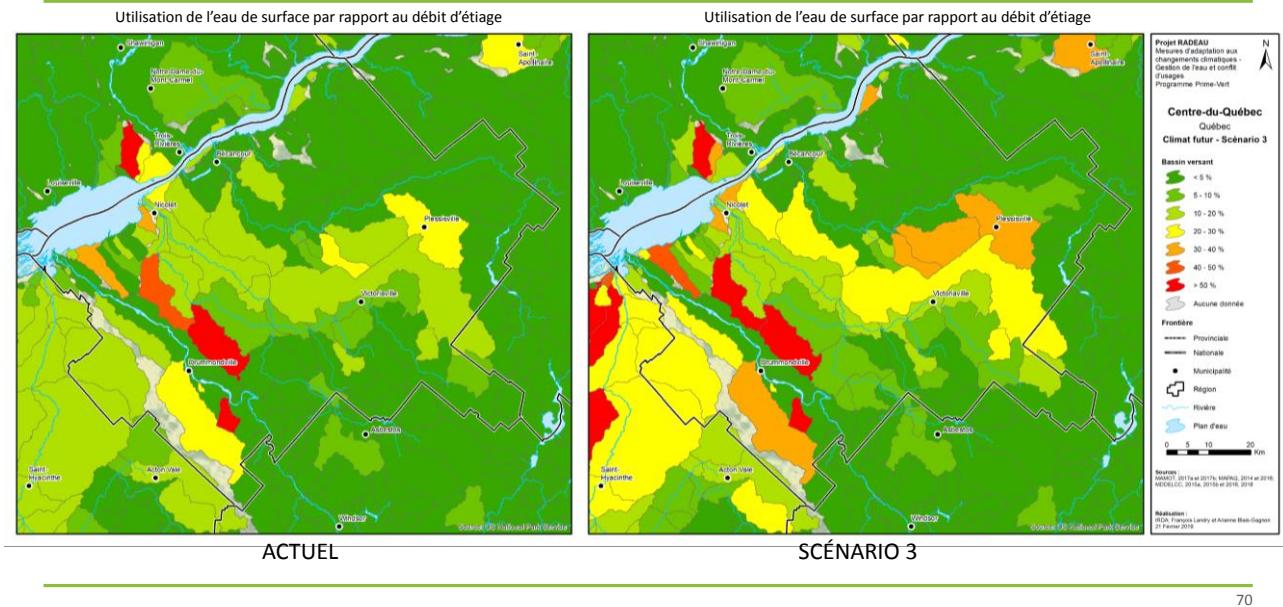
¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE



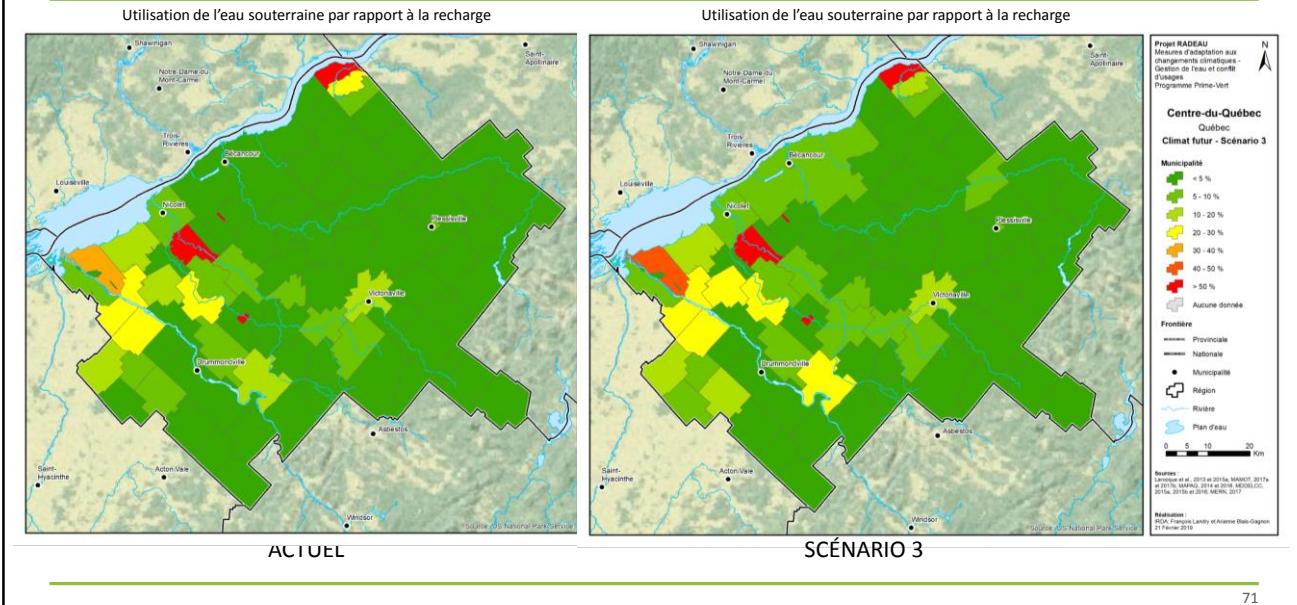
Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), les réductions des prélèvements d'eau de surface des secteurs ICI et la faible croissance de la population se traduisent en des consommations relativement stables en climat futur.

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



Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la pression sur la ressource en eau de surface s'intensifie légèrement dans le bassin de la rivière Nicolet. Plusieurs sous-bassins, notamment celui de la Bulstrode, atteignent maintenant le ratio critique de 15 %.

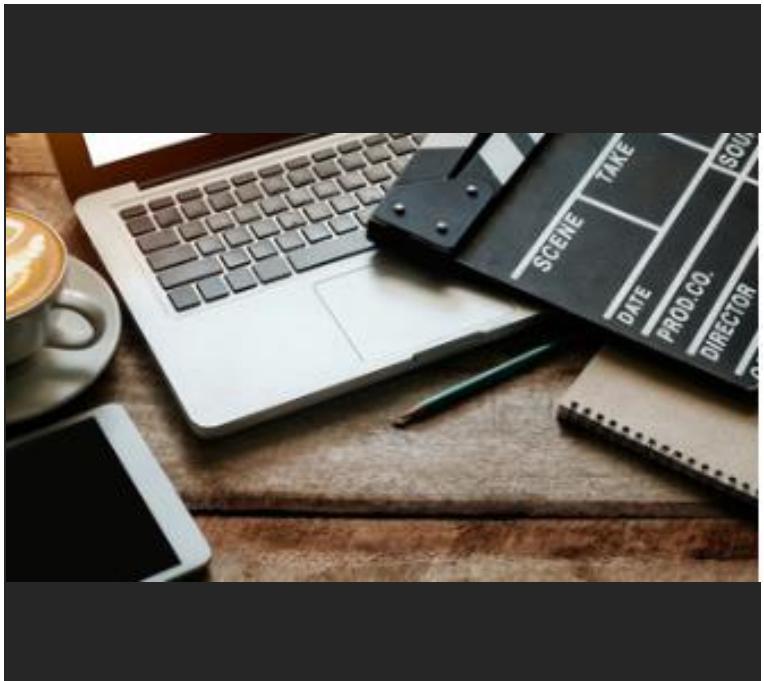
PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE



Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), l'utilisation de l'eau souterraine demeure relativement stable. Les indices de pression sur l'eau souterraine, dans l'ensemble, demeurent en deçà de la capacité de support à long terme de l'aquifère profond (au roc), soit sous le niveau de 20%.

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 récrétouristique a subi une croissance économique modérée suivie 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.

SCÉNARIO 4 – TEMPÉRÉ ET DENSE



Diminution modérée des débits d'étiages : - 11 %



22 %



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

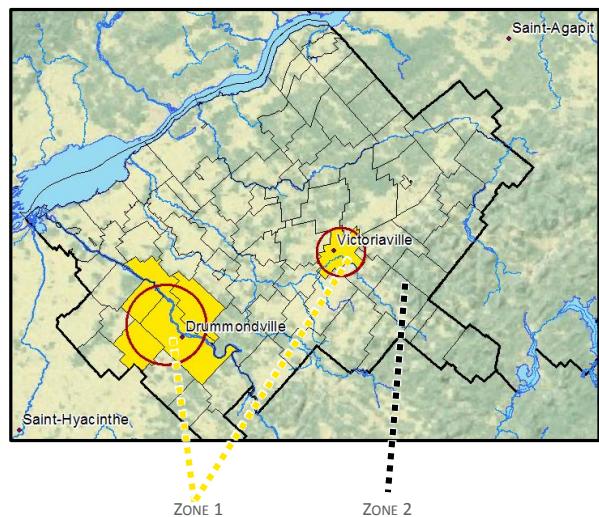
73

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

- Densification localisée autour de Drummondville et de Victoriaville

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 12	+ 8
Scénario 4 – ISQ fort	+ 26	+ 17



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
 - Extraposition de la tendance historique 1991-2015 (annualisée) par secteur + 3% en 2050
 - Secteur de la 1^{re} transformation des métaux: projet majeur de transformation de fer
 - Fabrication de pâtes et papier : réussi à se renouveler en partie.
 - Dans le secteur chimique: implantation projetée d'une nouvelle usine au parc Bécancour avec production relativement importante avec le léger regain de l'industrie des pâtes et papier
- Efficacité dans la consommation d'eau : effort de réduction modéré

Principaux secteurs industriels	Production (%)	Effort de réduction (%)
Exploitation en carrières	Qté maximale 1991-2025	10%
Fabrication d'aliments	130%	30%
Fabrication de pâtes et papier	30%	20%
Première transformation des métaux	155 %	16%
Fabrication de produits chimiques	40%	20%

75

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.

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

- Besoins légèrement en hausse
 - Pommes de terre + 20 mm (146 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	- 51
ETP	+ 34
P – ETP	- 85

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Fraises d'automne	10 %	(100 %) ¹
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 %)
Maïs sucré	15 %	10 % (5 %)

¹ (Climat actuel)

76

Pour le scénario 4, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une hausse importante des besoins en eau (+85 mm). Ceci est lié à la diminution des précipitations estivales, et à l'augmentation de l'évapotranspiration. 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 à la hausse, notamment en ce qui concerne la production de la canneberge.

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

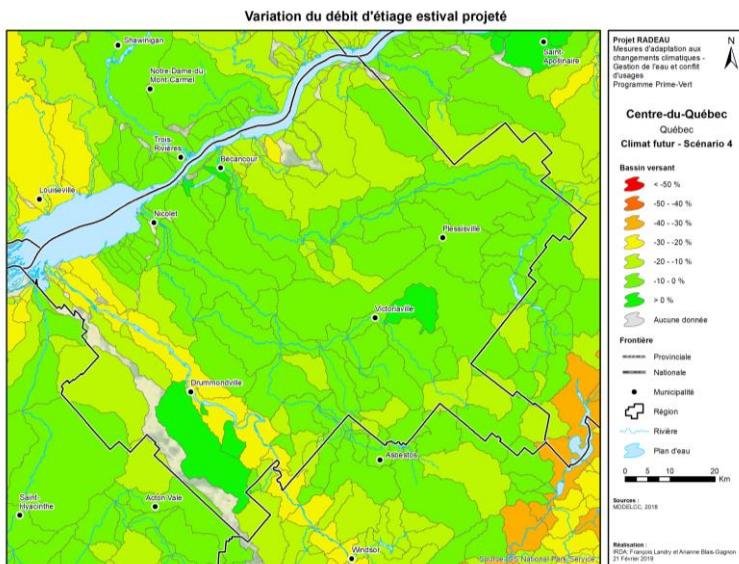
SCÉNARIO 4 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

- 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

77

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 20 %, 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 ESTIVAU



78

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 11 %, en moyenne pour la région.

BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 4

- Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 80,7 Mm³/an
(Prélèvements: 96,6 Mm³/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	64 % (61 %) ¹	36 % (39 %)	+ 18 %

- Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 4	Volume (Mm ³)	Δ vs actuel
Résidentiel	28 %	22 %	18 (18) ¹	→
ICI réseau	28 %	22 %	18 (18)	→
Industriel	11 %	14 %	11 (7)	↗
Agricole	34 %	42 %	34 (22)	↗

¹ (Climat actuel)

79

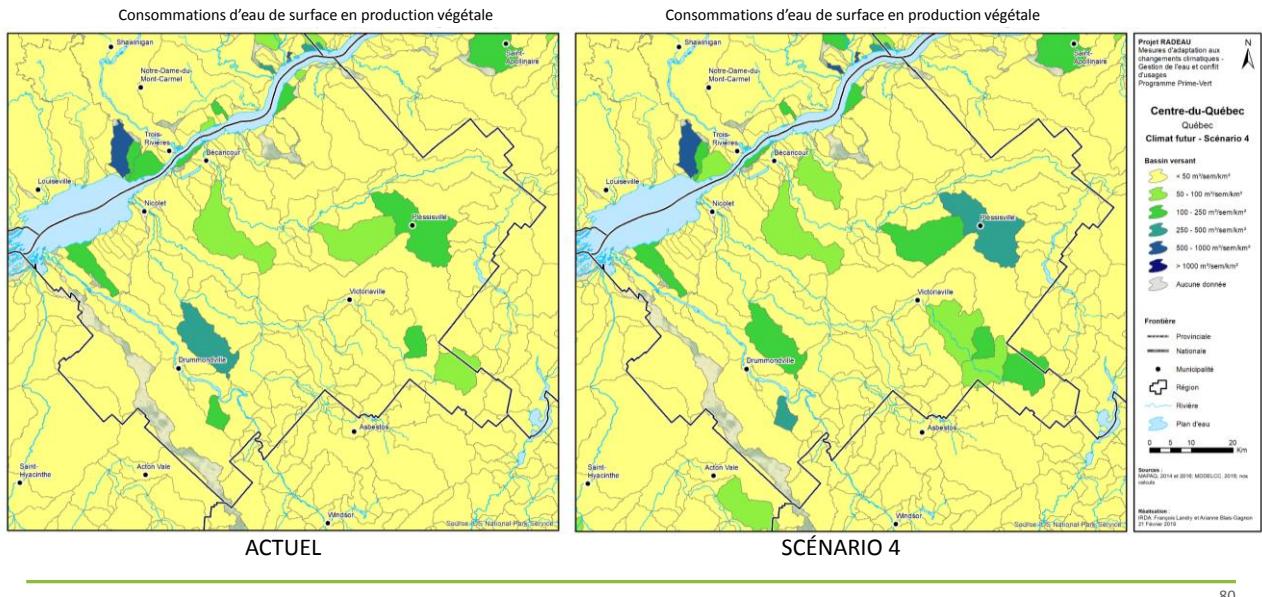
Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), la consommation globale augmente de 18 % en climat futur dans la région. Les consommations des secteurs résidentiel et ICI seraient stables, contenues en partie par le recours aux compteurs d'eau. La hausse des superficies irriguées entraînerait une augmentation sensible des besoins en irrigation des cultures, sous l'effet du changement climatique sur les besoins en eau des cultures et l'évolution des superficies irriguées.

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 ³ /an)	Δ vs actuel
Production végétale	70,0	77,4	26,4 (15,7) ¹	↗
Production animale	28,8	21,8	7,4 (6,5)	↗
Production piscicole	1,2	0,8	0,3 (0,3)	→

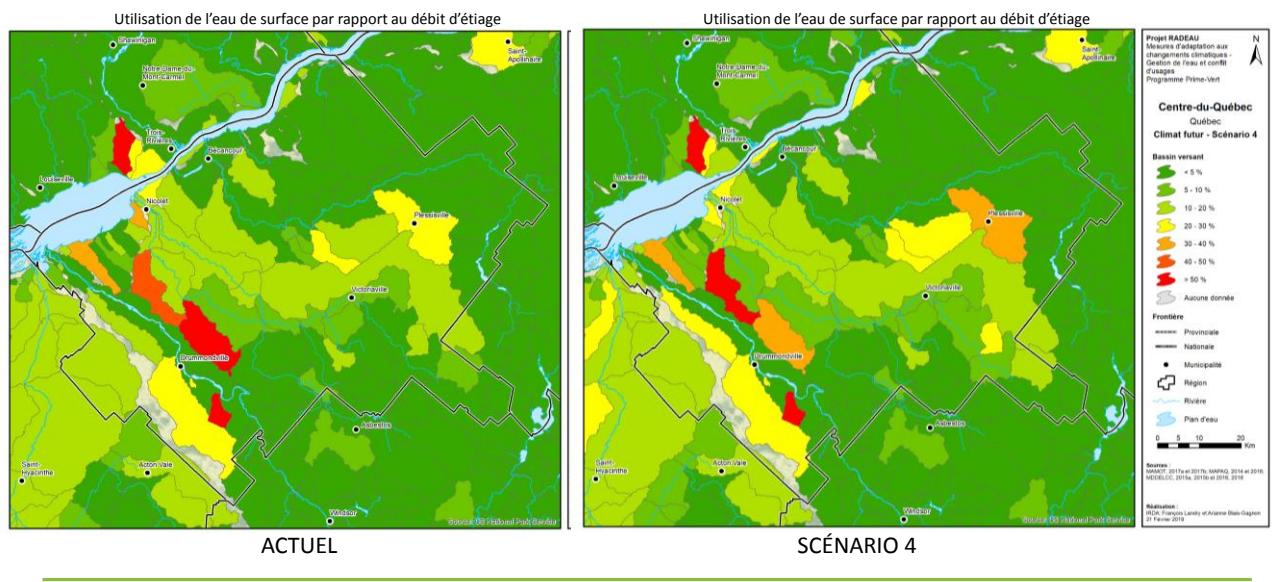
¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE



Suivant le scénario « Tempéré et dense » (n°4), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur agricole demeurent relativement stables, reflétant la hausse modérée des superficies irriguées.

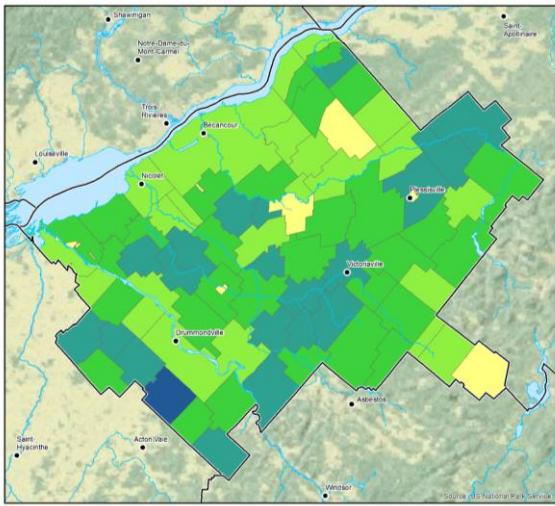
PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE ESTIVAL



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 relativement stables par rapport à la situation actuelle.

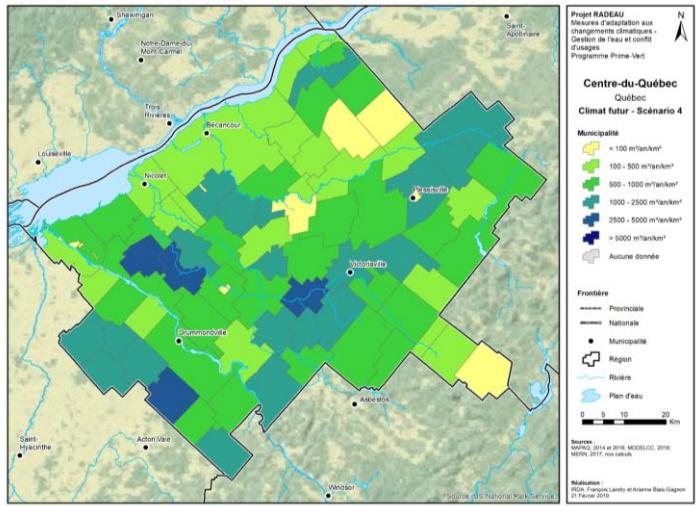
PROJECTION DES PRÉLÈVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE POUR LE SECTEUR DE LA PRODUCTION ANIMALE

Consommations d'eau de surface en production animale



ACTUEL

Consommations d'eau de surface en production animale



SCÉNARIO 4

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

Centre-du-Québec
Québec
Climat futur - Scénario 4

Municipalités

- < 100 m³/km²
- 100 - 500 m³/km²
- 500 - 1000 m³/km²
- 1000 - 2500 m³/km²
- 2500 - 5000 m³/km²
- > 5000 m³/km²
- Aucune donnée

Frontières

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière

Plan d'eau

0 5 10 20 Km

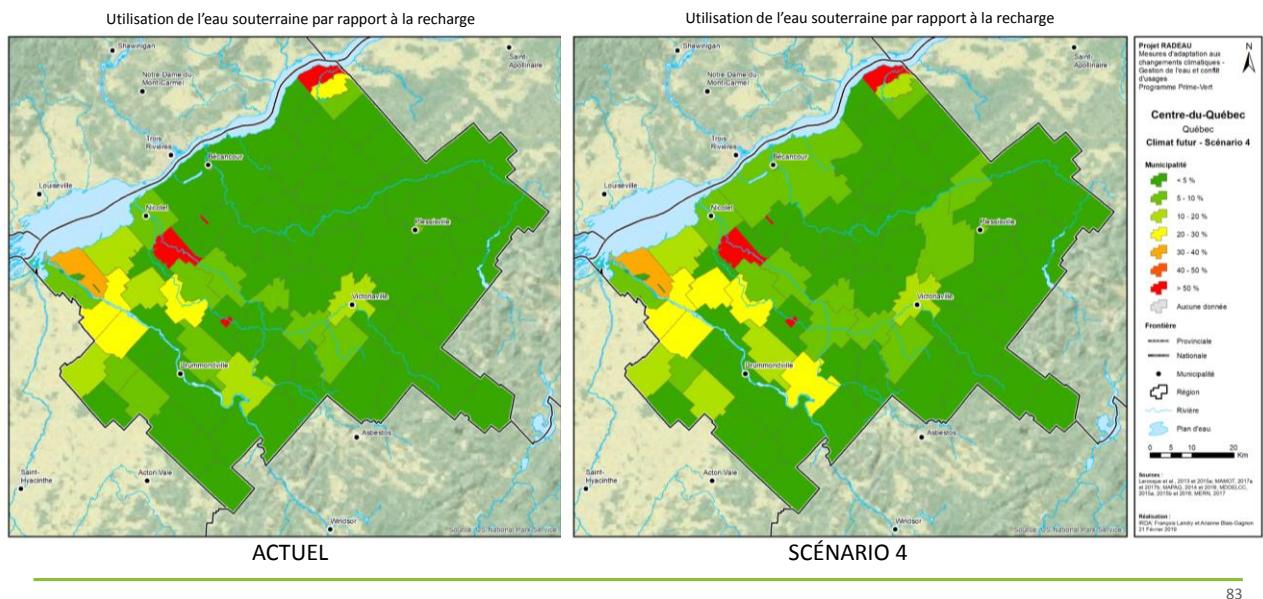
Sources :
MARS, 2014 et 2016, MODELOC, 2016.
MARS, 2017 (mis à jour)

Méthodologie :
RDA, François Landry et Ariane Bégin-Dagen
21 Février 2016

82

Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), les prélevements d'eau en production animale augmentent légèrement sur le territoire. Ils sont surtout localisés dans les municipalités de Sainte-Brigitte-des-Saults, Saint-Zéphirin-de-Courval et Saint-Albert, où les seuils atteignent maintenant 2500 à 5000 m³/an-km².

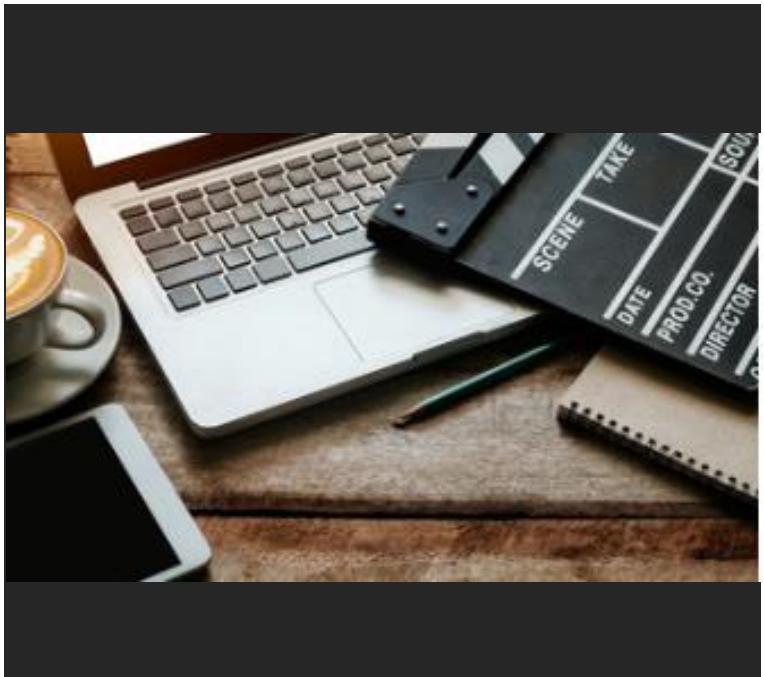
PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE



Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), l'utilisation de l'eau souterraine demeurerait relativement stable sur le territoire du Centre-du-Québec.

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 récrétouristiques et fréquentées par les résidents des pôles urbains. L'industrie récrétouristique 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.).

SCÉNARIO 5 – TEMPÉRÉ ET URBAIN



Diminution élevée des débits d'étiages : - 24 %



0,3 %



32%

Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance
économique
variable par secteur
Effort modéré de réduction



Agricole



Hausse des cultivées
irriguées

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

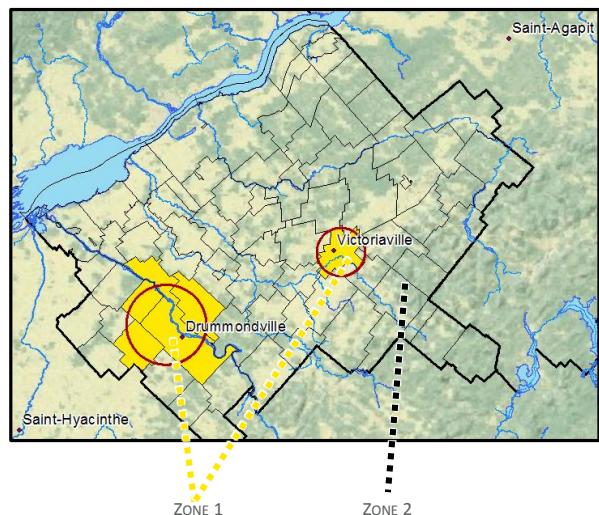
85

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) conjugue une baisse sensible des débits d'étiage (-24%) avec une faible croissance de la population 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, uniquement de source souterraine.

SCÉNARIO 5 – RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

- Densification localisée autour de Drummondville et de Victoriaville
- Exode rural dans le reste de la région

	Évolution de la population (%)	
Scénario	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 –Référence ISQ	+ 12	+ 8
Scénario 5 – ISQ faible + exode rural	+ 30	- 14



Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) implique un accroissement de la croissance démographique autour de Drummondville et dans Victoriaville, tandis que les autres municipalités rurales connaissent une baisse de leur population.

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
 - Même projet pour la transformation des métaux lourds et produits chimiques
- Efficacité dans la consommation d'eau
 - Effort de réduction faible

Principaux secteurs industriels	Production (%)	Effort de réduction (%)
Exploitation en carrières	Qté moyenne 1991-2015	0%
Fabrication d'aliments	130%	10%
Fabrication de pâtes et papier	30%	10%
Première transformation des métaux	150%	4%
Fabrication de produits chimiques	30%	6%

87

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 + 28 mm
(146 mm)

	Évolution des volumes (mm)
P	+ 18
ETP	+ 36
P – ETP	- 18

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
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
Maïs sucré	15 %	stable

88

Pour le scénario 5, le scénario climatique d'Ouranos retenu entraîne une légère hausse des besoins en eau. Cette hausse est liée à la hausse de l'évapotranspiration. Nous avons également réalisé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées et des parts sous irrigation en 2050 : 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.

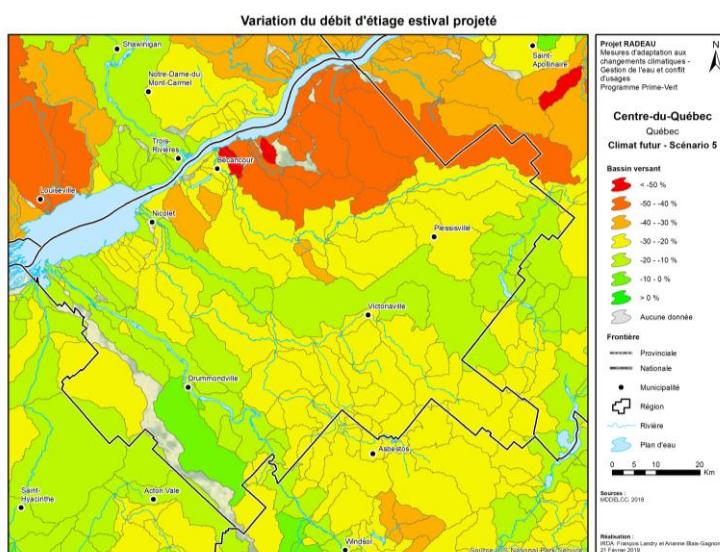
SCÉNARIO 5 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

- 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

89

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Tempéré et urbain » (no.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 aussi 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 ESTIVALS



90

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction modérée du débit d'étiage de l'ordre de 24 %, en moyenne pour la région d'étude.

BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 5

- Consommation TOTALE en hausse vs climat actuel : 79,4 Mm³/an
(Prélèvements: 95,9 Mm³/an)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Prélèvement TOTAL	63 % (61 %) ¹	37 % (39 %)	+ 17 %

- Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 5	Volume (Mm ³)	Δ vs actuel
Résidentiel	28 %	17 %	14 (18) ¹	↘
ICI réseau	28 %	18 %	14 (18)	↘
Industriel	11 %	15 %	12 (7)	↗
Agricole	34 %	50 %	40 (22)	↗

¹ (Climat actuel)

91

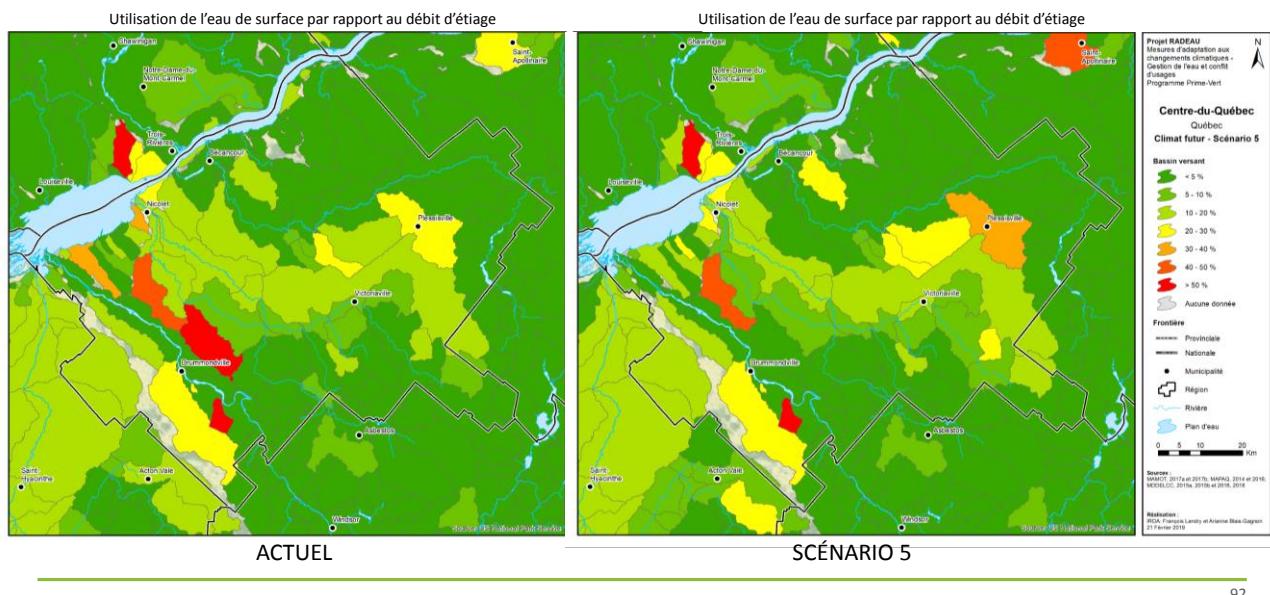
Suivant le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) la consommation globale en eau augmente en climat futur dans la région, principalement sous l'effet de l'augmentation sensible des besoins en eau pour l'irrigation des cultures, en lien avec l'augmentation des superficies cultivées en 2050 sous l'effet 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 ³ /an)	Δ vs actuel
Production végétale	70,0	79,1	31,5 (15,7) ¹	↗
Production animale	28,8	20,3	8,1 (6,5)	↗
Production piscicole	1,2	0,7	0,3 (0,3)	→

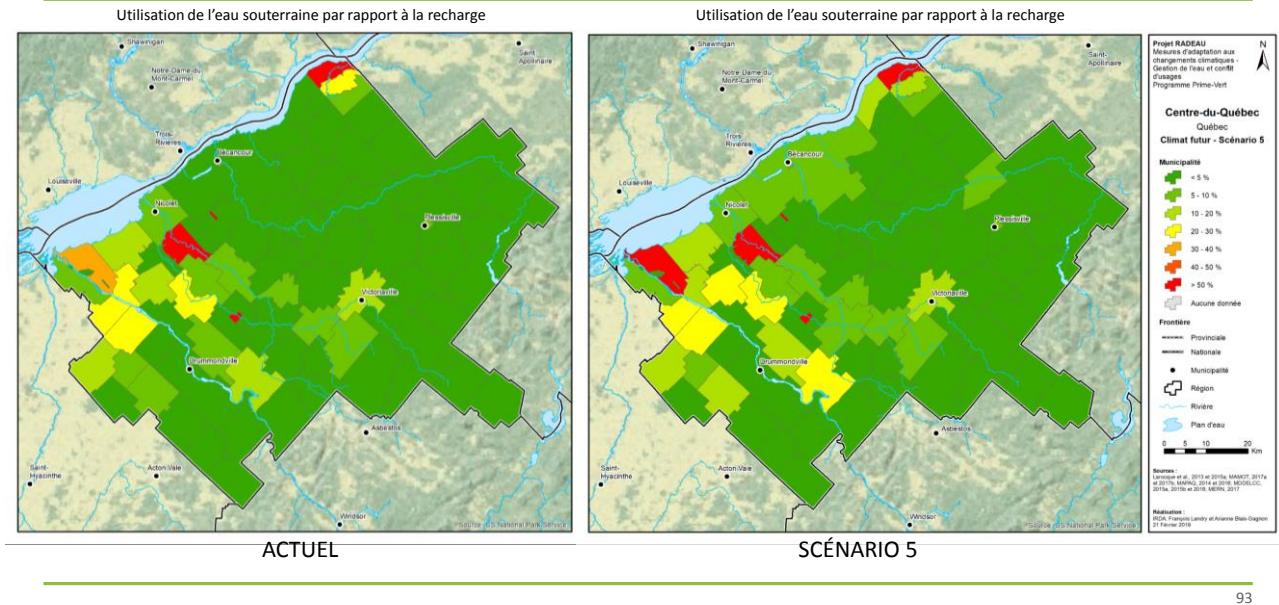
¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

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



Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction moyenne de débit d'étiage ($Q_{2,7}$) 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 varient d'un sous-bassin versant à l'autre. Le recours aux seules sources souterraines pour l'irrigation des cultures réduit la valeur des indices pour les bassins où se concentrent les productions agricoles, antérieurement irriguées en partie par l'eau de surface.

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



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%, à l'exception des municipalités de Saint-Bonaventure, Saint-Pie-de-Guire, Saint-Zéphirin-de-Courval, Sainte-Brigitte-des-Saults et Saint-Lucien (20-30%) et de Pierreville, Sainte-Monique et Deschaillons-sur-Saint-Laurent (>50%).

CONCLUSION

- Le poids démographique de la région du Centre-du-Québec est le plus bas des 5 régions étudiées, avec un peu moins de 250 000 habitants. La région occupe l'avant-dernière place pour la quantité d'eau totale consommée annuellement avec 66 Mm³. La majorité des prélèvements viennent des usagers ICI (39 %), suivis de très près par les usagers agricoles (34 %). La région du Centre-du-Québec est celle qui comble le plus ses besoins par de l'eau de surface (61 %) parmi les régions à l'étude. Les secteurs des ICI hors réseau et de l'agricole ont majoritairement recours à l'eau de surface pour s'approvisionner.
- Au Centre-du-Québec, 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.