



# LE CAFÉ DE L'EAU

Connaissances - Enjeux - Solutions

Cahier du participant

29 octobre 2024





Cet atelier d'échange de connaissances réalisé dans le cadre du Projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau est rendu possible grâce au financement du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Il est le résultat d'un travail conjoint entre l'Université Laval, l'Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE) et le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES) :

- Jimmy Mayrand, candidat au doctorat en aménagement du territoire et développement régional, U Laval
- Roxane Lavoie, professeur en aménagement du territoire et développement régional, U Laval
- René Lefebvre, professeur en hydrogéologie, INRS-ETE
- François Huchet, professionnel de recherche, INRS-ETE
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES

## Inspirations

Les inspirations pour la création de ce jeu sérieux proviennent de ces endroits. Les éléments uniques de chacun des outils permettent de refléter un besoin, afin d'ouvrir un dialogue d'échange entre les acteurs de l'eau et d'apprendre des savoirs des gens.

- Café du monde: [Communagir | Les outils d'animation - Café du monde](#)
- Atelier Trajectoire Eau et territoire: [Atelier Trajectoire Eau et Territoire \(eau-et-territoire.org\)](#)
- Triangle des Futurs: [How Can We Anticipate Plausible Futures? – Futures Platform - futures Triangle Workshop Template | Miroverse](#)

## Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient du rapport suivant:

*Ballard, J.-M., Huchet, F. et Lefebvre, R. (Juillet 2023). Modélisation numérique régionale des conditions actuelles et en climat futur des ressources en eau souterraine dans la région des anciennes lagunes de Mercier : RAPPORT FINAL (2e version révisée). Institut national de la recherche scientifique.*

Le présent document peut être cité comme suit :

*Mayrand, J., Lefebvre, R., Huchet, F., Ferlatte, M., Lavoie, R. 2024. Le Café de l'eau: Connaissances - Enjeux - Solutions. Cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'U Laval et de l'INRS-ETE, pour les acteurs de l'eau. 68 pages.*



Ce document est sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Les organisateurs de l'atelier

---

## **Le Groupe de recherche d'aide à la décision environnementale (GRADE) et l'équipe de recherche en hydrogéologie de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS)**

Le GRADE et l'INRS réalisent conjointement, dans le cadre de leurs travaux de recherche, un projet de concertation s'intitulant « développement participatif d'outils de planification pour la gestion régionale de l'eau ». Le projet proposé découle de 25 années de travaux au développement des connaissances sur les ressources en eau et de plus de 10 années d'effort consacré au transfert de ces connaissances aux acteurs de l'eau. L'expérience de l'INRS et l'Université Laval ont montré qu'il est nécessaire d'accompagner les acteurs de l'eau dans la prise d'actions relatives aux enjeux de l'eau pour qu'ils puissent s'approprier les connaissances disponibles afin d'amorcer la gestion de l'eau.

Pour en savoir plus : [www.ete.inrs.ca](http://www.ete.inrs.ca)

## **Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)**

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaires et le MDDELCC d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

Pour en savoir plus : [www.rqes.ca](http://www.rqes.ca)

## **L'OBV SCABRIC**

La Société de conservation et d'aménagement du bassin de la rivière Châteauguay (SCABRIC) est un organisme à but non lucratif incorporé en 1993 ayant pour mandat de veiller à la mise en œuvre de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV) sur le territoire de la Zone Châteauguay.

Pour en savoir plus : [www.scabric.ca](http://www.scabric.ca)



# Table des matières

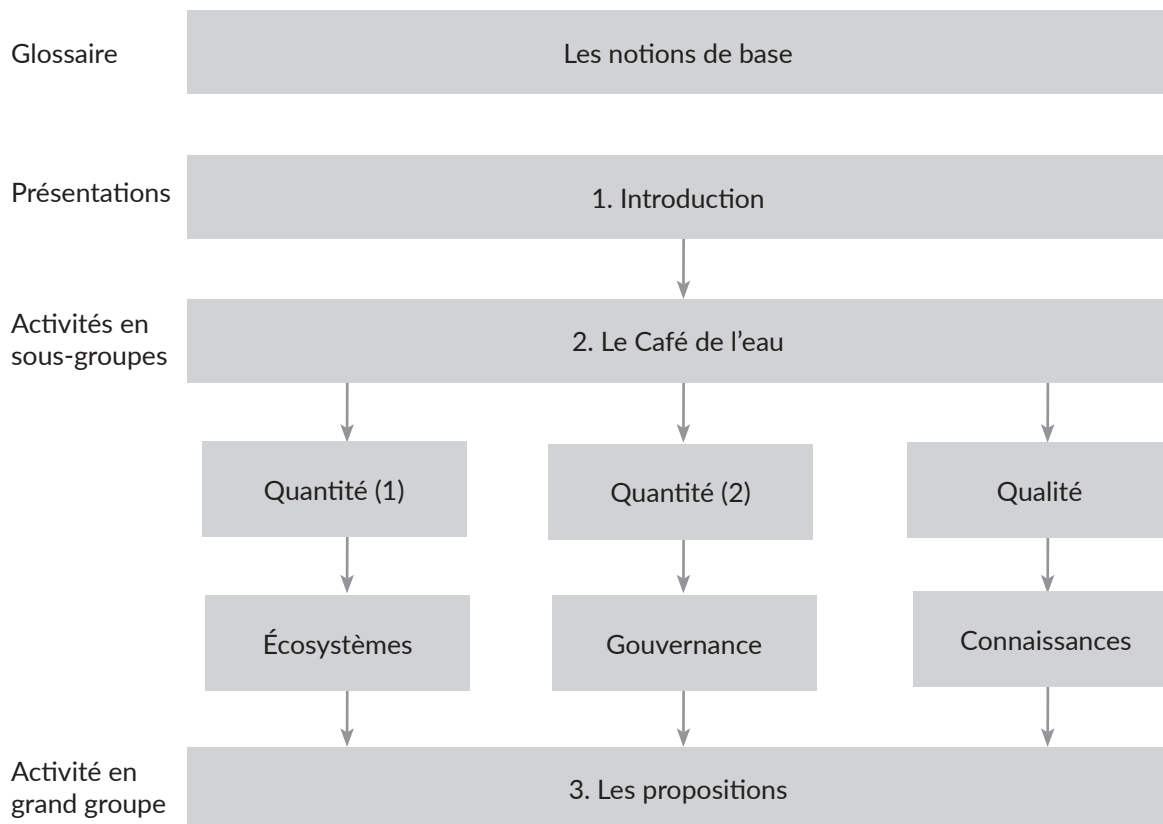
---

Les organisateurs de l'atelier	4
Guide de lecture du cahier du participant	6
Votre équipe d'animateurs et animatrices	7
Glossaire	11
<b>1- Introduction</b>	<b>17</b>
Démarche et objectifs	18
Déroulement de la journée	19
Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau	20
Utilisation du jeu sérieux pour le partage de connaissances	26
État des connaissances de la Montérégie Ouest	28
<b>2- Le Café de l'eau</b>	<b>41</b>
Activité en sous-groupes	42
Les thématiques de l'atelier de partage	52
<b>3- Les propositions</b>	<b>59</b>
Présentation des propositions	60
La suite	63
Références	64
Mes notes personnelles	66

# Guide de lecture du cahier du participant

---

## L'organisation du cahier en lien avec le déroulement de l'atelier





# Votre équipe d'animateurs et animatrices

---



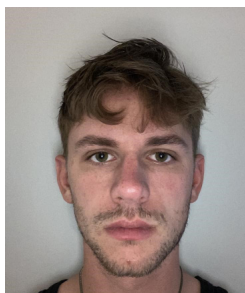
**Jimmy Mayrand**  
Candidat au doctorat en  
aménagement du territoire et  
développement régional  
Université Laval

[jimmy.mayrand.1@ulaval.ca](mailto:jimmy.mayrand.1@ulaval.ca)



**Roxane Lavoie**  
Professeure agrégée  
École supérieure d'aménagement  
du territoire et du développement  
régional  
Université Laval

[roxane.lavoie@esad.ulaval.ca](mailto:roxane.lavoie@esad.ulaval.ca)



**Antoine St-Jean**  
Candidat à la maîtrise en  
aménagement du territoire et  
développement régional

Université Laval

[antoine.st-jean.1@ulaval.ca](mailto:antoine.st-jean.1@ulaval.ca)



**François Huchet**  
Professionnel de recherche en  
hydrogéologie  
INRS-ETE

[francois.huchet@inrs.ca](mailto:francois.huchet@inrs.ca)



**Miryane Ferlatte**  
Coordonnatrice scientifique  
RQES

[rques.coord@gmail.com](mailto:rques.coord@gmail.com)



**Julie Grenier**  
Chargée de projet  
RQES

[rques.coord@gmail.com](mailto:rques.coord@gmail.com)



**Mélanie Raynauld**  
Professionnelle de recherche en  
hydrogéologie  
INRS-ETE

[melanie.raynauld@inrs.ca](mailto:melanie.raynauld@inrs.ca)



**Lisa Ramin**  
Professionnelle de recherche  
Centre de recherche en  
aménagement et en développement  
Université Laval

[lisa.ramin.1@ulaval.ca](mailto:lisa.ramin.1@ulaval.ca)





---

# **GLOSSAIRE**

---

### Âge (de l'eau souterraine)

Durée écoulée depuis l'infiltration de l'eau sous terre.

### Aire d'alimentation

Portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'eau souterraine qui y circule aboutira tôt ou tard au point de captage.

### Aléas

Est considéré comme un événement d'origine naturelle ou humaine potentiellement dangereux dont on essaie d'estimer l'intensité et la probabilité d'occurrence par l'étude des périodes de retour ou des prédispositions du site.

### Alluvion

Voir sédiment alluvial.

### Amont

Direction d'où provient l'écoulement.

### Anthropique

Résultant de l'action directe ou indirecte de l'homme.

### Aquifère

Unité géologique perméable comportant une zone saturée qui conduit suffisamment d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe et le captage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une source. C'est le contenant.

### Aquifère confiné

Aquifère isolé de l'atmosphère par un aquitard. Il contient une nappe captive.

### Aquifère de roc fracturé

Aquifère constitué de roche et rendu perméable par les fractures qui le traversent. Ces fractures permettent une circulation plus efficace de l'eau, parfois suffisante pour le captage. En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer le plus de fractures possible.

### Aquifère double

Deux aquifères composés d'unités géologiques distinctes se superposant, séparés ou non par un aquitard.

### Aquifère granulaire

Aquifère constitué de dépôts meubles perméables.

### Aquifère non confiné

Aquifère près de la surface des terrains, en contact avec l'atmosphère. Il contient une nappe libre.

### Aquifère semi-confiné

Cas intermédiaire entre l'aquifère confiné et l'aquifère non confiné, il est partiellement isolé de l'atmosphère par une unité géologique peu perméable, discontinue ou de faible épaisseur. Il contient une nappe semi-captive.

### Aquitard

Unité géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans laquelle l'eau souterraine s'écoule difficilement. Il agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.

### Argile

Minéraux à grain très fin, de taille inférieure à 0,002 mm; les pores

sont également très petits, rendant les dépôts meubles argileux très peu perméables.

### Atmosphère

Enveloppe d'air qui entoure la Terre, composée en grande partie de gaz et de vapeur d'eau.

### Aval

Direction vers laquelle se dirige l'écoulement.

### Bassin versant

Portion du territoire à l'intérieur de laquelle l'eau qui s'écoule en surface se dirige vers le même exutoire. Synonyme : Bassin hydrographique.

### Bilan hydrologique

Bilan des entrées et des sorties en eau d'une unité hydrogéologique défini (ex. : bassin versant, nappe d'eau souterraine, etc.) pendant une période de temps donné.

### Biosphère

L'ensemble des organismes vivants, végétaux et animaux.

### Blocs

Grain très grossier, d'un diamètre supérieur à 250 mm (de parfois plusieurs mètres). Synonymes : Pierres, Boulders.

### Cailloux

Grain très grossier, d'un diamètre compris entre 75 et 250 mm. Synonyme : Galets.

### Capacité d'emménagement

Capacité d'un aquifère à stocker de l'eau; estimée par le coefficient d'emménagement.

### Capacité spécifique

Débit d'eau pompée d'un puits divisé par le rabattement occasionné. Donne un aperçu de la capacité de production du puits.

### Captage de source

Aménagement d'une installation qui capte l'eau souterraine faisant résurgence naturellement à la surface du sol.

### Charge hydraulique (h)

Hauteur atteinte par l'eau souterraine dans un puits pour atteindre l'équilibre avec la pression atmosphérique; généralement exprimée par rapport au niveau moyen de la mer.

### Coefficient d'emménagement (S)

Volume d'eau libéré (ou emmagasiné) par unité de surface d'un aquifère par une baisse (ou une remontée) unitaire de charge hydraulique (adimensionnel – ex. : en mètres cubes par mètres cubes)

### Collines Montérégiennes

Chaînon de collines de roches intrusives datant de l'ère géologique du Mésozoïque qui s'étire d'ouest en est d'Oka jusqu'au Mont Mégantic. Elles correspondent à des intrusions de magma dans les roches sédimentaires de la Plate-forme du Saint-Laurent et des Appalaches. Elles ont été mises à nu par l'érosion, car elles sont plus résistantes que les roches sédimentaires encaissantes.

### Concentration maximale acceptable (CMA)

Seuil de paramètres bactériologiques, physiques ou chimiques



que l'eau potable ne doit pas dépasser afin d'éviter des risques pour la santé humaine provient du Règlement sur la qualité de l'eau potable du Gouvernement du Québec.

### Condensation

Processus par lequel la vapeur d'eau se transforme en phase liquide.

### Conductivité hydraulique (K)

Aptitude d'un milieu poreux à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique; aussi appelée coefficient de proportionnalité de Darcy; exprimée en L/t (ex. : m/s), mais à ne pas confondre avec une vitesse d'écoulement. Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

### Cône de rabattement

Dépression, en forme de cône ouvert vers le haut, de la surface piézométrique d'une nappe d'eau souterraine, qui définit le domaine d'influence du pompage dans un puits.

### Contamination diffuse

Contamination de l'eau souterraine provenant de sources de contaminants réparties sur une grande superficie de territoire (ex. : fertilisants, pesticides, etc.).

### Contamination ponctuelle

Contamination de l'eau souterraine provenant d'une source de contaminants de petite superficie et pouvant assimilée à un point (ex. : réservoir d'hydrocarbure, site de déversement, etc.).

### Contexte hydrogéologique

Répartition spatiale des unités géologiques (dépôts meubles ou roche), tenant compte de leur perméabilité respective.

### Contexte hydrostratigraphique

Séquence type d'unités géologiques stratifiées (ex. : argile en surface reposant sur du till qui à son tour repose sur le socle rocheux).

### Courbe piézométrique

Voir isopièze.

### Crue

Représente une montée du niveau de l'eau d'une rivière nettement au-dessus des niveaux habituels. Une crue printanière se produit lors de la fonte de la neige et de la glace au printemps, alors que les crues estivales, aussi appelées crue éclair, peuvent se produire en été lors d'une pluie abondante. Une crue peut être un facteur favorisant une inondation dans un secteur, quoiqu'elle n'en soit pas toujours la cause.

### Cycle de l'eau

Cycle complet des phénomènes subis par l'eau depuis la vapeur d'eau atmosphérique, en passant par l'état liquide ou solide sous forme de précipitations, pour s'écouler sur ou sous la terre jusqu'à la mer, et finalement retourner à la forme de vapeur d'eau atmosphérique par l'action de l'évapotranspiration.

### Débit de base

Part du débit d'un cours d'eau qui provient essentiellement de l'apport des eaux souterraines en période d'étiage.

### Décharge

Voir résurgence.

### Delta

Plaine triangulaire formée par les alluvions d'une rivière à son embouchure, souvent partagée en plusieurs bras.

### Dépôt alluvionnaire

Voir sédiment alluvial.

### Dépôt éolien

Voir sédiment éolien.

### Dépôt fluvioglaciaire

Voir sédiment fluvioglaciaire.

### Dépôt glaciaire

Voir sédiment glaciaire.

### Dépôt meuble

Matériau non consolidé qui provient de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvre (ex. : sable, silt, argile, etc.). Synonymes : Mort terrain, Dépôt quaternaire, Dépôt non consolidé, Formation superficielle, Sédiment.

### Dépôt organique

Voir sédiment organique.

### Dissolution

Mise en solution d'un solide dans un liquide.

### DRASTIC

Système de cotation numérique utilisé pour évaluer la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère, soit sa susceptibilité de se voir affecter par une contamination provenant directement de la surface. Les sept facteurs considérés pour le calcul de l'indice sont : la profondeur du toit de la nappe, la recharge, la nature de l'aquifère, le type de sol, la pente du terrain, l'impact de la zone vadose et la conductivité hydraulique de l'aquifère. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination.

### Dune

Accumulation de sédiments sableux sous forme de crête par l'action du vent.

### Eau météorique

Eau qui provient des précipitations atmosphériques (pluie, neige, grésil ou grêle).

### Eau souterraine

Toute eau présente dans le sous-sol et qui remplit les pores des unités géologiques (à l'exception de l'eau de constitution, c'est-à-dire entrant dans la composition chimique des minéraux). C'est le contenu de l'aquifère.

### Écoulement (de l'eau)

Mouvement de l'eau, sous sa phase liquide, en surface ou sous terre.

### Écoulement hypodermique

Eau qui circule horizontalement dans les couches supérieures du sol (zone vadose), sans atteindre la nappe phréatique, et qui ressurgit rapidement dans le réseau hydrographique en surface. Synonyme : Ruissellement hypodermique.

### Enjeu

Représente la valeur humaine, économique ou environnementale des éléments exposés à l'aléa. En d'autres termes, il constitue ce

que l'on risque de perdre et rassemble par conséquent à la fois les biens et les personnes.

### Érosion

Ensemble des processus d'altération chimique ou mécanique et de transport des matériaux géologiques en direction aval de la pente des terrains.

### Esker

Unité géologique formée de sédiments fluvioglaciaires accumulés dans le lit d'un cours d'eau qui s'écoulait dans un tunnel à la base d'un glacier, formant un cordon sinueux et allongé de sables et de graviers.

### Espace de liberté des cours d'eau

Représente l'espace d'inondabilité et de mobilité d'un cours d'eau. L'espace de liberté comprend également les milieux humides riverains. Il réfère ainsi à l'espace susceptible d'être inondé lors des crues de différentes magnitudes et à l'espace nécessaire au déplacement latéral du lit du cours d'eau, en fonction de la dynamique naturelle d'érosion et de sédimentation.

### Essai hydraulique

Test réalisé sur le terrain ou en laboratoire afin de mesurer certaines propriétés hydrauliques d'une unité géologique.

### Étiage

Niveau et débit minimaux atteints par un cours d'eau en période sèche.

### Évaporation

Processus par lequel l'eau initialement à l'état liquide passe dans l'atmosphère en phase gazeuse.

### Évapotranspiration

Processus combinés par lesquels de l'eau est transférée vers l'atmosphère par évaporation de la surface des terres et des océans et par la transpiration de la végétation.

### Exutoire

Ouverture ou passage par lequel s'écoule le débit sortant d'un réservoir ou d'un cours d'eau.

### Fracture

Terme général désignant toute cassure, souvent d'origine tectonique, de terrains, de roches, voire de minéraux, avec ou sans déplacement relatif des parois. Ces ouvertures peuvent être occupées par de l'air, de l'eau, ou d'autres matières gazeuses ou liquides.

### Glaciation

Période glaciaire durant laquelle des conditions climatiques froides entraînent l'établissement et l'extension d'imposantes masses de glace sur une part importante des continents.

### Gradient (de charge) hydraulique

Différence de charge hydraulique entre deux points, divisée par la distance entre ces deux points. L'eau souterraine s'écoule d'un point où la charge hydraulique est la plus élevée vers un point où elle est la plus basse.

### Granulométrie

Mesure de la taille des grains et de sa variation dans un dépôt meuble ou une roche.

### Gravier

Grain grossier, d'un diamètre compris entre 2 et 75 mm.

### Hydrosphère

Eau située à la surface de la Terre, dans les océans, les rivières, les lacs et les glaciers, ainsi que les eaux souterraines.

### Indice DRASTIC

Voir DRASTIC.

### Inlandsis

Glacier en forme de calotte recouvrant un continent, ou une grande partie d'un continent.

### Isopièze

Sur une carte, ligne joignant les points de même charge hydraulique (à la manière des courbes de niveau topographique). L'écoulement de l'eau souterraine s'effectue perpendiculairement aux isopièzes, soit des charges hydrauliques plus élevées vers les plus basses.

### Jaillissant

Voir puits artésien.

### Kame

Sédiments fluvioglaciaires accumulés dans une cavité ou une dépression du glacier, qui après la fonte de la glace forment de petits monticules.

### Karst

Cavité formée dans des roches carbonatées (essentiellement les calcaires) fortement affectées par l'érosion souterraine. Des rivières souterraines peuvent s'écouler dans les réseaux de tunnels et de grottes karstiques, connues pour leurs stalagmites et leurs stalactites, où l'on pratique la spéléologie.

### Kettle

Dépression de terrain en forme de chaudron résultant de la fonte tardive d'un bloc de glace détaché d'un glacier dans une plaine d'épandage.

### Lac proglaciaire

Dépression envahie par les eaux de fonte, en marge des glaciers.

### Ligne de partage des eaux

Limite topographique de part et d'autre de laquelle l'eau s'écoule dans des directions opposées. Elle sépare les bassins versants contigus.

### Lithosphère

Enveloppe rocheuse de la Terre, comprenant la croûte extérieure solide du globe et une partie du manteau supérieur.

### Matrice

Ensemble de particules fines englobant des particules plus grossières.

### Mer de Champlain

Invasion d'eaux salées de l'océan Atlantique dans la dépression des Basses-terres du Saint-Laurent, suite au retrait de l'inlandsis Laurentidien, entre 13 000 et 9 000 ans.

### Milieu humide

Terre inondée ou saturée d'eau assez longtemps pour influencer la végétation et le sol sous-jacent.

### Moraine

Accumulation de sédiments glaciaires formée à la base d'un glacier (moraine de fond), à son front (moraine frontale), sur ses côtés (moraine latérale) ou dans des crevasses (moraine De Geer). Certaines moraines peuvent avoir été rendues perméables grâce au lessivage de leurs particules fines par l'eau de fonte du glacier.

### Nappe captive

Nappe d'eau souterraine limitée au-dessus par une unité géologique imperméable. Elle est soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui fait que lorsqu'un forage perce cette couche, le niveau de l'eau monte dans le tubage, et parfois dépasse le niveau du sol (puits artésien jaillissant).

### Nappe libre

Nappe d'eau souterraine située la plus près de la surface des terrains, qui n'est pas couverte par une unité géologique imperméable. Elle est en contact avec l'atmosphère à travers la zone non saturée des terrains.

### Nappe perchée

Nappe d'extension limitée, située au-dessus du toit de la nappe libre (dans la zone non saturée), attribuable à la présence d'une unité géologique très peu perméable à sa base.

### Nappe phréatique

Ensemble des eaux souterraines comprises dans la zone saturée d'un aquifère et accessibles par des puits.

### Nappe semi-captive

Cas intermédiaire entre la nappe libre et la nappe captive, elle est partiellement limitée au-dessus par une unité géologique peu perméable, discontinue ou de faible épaisseur.

### Niveau dynamique

Niveau d'eau mesuré dans un puits dans lequel il y a pompage ou influencé par un pompage voisin.

### Niveau piézométrique

Voir charge hydraulique.

### Niveau statique

Niveau d'eau mesuré dans un puits dans lequel il n'y a pas de pompage et n'est pas influencé par un pompage voisin.

### Objectifs esthétiques (OE)

Recommandation pour des paramètres physiques ou chimiques ayant un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût, etc.), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine.

### Panache de contamination

Zone d'un aquifère contenant de l'eau dégradée par la migration d'un polluant.

### Périmètre de protection

Surface entourant une source ou un puits où des mesures de protection sont prises pour éviter la contamination des eaux souterraines.

### Perméabilité (k)

Aptitude d'un milieu poreux à se laisser traverser par un fluide (liquide ou gazeux), sous l'effet d'un gradient de pression; apparenté à la conductivité hydraulique.

### Perméable

Milieu se laissant facilement traverser par un fluide, notamment l'eau; caractéristique estimée par la perméabilité ou la conductivité hydraulique.

### Piézométrie

Représente l'élévation du niveau de l'eau souterraine dans un aquifère, tout comme la topographie représente l'altitude du sol. Elle indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va perpendiculairement des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.

### Plaine d'épandage

Territoire plat situé en aval d'un glacier où les sédiments fluvioglaciaires s'accumulent.

### Plate-forme du Saint-Laurent

Province géologique constituée de roches sédimentaires peu ou pas déformées, datant du Paléozoïque, divisée en deux secteurs : les Basses-Terres du Saint-Laurent (région de Montréal et Québec) et Mingan-Anticosti.

### Pointe filtrante

Ouvrage de captage peu profond utilisant un tubage dont le diamètre intérieur est d'au plus 8 cm et dont la partie terminale crépignée et munie d'une pointe perforante. Ce type de captage est aménagé en enfonçant manuellement ou mécaniquement le tubage dans un dépôt meuble.

### Pore

Interstice dans une unité géologique qui n'est occupé par aucune matière minérale solide. Cet espace vide peut être occupé par de l'air, de l'eau, ou d'autres matières gazeuses ou liquides.

### Porosité

Rapport, exprimé en pourcentage, du volume des pores (ou espaces vides) d'un matériau sur son volume total. Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.

### Potentiel aquifère

La capacité d'un système aquifère à fournir un débit d'eau souterraine important de manière soutenue.

### Précipitation

Vapeur d'eau condensée tombant de l'atmosphère sous forme de pluie, de neige, de grésil ou de grêle.

### Propriétés hydrauliques

L'ensemble des paramètres quantifiables permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité, perméabilité, conductivité hydraulique, transmissivité, coefficient d'emmagasinement, capacité spécifique, etc.).

### Puits artésien

Puits qui capte de l'eau dont la pression est suffisante pour la faire remonter au-dessus du toit de la nappe libre.

### Puits artésien jaillissant

Puits qui capte de l'eau dont la pression est suffisante pour la faire remonter au-dessus de la surface du sol.

### Puits de surface

Ouvrage de captage de diamètre relativement important



(supérieur à 60 cm) et peu profond (max 9 m), dans un terrain où le toit de la nappe est près de la surface.

#### **Puits tubulaire**

Ouvrage de captage généralement de petit diamètre (15,2 cm), de grande profondeur (45 m en moyenne au Québec) et aménagé avec une foreuse par une firme de puisatier.

#### **Quaternaire**

Période géologique de l'ère du Cénozoïque, la plus récente dans l'échelle des temps géologiques, de 2,6 millions d'années à aujourd'hui.

#### **Rabatement**

Abaissement de la charge hydraulique et de la surface piézométrique causé par le pompage de l'eau souterraine dans un puits.

#### **Rayon d'influence**

Distance mesurée par rapport à l'axe du puits, à l'intérieur de laquelle la nappe est influencée par le pompage dans le puits et où la surface piézométrique subit un rabattement.

#### **Recharge**

Renouvellement en eau de la nappe, par infiltration de l'eau des précipitations dans le sol et percolation jusqu'à la zone saturée : elle correspond à la quantité d'eau (en mm/an) qui s'infiltre dans le sol et atteint la nappe phréatique. L'estimation de la recharge est nécessaire pour évaluer les ressources disponibles en eau souterraine, car les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent du renouvellement de l'eau souterraine. Un niveau d'exploitation inférieur à 20% de la recharge est généralement jugé durable. La recharge est liée aux conditions climatiques, à l'occupation du sol et aux propriétés physiques du sol, soit sa capacité à laisser s'infiltre l'eau. Comme ces facteurs varient d'un endroit à l'autre, la recharge n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire. Elle se produit également de façon saisonnière, principalement au printemps lors de la fonte des neiges, et à l'automne lorsque l'évapotranspiration diminue.

#### **Recharge préférentielle (zone de...)**

Portion du territoire où la recharge d'une nappe se produit de façon plus importante que dans les environs.

#### **Relèvement isostatique**

Remontée de la croûte terrestre suivant la déglaciation, par diminution de la charge qu'infligeait le poids de la glace.

#### **Réseau hydrographique**

Ensemble des rivières et autres cours d'eau permanents ou temporaires, ainsi que des lacs et des réservoirs, dans une région donnée.

#### **Résurgence**

Émergence en surface de l'eau, au terme de son parcours dans l'aquifère, lorsque le niveau piézométrique de la nappe dépasse le niveau de la surface du sol. Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire qu'elles s'étendent sur une assez grande surface. Par exemple, les cours d'eau constituent souvent des zones de résurgence, tout comme les milieux humides. Elles sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis, et constituent alors des sources. En période d'étiage, l'essentiel de l'eau qui s'écoule dans les cours d'eau provient de l'apport des eaux souterraines. Cette eau contribue alors au débit de base des cours d'eau.

#### **Risque**

Résulte de la combinaison d'un ou de plusieurs aléa(s) d'un niveau donné avec les enjeux.

#### **Roche ignée**

Roche formée par refroidissement et solidification du magma à la surface (roche volcanique) ou en profondeur (roche intrusive), et qui n'a pas subi d'altération notable depuis sa formation. Synonyme : Roche magmatique.

#### **Roche intrusive**

Roche ignée formée par refroidissement et solidification du magma en profondeur. Synonyme : Roche plutonique.

#### **Roche métamorphique**

Résultat de la transformation de roches préexistantes soumises à des pressions et à des températures très élevées.

#### **Roche sédimentaire**

Roche formée par l'accumulation de matériaux érodés provenant d'autres roches (roche détritique), de matière organique (roche organogène), de certains éléments minéraux synthétisés par des organismes vivants (roche biochimique) ou de la précipitation d'une solution chimique (roche chimique).

#### **Roche volcanique**

Roche ignée formée par refroidissement et solidification du magma (lave) à la surface. Synonyme : Roche extrusive.

#### **Ruissellement**

Écoulement de l'eau qui se fait librement à la surface du sol et qui alimente directement les cours d'eau.

#### **Rythmite**

Séquence de sédiments qui se répète de façon cyclique.

#### **Sable**

Grains d'un diamètre compris entre 0,05 et 2 mm.

#### **Sable deltaïque**

Accumulation de sédiments sableux dans un delta.

#### **Sable littoral**

Accumulation de sédiments sableux sur une plage.

#### **Saumure**

Eau dont la salinité est supérieure à celle de l'eau de mer.

#### **Sécheresse**

Période anormalement sèche et suffisamment prolongée pour que l'absence de précipitation provoque un grave déséquilibre hydrologique.

#### **Sécheresse agricole**

Se caractérise par un manque d'eau dans la couche supérieure du sol (environ un mètre), ce qui affecte négativement les conditions de croissance des cultures. Elle est causée par un déficit prolongé de précipitations et ses impacts varient en fonction des propriétés du sol et des types de culture. Les sécheresses agricoles sont généralement associées à une baisse de rendements des récoltes et à une pénurie d'eau. Elles sont d'autant plus graves si elles surviennent à des moments critiques du cycle de croissance des plantes, notamment lors de la germination.

### Sécheresse hydrologique

Conséquence d'une sécheresse qui affecte les eaux de surface et souterraines. Elle se produit notamment lorsque le niveau des cours d'eau baisse considérablement, un phénomène que l'on nomme « étiage ».

### Sédiment alluvial

Dépôt meuble formé de matériau transporté par les cours d'eau.

### Sédiment éolien

Dépôt meuble formé de matériau transporté et déposé par l'action du vent.

### Sédiment fluvioglaciaire

Dépôt meuble mis en place par un cours d'eau provenant de la fonte d'un glacier, généralement stratifié selon les variations en énergie de leurs courants.

### Sédiment glaciaire

Dépôt meuble formé de matériau transporté et déposé par les glaciers.

### Sédiment organique

Dépôt meuble formé par l'accumulation de matière organique non décomposée dans un milieu humide.

### Silt

Grain d'un diamètre compris entre 0,002 et 0,05 mm, soit plus large que l'argile et plus petit que le sable. Synonyme : Limon.

### Socle rocheux

Matériau géologique consolidé qui constitue la croûte terrestre.

### Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

### Surface piézométrique

Surface représentant la charge hydraulique en tout point de l'eau souterraine. Voir piézométrie.

### Taux de renouvellement

Rapport entre la recharge annuelle d'une nappe et la quantité d'eau contenue dans l'aquifère.

### Temps de résidence

Durée pendant laquelle l'eau demeure sous terre, depuis son infiltration jusqu'à sa résurgence.

### Till

Dépôt glaciaire mis en place par un glacier, composé de sédiments de toutes tailles dans n'importe quelle proportion, généralement dans une matrice de sédiments fins.

### Toit de la nappe

Limite supérieure de la nappe. Dans le cas d'une nappe libre, elle correspond à la surface supérieure de la zone saturée (aussi appelée surface libre) et peut donc fluctuer. Dans le cas d'une nappe captive, elle correspond à la base de l'aquifère situé au-dessus de la nappe et ne peut donc pas fluctuer.

### Transmissivité (T)

Aptitude d'un aquifère à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique; c'est le produit de la conductivité hydraulique par l'épaisseur de l'aquifère; exprimée en  $L^2/t$  (ex. : en mètres carrés par seconde).

### Type bicarbonaté-calcique

Eau souterraine récemment infiltrée faiblement minéralisée, ayant une composition chimique associée à celle de l'eau de pluie (mais plus minéralisée). Type  $Ca-HCO_3$ .

### Type chloruré-sodique

Eau souterraine anciennement infiltrée fortement minéralisée, ayant une salinité élevée caractéristique des saumures ou des eaux d'origine marine. Type  $Na-Cl$ .

### Type d'eau

Classification de l'eau souterraine selon sa composition chimique en ions majeurs, indiquant son origine, son âge relatif et son degré d'évolution.

### Type sulfaté-sodique

Eau souterraine moyennement minéralisée, dont la durée écoulée depuis son infiltration est typiquement intermédiaire entre les types bicarbonaté-calcique et chloruré-sodique. Type  $Na-SO_4$ .

### Unité géologique

Ensemble de roches ou dépôts meubles de même nature et possédant des caractéristiques communes. Synonymes : Corps géologique, Unité lithologique.

### Varve

Élément d'une séquence annuelle de mise en place de rythmites d'argile et de silt au fond d'un lac, suivant l'énergie saisonnière des apports.

### Zone de captage

Voir aire d'alimentation.

### Zone de recharge

Zone où les précipitations s'infiltrant dans le sol pour atteindre la zone saturée.

### Zone de vulnérabilité

Zone où l'eau souterraine est vulnérable à la contamination, c'est-à-dire sensible face à un contaminant provenant de la surface.

### Zone non saturée

Zone comprise entre la surface du sol et le toit de la nappe dans laquelle les pores de l'unité géologique contiennent de l'air et ne sont pas entièrement remplis d'eau.

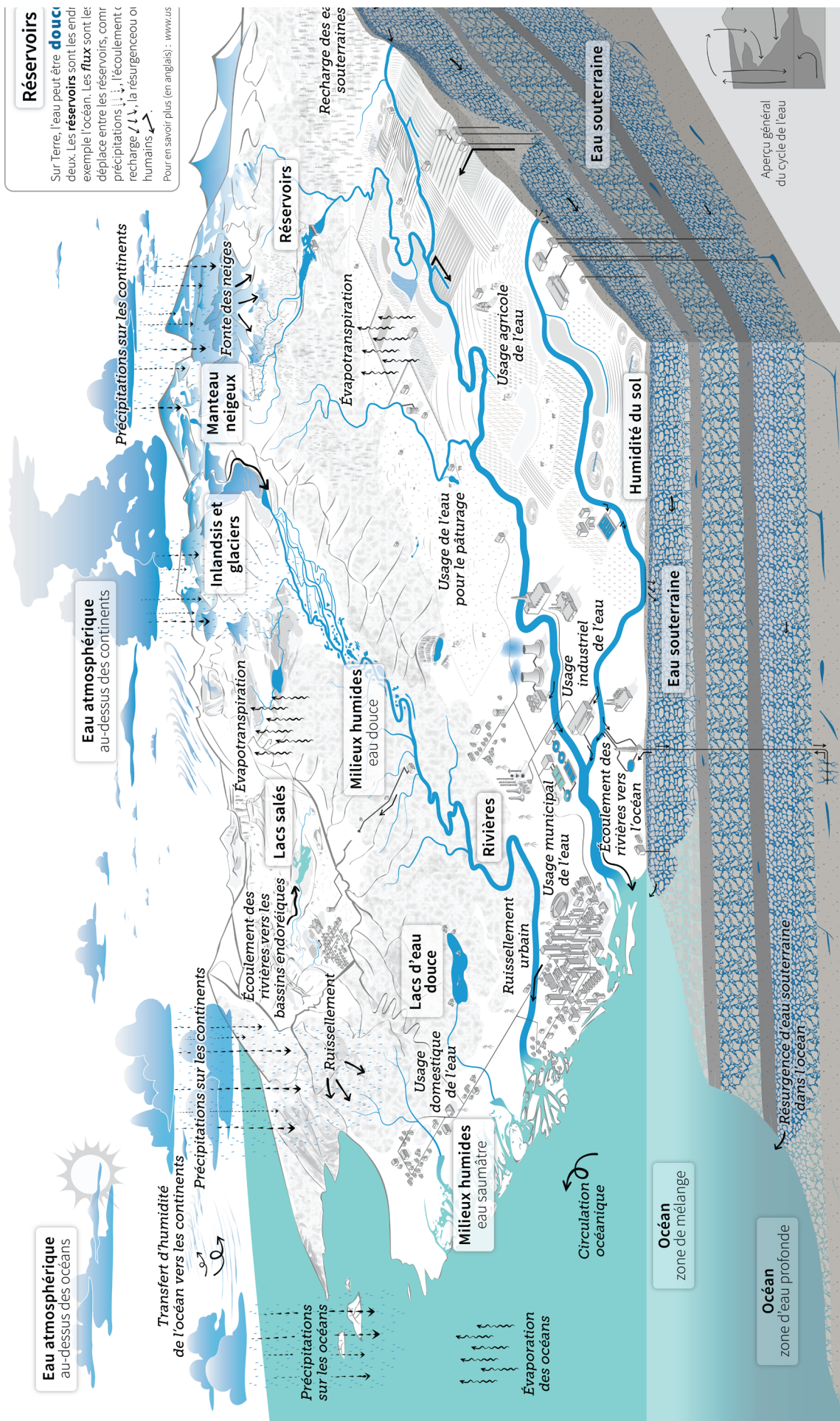
### Zone saturée

Zone située sous le toit de la nappe dans laquelle les pores de l'unité géologique sont entièrement remplis d'eau.

### Zone vadose

Voir zone non saturée.





## Réservoirs

Sur Terre, l'eau peut être **douce** ou **salée**. Les **réservoirs** sont les endroits où l'eau se stocke. Les **flux** sont les déplacements entre les réservoirs, comme les précipitations, l'évaporation, l'écoulement, la recharge, la resurgence ou les usages humains.

Pour en savoir plus (en anglais) : [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

## Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau décrit où se trouve l'eau sur la Terre et comment elle se déplace. L'eau est stockée dans l'atmosphère, à la surface des continents et dans le sol. Elle peut se trouver sous forme liquide, solide ou gazeuse. L'eau liquide peut être douce, salée ou saumâtre. L'eau se déplace entre les lieux où elle est stockée, à des vitesses différentes selon son état (ex. : gazeux ou liquide) et son emplacement (ex. : dans un cours d'eau de surface ou dans les aquifères). L'eau circule naturellement et sous l'action des humains. L'utilisation humaine modifie les stocks, les flux et la qualité de l'eau.

Les **réservoirs** stockent l'eau. 96% de toute l'eau est stockée dans les **océans** et est salée. Sur les continents, on trouve aussi de l'eau salée dans certains **lacs salés**. L'eau douce est stockée sous forme liquide dans les **lacs**, les **réservoirs artificiels**, les **rivières** et les **zones humides**. L'eau est stockée sous forme solide dans les **inlandsis** et les **glaciers**, ainsi que dans le **manteau neigeux** à haute altitude ou dans les régions polaires. La **vapeur d'eau** est un gaz qui est contenu dans l'**atmosphère** au-dessus des océans et des terres. Dans le sol, l'eau gelée est stockée sous forme de **pergélisol** dans les régions très froides et l'eau liquide est stockée sous forme d'**humidité du sol** dans la zone vadose et à plus grande profondeur. L'eau liquide est stockée sous forme d'**eau souterraine** dans les aquifères. Cette dernière circule dans les pores des sédiments non consolidés (par exemple, sable, gravier, till) ou dans les fissures, les fractures et/ou les pores des roches (par exemple, grès, calcaire, granite).

On mesure le **flux** d'eau entre ces différents réservoirs. Au cours de ces déplacements, l'eau peut changer de phase : état gazeux, liquide ou solide. La **circulation** mélange l'eau dans les océans et transporte la vapeur d'eau dans l'atmosphère. L'eau se déplace entre l'atmosphère et la surface par le **l'évaporation**, de l'**évapotranspiration** et des **précipitations**. L'eau se déplace à la surface des continents via la **fonte du manteau neigeux**, le **ruissellement** et l'**écoulement des rivières**. L'eau pénètre dans le sol via l'**infiltration** et la **recharge des eaux souterraines**. Une fois sous terre, dans la zone saturée, l'eau souterraine circule dans les aquifères. Cette eau peut retourner à la surface par sa resurgence dans les cours d'eau, les **sources** et les océans.

Les êtres humains altèrent le cycle de l'eau. Nous détournons le cours des rivières. Nous construisons des barrages pour stocker l'eau. Nous asséchons les minéraux humides pour le développement. Nous exploitons l'eau des rivières, des lacs, des réservoirs et des aquifères pour alimenter nos **foyers** et nos **communautés**, irriguer nos cultures et le bétail en **pâturages**. Nous utilisons l'eau pour des activités **industrielles**, notamment le refroidissement des centrales thermoelectriques, l'extraction de minerais et l'aquaculture. La quantité d'eau disponible dépend de la quantité d'eau contenue dans chacun des réservoirs. Elle dépend aussi de la fréquence et la vitesse d'écoulement, la quantité en utilisation, et sa propreté.

Nous altérons la **qualité** de l'eau. Les rejets de polluants urbains, l'irrigation et les engrais et de pesticides v des centrales thermoelectriques et des usines rejettent de l'eau. Les usages nuisibles, les sédiments et des eaux usées de ces sources, l'eau contenue dans les réservoirs, les écosystèmes. Les **changements climatiques** modifient la quantité, la fréquence et la vitesse d'écoulement de l'eau. Ils ont des impacts météorologiques extrêmes et nous aidera à utiliser l'eau.

# 1

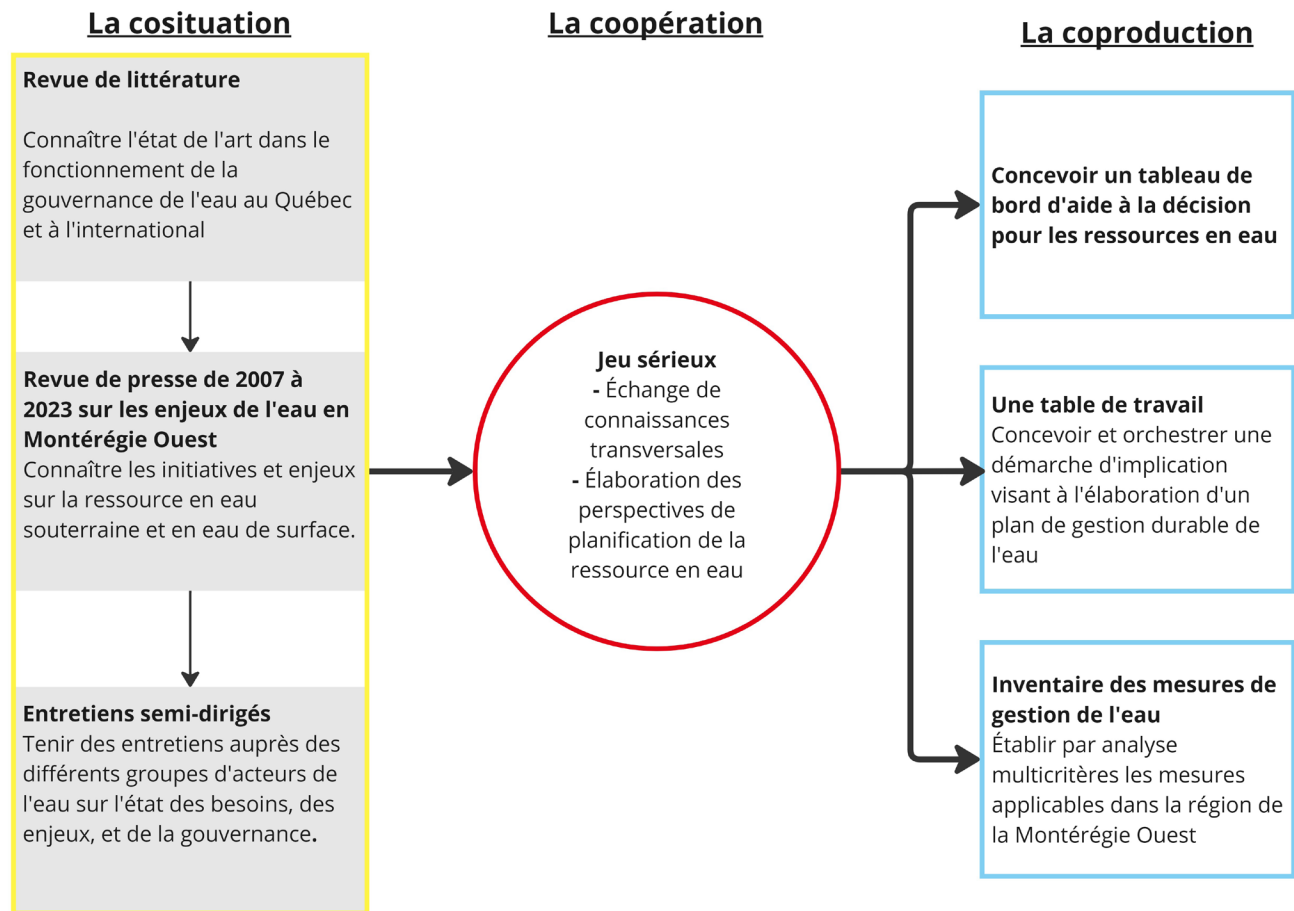
---

## Introduction



# Démarche et objectifs

Le projet de recherche visant l'accompagnement des acteurs de l'eau régionaux pour l'élaboration d'une gestion régionale des ressources en eau s'étend de mars 2021 à mars 2027. Le projet comprend les étapes détaillées ci-dessous:



L'objectif général du projet est de concevoir et orchestrer une démarche d'implication visant un processus d'élaboration d'une stratégie de gestion durable de l'eau par et avec les parties prenantes. L'atelier d'aujourd'hui vise à mettre en place une table de travail pour développer un plan régional de gestion de l'eau. Les objectifs spécifiques sont de :



- Réaliser un échange transversal des connaissances (praticien-chercheur, chercheur-praticien);
- Apprendre sur les enjeux de tous types liés à l'eau en Montérégie Ouest, spécifiquement pour les besoins de l'approvisionnement résidentiel, municipal, agricole et industriel;
- Assurer la gestion concertée de l'eau, via un « processus collaboratif » impliquant tous les acteurs de l'eau concernés;
- Identifier la réalité des besoins actuels et dans une perspective de changement climatique (comment prévoir la consommation, quand, comment, etc.) en eau selon leurs activités;
- Élaborer des perspectives (actions, projets, mesures, etc.) de planification de l'approvisionnement de la ressource en eau vers une gestion régionale de l'eau.

# Déroulement de la journée

8h30	<b>➤ Accueil des participants</b>
<b>INTRODUCTION</b>	
9h00	<b>➤ Introduction</b> Présentation du contexte, des objectifs et du déroulement de la journée
9h10	<b>➤ État des connaissances sur les ressources en eau de la Montrégie Ouest</b> Présentation des connaissances sur les eaux de surface par la SCABRIC Présentation des connaissances sur les eaux souterraines par l'INRS
<b>LE CAFÉ DE L'EAU</b>	
10h00	<b>➤ Introduction au jeu sérieux pour le partage de connaissances</b> Présentation du déroulement de l'activité en sous-groupes, des hôtes de table et des 6 thématiques
10h15	<b>➤ PAUSE - CAFÉ</b> 
10h30	<b>➤ 1<sup>ère</sup> vague d'échanges</b> Quels sont les enjeux régionaux liés à votre thématique ?
11h15	<b>➤ 2<sup>e</sup> vague d'échanges</b> Quels sont les perspectives des ressources en eau, qu'est-ce qu'on aimerait avoir dans 5 ou 10 ans ?
12h00	<b>➤ LUNCH : SERVICE TRAITEUR OFFERT SUR PLACE</b> 
12h45	<b>➤ 3<sup>e</sup> vague d'échanges</b> Quels sont les freins et les facilitateurs du passé et du présent ? Quels sont les rôles et responsabilités que l'on souhaite ?
13h30	<b>➤ PAUSE - CAFÉ</b> 
13h45	<b>➤ 4<sup>e</sup> vague d'échanges</b> Comment bâtir la perspective de gestion régionale de l'eau ? Quelles sont les actions de gestion régionale de l'eau ?
14h30	<b>➤ PAUSE - CAFÉ</b>
<b>LES PROPOSITIONS</b>	
14h45	<b>➤ Partage des propositions en grand groupe</b> Échanges et réactions sur les 6 propositions
15h45	<b>➤ Activité de clôture et mots de remerciement</b>
16h00	<b>➤ Fin de l'atelier</b>



# Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau

La conception de l'atelier de partage découle du projet de recherche, cité plus haut, qui vise à accompagner les acteurs régionaux de l'eau par la conception d'une démarche collaborative impliquant de nouveaux outils de planification, afin d'assurer la gestion durable des ressources en eau et la résilience des approvisionnements en eau municipaux. Cette démarche, ainsi que les nouveaux outils, a pour objectif de renforcer les outils de planification déjà en place et de favoriser la collaboration entre les acteurs de l'eau régionaux. Le projet permettra aux acteurs de l'eau de développer des plans régionaux de gestion et d'approvisionnement des ressources en eau. Le projet dans son ensemble est supporté par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Un comité de suivi du projet sera créé. Il impliquera, en plus du MELCCFP, Ouranos, le MAPAQ, le MAMH et la SCABRIC comme partenaire de réalisation.

## Zone d'étude

Le territoire qui a été retenu pour comprendre les défis des acteurs et la conception d'une démarche collaborative est la Montérégie Ouest, au sud du Québec. La rivière de la Châteauguay, le fleuve Saint-Laurent, la rivière de l'Acadie et le ruisseau Norton forme les délimitations naturelles de la région d'étude. Elle se compose de six bassins versants dont le plus grand bassin est celui de la Châteauguay (figure 1). Elle se situe au sud de l'île de Montréal dans la région administrative de la Montérégie, plus précisément, à l'intérieur des limites des municipalités régionales de comté (MRC) de Roussillon, des Jardins-de-Napierville et de Beauharnois-Salaberry (figure 2). La Montérégie Ouest est caractérisée comme étant le « Grenier » du Québec dû à la forte présence de l'agriculture maraîchère.

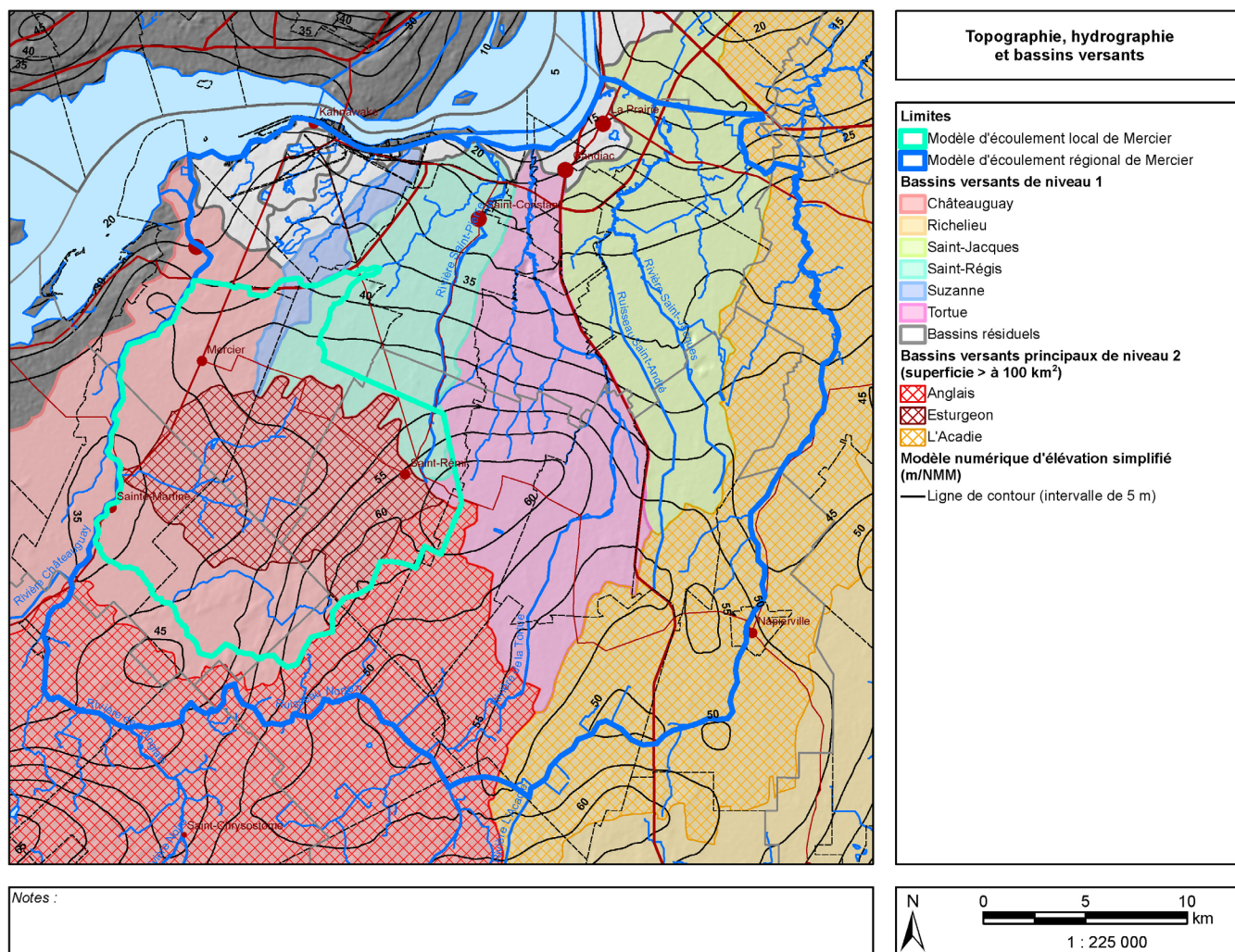


Figure 1. Les bassins versants présent dans le secteur d'étude (extrait de Ballard et al., 2023).

# Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau

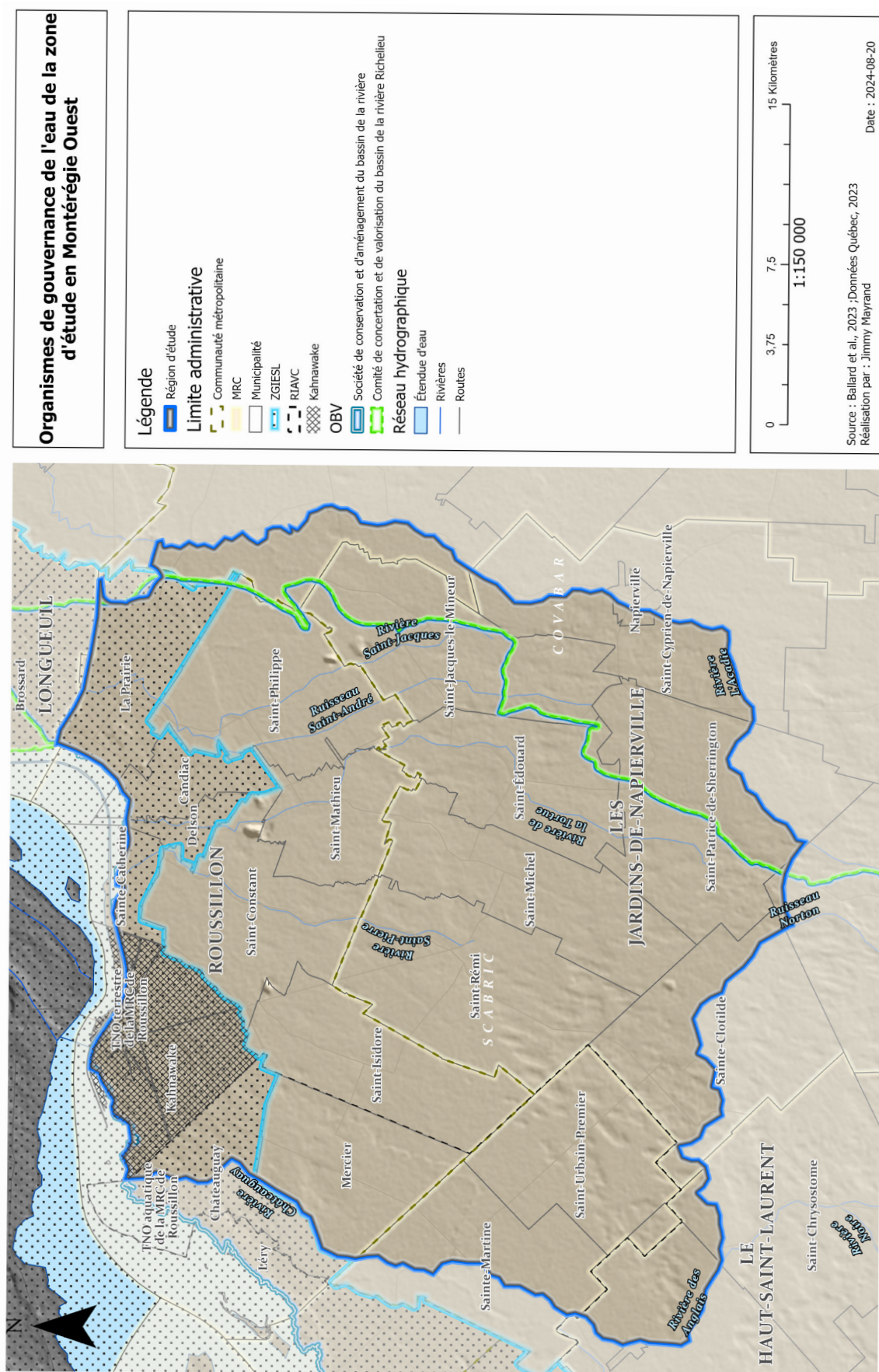


Figure 2. Zone d'étude et organismes de gouvernance de l'eau (Municipalités, MRC, OBV, TCR).



# Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau

## Usages et pressions sur la ressource en eau souterraine

Le sud du Québec est préoccupé par la disponibilité de la ressource en eau causée par l'intensification des épisodes de sécheresse (par exemple, la sécheresse de 2020 et 2021) et les épisodes de pluie importante (Audet et al., 2024b). Ces épisodes reflètent les effets des changements climatiques. Les conditions exceptionnelles du niveau des nappes très bas et du débit d'étiage faible à la fin de l'été 2021 ont causé de sérieux défis d'approvisionnement en eau, tant pour les municipalités, les industries, les producteurs agricoles que les résidents. De plus, certaines régions rurales sont soumises à d'importantes pressions liées à la multitude d'utilisateurs de l'eau (figure 3). La multitude d'utilisateurs sur ce territoire d'étude de 954 km<sup>2</sup> couvre, en partie ou complètement, 24 municipalités, trois MRC, deux organismes de bassin versant (OBV), une communauté autochtone, une Zone d'intervention prioritaire (ZIP), un Conseil régional en environnement (CRE), une communauté métropolitaine (CM), sans oublier les nombreuses entreprises agricoles, agroalimentaires, manufacturières, d'exploitation des ressources primaires et les 231 000 habitants.

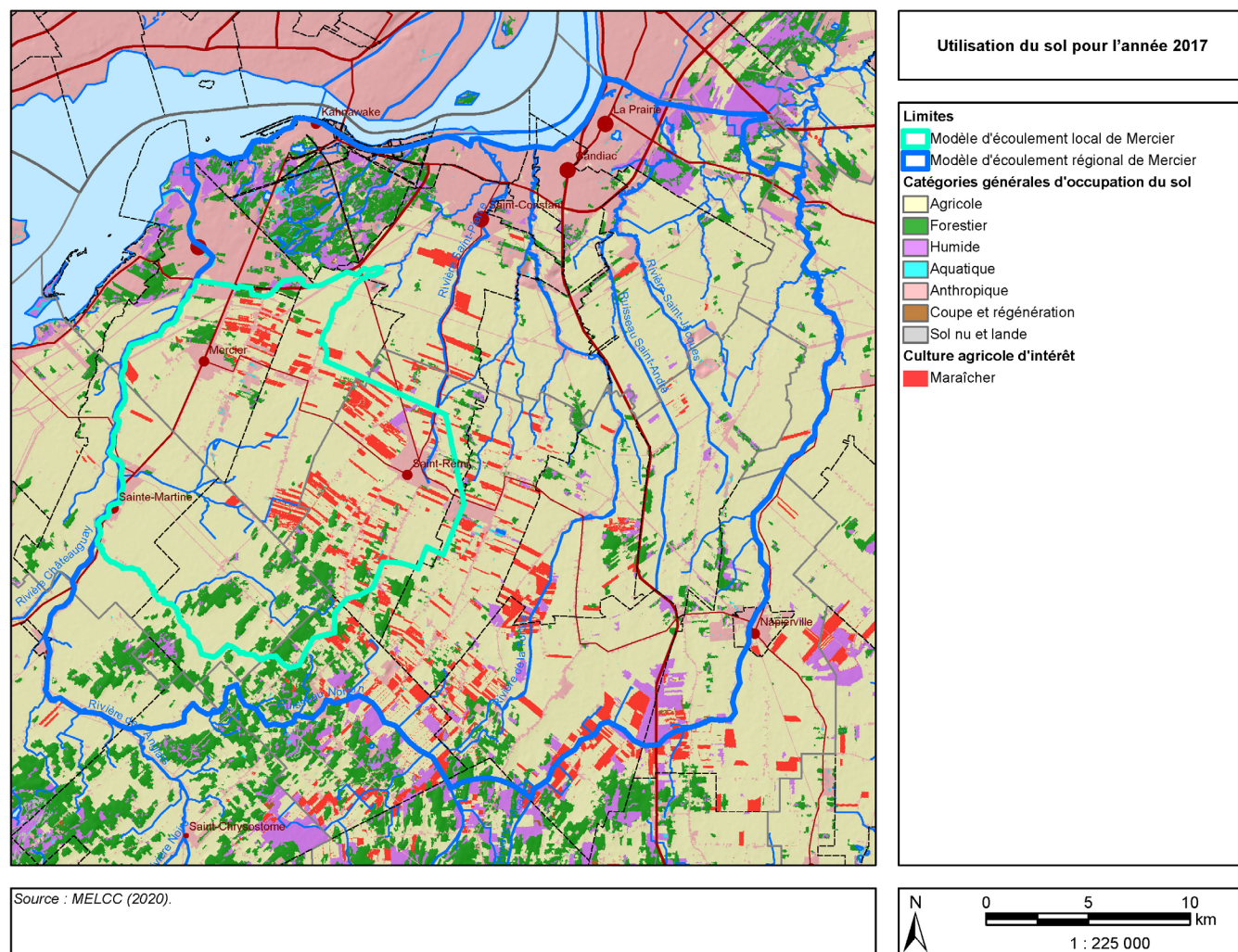


Figure 3. Secteur d'étude en Montérégie Ouest avec les vocations du territoire de 2017 (inspiré de Ballard et al., 2023).

Les travaux de Ballard et al. (2023) ont permis de réaliser un portrait des prélèvements totaux d'eau dans la zone d'étude, ce sont les eaux de surface qui prédominent les prélèvements totaux à 27,4 Mm<sup>3</sup>/an (59%). Toutefois, ce sont les prélèvements d'eau souterraine qui est utilisée pour les usagers ruraux. Cet examen des prélèvements totaux d'eau ont permis d'identifier les types d'eau utilisés par les municipalités, les industries, commerces et instituts (ICI), et l'agricole, représentant respectivement 18,7 Mm<sup>3</sup>/an (40%), 21,7 Mm<sup>3</sup>/an (47%) et 5,8 Mm<sup>3</sup>/an (13%).

Individuellement, chacun des usagers a besoin de prélever de l'eau pour exécuter les activités économiques ou pour subvenir à leur besoin de base. Toutefois, l'addition de l'ensemble des prélèvements cause un fort stress hydrique sur les ressources en eau de la région (figures 4 et 5).

# Le projet de gestion de l’approvisionnement régionale de l’eau

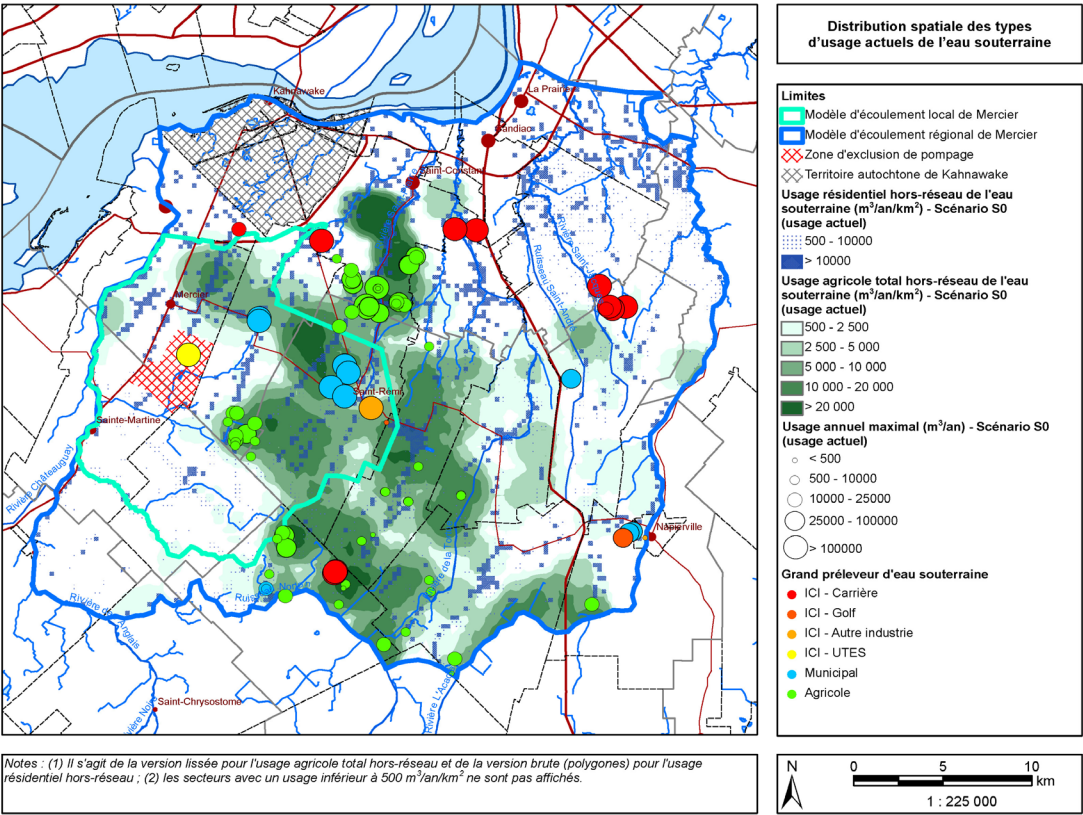


Figure 4, Distribution spatiale des usages actuels de l’eau souterraine

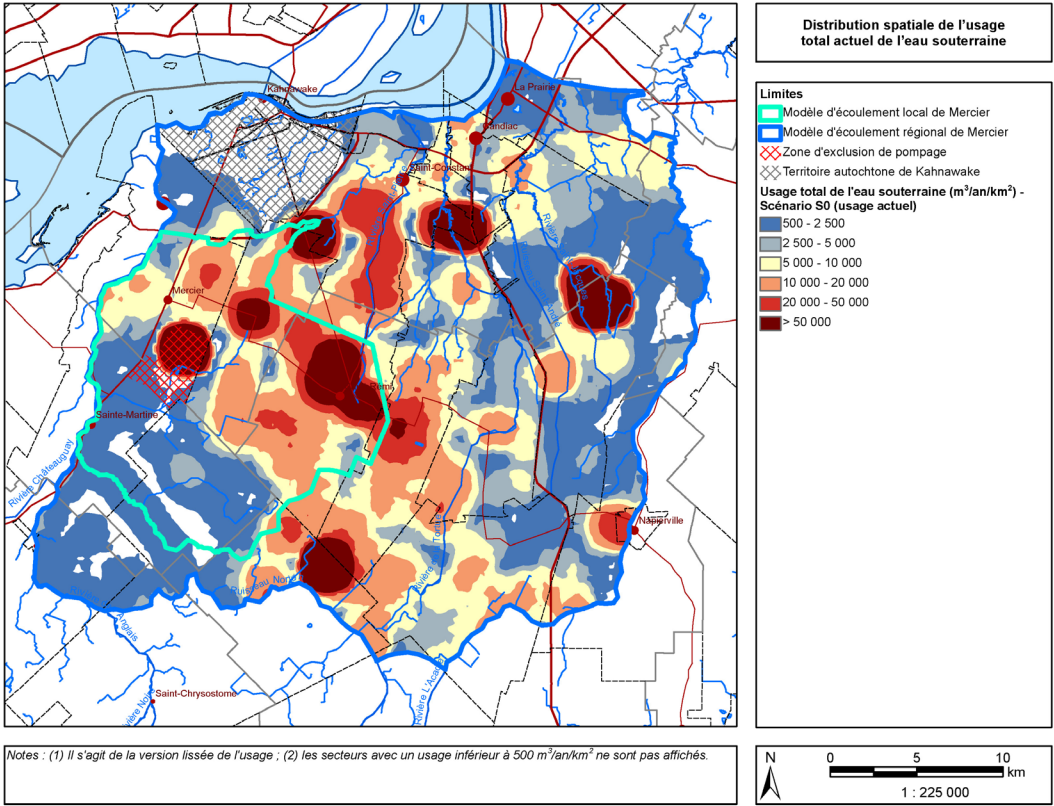


Figure 5. Distribution spatiale de l'usage total actuel de l’eau souterraine (extrait de Ballard et al., 2023).



# Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau

Les travaux de Ballard et al. (2023) ont aussi évalué les pressions actuelles et futures sur la ressource en eau souterraine. Dans le scénario actuel, la pression sur la recharge est de 15,1 mm/an ou 16,7 % de la recharge nette de 90 mm/an. Cependant, le secteur de Saint-Rémi a une pression des usages entre 20 et 40% alors que d'autres secteurs à l'ouest et à l'est présentent des pressions de plus de 40 % sur la recharge (figure 6).

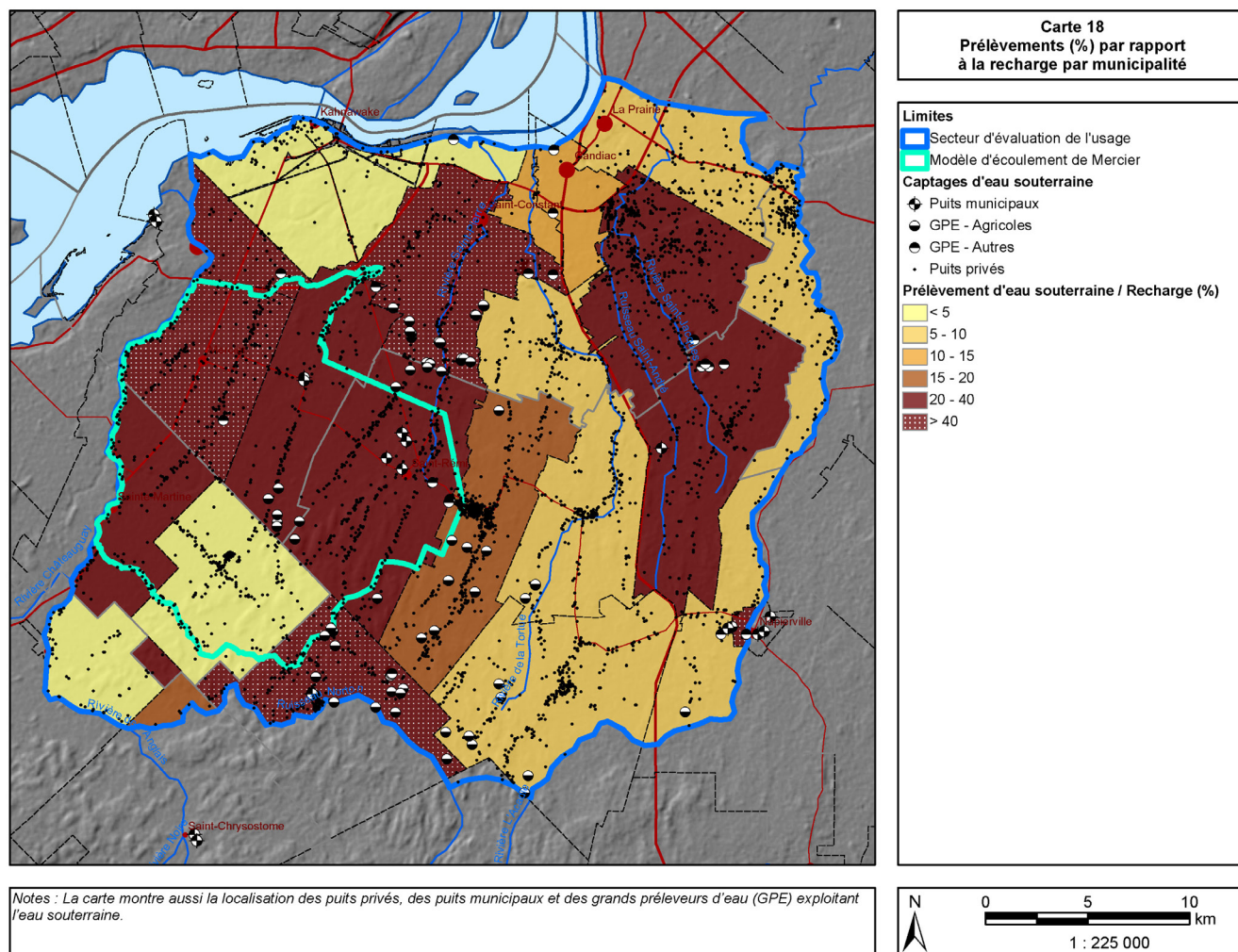


Figure 6. Niveau de pression sur la recharge des eaux souterraines dans la région d'étude (extrait de Ballard et al., 2023).

## Vers une gestion régionale des ressources en eau

En vue des exigences liées à la croissance démographique, économique et à la préservation des écosystèmes, la région d'étude a besoin d'une gestion régionale des ressources en eau afin de garantir un développement équilibré et durable. La variété d'usages présente sur le territoire nécessite une approche concertée pour une gestion efficace de l'approvisionnement en eau. Cette mise en œuvre concertée des acteurs locaux a déjà débuté à une échelle d'un bassin versant. Le projet concerné soutenu par la SCABRIC et la MRC de Roussillon dans le bassin de la rivière Saint-Régis porte sur les enjeux d'érosion et d'inondation qui affecte les municipalités dans l'emprise de la rivière Saint-Régis. Ce projet couvre les enjeux d'eau de surface d'une partie du territoire de la MRC de Roussillon et de la MRC les Jardins-de-Napierville. Toutefois, les défis liés à l'approvisionnement en eau touchent l'ensemble du cycle de l'eau en incluant à la fois l'eau souterraine et l'eau de surface.

Afin de mieux comprendre pourquoi autant d'acteurs sont impliqués dans la gestion de l'eau au Québec, il faut se rappeler qu'au Québec les différents paliers administratifs traitent de manière indépendante l'eau souterraine et l'eau de surface. La gestion en silo a pour conséquence de disséminer la capacité de gestion de l'eau et de diminuer les effets

# Le projet de gestion de l'approvisionnement régionale de l'eau

---

escomptés sur le territoire (Brun et Lasserre, 2012). C'est pourquoi, l'ensemble des acteurs de l'eau concernés doit être impliqué à développer une prospective de leur territoire considérant la totalité du système hydrologique à l'intérieur d'un plan régional de gestion de l'eau. De tels plans régionaux de gestion de l'eau n'ont encore jamais été produits au Québec, mais le niveau des pressions sur la ressource en eau nécessite la formulation d'un plan de gestion dans la région d'étude.

Ainsi, toutes actions entreprises en aménagement du territoire auront un impact pour les générations actuelles et futures (Romanello et al., 2021). Les acteurs de l'eau ont tous une partie des connaissances sur les ressources en eau régionale. Par exemple, l'ensemble des aspects à considérer pour la réalisation d'un plan de gestion débute par la compréhension de l'évolution du climat et du territoire. Les acteurs ayant ces connaissances sont les organismes de recherche comme Ouranos et, pour le territoire, les municipalités et les MRC. Par la suite, les renseignements sur les opportunités et contraintes du système naturel sont offerts par les organismes œuvrant sur le milieu comme les OBV, les comités de zone d'intervention prioritaire (ZIP). Alors que les consultants en hydrogéologie possèdent les connaissances sur l'état des ressources en eau souterraine. Et finalement, les citoyens apportent une meilleure compréhension des normes et croyances sur la ressource en eau.

Les organismes territoriaux doivent être résilientes aux enjeux d'approvisionnements (lors de sécheresse ou d'inondation) d'avoir les outils de gestion appropriée en concertation avec les autres organismes ayant des responsabilités complémentaires. Ainsi, avec l'accompagnement d'experts, un partage des connaissances entre les acteurs de l'eau régionaux est nécessaire comme base pour l'identification des enjeux de l'eau, le choix d'actions nécessaires pour aborder ces enjeux et l'élaboration d'un plan de gestion régional de la ressource en eau. Ce plan va documenter les enjeux et les actions ainsi que les indicateurs de l'état des ressources et de l'effet des actions. L'échange de connaissances favoriserait une approche collaborative et holistique pour résoudre les problèmes liés à l'eau, en considérant les besoins de toutes les parties prenantes impliquées. De plus, l'implication de l'ensemble des acteurs pourrait conduire à des solutions plus efficaces et durables pour que la gestion durable puisse concilier l'utilisation de l'eau et de développement régional avec l'évolution de la société, la protection de l'environnement et l'évolution du climat afin d'améliorer la prise de décision des organismes responsables. (Elshall et al., 2022).

Le jeu sérieux est retenu afin d'accomplir les partages de connaissance et est présenté à la section 2. Le jeu sérieux constitue l'une des étapes du projet de recherche sur la gestion régionale de l'eau. Ce jeu sérieux s'adresse aux acteurs régionaux de la région d'étude qui ont été identifiés dans le cadre de nos travaux par la méthode de Marais et Abi-Zeid (2021). Les éléments importants dans le choix des parties prenantes sont les suivants :

- Une bonne représentativité des organisations régionales;
- Le temps pouvant être alloué par les acteurs;
- Le pouvoir décisionnel ou d'influence;
- L'expertise de l'organisation dans ses champs de compétence ;
- Le potentiel d'alliance entre parties prenantes (Marais et Abi-Zeid, 2021).

Dans l'intention d'identifier les acteurs de l'eau concernés, plusieurs méthodes de collecte de données ont été utilisées : la revue d'articles de presse, les entretiens semi-dirigés et les suggestions des partenaires régionaux (comme l'effet boule de neige<sup>1</sup>). De plus, lors des entretiens semi-dirigés, 18 parties prenantes issues de divers secteurs d'activités ont été rencontrées. L'expertise du public cible sur les ressources en eau n'est pas un prérequis, d'où le besoin du partage des connaissances initial.

---

<sup>1</sup> Effet boule de neige, il s'agit de demander aux participants de suggérer des personnes qui pourraient être intéressées par l'étude ou les enjeux, qui à leur tour suggèrent des personnes, etc. (Patton, 2002).



# Utilisation du jeu sérieux pour le partage de connaissances

## Pourquoi faire l'usage du jeu sérieux dans la gestion régionale de la ressource en eau?

Le jeu sérieux est une approche basée sur l'apprentissage par l'expérience (Sanchez et al., 2011). D'abord, l'idée était de réaliser un transfert de connaissances comme le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES) avec les résultats des projets d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Leur but était de fournir un langage commun aux parties prenantes<sup>1</sup> comme les géomaticiens, les aménagistes, les praticiens qui travaillent avec les données PACES et les équipes de recherche. Plus récemment, le RQES, avec le MELCCFP, a tenu un forum Post-PACES dans l'objectif de connaître les besoins des différents secteurs d'activités comme les chercheurs, les administrations publiques, les consultants et OBNL. Cette journée a été un lieu de rassemblement utilisant l'animation du « World Café »<sup>2</sup>.

Dans le cadre de notre projet, le jeu sérieux Trajectoire Eau et Territoire, développé par Élias Ganivet de l'Université de Rennes a été l'élément déclencheur de la création du jeu sérieux utilisé dans le cadre de nos travaux. Le jeu Trajectoire Eau et Territoire a pour objectif d'assurer à toutes les parties prenantes une compréhension des termes et du fonctionnement du système naturel, lié au système hydrologique, et de sa sensibilité aux activités anthropiques sur le territoire. Ainsi, nous avons repris quelques composantes du jeu, par exemple, l'élément cartographique et quelques éléments graphiques.

Ce partage de connaissances permettra aux parties prenantes d'adopter un langage commun et d'harmoniser leur compréhension des ressources en eau. Sur cette base, il sera possible aux parties prenantes d'identifier les enjeux de l'eau prioritaires et de choisir des actions envisageables en relation avec ces enjeux, tout en précisant s'ils ont un intérêt à contribuer à la réalisation de l'une ou l'autre des actions.

Le jeu sérieux proposé dans ce document s'inspire du RQES et de l'Université de Rennes pour adapter le jeu et rencontrer les besoins d'une recherche menée dans une perspective sociohydrologique. Cette approche considère les interactions entre la société et le cycle de l'eau (Sivapalan et al., 2012). En d'autres mots, elle permet de considérer la manière dont l'activité anthropique influence le cycle de l'eau sur le plan social et environnemental. La perspective sociohydrologique permet aux chercheurs de considérer l'utilisation équitable et durable de l'eau et les conséquences des actions sur le système hydrologique, notamment sur le risque d'inondation, l'épuisement des eaux souterraines ou la qualité de l'eau (Brelsford et al., 2020). Le projet de recherche définit une manière de voir les enjeux de l'aménagement du territoire (actuels et futurs) par l'approche de la sociohydrologie. Cette intégration de deux disciplines scientifiques, soit les sciences sociales et l'hydrologie (de surface et souterraine)<sup>3</sup>, permet au projet de recherche d'amener les caractéristiques biophysiques du milieu en dialogue avec les contraintes humaines (financières, techniques, sociales).

Le développement du jeu sérieux vise à réduire les biais liés au manque de connaissances d'un portrait fragmenté du système sociohydrologique de certains organismes (par exemple, citoyens vs agriculteurs) afin d'avoir un regard critique relatif à la gestion durable de l'eau. Pourquoi faire un partage de connaissances? D'abord, parce que le manque de connaissance des individus et organismes peut être d'origines diverses. Par exemple, le roulement ou l'épuisement du personnel (Delisle, 2022; Moncrieff-Gould et al., 2018; Straith et al., 2014), le manque de financement (Delisle, 2022; Moncrieff-Gould et al., 2018), ainsi que le déclin des compétences et des ressources techniques (Viviroli et al., 2011). L'adaptation des connaissances au contexte régional est un atout du jeu, permettant de renforcer la capacité d'une collectivité à réagir aux défis qu'elle affronte (Straith et al., 2014). Par exemple, lors des entretiens réalisés sur le territoire de la Montérégie Ouest, nous avons appris que les acteurs régionaux et locaux collaborent sur le bassin de la rivière Saint-Régis pour la mise en action commune d'interventions pour les inondations et la recharge de l'eau souterraine. Ainsi, le rassemblement de parties prenantes autour du jeu sérieux sera une occasion pour échanger sur les actions potentielles d'un futur proche.

<sup>1</sup> Dans le cadre de l'atelier, les définitions d'une partie prenante de Freeman (1984) et Grimble & Wellard (1997) sont utilisées conjointement. Une partie prenante est un individu, ou un groupe, qui affectent ou sont affectés par une décision ou une action et qui partagent un intérêt commun ou un enjeu dans une question ou un système. Ainsi, une partie prenante est l'ensemble des individus ou groupe qui utilise l'eau, soit tout le monde.

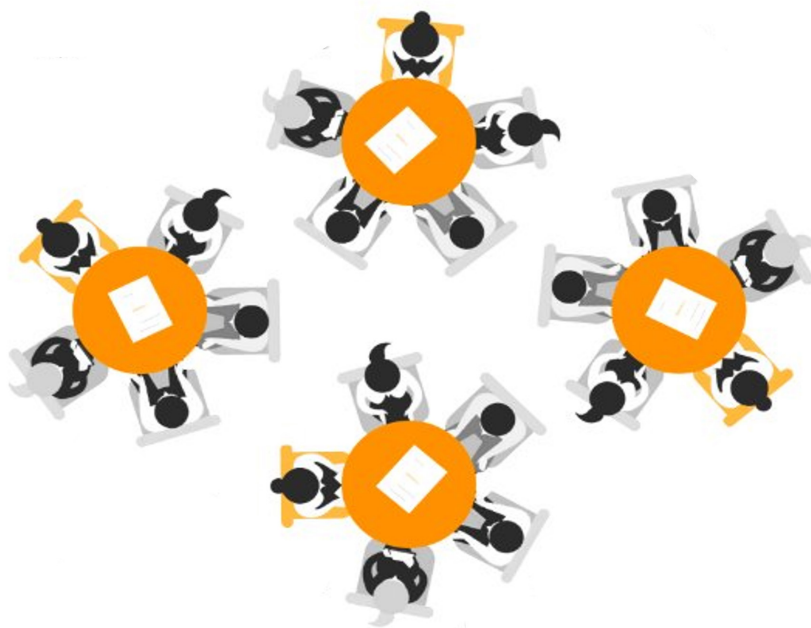
<sup>2</sup> Pour en savoir plus sur la méthode d'animation « World Café » : <https://communagir.org/contenus-et-outils/communagir-pour-emporter/les-outils-d-animation/cafe-du-monde/>

<sup>3</sup> Les auteurs de la sociohydrologie intègrent uniquement l'hydrologie. Or, le projet intègre l'hydrogéologie et l'hydrologie dans le concept.

# Utilisation du jeux sérieux pour le partage de connaissances

## Un processus collaboratif

Plusieurs limites et biais sont présents dans les processus de consultation, de concertation ou de collaboration comme celui-ci, tels que la manipulation des connaissances, le manque de représentativité, le biais de confirmation<sup>4</sup> et la pensée de groupe<sup>5</sup>. Pour cette raison, une série d'études met en évidence l'établissement conjoint des faits (ECF) comme processus qui offre une réponse à ces défis en réunissant différentes parties prenantes pour identifier et interpréter des données de manière participative. Ce processus est particulièrement pertinent dans la gouvernance de l'eau, comme le soulignent plusieurs études. Selon Taylor et al. (2012), il est important d'évaluer les attentes en ce qui concerne l'acceptation généralisée des connaissances dans la planification collaborative de la répartition de l'eau. Par exemple, les acteurs, selon leurs intérêts, ont une conception différente de la ressource en eau qui peut être nuisible ou bénéfique à leurs activités. En se basant sur les expériences du Brésil, White et al. (2019) mettent en évidence l'importance des connaissances interdisciplinaires (comme la sociologie, l'hydrologie et l'hydrogéologie) et des stratégies participatives dans la gouvernance durable de l'eau afin de mieux représenter la complexité du système hydrologique. Selon Foster (2021), les processus participatifs présentent des bénéfices dans la co-gouvernance (par exemple, le projet de la rivière Saint-Régis dans le contexte de la Montérégie), tout en soulignant les inquiétudes concernant l'équilibre de la prise de décision et les obstacles institutionnels. En somme, la mise en commun des expériences permet de considérer les forces et limites de chacun, en s'assurant de cheminer vers un objectif commun. Dans le cadre de l'atelier de partage, les participants auront la possibilité de formuler des besoins de nouvelles connaissances, des précisions ou des indications (par exemple, des obligations politiques) afin de mieux comprendre les enjeux ou faire des choix d'actions appropriées et adaptées au contexte régional. L'utilisation du processus ECF sera, notamment, utile pour le groupe de travail. Ce processus va assurer que l'ensemble des parties prenantes impliquées acquièrent les connaissances nécessaires, d'un problème complexe, des fins de prise de décision. Ces connaissances et besoins pourront être au moins en partie développés dans le cadre du projet.



<sup>4</sup> Le biais de confirmation se définit à une tendance, souvent inconsciente, à être trop favorable envers les informations qui confirment une hypothèse, et ce, au détriment de celles qui la contredisent (Brisson, 2020).

<sup>5</sup> La pensée de groupe est un phénomène psychologique dans lequel les gens souhaitent atteindre le consensus sans réflexion critique ou sans évaluation des conséquences ou des alternatives possibles. Les gens peuvent mettre leurs convictions personnelles et adopter l'opinion de la majorité.

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

## Limite de la région d'étude

La région d'étude (à l'intérieur du polygone bleu sur la figure 7) couvre un territoire de l'ordre de 954 km<sup>2</sup>. Les principaux pôles urbains (population > 10 000 habitants) correspondent aux municipalités de La Prairie, Candiac, Saint-Constant et Châteauguay. Puisque cette zone a été définie dans le cadre du développement d'un modèle d'écoulement régional (Ballard et al., 2021), ce sont les limites hydrologiques naturelles qui ont été considérées avec les principaux cours d'eau du territoire : rivière Châteauguay à l'ouest, fleuve Saint-Laurent au nord, rivière l'Acadie à l'est et ruisseau Norton au sud.

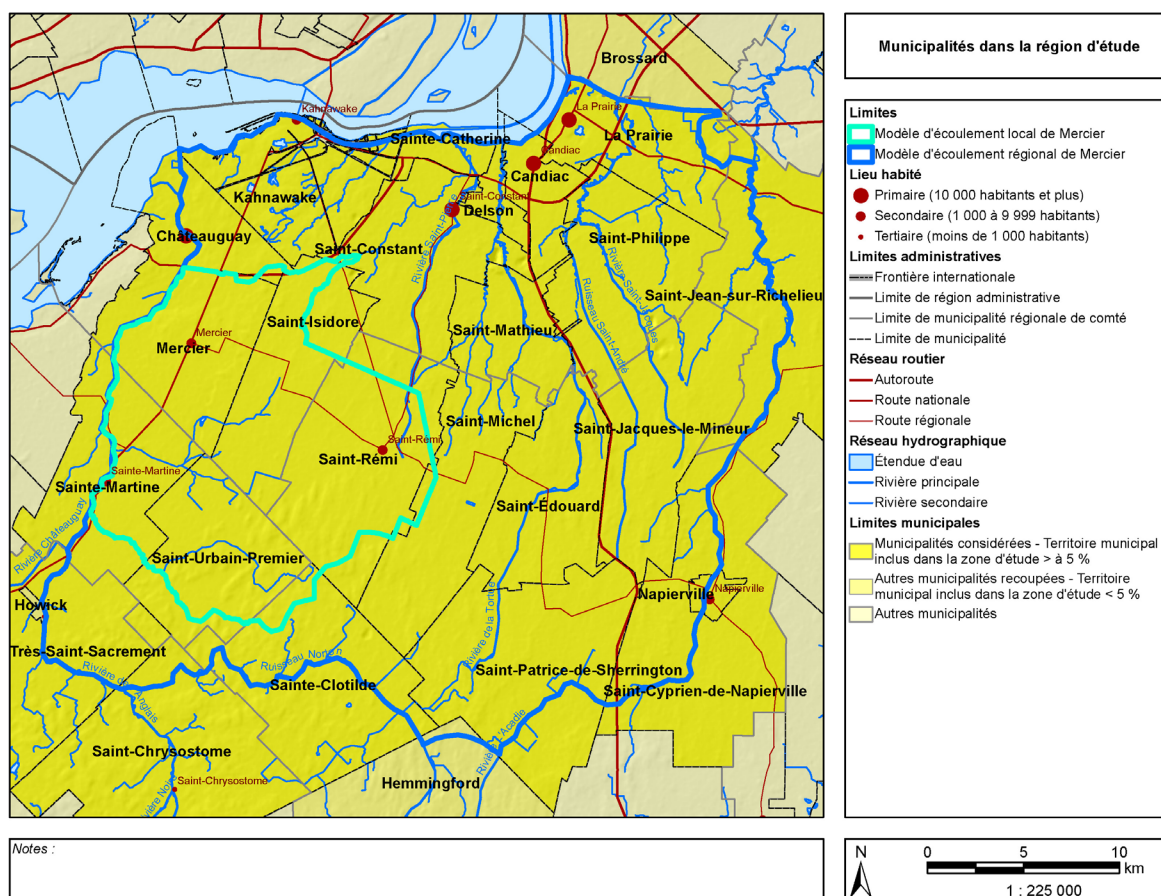


Figure 7. Région d'étude et municipalités (figure extraite de Ballard et al., 2023)

## Topographie

La région d'étude est relativement plane avec un haut topographique à un peu plus de 70 m d'altitude au sud et à l'est de la municipalité de Saint-Rémi. À partir de ce dôme topographique, l'élévation diminue dans toutes les directions ; jusqu'à 50 m au sud (ruisseau Norton), 40 m à l'ouest (rivière Châteauguay) et à l'est (rivière l'Acadie), puis 25 m au nord (fleuve Saint-Laurent).

## Hydrographie

Plusieurs bassins versants recoupent la région d'étude avec une orientation généralement sud-nord. Six bassins versants de niveau 1, dont l'exutoire correspond au fleuve Saint-Laurent, sont recensés dans la région (Châteauguay, Richelieu, Saint-Jacques, Saint-Régis, Suzanne et Tortue) ainsi que quelques bassins versants résiduels. D'autres bassins versants d'importance (niveau 2) sont également identifiés, à savoir ceux Des Anglais et de l'Esturgeon, tous deux inclus dans le bassin de la rivière Châteauguay, ainsi que le bassin versant de la rivière l'Acadie compris dans le bassin de la rivière Richelieu.

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

## Hydrométrie

Les données des stations hydrométriques (jaugeage) situées sur les rivières de L'Acadie et Des Anglais ont été utilisées pour le calage du modèle de recharge (section ii). Le suivi des débits aux deux stations montre une forte variabilité interannuelle sur ces deux rivières (Ballard et al., 2023). Entre 1980 et 2020 (période de suivi), le débit total moyen est de l'ordre de 4,80 m<sup>3</sup>/s à la station de L'Acadie (aire drainée de 367 km<sup>2</sup>) et montre une hausse significative de +52% (tendance). À la station Des Anglais, le débit total moyen est plus important (8,51 m<sup>3</sup>/s) en raison d'une aire drainée plus conséquente (642 km<sup>2</sup>) mais ne montre pas de tendance marquée entre 1974 et 2020 (+7% de hausse). Le débit de base moyen (i.e. la contribution des eaux souterraines au débit des cours d'eau) a été estimé à 2,00 m<sup>3</sup>/s (41.7% du débit total) à la station de L'Acadie et à 3,90 m<sup>3</sup>/s (45.8% du débit total) à la station Des Anglais par séparation d'hydrogrammes (Ballard et al., 2023). Au niveau mensuel, les débits mesurés montrent des variations typiques du climat québécois avec (1) un débit maximal en mars et avril lors de la période de fonte du stock de neige au sol, (2) puis une récession importante (3) suivie d'un étiage (débit minimal) durant la période estivale (juillet, août et septembre).

En Montérégie (Ouranos, 2020), les projections de l'Atlas hydroclimatique (<https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/>) suggèrent une hausse de la durée et de la sévérité des étiages ainsi qu'une crue printanière hâtive (fonte de la neige au sol) à mettre en lien avec la hausse des redoux hivernaux.

## Climat (normales)

Les données climatiques de la grille Info-Climat produite par le MELCCFP ont été utilisées comme données d'entrée pour l'estimation de la recharge de l'aquifère rocheux et permettent également de définir les caractéristiques climatiques de la région d'étude. Les mailles incluses dans les deux bassins versants jaugés (L'Acadie et Des Anglais) ont été retenues pour définir le climat typiquement rencontré dans la région d'étude entre 1960 et 2020. Sur la période des normales climatiques (1981-2010, période de référence), les précipitations totales annuelles sont de 1 008 mm et les températures moyennes annuelles de 6,6°C sur le bassin versant de L'Acadie (figure 8). Ces valeurs sont semblables sur le bassin versant Des Anglais avec respectivement 991 mm et 6,4°C (figure 9). La répartition annuelle des précipitations solides (neige) et liquide (pluie) est aussi indiquée sur les figures 8 et 9, qui les présentent respectivement sur le bassin de l'Acadie et celui Des Anglais.

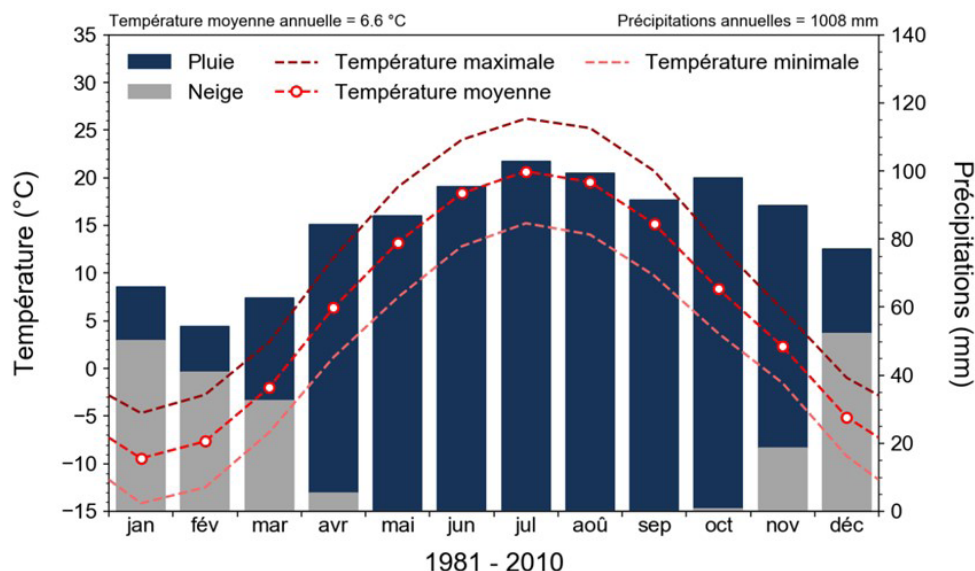


Figure 8. Normales climatiques mensuelles sur le bassin de L'Acadie (figure extraite de Ballard et al., 2023)

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

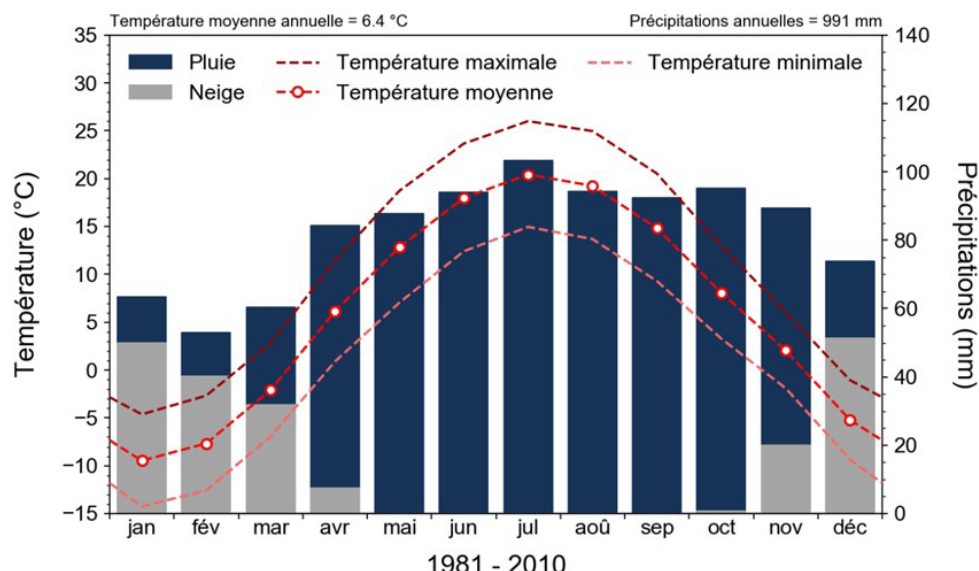


Figure 9. Normales climatiques mensuelles sur le bassin Des Anglais (figure extraite de Ballard et al., 2023)

## Climat (tendances)

En comparant la période de référence (1981-2010) avec la période récente (2011-2020), les mesures révèlent une légère hausse des précipitations totales sur les deux bassins versants : de 1 008 à 1 042 mm sur celui de L'Acadie et de 991 à 996 mm sur celui Des Anglais (Ballard et al., 2023). L'évapotranspiration potentielle a aussi augmenté entre ces deux périodes pour les deux bassins (626 à 651 mm sur celui de L'Acadie et 619 à 637 mm sur celui Des Anglais), tandis que les températures moyennes montrent aussi une hausse (6,64 à 7,23 °C sur celui de L'Acadie et 6,42 à 6,89 °C sur celui Des Anglais).

Ces observations (hausse des températures et des précipitations) sont aussi prévues dans le futur (Ouranos, 2020) et notamment en Montérégie. Selon le scénario d'émission retenu (RCP 4.5 ou RCP 8.5) et l'horizon projeté (2041-2070 ou 2071-2100), les principaux constats sont les suivants : (1) hausse des températures moyennes annuelles, (2) hausse des précipitations totales (baisse de la neige au détriment de la pluie), et (3) hausse du nombre de redoux hivernaux (cycle gel/dégel).



# État des connaissances de la Montérégie Ouest

## Utilisation du sol

La carte de la figure 10 montre l'utilisation du sol dans la région d'étude et le tableau 1 présente une synthèse socio-démographique. La couronne nord de la région d'étude est fortement urbanisée, à l'exception de Kahnawake, dont le territoire est majoritairement boisé. Plusieurs secteurs forestiers sont également présents au sud de la région. L'occupation du sol est majoritairement agricole, tout particulièrement dans la partie centrale de la région, où 70 à 80% du territoire municipal est à vocation agricole. Les cultures de soya et de maïs sont dominantes alors que le maraîchage occupe une part significative (environ 10%) des surfaces agricoles dans certaines municipalités (Mercier, Saint-Constant, Sainte-Clotilde, Saint-Édouard, Saint-Isidore, Saint-Michel, Saint-Patrice-de-Sherrington et Saint-Rémi). La carte d'utilisation du sol (édition de 2017) présentée dans Ballard et al. (2023) semble toutefois sous-estimer les surfaces maraîchères par rapport à la compilation des activités agricoles obtenue du MAPAQ (Ballard et al., 2021).

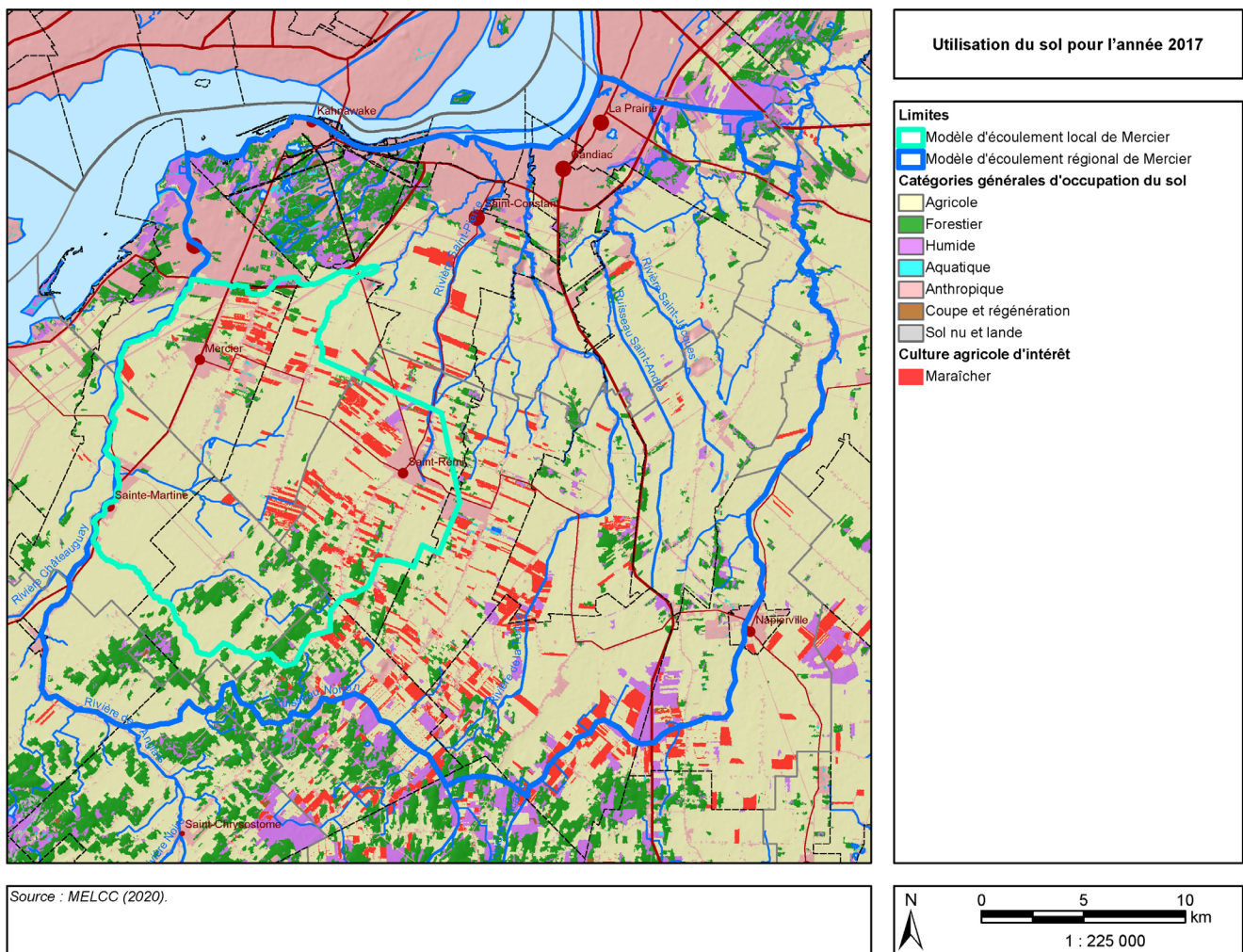


Figure 10. Utilisation du sol (figure extraite de Ballard et al., 2023)



# État des connaissances de la Montérégie Ouest

Tableau 1. Résumé socio-démographique de la région d'étude

Municipalité régionale de comté	MRC Roussillon		MRC Les Jardins-de-Napierville		MRC Beauharnois-Salaberry	
	Total	Secteur d'étude	Total	Secteur d'étude	Total	Secteur d'étude
<b>Population<sup>1</sup></b>	197 116	197 116	31 961	27 401	69 905	7 150
<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	441,5	392,3	807	404,9	467,92	88,7
<b>Densité (hab./km<sup>2</sup>)</b>	446,5	473,8	39,6	51,4	149,4	79,4
<b>Municipalité</b>	12	12	11	8	7	2
<b>Bassins versants</b>	Rivière Châteauguay Rivière Saint-Jacques Rivière Saint-Régis Rivière Suzanne Rivière de la Tortue Rivière l'Acadie Fleuve Saint-Laurent		Rivière Saint-Jacques Rivière Saint-Régis Rivière de la Tortue Rivière l'Acadie		Rivière Châteauguay Fleuve Saint-Laurent	
<b>Organismes et communauté</b>	Communauté Autochtone (Kahnawake) RIAVC SCABRIC COVABAR TCR		SCABRIC COVABAR		RIAVC SCABRIC	
<b>Utilisation du Sol (%/km<sup>2</sup>)</b>						
<i>Eau profonde</i>	1%	2,5	0%	1,1	0%	0,3
<i>Friche / Arbustif</i>	9%	34,7	6%	22,8	3%	2,6
	51%	199,0	72%	292,2	78%	68,8
<i>Milieu agricole</i>	24%	93,6	7%	30,3	6%	5,6
<i>Milieu anthropique</i>	10%	39,5	10%	39,3	11%	9,9
	4%	17,1	4%	17,0	2%	1,4
<i>Milieu boisé</i>	2%	5,9	1%	2,2	0%	0,0
<i>Milieu humide</i>						
<i>Sol nu</i>						

<sup>1</sup>Source : ISQ, 2022 octobre

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

## Hydrostratigraphie

Au niveau géologique, la région d'étude se trouve au sein de la Plateforme du Saint-Laurent. La séquence stratigraphique complète des dépôts meubles typique de la région est détaillée sur la Figure 11.a (Tremblay et al., 2010). Celle-ci peut être simplifiée pour des fins hydrogéologiques (Figure 11.b). La séquence hydrostratigraphique définie dans Croteau et al. (2010) pour le bassin versant de la rivière Châteauguay est celle qui a été considérée pour estimer la recharge dans la région d'étude (Ballard et al., 2023). De la base au sommet, la séquence de dépôts meubles est composée de till peu perméable, d'argile marine très peu perméable et d'alluvions. Localement, des sédiments fluvio-glaciaires (esker) érodent le till et sont partiellement recouverts par l'argile.

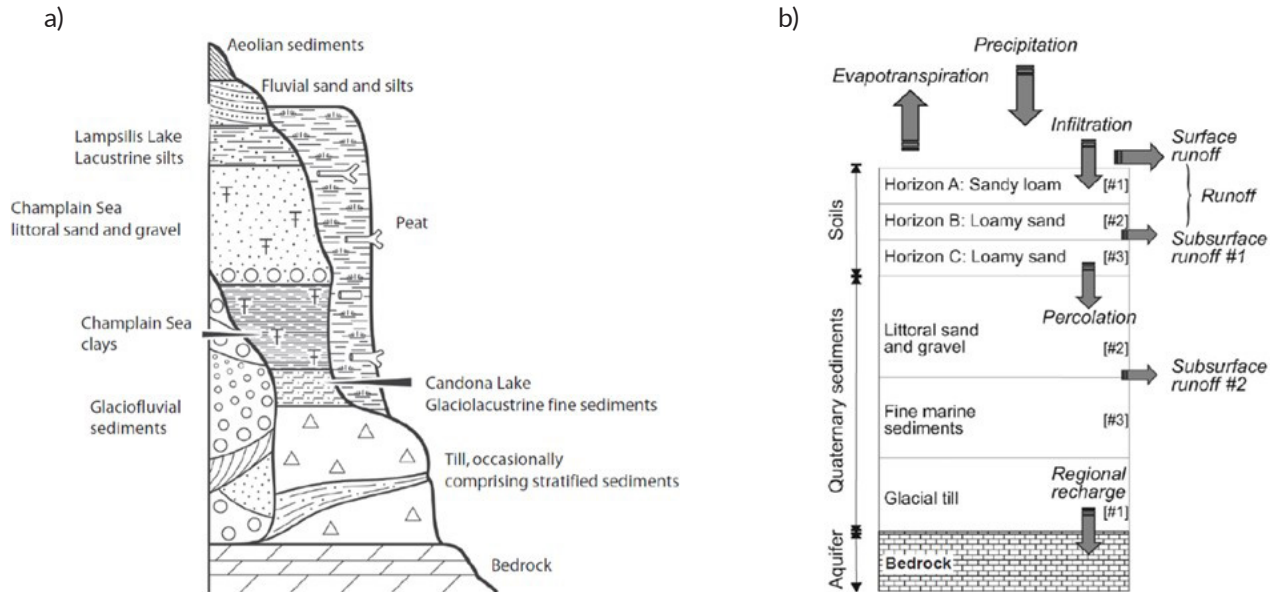


Figure 11. Stratigraphie détaillée des dépôts meubles (a : figure extrait de Tremblay et al., 2010) et hydrostratigraphie des dépôts meubles dans la région d'étude (b : figure extraite de Croteau et al., 2010)

La topographie de la surface du roc contrôle l'épaisseur et la nature des dépôts meubles retrouvés en surface. Le till est généralement retrouvé au centre de la région d'étude alors que l'argile recouvre la zone d'étude à l'ouest et au nord-est. Des alluvions récentes sont localisées au nord, en bordure du fleuve Saint-Laurent, tandis que deux eskers sont présents, soit à l'est de Mercier et à l'est de la partie amont de la rivière Saint-Jacques.

Selon le secteur, le roc peut affleurer ou être recouvert par 45 m de dépôt (maximum). L'épaisseur de till est typiquement comprise entre 5 et 15 m et celle de l'argile généralement inférieure à 5 m mais peut atteindre plus de 10 m dans la partie nord-est de la région ainsi qu'entre Mercier et Sainte-Martine. L'esker de Mercier peut avoir plus de 15 m d'accumulation de sable et gravier.

## Propriétés hydrauliques

L'aquifère régional est constitué de roc sédimentaire peu déformé mais fracturé. Les différentes unités géologiques de la région d'étude affichent une conductivité hydraulique similaire (Lavigne et al., 2005). Globalement, l'aquifère rocheux est peu productif mais son extension régionale en fait une ressource d'intérêt lorsque de faibles débits sont nécessaires. La productivité du roc est liée à la densité de fractures interconnectées qui diminue en profondeur. Pour les unités du roc, Laurencelle (2018) a défini un profil de conductivité hydraulique qui décroît en profondeur, passant d'environ  $10^{-5}$  m/s dans sa partie supérieure à  $10^{-9}$  m/s à 100 m de profondeur. La caractérisation hydraulique récente du secteur des anciennes lagunes de Mercier a montré que la conductivité hydraulique du roc est en fait très variable (Claprood et al., 2022).

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

## Piézométrie et conditions d'écoulement

La carte piézométrique présentée dans Ballard et al. (2023) couvre tout le territoire allant de l'amont du bassin versant de la rivière des Anglais (aux États-Unis) jusqu'au fleuve Saint-Laurent (figure 12). À cette échelle, la piézométrie montre un gradient orienté du sud au nord avec des niveaux piézométriques élevés dans le massif montagneux des Adirondacks aux États-Unis (> 200 m/NMM) et plus faibles au nord en bordure du fleuve Saint-Laurent (< 25 m/NMM). Le patron d'écoulement de la nappe suit donc globalement les structures topographiques et les cours d'eau drainent une bonne partie de la nappe (figure 13). C'est notamment le cas au nord du Mont Covey Hill où de nombreuses ramifications de cours d'eau témoignent de plusieurs résurgences de l'eau souterraine.

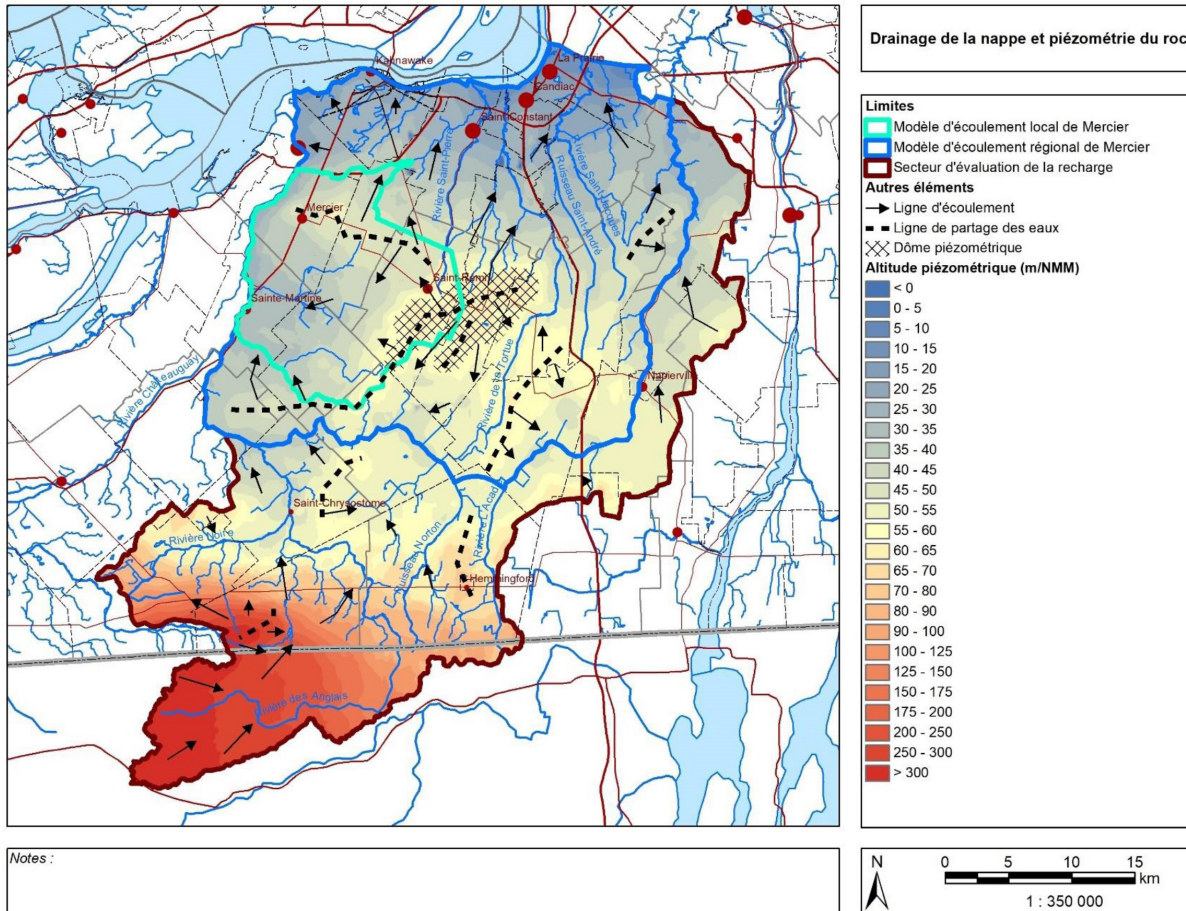


Figure 12. Piézométrie de l'aquifère rocheux et drainage de nappe (extrait de Ballard et al., 2023)

La ligne de partage des eaux souterraines majeure est localisée au centre du territoire et marque la présence d'un dôme piézométrique, c'est-à-dire la présence d'une élévation locale du niveau de la nappe. – délimité sur la figure 12 en hachuré – au sud et à l'est de Saint-Rémi à partir duquel l'écoulement des eaux souterraines se fait de façon radiale. Ce dôme constitue donc une ligne de partage des eaux qui se prolonge également entre Saint-Rémi et Mercier.

Plusieurs tronçons initiaux de cours d'eau s'écoulant vers le nord (i.e. vers le fleuve Saint-Laurent) suggèrent l'existence d'une zone d'émergence d'eau souterraine au nord du dôme piézométrique. À l'est, la rivière L'Acadie draine une bonne partie des eaux souterraines alors que la rivière Châteauguay constitue l'axe de drainage majeur à l'ouest de la région d'étude. Des bas piézométriques d'importance, associés aux carrières, sont aussi localisés au nord de la zone d'étude entre Saint-Rémi et Saint-Constant.

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

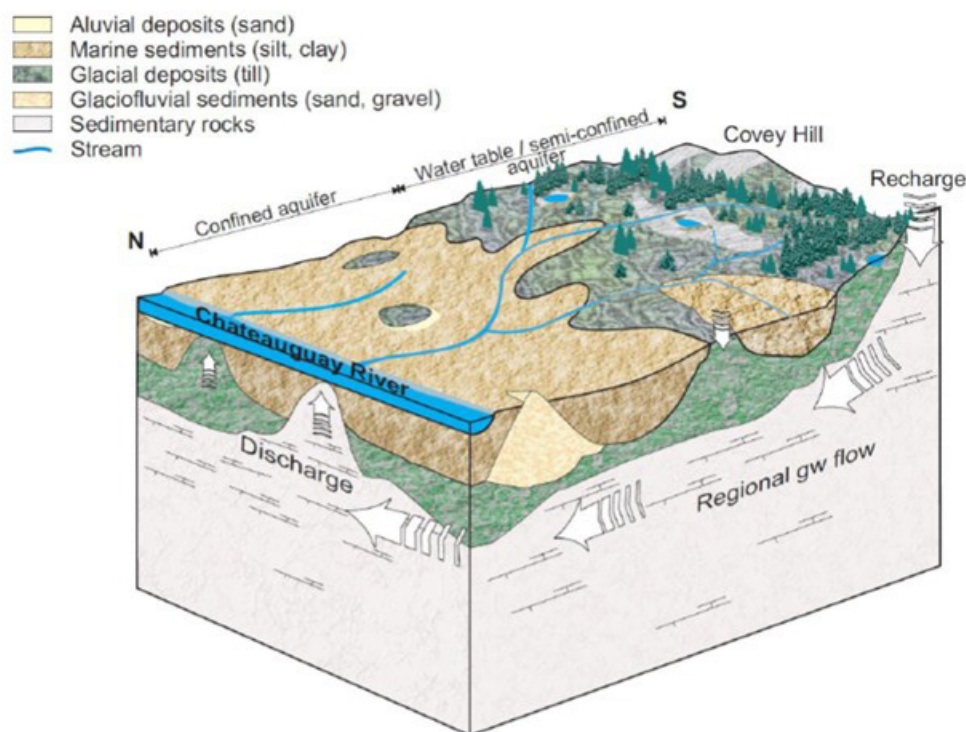


Figure 13. Modèle conceptuel d'écoulement de l'eau souterraine (figure extraite de Lavigne et al., 2010)

## Recharge (historique et actuelle)

La recharge distribuée spatialement de l'aquifère rocheux (i.e. son taux de renouvellement annuel) a été évaluée par Ballard et al. (2023) à l'aide de l'outil PyHELP (<https://github.com/cgq-qgc/pyhelp>) dérivé du modèle d'infiltration HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance). Cette recharge a été estimée sur un territoire plus étendu (1 707 km<sup>2</sup>) que la région d'étude (950 km<sup>2</sup>), puisque la procédure de calage nécessitait l'intégration des bassins versants associés aux deux stations de jaugeage (L'Acadie et Des Anglais). À partir des données climatiques issues de la grille Info-Climat fournie par le MELCCFP, la recharge historique a donc pu être évaluée sur la zone d'étude.

Sur la carte de recharge distribuée historique (1981-2020, figure 14), les secteurs de faible recharge (< 50 mm/an) correspondent aux dépôts fins argileux et aux sédiments organiques (Ballard et al., 2023). Une large zone arquée allant de Mercier à Sainte-Clothilde en passant par Saint-Rémi affiche une recharge plus importante (> 100 mm/an) associée aux dépôts glaciaires (tills). Le sud de Saint-Rémi correspond au secteur de recharge le plus important (> 200 mm/an) pouvant atteindre par endroits les 292 mm/an (valeur maximale).

Globalement, entre 1980 et 2021, la recharge de l'aquifère rocheux est évaluée à 101 mm/an, ce qui représente 10,3% des précipitations totales sur la même période (979 mm/an). Dans ce bilan hydrologique, les autres composantes sont les suivantes : évapotranspiration (565 mm/an ; 57,6%), ruissellement de surface (256 mm/an ; 26,1%) et ruissellement hypodermique (46 mm/an ; 4,7%). Mensuellement, les fluctuations de recharge sont cohérentes avec le climat de la région, avec deux périodes distinctes de recharge durant l'année : (1) une majeure (avril et mai), lors de la fonte printanière, puis (2) une autre (octobre à décembre) reliée à la hausse de la pluviométrie combinée à la baisse de l'évapotranspiration (fin de la période de croissance de la végétation). Entre ces deux périodes, la recharge est négligeable en raison du fort taux d'évapotranspiration en période estivale.



# État des connaissances de la Montérégie Ouest

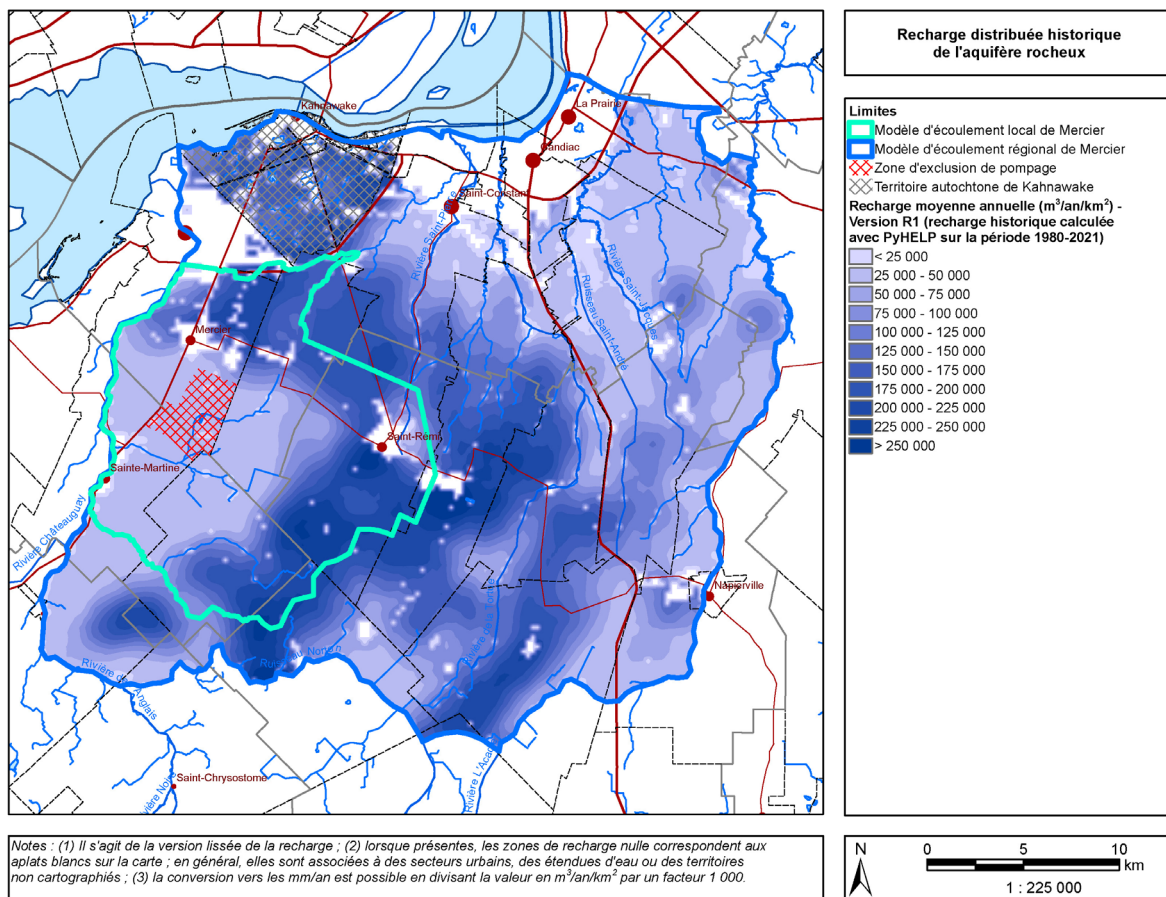


Figure 14. Recharge distribuée historique de l'aquifère rocheux

## Recharge (tendances et projections futures)

La recharge en climat futur a été simulée avec PyHELP en intégrant les données de 12 scénarios climatiques dérivés de 54 simulations (Dubois et al., 2022). Ces 12 scénarios permettent de conserver 85% de la variance des simulations ; représentant alors un réchauffement de +0,8 à +5,0 °C et des précipitations stables jusqu'à une hausse de +200 mm/an (Dubois et al., 2021). Ces simulations couvrent la période 2006 à 2095 et peuvent être comparées aux valeurs historiques (i.e. basées sur la grille Info-Climat) des composantes évaluées entre 1981 et 2021 pour différentes périodes : (1) normales climatiques (1981-2010 / 30 ans), (2) période actuelle (2011-2040 / 30 ans), (3) futur proche (2041-2070 / 30 ans) et futur lointain (2071-2095 / 25 ans).

En considérant les normales climatiques comme période de référence, les températures moyennes affichent une hausse continue passant de 6,6 à 10,8 °C à la fin du siècle (Figure 15.a). C'est le cas aussi pour les précipitations annuelles moyennes (Figure 15.b) qui augmenteraient de +12,1% (soit +119 mm) entre les normales climatiques (989 mm/an) et le futur lointain (1 108 mm/an). Quant à la recharge au roc, elle s'accroîtrait significativement dans le futur, passant de 102 mm/an en moyenne pour la période de référence à 119 mm/an actuellement, puis à 127 mm/an à l'horizon proche et enfin 140 mm/an à la fin du siècle (Figure 15.c).

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

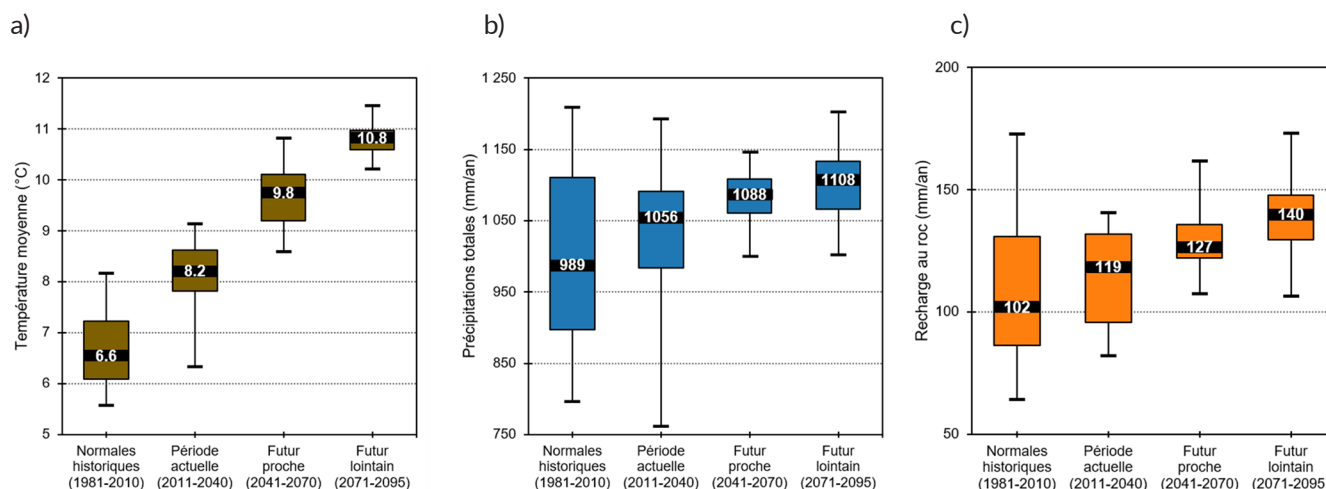


Figure 15. Température moyenne, précipitations totales et recharge au roc sur quatre périodes distinctes (1981-2010 / 30 ans, 2011-2040 / 30 ans, 2041-2070 / 30 ans et 2071-2095 / 25 ans) sur la région d'étude (figure extraite de Ballard et al., 2023)

Dans le futur, c'est surtout la dynamique mensuelle (fluctuations dans l'année) qui devrait être modifiée. Présentement, une grande partie de la recharge a lieu au printemps, mais la dynamique pourrait être modifiée en raison des changements climatiques. La crue printanière (pic de recharge) devrait être plus hâtive et moins marquée au détriment de la recharge hivernale causée par la hausse du nombre d'épisodes de redoux (Larocque et al., 2019). De plus, les périodes de récession estivale devraient être plus longues, pouvant causer des étiages plus sévères des cours d'eau et des problèmes pour les puits d'approvisionnement (Lefebvre et al., 2023).

Ces simulations supposent que les processus de recharge restent les mêmes dans le futur. Cependant, une incertitude réside dans les simulations des phénomènes hydrologiques liés au stockage de l'eau sous forme de neige et au phénomène de gel au sol (Larocque et al., 2022). Malgré la hausse du nombre de redoux hivernaux, l'infiltration au milieu de l'hiver pourrait ainsi être limitée en raison de la perméabilité du sol gelé (Wright et Novakowski, 2022).

## Niveaux de nappe

Le suivi des niveaux de nappe est d'intérêt pour mieux appréhender la dynamique de recharge mais aussi pour évaluer les potentielles tendances. Plusieurs puits actifs du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) sont implantés dans la région d'étude (Tableau 2), dont certains proches de l'usine de traitement des eaux souterraines (UTES).

Pour définir l'état des nappes en conditions naturelles, il est préférable d'utiliser les puits non influencés comme celui de Saint-Patrice-de-Sherrington (03070002) à 17 km de l'UTES. Les fluctuations naturelles de la nappe depuis le début du suivi (2004) sont affichées sur l'hydrogramme (Figure 16) tandis que les fluctuations habituelles sont présentées sur l'hydrogramme statistique (Figure 17). Sur l'ensemble de la période de suivi de 19 ans, les fluctuations ont atteint plus de 5 m, tandis qu'annuellement, deux périodes de hausse des niveaux d'eau sont visibles sur l'hydrogramme avec une récession importante en période estivale. Les niveaux d'eau ont été particulièrement bas en 2020 et 2021, deux années pour lesquelles les étiages ont été importants au Québec et les sécheresses plutôt sévères. L'UQAM a fait une étude statistique des tendances des niveaux de nappe au sud du Québec et la plupart des puits de la région d'étude montraient des tendances négatives (Tableau 2), dont celui de Saint-Patrice-de-Sherrington (Larocque et al., 2022). Une baisse des précipitations est également constatée dans ce secteur entre 2000 et 2017, mais la corrélation entre les tendances à la baisse des niveaux piézométriques et des précipitations n'est pas parfaite selon Larocque et al. (2022).



# État des connaissances de la Montérégie Ouest

Tableau 2. Puits d'observation actifs du RSESQ implantés à proximité de l'UTES

ID	Municipalité	Aquifère	Confinement <sup>3</sup>		Influence <sup>3</sup>		Suivi : début - durée (an)	Distance UTES (km)	Tendance (piézo.) <sup>5</sup>
			RSESQ	BRF	RSESQ	BRF			
03097201	Mercier	Roc	Captif	Libre	Non	Non	1984-06-08 (39.4)	1.0	Hausse
03090021	Mercier	MT	S.-C. <sup>2</sup>	Libre	Non	Oui	2001-07-03 (22.4)	1.9	Aucune
03090001	Mercier	MT	Libre	Libre	Non	Non	2004-05-05 (19.5)	2.4	Baisse
<u>03097062</u> <sup>4</sup>	Ste-Martine	Roc	Captif	Libre	Non	Non	1974-08-23 (49.2)	4.2	Baisse
03097131	St-Isidore	Roc	Captif	N/A	Oui	Oui	1981-01-09 (39.4)	4.3	N/A
03097094	Ste-Martine	Roc	Captif	Libre	Non	Non	1984-09-07 (39.2)	5.0	Baisse
03097082	Ste-Martine	Roc	Captif	Captif	Non	Non	1984-09-07 (38.7)	5.2	Baisse
03097102	St-Rémi	Roc	Captif	N/A	Oui	Oui	1980-11-05 (43.0)	8.4	N/A
03090014	St-Michel	MT	Captif	N/A	Non	Oui	2004-03-24 (19.1)	16.7	N/A
03090015	St-Michel	Roc	Captif	N/A	Non	Oui	2004-03-24 (19.1)	16.7	N/A
03070001	St-Patrice <sup>1</sup>	MT	S.-C. <sup>2</sup>	N/A	Oui	Oui	2004-03-24 (19.1)	17.0	N/A
<u>03070002</u> <sup>4</sup>	St-Patrice <sup>1</sup>	Roc	S.-C. <sup>2</sup>	Captif	Non	Non	2004-03-24 (19.1)	17.0	Baisse
03090012	Ste-Clothilde	MT	Captif	Captif	Non	Oui	2004-04-27 (19.0)	18.4	Baisse
03090013	Ste-Clothilde	Roc	Captif	Captif	Non	Oui	2004-03-26 (19.1)	18.4	Baisse

1 : Saint-Patrice-de-Sherrington ;

2 : L'acronyme « S.-C. » réfère à « semi-captif » ;

3 : Le terme « RSESQ » réfère aux données extraites de la base de données du RSESQ tandis que la mention « BRF » réfère au travail mené par l'INRS pour préciser le confinement et l'influence avec la Fonction de Réponse Barométrique (Gosselin et al., 2021) ;

4 : Ces deux puits sont utilisés dans le Bulletin d'état des nappes (<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/bulletin-2022-printemps.pdf>) à la fois pour définir l'état et aussi prédire les récessions estivales (Lefebvre et al., 2023) ;

5 : Les tendances indiquées sont issues d'une l'étude de l'UQAM (Larocque et al., 2022) qui a considéré les données de 2000 à 2017.

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

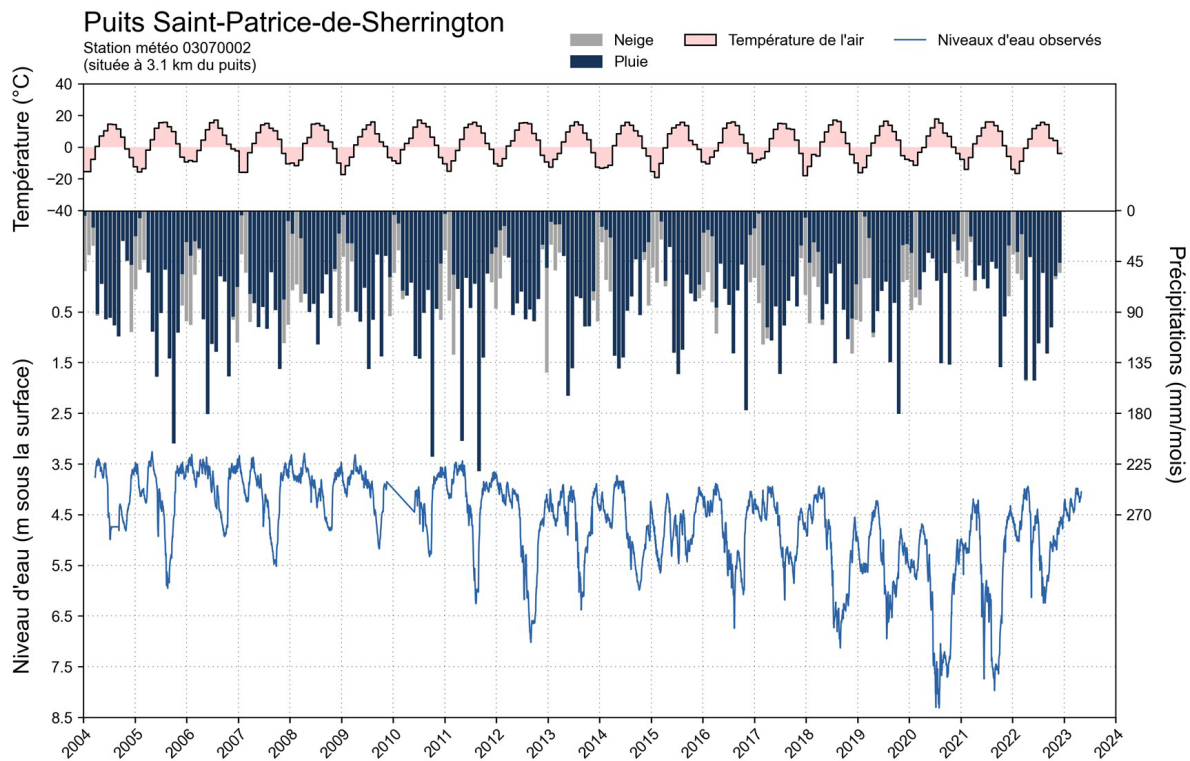


Figure 16. Hydrogramme du puits 03070002 à Saint-Patrice-de-Sherrington avec l'affichage de la météo (températures et précipitations : neige et pluie) produit avec l'outil GWHAT (<https://github.com/jnsebgosselin/gwhat>)

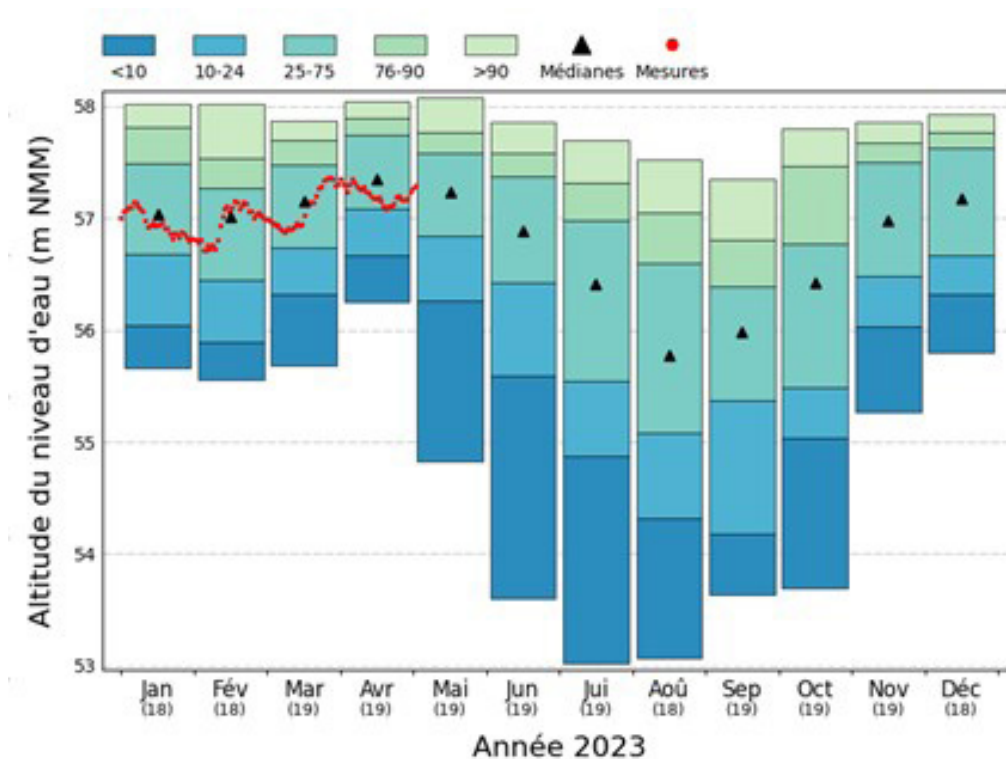


Figure 17. Hydrogramme statistique du puits 03070002 à Saint-Patrice-de-Sherrington produit avec l'outil Sardes (<https://github.com/geo-stack/sardes>)

# État des connaissances de la Montérégie Ouest

---

## Synthèse des conditions hydrogéologiques

Bien que peu productif, l'aquifère rocheux fracturé d'étendue régionale satisfait généralement aux besoins en eau souterraine de la région. Un dôme piézométrique est présent au centre de cette région (au sud-est de Saint-Rémi) à partir duquel l'écoulement se fait radialement jusqu'à l'émergence de l'eau souterraine aux cours d'eau qui agissent comme axes de drainage de la nappe. Ces conditions font en sorte qu'il n'y a pas d'apport significatif d'eau souterraine de l'extérieur vers l'intérieur de la région d'étude.

Les dépôts meubles contrôlent la recharge de l'aquifère régional rocheux et des disparités existent donc selon les secteurs : les secteurs de tills affichent la recharge la plus importante ( $> 100$  mm/an) tandis que les sédiments fins argileux correspondent aux zones de plus faible recharge ( $< 50$  mm/an). Entre 1980 et 2021, la recharge de l'aquifère rocheux est évaluée à 101 mm/an soit 10.3% des 979 mm/an de précipitations totales.

Selon les projections climatiques et les incertitudes associées, la recharge au roc devrait légèrement augmenter dans le futur par rapport à la période de référence : 102 mm/an (normales climatiques, 1981-2010), 119 mm/an (+17 mm/an, 2011-2040), 127 mm/an (+25 mm/an, 2041-2070) et 140 mm/an (+38 mm/an, 2071-2095). C'est essentiellement la dynamique mensuelle de la recharge au sein de l'année qui devrait être modifiée dans le futur en raison des changements climatiques (CC). Même si ces processus doivent encore être investigués pour être mieux compris, l'une des principales implications des CC serait le prolongement de la durée des récessions.

Cela pourrait entraîner une baisse des débits d'étiage dans les cours d'eau et induire des impacts sur le maintien des écosystèmes. De plus, une baisse du niveau d'eau dans un puits implique le dénoyage des fractures productives, essentiellement concentrées dans les premiers mètres du roc, et donc une diminution de la productivité du puits d'approvisionnement en eau (voire une dégradation de la qualité de l'eau prélevée). Plusieurs puits d'observations du RSESQ affichent des tendances à la baisse dans la région d'étude à l'exception du puits de suivi à Mercier – le plus proche de l'UTES. Ces baisses sont observées en conditions naturelles (puits non influencés) tandis qu'un puits de suivi proche de Saint-Rémi, sous l'influence de pompages proches (notamment agricoles en période estivale) affiche un nouvel équilibre.

# 2

---

## **Le Café de l'eau**

### **Connaissances-Enjeux-Solutions**





## Le café de l'eau : « faire du pouce » sur les idées des autres

S'inspirant du *World Café*, cette activité permet d'explorer collectivement différentes idées et solutions face à des problèmes, enjeux et défis précédemment soulevés, et de faire émerger de nouvelles idées, des orientations ou des énoncés de vision. Cette activité se fait dans une ambiance informelle de type café où les participants échangent en petits groupes. Il s'agit d'une discussion libre, ouverte et créatrice qui permet de donner libre cours à son imagination et à celles des autres. L'idée c'est de comprendre qu'à plusieurs têtes, on a plus d'idées et qu'on peut « faire du pouce » sur les idées des autres.

Une personne par table aura à jouer le rôle « d'hôte de table ». Cette personne ne change pas de table, aide à initier les échanges, fait un très court résumé de ce qui s'est dit à la table lors de la ronde précédente et invite les nouvelles personnes à poursuivre le travail d'exploration. L'hôte de table a la responsabilité de remplir le gabarit à chaque vague et de présenter la synthèse du projet développé lors du partage en grand groupe.

Puisque cette activité vise à explorer les possibilités, il est important que les participants discutent avec plusieurs personnes différentes tout au long de l'activité. Pour y parvenir, l'activité se divise en 4 vagues successives d'échanges, les personnes étant invitées à se déplacer, à changer de table et à se mélanger entre chacune de ces vagues. Chaque participant travaillera sur 4 des 6 thèmes retenus.

## Déroulement

Le Café de l'eau : Connaissances-Enjeux-Solutions vise à faciliter les échanges de connaissances transversales sur l'état actuel de la ressource en eau souterraine et en eau de surface de la Montérégie Ouest. Il exploite une partie du jeu *Trajectoire : Eau et Territoire* et la totalité du *Triangle des Futurs* pour l'ensemble des activités.

Le déroulement du Café de l'eau se fera en 4 vagues d'échanges:

1. Identifier et localiser les enjeux liés à la thématique et cibler un enjeu qui servira de base pour les prochaines vagues d'échanges;
2. Imaginer une vision des ressources en eau, ce qu'on aimerait avoir dans 5 à 10 ans pour répondre à cet enjeu,
3. Identifier les freins et leviers du passé et du présent qui empêchent ou favorisent l'atteinte de cette vision;
4. Établir une stratégie de gestion régionale de l'eau en identifiant les actions ou solutions nécessaires pour concrétiser la vision partagée par les participants.

L'horaire de chaque vague de discussion est détaillé aux pages 44 à 51.

## Votre mission

Développer une proposition d'actions qui permettraient de répondre à l'enjeu prioritaire identifié.

Après les activités en sous-groupes, un échange en grand groupe sur les propositions de la journée servira de base commune pour le comité de travail qui sera créé dans la prochaine étape du projet de gestion régionale des ressources en eau.






## Les thèmes

Les discussions du Café de l'eau se feront autour des thèmes suivants:

<b>Table 1</b> (p.52)	➤ Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages résidentiel, industriel, institutionnel, commercial et municipal
<b>Table 2</b> (p.53)	➤ Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages agricoles
<b>Table 3</b> (p.54)	➤ Assurer la protection de la qualité de l'eau des puits résidentiels et des aqueducs municipaux
<b>Table 4</b> (p.55)	➤ Assurer une gestion de l'eau qui préserve des écosystèmes sains, renforce la résilience et apporte des bénéfices à la société
<b>Table 5</b> (p.56)	➤ Mettre en place une gouvernance locale et régionale qui s'adapte et évolue pour une gestion efficace des ressources en eau
<b>Table 6</b> (p.57)	➤ Développer et maintenir des connaissances sur les ressources en eau utiles et utilisables

Chaque thème est décrit aux pages 52 à 57. La prochaine section détaille les activités auxquelles les participants joueront au cours de la journée.

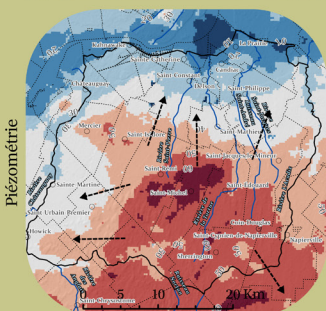
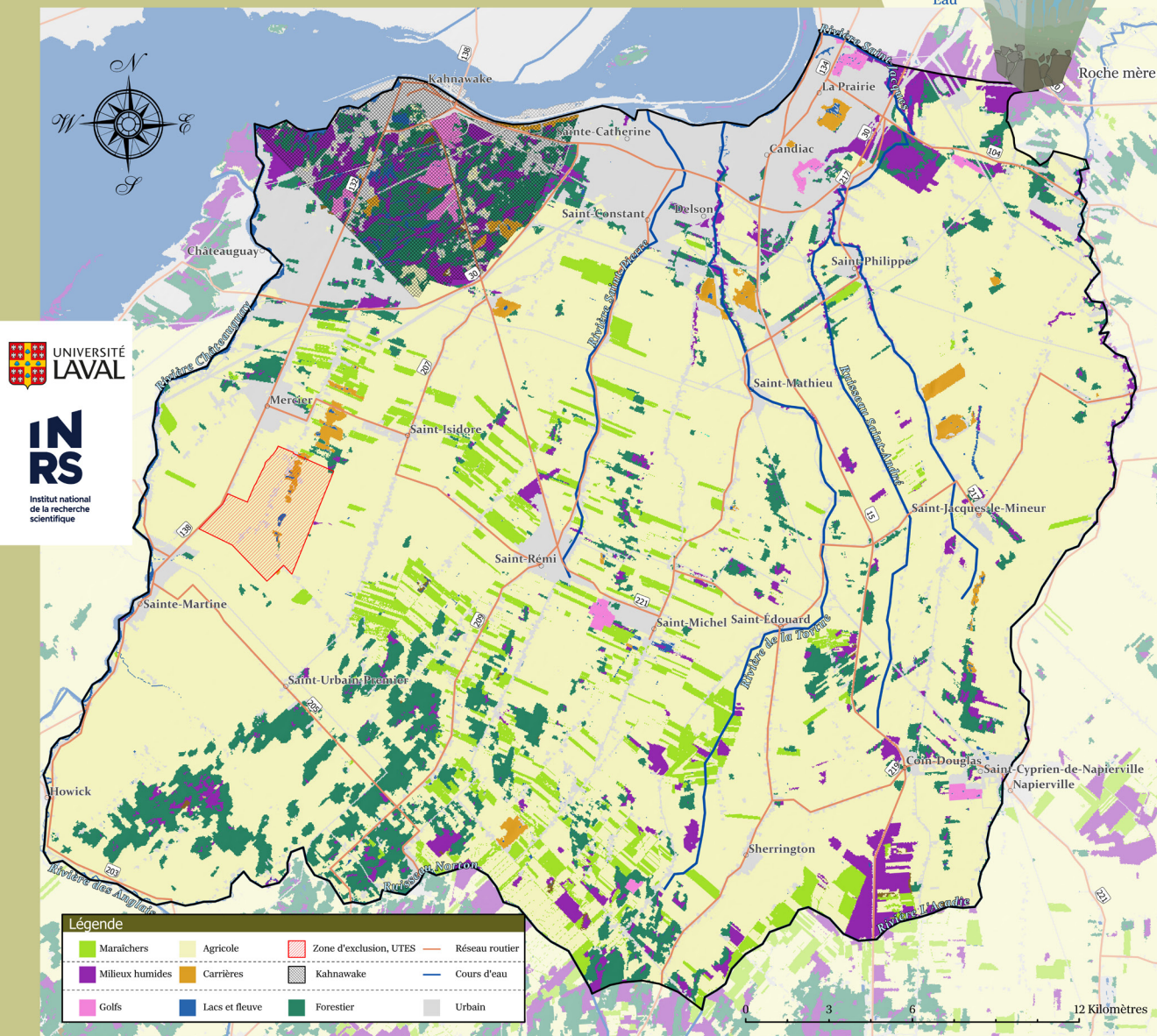
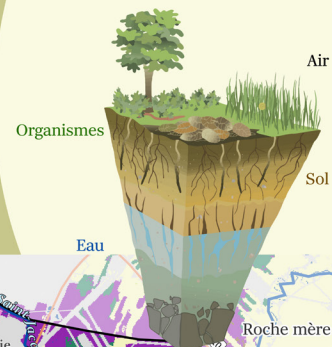
## Quels sont les enjeux régionaux liés à votre thématique ? (crayon noir)

10h30	<p>🚩 <b>Tour de table</b></p> <p>Les participants se présentent</p> 	5 minutes
10h35	<p>🚩 <b>Remue-méninge</b></p> <p>Cette activité consiste à examiner et discuter des enjeux régionaux en relation avec votre thématique. Les participants utiliseront la cartographie et le cycle de l'eau pour explorer et identifier les défis et les problèmes spécifiques à la région.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment le problème se vit? Par qui?</li> <li>• Pourquoi c'est un enjeu?</li> <li>• Où se situe-t-il?</li> </ul> <p>Les participants écrivent leurs idées sur les post-it <b>en noir</b> et les placent sur la carte</p>	20 minutes
10h55	<p>🚩 <b>Résultats</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Énumérer les enjeux du territoire par rapport à la thématique.</li> <li>2. Cibler un enjeu pour les prochaines activités.</li> </ol>	15 minutes
11h10	<p>🚩 <b>Changement de table</b></p> <p>Les participants se dirigent vers leur 2<sup>e</sup> table de discussions</p>	5 minutes



# CAFÉ DE L'EAU

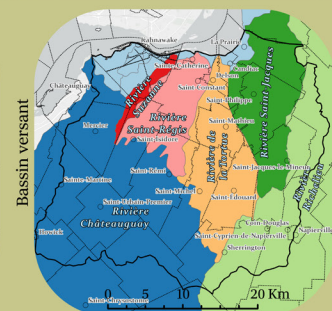
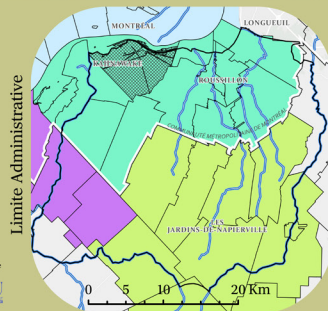
## En Montérégie Ouest



1:50 000



Référence spatiale:  
NAD83 (CSRS) / NAD83 Zone 18  
Datum: North American Datum of 1983 (CSRS)  
Version: 1  
Projection: Transverse Mercator  
Unité de la carte: mètre  
Source cartographique: Ballard et al. (2023)

Inspiré de:  
Terroir, Eau et Territoire a été initialement développé par Elias Gauthier dans le cadre d'un doctorat en Sciences de l'environnement et Société (2020-2023).



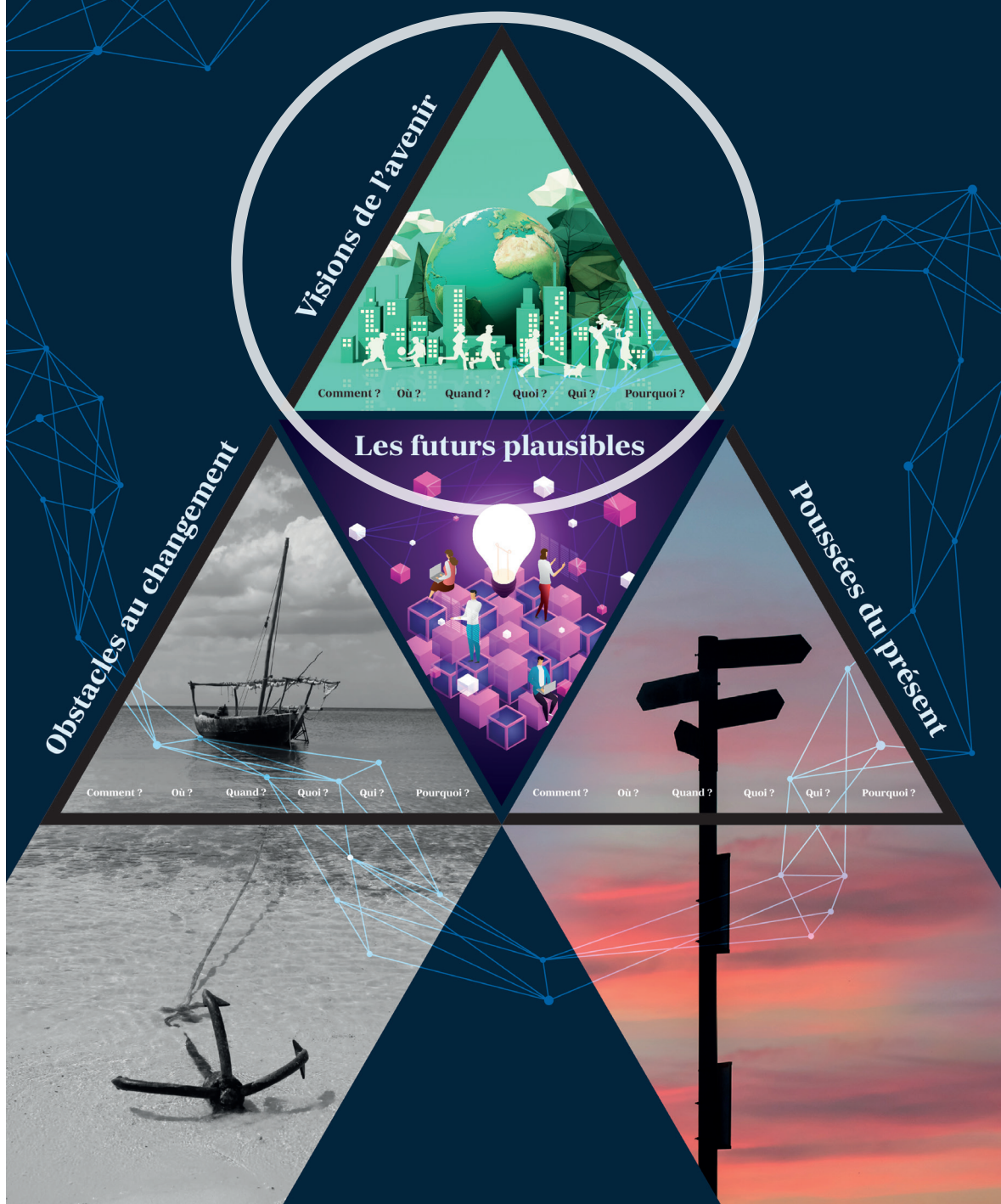
## 2e vague

### Quelles sont les visions de l'avenir des ressources en eau, qu'est-ce qu'on aimerait avoir dans 5 ou 10 ans ? (crayon vert)

11h15	<b>🚩 Tour de table</b> Les participants se présentent 	5 minutes
11h20	<b>🚩 Synthèse des discussions de la 1<sup>ère</sup> vague</b> Résumer des discussions précédentes et de ce qui a été retenu dans le gabarit	5 minutes
11h25	<b>🚩 Remue-méninge</b> L'activité consiste à explorer et discuter des visions de l'avenir des ressources en eau et à définir ce que l'on souhaite atteindre dans les 5 à 10 prochaines années pour répondre à l'enjeu retenu. Les participants seront alimentés par les questions du Triangle des Futurs pour imaginer et visualiser les futurs possibles et souhaitables. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel serait le résultat attendu idéal pour répondre à cet enjeu ?</li> <li>• Avons-nous une vision commune de l'avenir souhaité et des futurs à éviter ?</li> <li>• Avons-nous une image partagée de la logique derrière la formation de cet avenir spécifique, ou y a-t-il des croyances logiques contradictoires ?</li> <li>• Quels outils et ressources avons-nous qui peuvent influencer la direction et nous orienter vers cet avenir ?</li> <li>• Qu'est-ce qui nous manque pour influencer le changement ?</li> <li>• Quelles sont nos limites ?</li> <li>• Est-il possible d'influencer cette image future ? Ou est-ce même nécessaire ?</li> </ul> Les participants écrivent leurs idées sur les post-it <b>en vert</b>	20 minutes
11h45	<b>🚩 Résultats</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Définir une vision commune de l'avenir des ressources en eau.</li> <li>2. Identifier les outils et ressources nécessaires pour orienter cette vision.</li> </ol>	15 minutes
12h00	<b>🚩 Lunch</b> Les participants vont chercher leur boîte à lunch 	45 minutes





# Triangle du futur







### Quels sont les obstacles au changement et les poussées (leviers) du présent ? (crayon bleu)

12h45	<b>► Tour de table</b> Les participants se présentent 	5 minutes
12h50	<b>► Synthèse des discussions précédentes</b> Résumer des discussions précédentes et de ce qui a été retenu dans le gabarit	5 minutes
12h55	<b>► Remue-méninge</b> <p>Cette activité vise à identifier et analyser les obstacles (freins) au changement et les poussées (leviers) du présent qui influencent l'atteinte des visions de l'avenir identifiées précédemment pour la gestion des ressources en eau. Les participants utiliseront le Triangle des Futurs pour explorer ces dynamiques.</p> <p><u>Freins du passé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qui bénéficie du statu quo ou perd en cas de changement ?</li> <li>• Quelles sont les barrières au changement ?</li> <li>• Qu'est-ce qui nous retient ou nous empêche d'avancer ?</li> <li>• Quelles sont les structures profondes qui résistent au changement ?</li> </ul> <p><u>Leviers du présent</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelles tendances et technologies façonnent l'avenir en ce moment ?</li> <li>• Quelles sont les forces qui poussent le changement en avant ?</li> <li>• Quelles nouvelles politiques, procédures, lois, budgets, décisions et technologies déjà connus commenceront à pousser le changement dans un futur proche ?</li> </ul> <p>Les participants écrivent leurs idées sur les post-it <b>en bleu</b></p>	20 minutes
13h15	<b>► Résultats</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identification des freins historiques et actuels qui limitent le changement.</li> <li>2. Identification des leviers actuels qui peuvent faciliter le changement.</li> </ol>	15 minutes
13h30	<b>► Pause café</b> Les participants prennent la pause café 	15 minutes

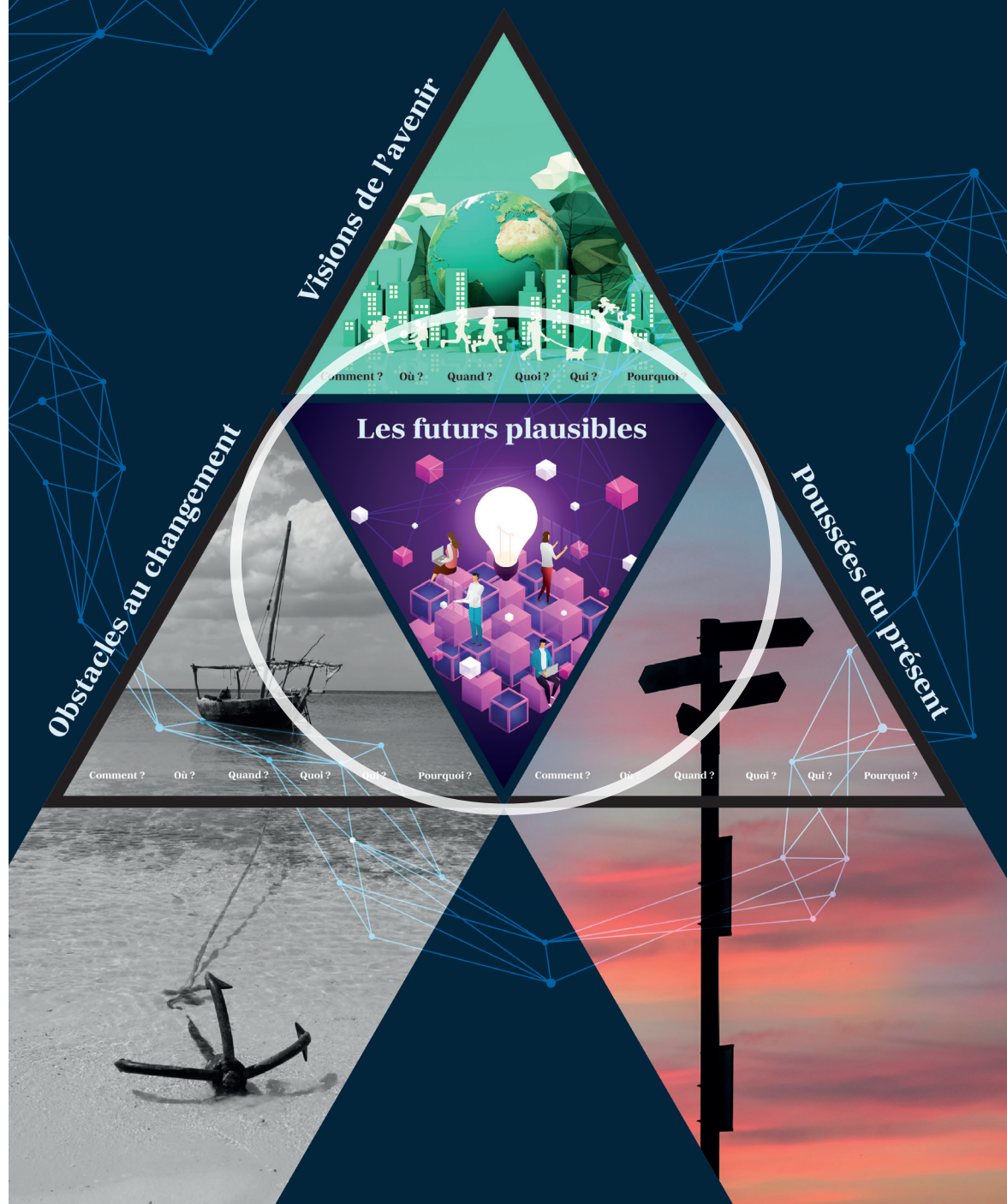
# Triangle du futur



### Comment bâtir les futurs plausibles de gestion régionale de l'eau ? (crayon rouge)

13h45	<b>Tour de table</b> Les participants se présentent		5 minutes
13h50	<b>Synthèse des discussions précédentes</b> Résumer des discussions précédentes et ce qui a été retenu dans le gabarit		5 minutes
13h55	<b>Remue-méninge</b> <p>Cette activité consiste à développer les futurs plausibles pour la gestion régionale de l'eau. Les participants examineront les actions nécessaires, les ressources requises, et les rôles et responsabilités des différentes parties prenantes pour concrétiser la vision partagée par les participants. Ils inventeront des stratégies pour concilier les usages du territoire et prévenir les événements de stress hydrique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelles sont les actions de gestion régionale de l'eau ?</li> <li>• Quelles sont les ressources humaines, financières et technologiques requises ?</li> <li>• Qui fait quoi ? Quel est le rôle des différentes parties prenantes dans chaque action ?</li> <li>• Quelles seraient les actions à entreprendre pour atteindre ces résultats ?</li> <li>• Comment concilier les usages des territoires sensibles aux stress hydrique afin de réduire les risques ?</li> <li>• Quelles stratégies régionales sont à mettre en place pour prévenir les usages des événements de stress hydriques dans la Montérégie Ouest ?</li> </ul> <p>Les participants écrivent leurs idées sur les post-it <b>en rouge</b></p>		20 minutes
14h15	<b>Résultats</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avoir un inventaire des solutions et des actions à entreprendre pour une gestion régionale de l'eau.</li> <li>2. Les rôles et responsabilités que les acteurs souhaitent et peuvent assumer sont identifiés.</li> </ol>		15 minutes
14h30	<b>Pause café</b> Les participants prennent la pause café		15 minutes

# Triangle du futur





# Les thématiques de l'atelier de partage

---

## 1- Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages résidentiels, industriels, institutionnels, commerciaux et municipaux

### Contexte

Les travaux par l'équipe de René Lefebvre à l'INRS ont permis de :

- Mieux comprendre le système aquifère régional ;
- Estimer les usages de l'eau souterraine et leurs distributions spatiales ;
- Évaluer l'effet des prélèvements actuels d'eau souterraine sur le niveau des nappes ;
- Anticiper l'effet que pourraient avoir les conditions climatiques futures sur la recharge de la nappe et la demande en eau.

Les travaux par l'équipe d'AGÉCO ont permis d'avoir une réflexion des principales conséquences des épisodes d'étiage sévères dont :

- L'incapacité à répondre aux besoins prioritaires et essentiels de la population par les municipalités ;
- L'incapacité à répondre aux besoins prioritaires et essentiels pour les propriétaires de puits privés et coûts additionnels engendrés ;
- La possibilité de l'arrêt des développements résidentiels et commerciaux et la remise en question de la capacité de support du milieu ;
- L'augmentation du risque d'avis d'ébullition et de non-consommation d'eau ;
- L'augmentation des coûts liés à l'irrigation pour le secteur agricole ;
- La diminution de rendement dans le secteur agricole ;
- L'augmentation de la tension entre usagers de l'eau dans les bassins versants avec réservoirs.

### Considérants/Constats

- Bien que des cours d'eau importants à la périphérie de la région d'étude servent à l'approvisionnement en eau (fleuve Saint-Laurent et rivières Châteauguay et L'Acadie), c'est l'eau souterraine qui sert surtout aux usages à l'intérieur de la région (Ballard et al., 2023).
- Les prélèvements d'eau souterraine servent à des usages industriels-commerciaux institutionnels (ICI) à 51 %, résidentiels à 32 % et agricoles à 17 % (Ballard et al., 2023).
- L'importance de l'exploitation de l'eau souterraine dans la région a été reconnue depuis des décennies, ce qui a mené à plusieurs études (Pontlevoy, 2004); Technorem, 2008 (I.Charron et al., 2019).
- C'est l'aquifère rocheux fracturé qui est exploité pour l'approvisionnement en eau souterraine dans la région d'étude (Ballard et al., 2023).
- L'ensemble des usages de l'eau souterraine utilise près de 17 % de la recharge dans l'aquifère rocheux (Ballard et al., 2023), toutefois plusieurs secteurs excèdent 20 % et même 40 % de la recharge.
- Un niveau d'usage de la recharge de 10 % à 20 % est jugé élevé, un niveau entre 20 % et 40 % est non durable et un niveau excédant 40 % représente une surexploitation (Huchet et al., 2021).
- La contamination de l'eau souterraine au site des anciennes lagunes de Mercier nécessite un contrôle par un système hydraulique (UTES) et elle a mené à la définition d'une zone d'exclusion où l'eau souterraine ne peut pas être exploitée.
- Les politiques de densification des municipalités occasionnent des inquiétudes auprès des citoyens.
- Il y a un moratoire sur le développement résidentiel dû aux capacités des installations de prélèvement d'eau potable de certaines villes.

# Les thématiques de l'atelier de partage

---

## Besoins identifiés lors des entretiens et de la revue de presse de l'Université Laval

- Comment assurer un suivi des prélèvements de plus de 75 m<sup>3</sup>/j à la suite d'une autorisation du MELCCFP auprès des producteurs agricoles et industriels? Depuis janvier 2024, l'information est publique concernant les préleveurs dépassant ce seuil. En janvier 2025, le seuil de déclaration va passer à 50 m<sup>3</sup>/j.
- Déterminer les principaux enjeux susceptibles d'affecter la disponibilité de l'eau.
- Avoir un portrait des municipalités qui manquent d'eau.

## 2- Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages agricoles

### Contexte

Les travaux par l'équipe de René Lefebvre à l'INRS ont permis de :

- Montrer que les prélèvements locaux importants sont associés aux prélèvements industriels, commerciaux et institutionnels (ICI) plus précisément les carrières et l'Usine de traitement des eaux souterraine (UTES) et aux puits municipaux de Saint-Rémi;
- Identifier la présence de multiple usager, qui exerce une pression sur les activités agricoles;
- Montrer que l'activité agricole est l'usage qui prélève le moins d'eau.

### Considérants/Constats

- L'usage total de l'eau dans la région d'étude est évalué à 46,2 Mm<sup>3</sup>/an dont 41 % des prélèvements proviennent de l'eau souterraine et 59 % des eaux de surface. Ces usages totaux correspondent à 40 % pour le secteur résidentiel, 47 % pour le secteur ICI (industriel, commercial et institutionnel) et de 13 % pour le secteur agricole (Ballard et al., 2023);
- Les prélèvements totaux en eau souterraine de 18,8 Mm<sup>3</sup>/an sont utilisés pour des usages à 32 % résidentiels (6,0 Mm<sup>3</sup>/an), 51 % ICI (9,6 Mm<sup>3</sup>/an) et 17 % agricoles (3,2 Mm<sup>3</sup>/an) (Ballard et al., 2023);
- Les usages ICI de l'eau souterraine sont en grande partie attribuables aux carrières alors que les usages agricoles sont dominés par l'irrigation des cultures maraîchères (71 %) (Ballard et al., 2023);
- La région de la Montérégie est considérée comme grenier du Québec.

## Besoins identifiés lors des entretiens et de la revue de presse de l'Université Laval

- Norme CanadaGAP demande une eau de qualité pour les activités des producteurs maraîchers.
- Quels sont les besoins du secteur agricole pour l'approvisionnement en eau?
- Comment concilier les conflits d'usages?

# Les thématiques de l'atelier de partage

---

## 3- Assurer la protection de la qualité de l'eau des puits résidentiels et des installations de prélèvement d'eau potable municipal

### Contexte

Les travaux par l'équipe de Roxane Lavoie de l'Université Laval ont permis de :

- Sensibiliser les usagers de puits privés d'analyser la qualité de l'eau de leurs puits;
- Réaliser un protocole pour l'établir les zones de recharge à protéger.

Les rapports d'analyse de vulnérabilité des sources d'eau potable des municipalités du Québec ont permis de :

- Réaliser une analyse de vulnérabilité de leur source d'eau potable;
- Aider les municipalités à repérer les risques pour la qualité ou la quantité de leurs sources d'eau potable;
- Repérer les risques pour les menaces pouvant affecter leurs sources d'eau potable;
- Partager l'information auprès des acteurs concernés.

### Considérants/Constats

- Nouvelle politique nationale de l'architecture et de l'aménagement du territoire
- Nouvelle orientation gouvernementale d'aménagement du territoire
- L'inquiétude de la présence des pesticides et des PFAS dans l'eau;
- La qualité de l'eau de surface selon l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP) est très mauvaise.

# Les thématiques de l'atelier de partage

## 4- Assurer une gestion de l'eau qui préserve des écosystèmes sains, renforce la résilience et apporte des bénéfices à la société

### Contexte

Les travaux de maîtrise de Brassard et Michel à l'université de Sherbrooke ont fait ressortir que :

- Les écosystèmes sont des lieux apportant plusieurs bienfaits à l'ensemble des usagers. De plus, la préservation des tourbières et des sols organiques fertiles utilisés en production agricole (ex. des « terres noires » pour le maraîchage) est l'un des autres éléments essentiels de l'agriculture et de la gestion des terres humides de la Montérégie. Ces biomes, caractéristiques du sud du Québec, jouent un rôle essentiel dans la vitalité économique de la région, mais sont en train de disparaître.(Brassard et Michel, 2024).

Les plans régionaux des milieux humides et hydriques ont permis de :

- Classifier l'ensemble des milieux humides et hydriques présents sur le territoire de la MRC ;
- Identifier les milieux humides et hydriques d'intérêt ;
- Produire un outil d'aide à la prise de décision pour des projets pouvant mener à une modification d'un milieu humide et hydrique ;
- Assurer une gestion cohérente et intégrée du territoire en lien avec les milieux humides et hydriques ;
- Appliquer le principe d'aucune perte nette des milieux humides et hydriques d'intérêt.

### Considérants/Constats

- Le débit de base des cours d'eau : l'eau qui coule dans les rivières principales en été est en fait de l'eau souterraine ;
- Les milieux humides occupent 7,8 % du territoire de la MRC les Jardins-de-Napierville. Cependant le seuil recommandé par Environnement Canada est de 10 % de couverture. (Paris et Boivin, 2022);
- Les milieux humides et hydriques ciblés pour la protection représentent respectivement 90 % et 47 % des milieux humides et les cours d'eau alors que les milieux humides et hydriques ciblés pour l'utilisation durable représentent respectivement 10 % et 53 % des milieux humides et des cours d'eau (Paris et Boivin, 2022);
- Les milieux humides occupent 5 % du territoire de la MRC de Roussillon (Laprise et al., 2023);
- La MRC de Roussillon vise l'évitement pour au moins 90 % de la superficie des milieux humides (Laprise et al., 2023);
- Le puits 03097102 sur le haut topo à Saint-Rémi qui a montré une baisse de 6-8 m depuis 1980 avec un nouvel équilibre (voir section 2.2 du rapport de Ballard et al., 2023);
- Une diminution de la recharge de 20 % pourrait générer une baisse de 1 mètre des niveaux piézométrique sur la région (Pontlevoy, 2004). Dans certains contextes un abaissement de 2 mètres de la nappe phréatique peut occasionner un décrochement de la nappe d'eau qui alimente les milieux humides ou les rivières.
- Les aléas ou évènements les plus fréquents cités par les acteurs sont les suivants :
  - Les changements climatiques ;
  - Les épisodes de gèle ;
  - Changement hydrologique perçu ;
  - Inondation ;
  - Sécheresse ;
  - Pluie intense.

### Besoins identifiés lors des entretiens et de la revue de presse de l'Université Laval

- Savoir comment évaluer les besoins en eau des entreprises qui souhaitent s'établir dans la région;
- Être en mesure d'évaluer la capacité de support pour l'autorisation de nouveau projet.



# Les thématiques de l'atelier de partage

## 5- Mettre en place une gouvernance locale et régionale qui s'adapte et évolue pour une gestion efficace des ressources en eau

### Contexte

Les rôles et responsabilités des acteurs de l'eau sont interprétés comme suit :

- Les municipalités ont les responsabilités opérationnelles de la production d'eau potable au sein de leur territoire, d'adopter des règlements en matière d'urbanisme, d'environnement et de salubrité et d'octroyer les permis d'installation de puits privés (responsabilité déléguée par le MELCCFP);
- Les municipalités régionales de comté doivent planifier l'aménagement du territoire, et prendre en considération les PDE et les plans de gestion intégrée régionaux (PGIR), assurer le libre écoulement des eaux de cours d'eau et réaliser les plans régionaux des milieux humides et hydriques (PRMHH);
- Les Organismes de bassin versant ont la responsabilité de concerter les acteurs de l'eau pour la réalisation du plan directeur de l'eau (PDE).

Les PRMHH et les rapports d'analyse de vulnérabilité des sources d'eau potable ont permis de :

- Développer de nouveaux processus de concertation pour établir des plans régionaux et locaux;
- Favoriser un meilleur partage d'information;
- Optimiser l'utilisation des données.

### Considérants/Constats

- Les acteurs responsables de la gestion de l'eau sont les administrations publiques;
- Les OBV sont des organismes de mobilisations des acteurs de l'eau qui en concertant, favorise la mise en œuvre des objectifs et des actions sur le territoire;
- Les acteurs assurant une gouvernance de l'eau (TRC, OBV et MRC) sont multiples et ne possèdent pas toutes les mêmes ressources organisationnelles;
- Le projet Saint-Régis pour la gestion de l'eau de surface du bassin versant de la Saint-Régis vise la mobilisation des acteurs de l'eau sur un horizon de 10 ans. Les participants s'entendent sur les problématiques vécues sur le territoire : l'érosion, les inondations et le manque d'eau. Présentement, deux projets sont sur le bassin de la rivière Saint-Régis :
  1. Lasalle | NHC a développé un modèle hydraulique et hydrodynamique à l'échelle du bassin versant qui intègre l'eau de surface agricole et urbaine, l'eau souterraine et les changements climatiques. Des scénarios ont été générés à partir de ce modèle;
  2. L'ÉTS a organisé une analyse multicritères basée sur la participation de la communauté et les résultats des scénarios tirés du modèle développé. On a identifié ainsi des indicateurs de succès, associés aux dimensions environnementales, sociales, économiques et techniques, qui correspondent aux souhaits de la collectivité et qui laissent de la latitude à la méthode d'intervention.
- La répartition des responsabilités, des ressources et des pouvoirs entre les nombreux ministères et organismes impliqués dans la gestion de l'eau complique la gouvernance de cette ressource. Les différences d'échelles administratives, territoriales et temporelles ajoutent de la complexité à la prise de décision et créent des frictions entre les différentes instances.

### Besoins identifiés lors des entretiens et de la revue de presse de l'Université Laval

- Il y a un manque de transparence des administrations publiques provinciales par rapport aux grands préleveurs;
- Définir clairement les rôles et responsabilités de l'ensemble des acteurs de l'eau;
- Il y a eu dans les 5 dernières années beaucoup de modifications et nouveautés réglementaires, cela demande beaucoup d'effort d'interprétation et de connaissances.

# Les thématiques de l'atelier de partage

---

## 6- Développer et maintenir des connaissances sur les ressources en eau utiles et utilisables

### Contexte

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES) a permis de :

- Opérationnaliser la stratégie de transfert et de mobilisation des connaissances sur les eaux souterraines ;
- Rendre les connaissances sur les eaux souterraines utiles et utilisables par les acteurs de l'eau.

Toutefois, ce transfert des connaissances n'a pas été fait pour la région d'étude qui a été couverte avant le PACES.

La Société de conservation et d'aménagement du bassin de la rivière Châteauguay (SCABRIC) a permis de :

- Discuter des priorités et de l'avenir de l'eau dans la région de la Montérégie-Ouest, lors des États généraux de l'eau ;
- Accompagner les acteurs municipaux dans l'élaboration des plans de protection des sources d'eau potable municipales.

### Considérants/Constats

- Il existe plusieurs plateformes qui regroupent les connaissances sur les ressources en eau :
  - Atlas de l'eau ;
  - Données Québec ;
  - Territoire ;
  - Organisme de bassin versant ;
  - Centre expertise hydrique ;
  - RQES.
- L'information sur les méthodes de gestion de l'eau que les municipalités publient sur leur site web, ainsi que d'autres, constitue une source d'information essentielle pour les autres municipalités en matière de gestion de l'eau. Le site web de la ville de Saint-Rémi en est un exemple. Il est probable que la compréhension de la situation des périodes de sécheresse améliorerait les actions de résilience et la qualité des décisions (Audet et al., 2024).

### Besoins identifiés lors des entretiens et de la revue de presse de l'Université Laval

- Besoin d'un suivi des événements qui touchent la ressource en eau ;
- Il est important que les connaissances sur les ressources en eaux soient accessibles et compréhensibles pour tout le monde ;
- L'état de la situation sur l'eau souterraine ;
- L'état des connaissances de l'eau est éparpillé sur plusieurs plateformes ;
- Avoir un portrait des municipalités sur les problèmes d'approvisionnement en eau.



# 3

---

## Les propositions







**1**

**Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages résidentiels, industriels, institutionnels, commerciaux et municipaux**

**2**

**Assurer l'approvisionnement en eau pour les usages agricoles**



**3**

**Assurer la protection de la qualité de l'eau des puits résidentiels et des installations de prélèvement d'eau potable municipal**

**4**

**Assurer une gestion de l'eau qui préserve des écosystèmes sains, renforce la résilience et apporte des bénéfices à la société**



**5**

**Mettre en place une gouvernance locale et régionale qui s'adapte et évolue pour une gestion efficace des ressources en eau**

**6**

**Développer et maintenir des connaissances sur les ressources en eau utiles et utilisables**

# La suite

---

## Communication des résultats

La communication des résultats est une étape très importante afin de partager les résultats à l'ensemble des participants. De plus, elle permettra de rejoindre les acteurs de l'eau n'ayant pas eu l'opportunité d'assister à l'atelier de partage. La diffusion sous la forme d'un compte rendu ou d'un bulletin d'information sera partagé aux participants via courriel, et sur le site internet de la SCABRIC. En plus d'un partage avec la communauté locale, la communication des résultats se fera auprès de la communauté scientifique et du comité de suivi par l'intermédiaire d'articles scientifiques et de communications orales.

## Les prochaines étapes

Les informations recueillies seront utilisées pour préparer de prochaines discussions autour de la table de travail. Celle-ci consiste à concevoir et orchestrer une démarche d'implication visant un processus d'élaboration d'une stratégie de gestion durable de l'eau par et avec les parties prenantes. La table de travail est un regroupement d'organismes représentés par des individus en provenance de différents secteurs afin de discuter des enjeux et actions pour l'approvisionnement en eau de leur région ; le tout favorisant la collaboration des organismes à consentir à la gestion durable de l'eau sous fort stress hydrique. Il n'existe pas de nombre de personnes optimal pour la prise de décision dans la littérature scientifique (Wu et al., 2020). Elle dépend des règles de décision Rae (1969), des compétences des individus (Sekiguchi, 2016) et des coûts associés (Brandt et Svendsen, 2013). Toutefois, une majorité d'articles s'accorde qu'un groupe variant entre 5 et 15 personnes est propice à l'obtention d'un consensus.

# Références

---

- Audet, K, Crespel, D, Da Silva, L, Montel, B, Paccard, M, Parent, R, Rondeau-Genesse, G, Roques, J et Tarte (2024a). Conséquences Attendues Survenant en Contexte d'Aggravation des Déficits d'Eau Sévères au Québec (CASCADES). [https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2024-04/CASCADES\\_RapportFinal\\_240214.pdf](https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2024-04/CASCADES_RapportFinal_240214.pdf)
- Audet, K, Crespel, D, Da Silva, L, Montel, B, Paccard, M, Parent, R, Rondeau-Genesse, G, Roques, J, & Tarte. (2024b). Conséquences Attendues Survenant en Contexte d'Aggravation des Déficits d'Eau Sévères au Québec (CASCADES).
- Ballard, J.-M., Huchet, F. et Lefebvre, R. (Juillet 2023). Modélisation numérique régionale des conditions actuelles et en climat futur des ressources en eau souterraine dans la région des anciennes lagunes de Mercier : RAPPORT FINAL (2e version révisée). Institut national de la recherche scientifique.
- Brandt, U. S. et Svendsen, G. T. (2013). Is local participation always optimal for sustainable action? The costs of consensus-building in Local Agenda 21. *Journal of Environmental Management*, 129, 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.07.020>
- Brassard, J.-O. et Michel, S. (2024, avril 24). TRAVAIL DE SESSION - CARTOGRAPHIE FINALE : Dans le cadre du cours ENV 829 - Enjeux complexes en environnement. UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE.
- Brelsford, C., Dumas, M., Schlager, E., Dermody, B., Aiuvalasit, M., Allen-Dumas, M., Beecher, J., Bhatia, U., D'Odorico, P., Garcia, M., Gober, P., Groenfeldt, D., Lansing, S., Madani, K., Méndez-Barrientos, L. E., Mondino, E., Müller, M., O'Donnell, F., Owuor, P., . . . Zipper, S. (2020). Developing a sustainability science approach for water systems. *ECOLOGY and SOCIETY*, 25(2). <https://doi.org/10.5751/ES-11515-250223>
- Brun, A. et Lasserre, F. (dir.). (2012). *Gestion de l'eau: Approche territoriale et institutionnelle* (1re éd.). Presses de l'Université du Québec. <https://www.jstor.org/stable/j.ctv18phcp8> <https://doi.org/10.2307/j.ctv18phcp8>
- Delisle, R. (2022). Développement d'une démarche collaborative pour l'élaboration d'un plan d'action sur l'eau souterraine en Estrie. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/102166>
- Elshall, A. S., Castilla-Rho, J., El-Kadi, A. I., Holley, C., Mutongwizo, T., Sinclair, D. et Ye, M. (2022). Sustainability of Groundwater. Dans D. A. DellaSala et M. I. Goldstein (dir.), *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation* (p. 157–166). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00056-8>
- Foster, N. (2021). Water Co-Governance for Sustainable Ecosystems: Reflections and Recommendations from Pilot Processes in the UK. *Water (Switzerland)*, 13(13), 1737. <https://doi.org/10.3390/w13131737>
- Ganivet, E. (2023). Eau, territoires et changements globaux : vers une approche systémique et participative de modélisation pour concevoir et agir en complexité. ([NNT : 2023URENB026]. [tel-04270007]). Université de Rennes, France.
- Huchet, F., Ballard, J.-M., Raynauld, M., Gosselin, J.-S. et Lefebvre, R. (avril 2021). Réalisation de travaux de caractérisation complémentaire pour la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines à Mercier : conditions des ressources en eau souterraine dans la région et en amont des anciennes lagunes de Mercier. Institut national de la recherche scientifique.
- I.Charron, A. Beaucchemin, A. Blais-Gagnon, S. Delmotte, S. Dicruc, D. Dugué, F. Landry, G. Jegu, A. R. Michaud, R. Morissette, & R.-M. St-Arnaud. (2019). Recherche participative d'alternatives durables pour la gestion de l'eau en milieu agricole dans un contexte de changement climatique (Participatory research for sustainable alternatives for water management in agriculture in a context of climate change). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36580.55680>
- Kuosa, T. (2024). How Can We Anticipate Plausible Futures? Futures Platform. <https://www.futuresplatform.com/blog/how-can-we-predict-plausible-futures>
- Laprise, P., Cadieux, J. et Déziel, J.-F. (2023). Plan régional des milieux humides et hydriques : MRC DE ROUSSILLON. <https://roussillon.ca/gestion-du-territoire/milieux-humides-et-hydriques/>
- Marais, A. E., & Abi-Zeid, I. (2021). A Method to Identify, Characterize and Engage Relevant Stakeholders in Decision Processes. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23890.89287>



# Références

---

- Mayrand, J., Lefebvre, R., Lavoie, R. et Grenier, J. (2022). Appropriation des connaissances sur l'eau souterraine vers une intégration dans le schéma d'aménagement et développement, 94.
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024). Programme pour une protection accrue des sources d'eau potable (PPASEP). Gouvernement du Québec. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/ppasep/index.htm>
- Moncrieff-Gould, G., Quigley, K., & Burns, C. (2018). Strengthening the Resilience of the Canadian Water Sector : Final rapport. <http://rdmug.ca/wp-content/uploads/2018/07/REPORT-Strengthening-the-Resilience-of-the-Canadian-Water-Sector.pdf>
- Paris, A. et Boivin, L. (2022). Plan régional des milieux humides et hydriques de la MRC des Jardins-deNapierville. Conseil régional de l'environnement de la Montérégie. <https://mrcjardinsdenapierville.ca/wp-content/uploads/2022/10/7.3-prmhh-jdn.pdf>
- Pontlevoy, O. (mai 2004). Modélisation hydrogéologique pour supporter la gestion du système aquifère de la région de ville. MERCIÉ. Institut national de la recherche scientifique.
- Rae, D. W. (1969). Decision-Rules and Individual Values in Constitutional Choice. *American Political Science Review*, 63(1), 40–56. <https://doi.org/10.2307/1954283>
- Réseau québécois sur les eaux souterraines. (2024). Programme détaillé Forum post-PACES.
- Romanello, M., van Daalen, K., Anto, J. M., Dasandi, N., Drummond, P., Hamilton, I. G., Jankin, S., Kendrovski, V., Lowe, R., Rocklöv, J., Schmoll, O., Semenza, J. C., Tonne, C. et Nilsson, M. (2021). Tracking progress on health and climate change in Europe. *The Lancet Public Health*, 6(11), e858-e865. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00207-3](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00207-3)
- Sanchez, É., Ney, M. et Labat, J.-M. (2011). Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire / International Journal of Technologies in Higher Education*, 8(1-2), 48–57. <https://doi.org/10.7202/1005783ar>
- Sekiguchi, T. (2016). Optimal group composition for efficient division of labor. *Theory and Decision*, 81(4), 601–618. <https://doi.org/10.1007/s11238-016-9552-1>
- Sivapalan, M., Savenije, H. H. G. et Blöschl, G. (2012). Socio-hydrology: A new science of people and water. *HYDROLOGICAL PROCESSES*, 26(8), 1270–1276. <https://doi.org/10.1002/hyp.8426>
- Straith, D., Adamowski, J. et Reilly, K. (2014). Exploring the behavioural attributes, strategies and contextual knowledge of champions of change in the Canadian water sector. *Canadian Water Resources Journal / Revue Canadienne Des Ressources Hydriques*, 39(3), 255–269. <https://doi.org/10.1080/07011784.2014.942576>
- Taylor, B., C. de Loë, R. et Bjornlund, H. (2012). Evaluating Knowledge Production in Collaborative Water Governance.
- Technorem (2008). Étude hydrogéologique régionale dans la zone de production maraîchère des bassins versants des rivières Norton, Esturgeon, Saint-Pierre et de la Tortue - Montérégie.
- Viviroli, D., Archer, D. R., Buytaert, W., Fowler, H. J., Greenwood, G. B., Hamlet, A. F., Huang, Y., Koboltschnig, G., Litaor, M. I., López-Moreno, J. I., Lorentz, S., Schädler, B., Schreier, H., Schwaiger, K., Vuille, M. et Woods, R. (2011). Climate change and mountain water resources: Overview and recommendations for research, management and policy. *HYDROLOGY and EARTH SYSTEM SCIENCES*, 15(2), 471–504. <https://doi.org/10.5194/hess-15-471-2011>
- White, D. D., Lawless, K. L., Vivoni, E. R., Mascaro, G., Pahle, R., Kumar, I., Coli, P., Castillo, R. M., Moreda, F. et Asfora, M. (2019). Co-Producing Interdisciplinary Knowledge and Action for Sustainable Water Governance: Lessons from the Development of a Water Resources Decision Support System in Pernambuco, Brazil. *Global Challenges (Hoboken, NJ)*, 3(4), 1800012. <https://doi.org/10.1002/gch2.201800012>
- Wu, P., Wu, Q., Zhou, L. et Chen, H. (2020). Optimal group selection model for large-scale group decision making. *Information Fusion*, 61, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.03.002>

## Mes notes personnelles

---



# Les partenaires du projet

Ce projet est réalisé par:



En collaboration avec:

