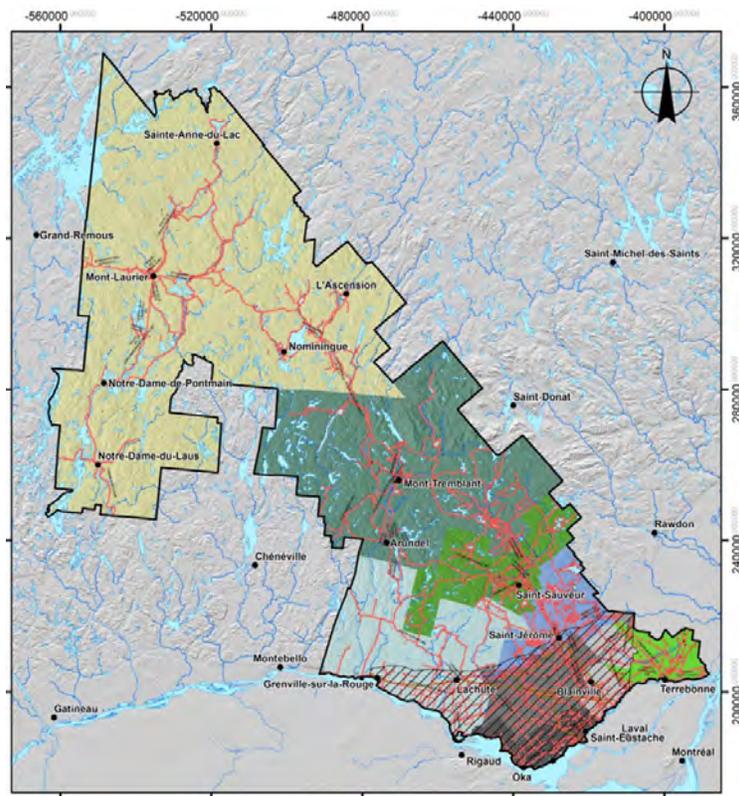


ATELIER 3

Comprendre le fonctionnement hydrogéologique de notre territoire

Laurentides - Les Moulins



CAHIER DU PARTICIPANT

webinaire, 23-24 et 25-26 novembre 2021

Cet atelier de transfert et d'échange des connaissances dans le cadre du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) Laurentides - Les Moulins, en formule webinaire, a été réalisé grâce au financement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), les Organismes de bassin versant (OBV) de la région du PACES (Abrinord, COBALI, RPNS, COBAMIL) et la Chaire de recherche Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) en écologie du paysage et aménagement:

- Anne-Marie Decelles, directrice générale du RQES, conception, préparation et animation du webinaire
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, conception, préparation et animation du webinaire
- Julie Ruiz, professeure et co-directrice du centre de recherche RIVE de l'UQTR, conception de l'atelier
- Marie Larocque, professeure en hydrogéologie, UQAM, coordonnatrice du PACES Laurentides - Les Moulins
- Sylvain Gagné, agent de recherche, UQAM, équipe de recherche du PACES Laurentides - Les Moulins
- Marjolaine Roux, agente de recherche, UQAM, équipe de recherche du PACES Laurentides - Les Moulins

Ce cahier est préparé exclusivement pour la réalisation des exercices dans le cadre du webinaire qui se tiendra les 23-24 novembre 2021 (parties 1) et 25 -26 novembre 2021 (parties 2).

Références à citer

L'ensemble des informations sur les notions hydrogéologiques fondamentales provient d'un travail de vulgarisation réalisé par un comité de travail du RQES. Toute utilisation de ces notions doit être citée comme suit :

Ferlatte, M., Tremblay, Y., Rouleau, A. et Larouche, U. F. 2014. Notions d'hydrogéologie - Les eaux souterraines pour tous. Première Édition. Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). 63 p.

Le présent document résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES-LAUR-LM:

Decelles, A.M., Ferlatte, M. et Ruiz, J. 2021. Atelier 3 - Comprendre les données du projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de Laurentides – Les Moulins, cahier du participant pour le webinaire. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAM et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire, 77 p.



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 Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaire et le MELCC 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.

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

- Identifier les besoins des utilisateurs en matière de recherche, d'applications concrètes pour la gestion de la ressource en eau souterraine, et de formation;
- Faciliter le transfert des connaissances acquises vers les utilisateurs afin de soutenir la gestion et la protection de la ressource;
- Servir de support à la formation du personnel qualifié dans le domaine des eaux souterraines pouvant répondre aux exigences du marché du travail actuel et futur en recherche, en gestion et en consultation.

Pour en savoir plus : www.rques.ca

Le Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'UQAM

Le Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère est né des départements des sciences de l'atmosphère (1973) et de géologie (1969), il y a une douzaine d'années. Il dispose de plusieurs chaires de recherche, de deux centres institutionnels et de plusieurs regroupements de recherche facultaires. Les étudiants au Département ont l'opportunité d'intégrer l'une ou l'autre de ces unités de recherche. Forts d'une formation pluridisciplinaire, les compétences des diplômés du Département sont recherchées dans les domaines des ressources, de l'aménagement, de l'adaptation aux changements climatiques et de la prévision des risques naturels.

Pour en savoir plus : www.scta.uqam.ca

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	5
Votre équipe de formation	6
1. Les notions de base en hydrogéologie	7
Glossaire	9
Quelques notions clés sur les eaux souterraines	12
2. Lecture des données cartographiques	15
Rappel des notions vues au dernier atelier	18
Contextes hydrogéologiques	23
Aquifères à nappe libre	27
Recharge potentielle annuelle	31
Vulnérabilité	35
3. L'eau souterraine de notre territoire	39
4. Synthèse des notions apprises	42
Interpréter les cartes pour répondre à une question en aménagement	45
5. Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines	67
Des mesures multiples et complémentaires	69
Mise en situation	70
Gabarit	72
Mes notes personnelles	75
Annexe	76

Le déroulement de l'atelier

Objectifs

- 1- Poursuivre l'acquisition des notions de base en hydrogéologie pour communiquer avec les chercheurs
- 2 - Comprendre le fonctionnement des aquifères de notre région
- 3 - Apprendre à lire et à interpréter les résultats PACES de notre région pour répondre à des enjeux de protection et de gestion de l'eau souterraine
- 4 - Développer des pistes d'action pour la protection et la gestion des eaux souterraines (PGES)

LES ACTIVITÉS

JOUR 1

1. Les notions de base en hydrogéologie
2. Lecture des données cartographiques
3. L'eau souterraine de notre territoire

JOUR 2

4. Synthèse des notions apprises
5. Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines

Votre équipe de formation

Vos animateurs du RQES



Miryane Ferlatte
M.Sc. Hydrogéologie
Coordonnatrice scientifique du RQES
Département des sciences de la Terre
et de l'atmosphère, Université du
Québec à Montréal
rqes.coord@gmail.com



Anne-Marie Decelles
M.A. Développement régional
Directrice générale du RQES
Département des sciences de
l'environnement, Université du
Québec à Trois-Rivières
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7
819-376-5011 poste 3238
Anne-Marie.Decelles1@uqtr.ca

Vos experts en eaux souterraines - L'équipe de recherche de l'UQAM



Marie Larocque
Ph.D. Hydrogéologie
Professeure
Département des sciences de la Terre
et de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 1515
larocque.marie@uqam.ca



Sylvain Gagné
M.Sc. Hydrogéologie
Agent de recherche
Département des sciences de la
Terre et de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 0252
gagne.sylvain@uqam.ca



Marjolaine Roux
Agente de support à la recherche
Département des sciences de la
Terre et de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 0252
roux.marjolaine@uqam.ca

Activité 1

Les notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **BLEU** sont définis dans le glossaire des notions clés sur les [eaux souterraines](#) (p. 9 à 11)

Explication activité 1

Objectif



Poursuivre l'acquisition des notions de base en hydrogéologie pour communiquer avec les chercheurs.

Déroulement



Les animatrices dirigent l'activité.

+



Les participants peuvent poser des questions dans le clavardage.

Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines

Le glossaire de l'ensemble des notions clés est disponible au lien internet suivant : rques.ca/glossaire/

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.

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. Il n'est pas directement rechargé par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégé des contaminants provenant directement de la surface.

Aquifère de roc fracturé

Aquifère constitué de roche et rendu perméable par les fractures qui le traversent. Le pompage de débits importants est parfois difficile.

Aquifère granulaire

Aquifère constitué de dépôts meubles. Généralement, plus les particules sont grossières (ex. : sable et gravier), plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère granulaire est perméable. Le pompage de débits importants est souvent possible.

Aquifère non confiné

Aquifère près de la surface des terrains, en contact avec l'atmosphère (pas isolé par un aquitard). Il contient une nappe libre. Il peut être directement rechargé par l'infiltration verticale et est généralement plus vulnérable à la contamination.

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. Il est modérément rechargé et protégé.

Aquitard

Unité géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans laquelle l'eau souterraine s'écoule difficilement. Généralement, plus les particules d'un dépôt meuble sont fines (ex. : argile et silt), plus les pores sont petits, moins l'eau est accessible et moins le dépôt meuble est perméable. L'aquitard agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.

Argile

Grain très fin, de taille inférieure à 0,002 mm; les pores sont également très petits, rendant les dépôts meubles argileux très peu perméables.

Charge hydraulique

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. 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. Voir Niveau piézométrique.

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).

Conductivité hydraulique

Aptitude d'un milieu poreux à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique. Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Débit de base

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

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.

DRASTIC

Système de notation 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 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**. L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226; plus l'indice est élevé, plus l'**aquifère** est vulnérable à la contamination.

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).

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.

Gradient 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.

Gravier

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

Hydrostratigraphie

Représente un arrangement des unités de dépôts meubles et de roches en profondeur en considérant leur perméabilité respective.

Nappe (ou **nappe phréatique**)

Ensemble des **eaux souterraines** comprises dans la **zone saturée** d'un **aquifère** et accessibles par des puits. C'est le contenu de l'**aquifère**.

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). Elle n'est pas directement rechargée par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégée des contaminants provenant directement de la surface.

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. Elle peut être directement rechargée par l'infiltration verticale et est généralement plus vulnérable à la contamination.

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. Elle est modérément rechargée et protégée.

Niveau piézométrique

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. L'**eau souterraine** s'écoule d'un point où le **niveau piézométrique** est le plus élevé vers un point où il est le plus bas. Voir **Charge hydraulique**.

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 (publiés par Santé Canada). Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs.

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 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.

Propriétés (ou paramètres) 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, conductivité hydraulique, etc.).

Recharge

Renouvellement en eau de la nappe, par infiltration de l'eau des précipitations dans le sol et percolation jusqu'à la zone saturée.

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 largement étendues (ex. : cours d'eau, lacs et milieux humides), et sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis (source).

Sable

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

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.

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.

Temps de résidence

Durée pendant laquelle l'eau demeure sous terre, depuis son infiltration jusqu'à sa résurgence. Plus son temps de résidence est long, plus l'eau sera évoluée et minéralisée, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous.

Till

Matériau granulaire mis en place à la base d'un glacier, composé de sédiments de toutes tailles dans n'importe quelle proportion, généralement dans une matrice de sédiments fins.

Transmissivité

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 L²/t (ex. : en mètres carrés par seconde).

Vulnérabilité

Sensibilité d'un aquifère à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol.

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. Synonyme : Zone vadose.

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.



Nappe, aquifère et aquitard

L'**EAU SOUTERRAINE** est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les espaces vides du milieu géologique.

Définitions de base

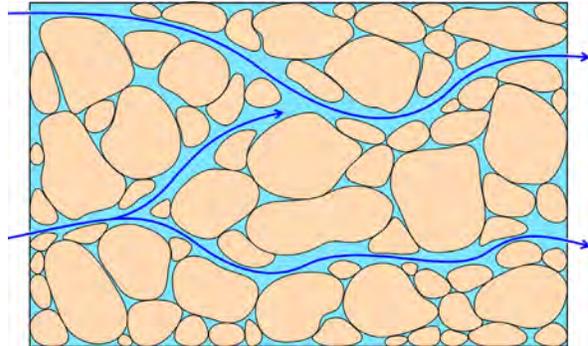
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

- Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.

La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'habileté du milieu à transmettre l'eau.

- Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Circulation de l'eau souterraine entre les pores



NAPPE et AQUIFÈRE, de quoi parle-t-on ?

La **NAPPE** représente l'eau souterraine qui circule dans un aquifère.

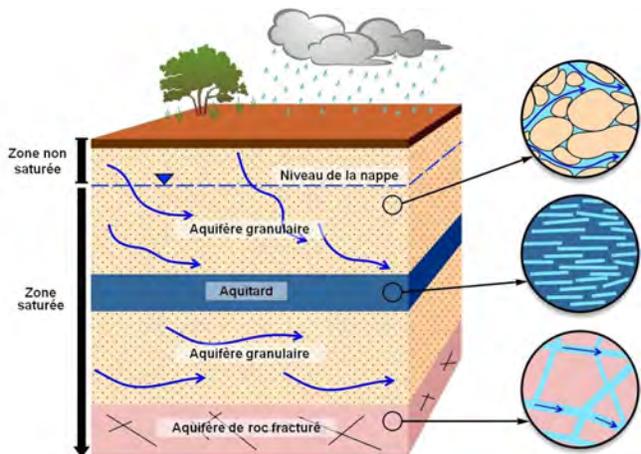
- C'est le **contenu**.

Un **AQUIFÈRE** est un milieu géologique perméable comportant une zone saturée qui permet le pompage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une source.

- C'est le **contenant**.

Comment cela fonctionne-t-il ?

L'eau qui s'infiltré dans le sol percole verticalement et traverse la **zone vadose** (ou **zone non saturée**) pour atteindre la **nappe** phréatique (**zone saturée**), et ainsi contribuer à la **recharge** de l'aquifère. Comme pour l'eau en surface, l'eau souterraine s'écoule dans l'aquifère, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières.



Qu'est-ce qu'un AQUITARD ?

L'**AQUITARD** est un milieu géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans lequel 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.



Différents types d'aquifères

Quels sont les milieux géologiques qui constituent des aquifères ?

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

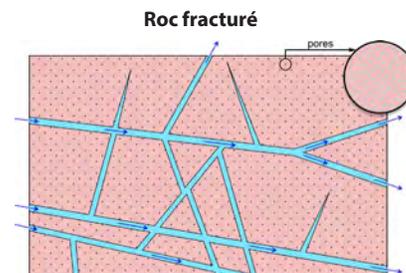
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

Les **pores** de la roche contiennent de l'eau souterraine et forment ainsi un grand réservoir. Leur faible interconnexion ne permet cependant pas une circulation efficace de l'eau.

Les **fractures**, qui ne représentent en général qu'un faible pourcentage en volume par rapport aux pores, permettent toutefois une circulation plus efficace de l'eau, parfois suffisante pour le captage.

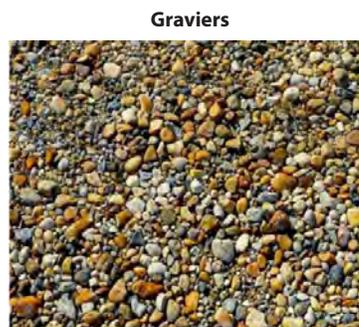
En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer le plus de fractures possible.



AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules grossières** (ex.: sables et graviers), il forme un **AQUIFÈRE**.

- Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.
- Des débits importants peuvent y être pompés à condition que l'épaisseur saturée soit suffisante.



Argiles



Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules fines** (ex.: argiles et silts), il forme un **AQUITARD**.

- Plus les pores sont petits, moins l'eau est accessible et moins le dépôt meuble est perméable.



Types de dépôts meubles

SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

Résulte du transport par les glaciers de fragments arrachés au socle rocheux et la reprise en charge de dépôts meubles anciens.

- Composé de grains de toutes tailles dans une matrice fine — ni **aquifère** ni **aquitard**.

SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation. Comprend les eskers, les kames et la moraine de Saint-Antoine.

- Composés de sables et graviers — **aquifère**.

SÉDIMENTS MARINS, GLACIOMARINS et GLACIOLACUSTRES

Mis en place dans la mer de Goldwaith ou de Champlain, ou dans des lacs alimentés par les eaux de fonte, pendant et après la déglaciation.

- Lorsque déposés en eau profonde : composés de silt et d'argile — **aquitard**.
- Lorsque déposés en eau peu profonde, près du littoral ou dans des deltas : composés de sable et gravier — **aquifère**.

SÉDIMENTS ALLUVIAUX

Mis en place par les cours d'eau actuels ou anciens.

- Composés de silt, sable ou gravier — **aquifère**.

SÉDIMENTS ÉOLIENS

Mis en place par l'action du vent, sous forme de dune.

- Composés de sable — **aquifère**.

SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

- Composés de matière organique — **dynamique d'écoulement des eaux souterraines complexe**.

Till mince



Till continu



Sédiments fluvio-glaciaires



Sédiments littoraux



Argiles glaciomarines



Sédiments deltaïques



Sédiments alluviaux



Sédiments éoliens



Tourbe



© Cloutier et coll. (2013)

Activité 2

Lecture des données cartographiques

Explication activité 2

Objectif



Apprendre à lire et interpréter les données hydrogéologiques à l'aide de cartes.

Déroulement



Après un rappel des notions vues au dernier atelier, les participants approfondissent 4 nouvelles notions en hydrogéologie à l'aide de cartes thématiques de leur territoire.

+



Les participants testent leurs connaissances en répondant à des questions à l'aide des sondages en direct.

Les secteurs

Secteur Mont-Laurier

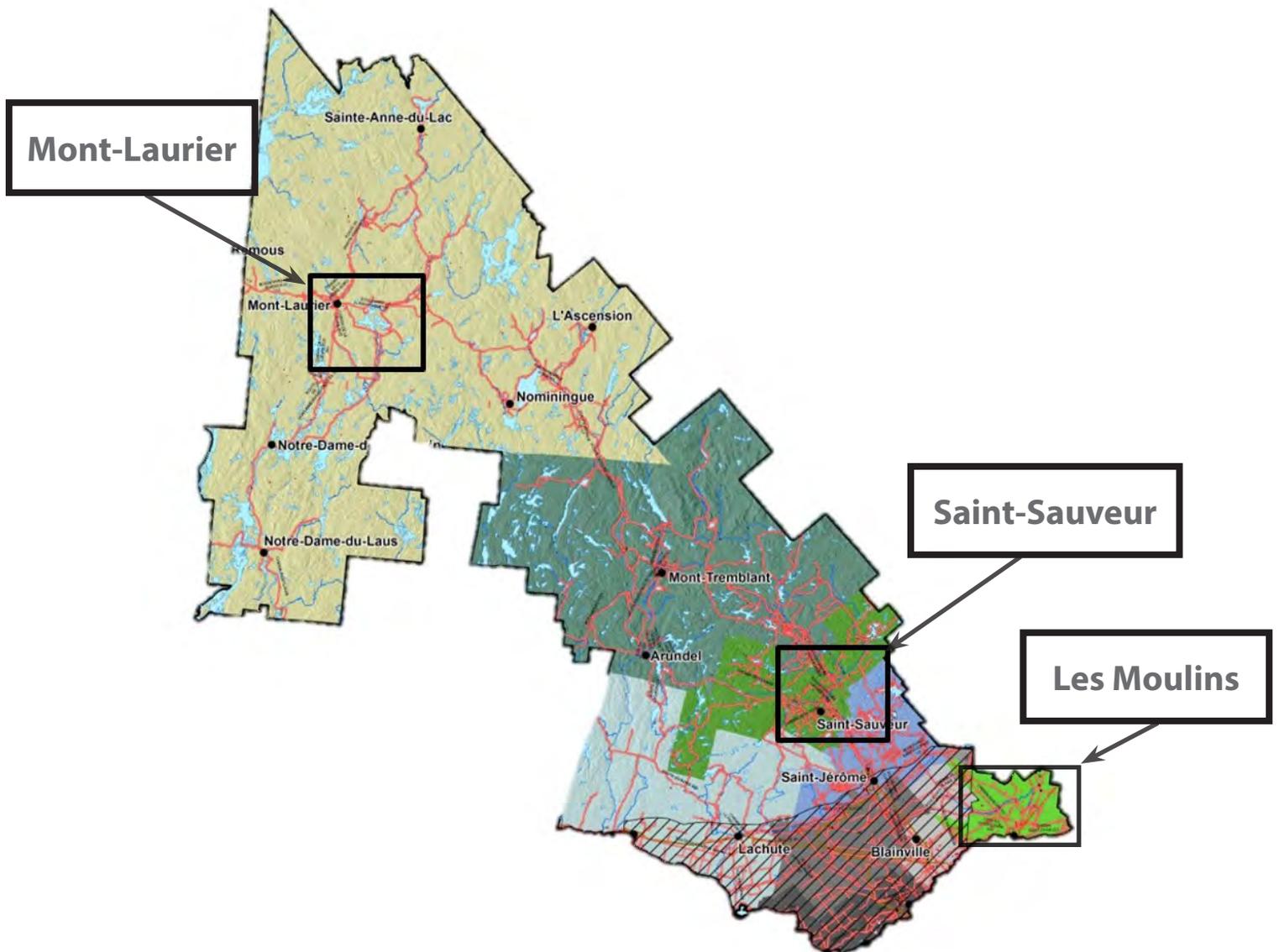
Ce secteur est situé au nord du territoire. Il comprend entre autres les municipalités de Mont-Laurier, Lac-des-Écorces, Kiamika, Lac-Saguay et Saint-Aimé-du-Lac-des-Iles. Il est caractérisé par une distribution plus hétérogène des dépôts meubles et un relief adouci. On retrouve des épaisseurs importantes le long de la vallée de la rivière du Lièvre, dont la largeur permet la présence de plaines agricoles. Des aquifères captifs et semi captifs composés de dépôts fluvioglaciaires sont présent dans plusieurs vallées, comme dans la municipalité de Lac-des-Écorces.

Secteur Saint-Sauveur

Ce secteur est situé au sud du territoire. Il comprend entre autres les municipalités de Val-David, Val-Morin, Sainte-Adèle, Morin-Heights, Saint-Sauveur, Piedmont, Saint-Hippolyte, Prévost, Sainte-Anne-des-Lacs et Saint-Sauveur. Il est caractérisé par un relief montagneux avec des dépôts épais le long de la rivière du Nord. Les dépôts comblant cette vallée constituent une importante source d'eau potable pour la région. Le socle rocheux du bouclier canadien est généralement peu perméable, sauf dans le secteur de Morin-Heights où le marbre fracturé fourni des débit importants.

Secteur Les Moulins

Ce secteur correspond au territoire de la MRC Les Moulins. Il comprend entre autres les municipalités de Mascouche et Terrebonne. Il est caractérisé par des dépôts sableux de faible épaisseur déposés sur des épaisseurs d'argile importantes. Ces argiles créent des conditions de nappe captive pour l'aquifère constitué de calcaire fracturé. Ce dernier peut fournir des débits assez importants pour alimenter des municipalités, des industries ou des secteurs résidentiels. On retrouve par contre des eaux souterraines fortement minéralisées dans la partie sud de ce secteur.



Les notions vues au dernier atelier: rappel

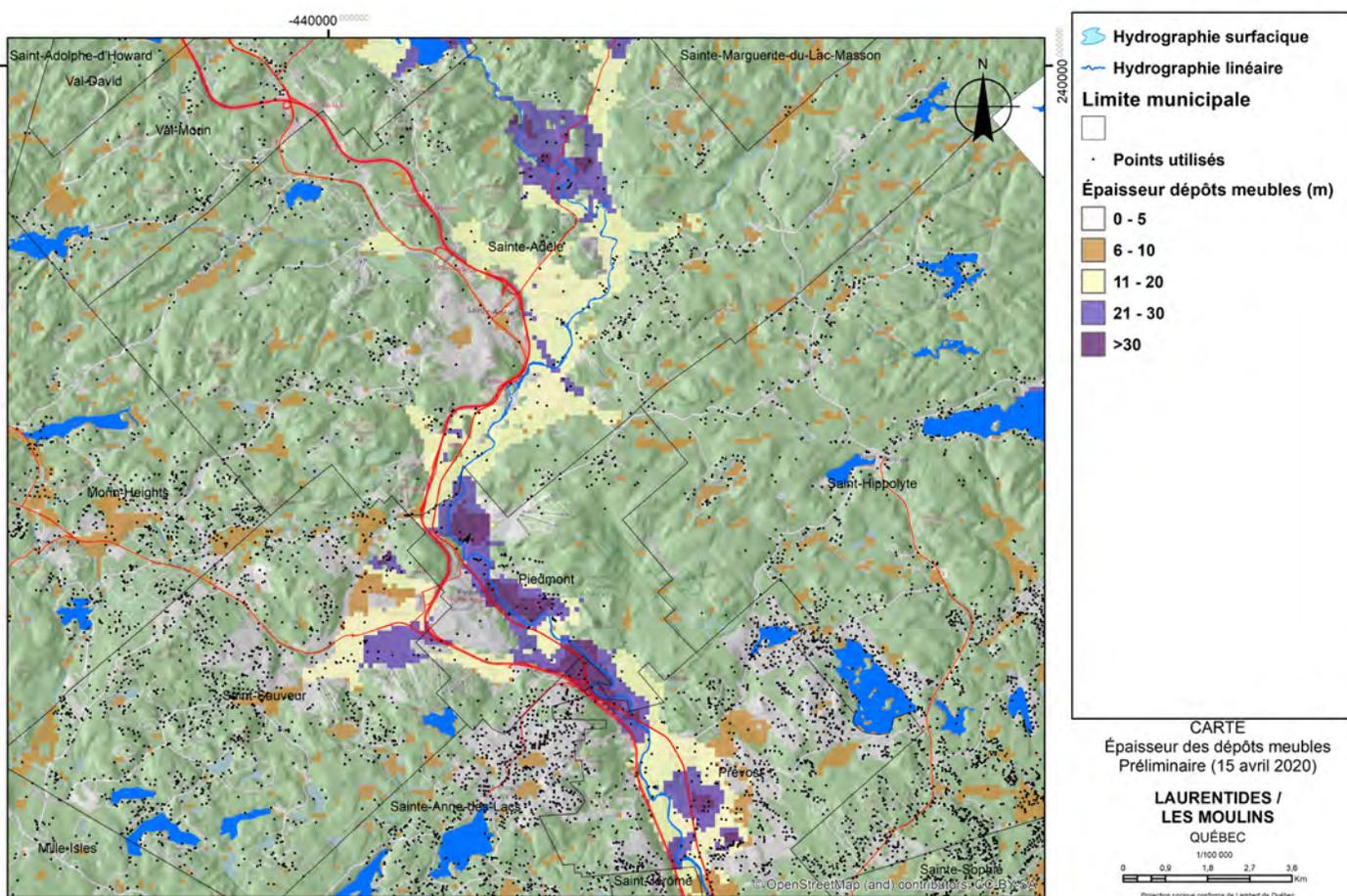
1- Épaisseur des dépôts meubles

Les dépôts meubles sont l'ensemble des sédiments qui recouvrent le socle rocheux. Ils proviennent généralement de l'érosion de la roche, mais aussi parfois de la matière organique ou des volcans. Les dépôts meubles possèdent généralement une **POROSITÉ** importante. Ils peuvent contenir entre 30 et 50% de leur volume en eau.

L'épaisseur et les propriétés des dépôts meubles qui recouvrent le roc influencent l'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale. Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.

La carte de l'épaisseur des dépôts meubles ne permet pas de distinguer les sédiments perméables des sédiments imperméables. L'agencement stratigraphique avec la profondeur peut être connu à partir des forages qui constituent pour l'hydrogéologue des fenêtres indispensables pour « voir » ce qui se retrouve sous terre.

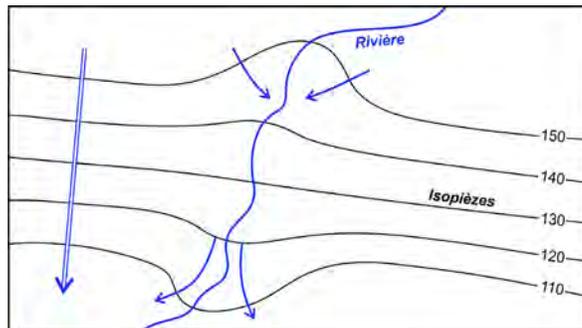
Exemple pour le secteur Saint-Sauveur



Les notions vues au dernier atelier: rappel

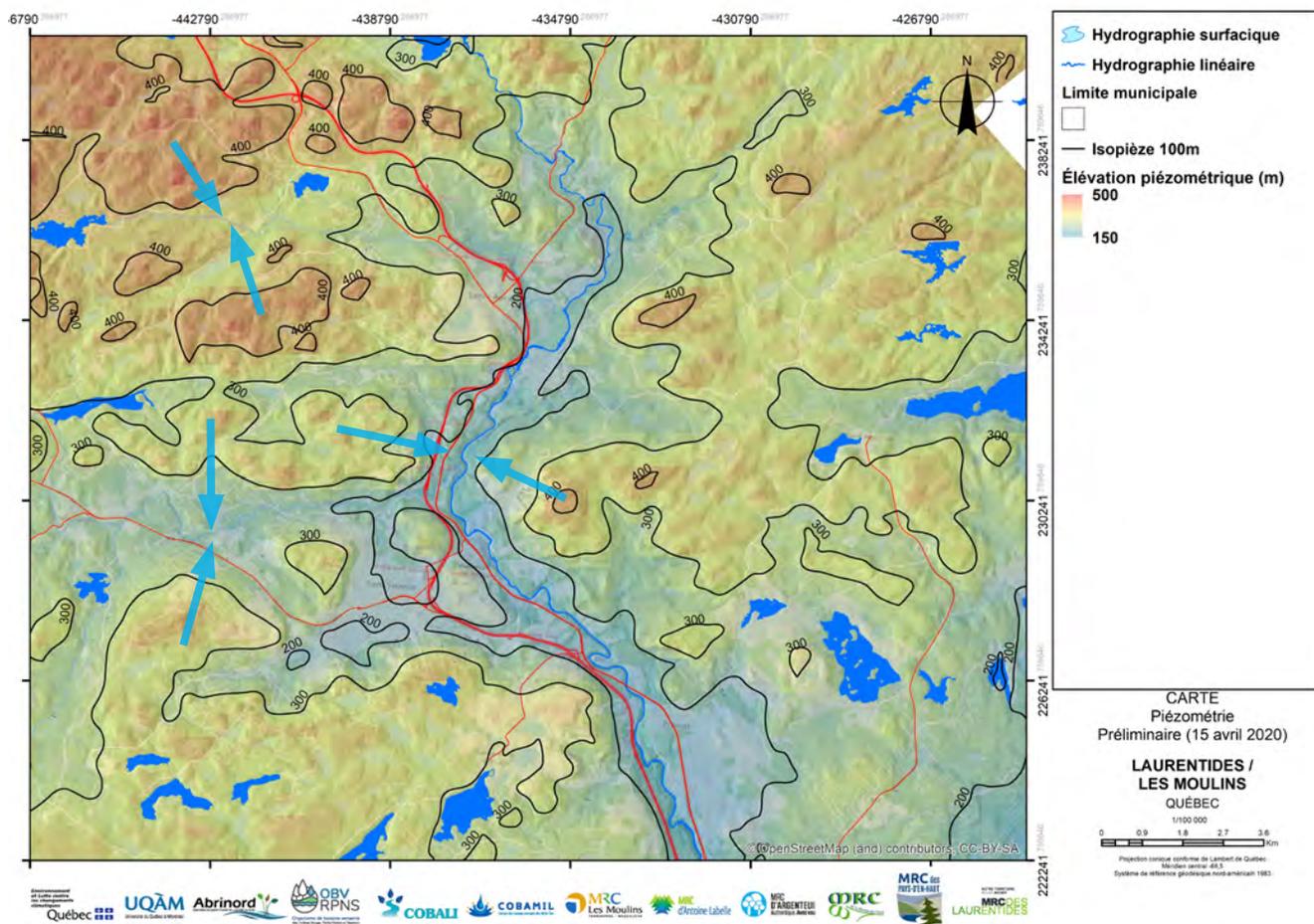
3- Piézométrie

En reliant tous les niveaux piézométriques mesurés sur un territoire, on obtient la **SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE**. Pour représenter celle-ci sur une carte, des lignes sont tracées entre différents points de même niveau piézométrique. (appelées isopièzes ou courbes piézométriques), comme sur une carte topographique. Plus les courbes sont rapprochées, plus le **GRADIENT HYDRAULIQUE** est élevé.



Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** (ou **CHARGE HYDRAULIQUE**) correspond à l'élévation du niveau d'eau par rapport au niveau moyen de la mer (nmm) mesuré dans un puits. Une carte piézométrique indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones au niveau piézométrique plus élevé vers celles où le niveau est plus faible. On obtient ainsi une vue d'ensemble de la dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère.

Exemple pour le secteur Saint-Sauveur

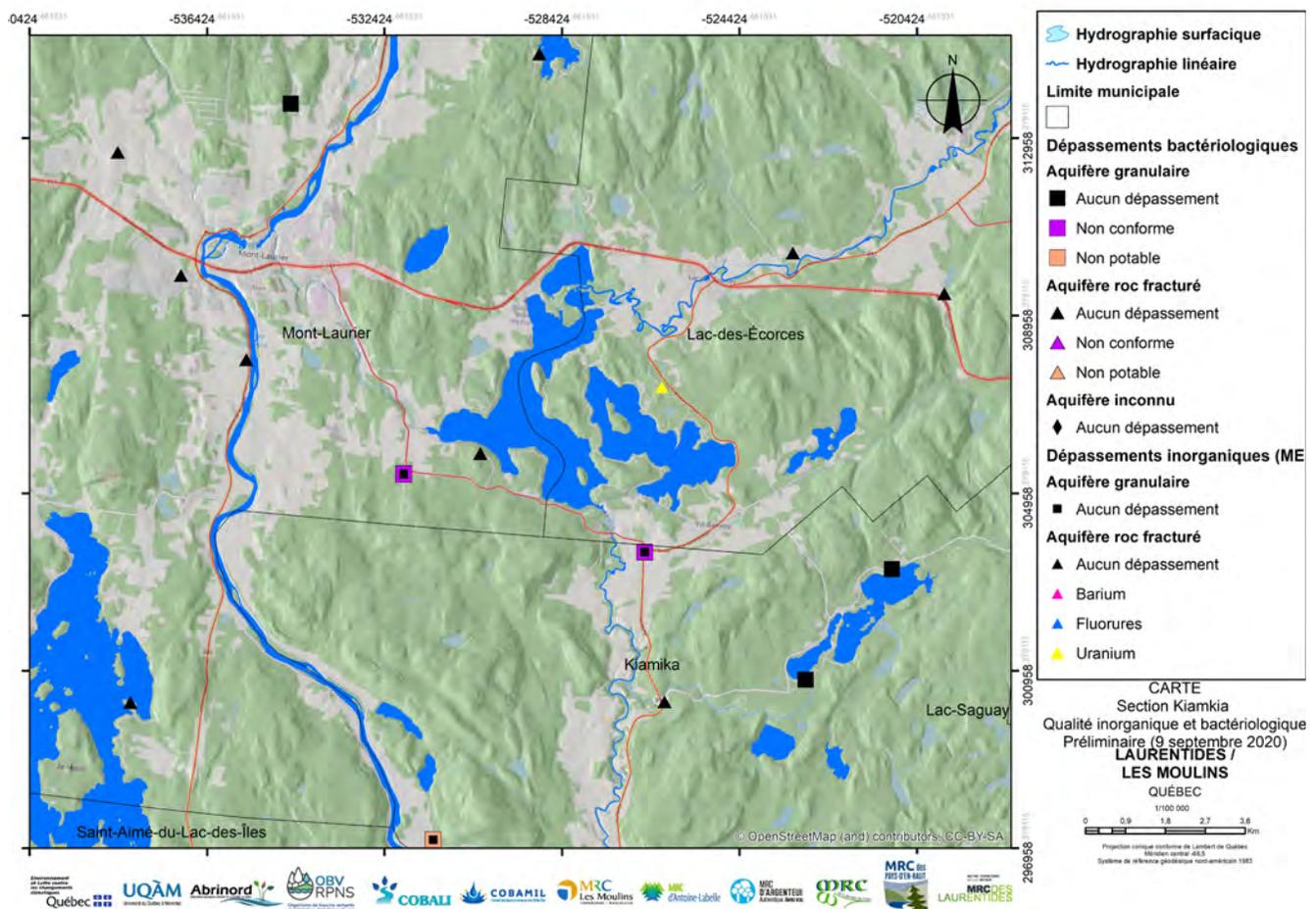


4- Qualité de l'eau

La qualité de l'eau potable s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine. Elles proviennent du Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r. 40).

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** (OE) sont des recommandations de Santé Canada concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau potable (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine. Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs.

Exemple pour le secteur Mont-Laurier



Les nouvelles notions

Dans les prochaines pages, nous introduirons 4 nouvelles notions:

1. Les contextes hydrogéologiques
2. Les aquifères en nappe libre
3. La recharge potentielle annuelle
4. La vulnérabilité

Limites générales de l'étude

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES LAURLM sont représentatives des conditions régionales. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données sources utilisées pour réaliser les travaux d'analyse et d'interprétation des données ainsi que la production des cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats du projet présentés dans le rapport et les cartes associées ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégrité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de ces données, des conditions présentées par les données ou des données sources y étant rattachées.

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : données de terrain récoltées dans le cadre du PACES, rapports de consultants, bases de données ministérielles) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MELCC et sont jugés de moins bonne qualité, tant en ce qui concerne les mesures géologiques et hydrogéologiques que les localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés. Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les valeurs des paramètres pourraient aussi varier temporellement (jours, saisons ou années).

1- Les contextes hydrogéologiques

Définition

Un contexte hydrogéologique représente un arrangement des unités de dépôts meubles et de roches, en considérant leur perméabilité respective. La superposition des unités géologiques est aussi désignée par le terme stratigraphie. Les contextes hydrogéologiques permettent de visualiser comment sont organisées les unités géologiques en profondeur afin d'en apprécier leur continuité et leur étendue, et d'identifier quelle séquence de dépôts meubles peut être rencontrée dans un secteur donné. On parle aussi d'**HYDROSTRATIGRAPHIE**. Par exemple, un contexte hydrostratigraphique pourrait être une zone définie par une couche de silts ou d'argile en surface, reposant sur des sédiments fluvioglaciers de sable et gravier en contact avec l'aquifère de roc fracturé.

Ces contextes exercent une influence sur l'écoulement et la qualité de l'eau souterraine. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire. Ces séquences déterminent les **CONDITIONS DE CONFINEMENT** des aquifères.

Méthode utilisée

L'agencement stratigraphique des unités géologiques en profondeur est connu à partir des forages. Bien que plusieurs intrants au modèle demeurent à développer/valider et à mettre en forme, les données stratigraphiques de diverses sources (rapports compilés, SIH, MTQ, carte de dépôts meubles, affleurements rocheux) ont permis le développement d'un modèle hydrostratigraphique préliminaire à l'échelle de la zone d'étude. Les différents types de dépôts meubles ont été regroupés selon leur potentiel aquifère :

- Dépôts perméables (aquifère) : sable et gravier
- Dépôts imperméables (aquitard) : argile et silt
- Roc fracturé (aquifère)

La carte des dépôts quaternaires (voir les différents types de dépôts meubles décrits en annexe) est utilisée afin de contraindre les contextes hydrogéologiques en surface. Par exemple, si aucune information stratigraphique n'est disponible dans une zone et que la carte des dépôts quaternaires indique de l'argile, le contexte hydrogéologique sera une séquence d'argile sur till sur roc ou d'argile sur sable et gravier sur roc.

Interprétation pour la région

La grande majorité du territoire du PACES LAULM est constituée d'un contexte de till sur roc. C'est dans les grandes vallées que se situent les épaisseurs importantes de dépôts meubles et les contextes hydrogéologiques plus complexes. Dans la partie sud de la vallée de la rivière du Nord, on retrouve des argiles la mer de Champlain en surface et des dépôts perméables sous l'argile. À mesure que l'on remonte vers l'amont, les dépôts perméables sont de plus en plus présents en surface. Dans la vallée de la rivière Rouge, des épaisseurs importantes de dépôts perméables se retrouvent par-dessus les silts et argiles qui eux-mêmes recouvrent d'autres dépôts perméables, créant ainsi des aquifères confinés. Dans la zone nord et dans la vallée de la rivière du Lièvre on retrouve aussi ces mêmes contextes, mais les dépôts argileux sont plus souvent rencontrés en surface. Finalement, dans les basses terres on retrouve principalement un contexte d'argile sur sable et gravier sur till.



Pourquoi la présence d'un dépôt meuble perméable dans une séquence stratigraphique n'assure-t-elle pas nécessairement la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?

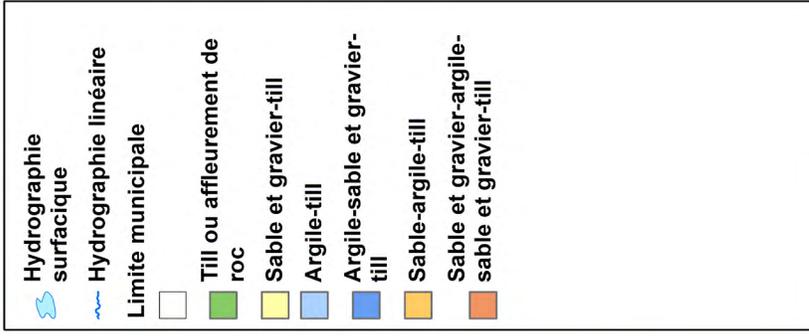


Secteur Mont-Laurier



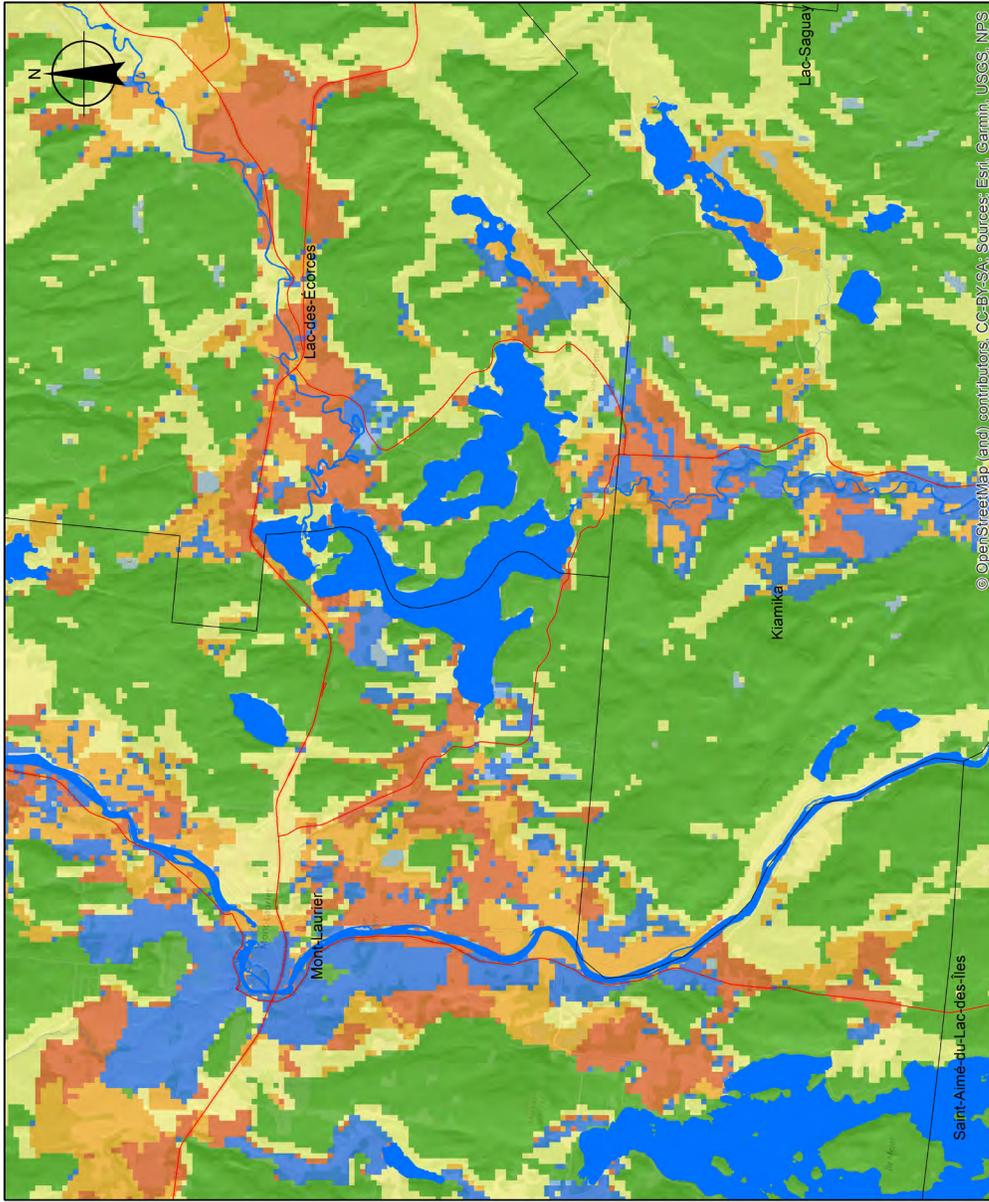
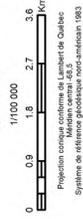
Il n'y a pas de sédiments argileux dans le secteur de Lac-des-Écorces.

Vrai Faux



CARTE
 Contexte stratigraphique
 Préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA, Sources: Esri, Garmin, USGS, NPS



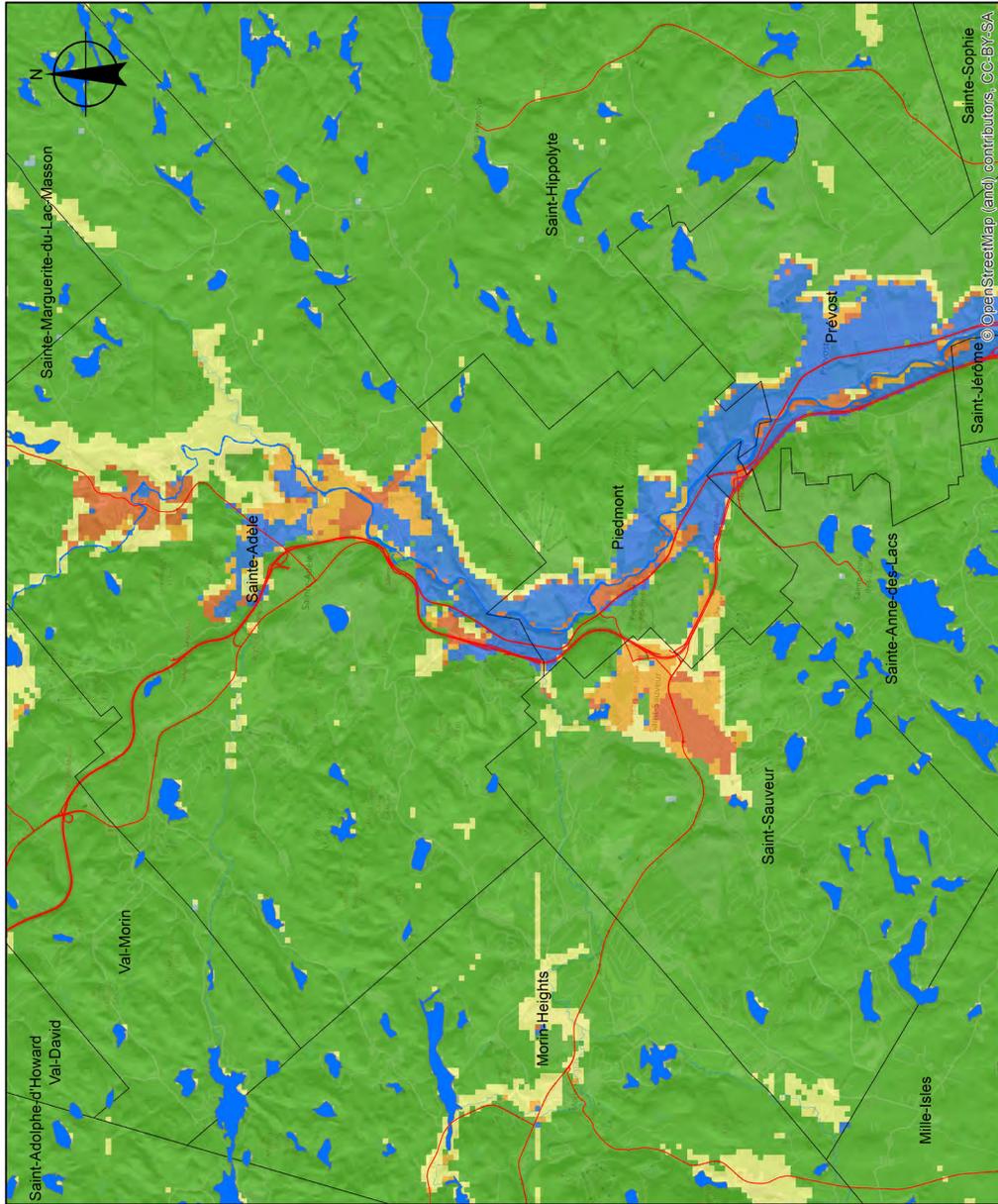
Secteur Saint-Sauveur



Le secteur est dominé par la présence de till et de roc en surface.

Vrai Faux

	Hydrographie surfacique
	Hydrographie linéaire
	Limite municipale
	Till ou affleurement de roc
	Sable et gravier-till
	Argile-till
	Argile-sable et gravier-till
	Sable-argile-till
	Sable et gravier-argile-sable et gravier-till



CARTE
Contexte stratigraphique
Carte préliminaire (08-11-2021)
LAURENTIDES / LES MOULINS
QUEBEC

1/100 000

0 0.9 1.8 2.7 3.6 Km

Projection conique conforme de Lambert de Québec
Médian-centre 60.5
Système de référence géographique canadien 1983

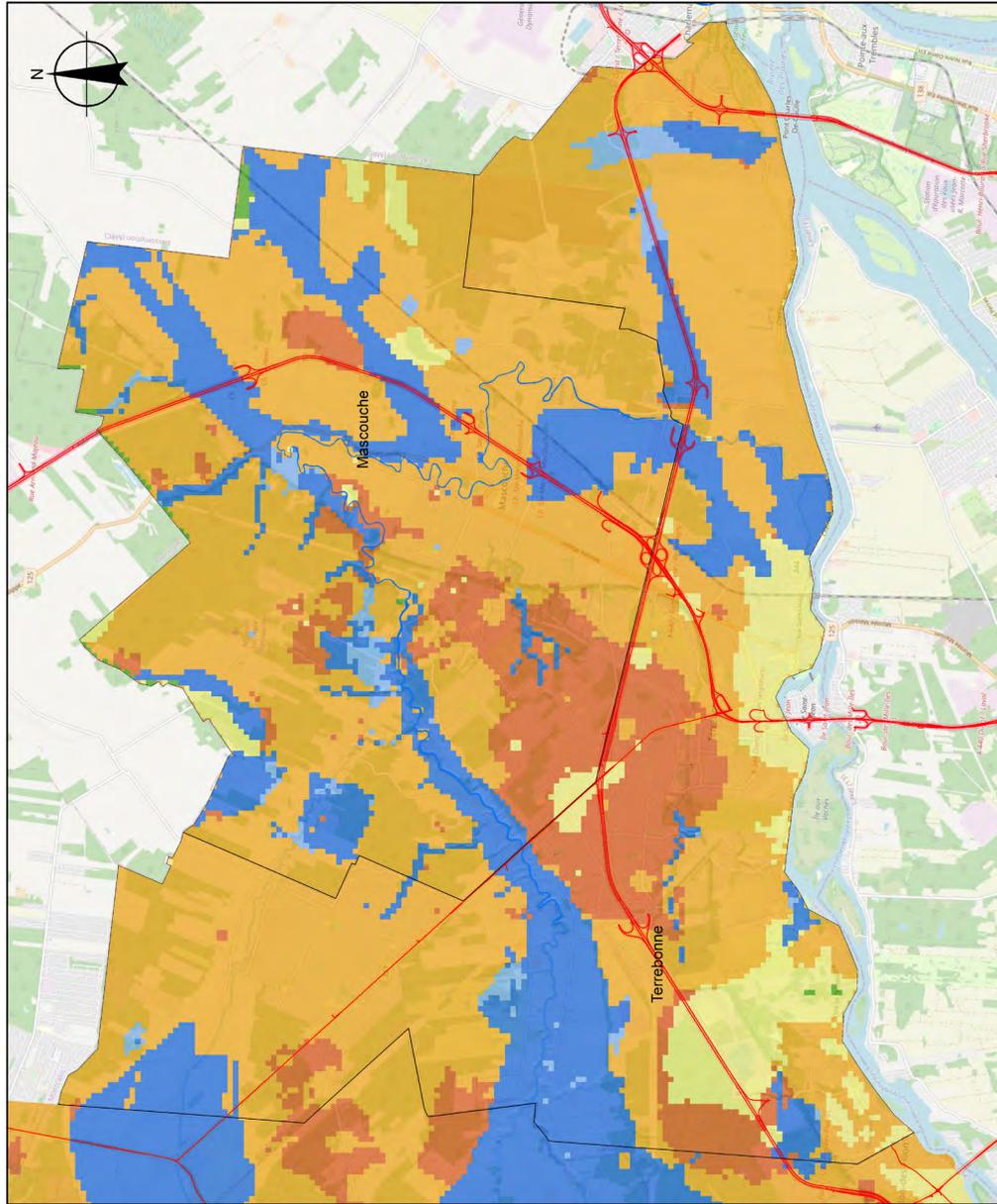
Secteur Les Moulins



On retrouve de grandes superficies d'aquifères confinés à nappe captive dans le secteur Les Moulins.

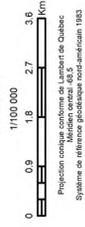
Vrai Faux

	Hydrographie surfacique
	Hydrographie linéaire
	Limite municipale
	Till ou affleurement de roc
	Sable et gravier-till
	Argile-till
	Argile-sable et gravier-till
	Sable-argile-till
	Sable et gravier-argile-sable et gravier-till



CARTE
Contexte stratigraphique
Carte préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
LES MOULINS
QUÉBEC



2- Aquifères en nappe libre

Définition

L'épaisseur et les propriétés des dépôts meubles qui recouvrent le roc influencent l'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale. Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers et perméables (sables et graviers), et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. La carte des aquifères en nappe libre représente les dépôts granulaires perméables présents en surface en fonction de leur épaisseur. Plus ils sont épais et perméables, plus ils peuvent constituer un réservoir d'eau souterraine au **POTENTIEL AQUIFÈRE** important et contenir de grandes quantités d'eau.

Un aquifère à **NAPPE LIBRE** n'est pas recouvert par un **AQUITARD** et est en contact direct avec l'atmosphère. Il peut être directement rechargé par l'infiltration verticale et est donc généralement **plus vulnérable à la contamination**.

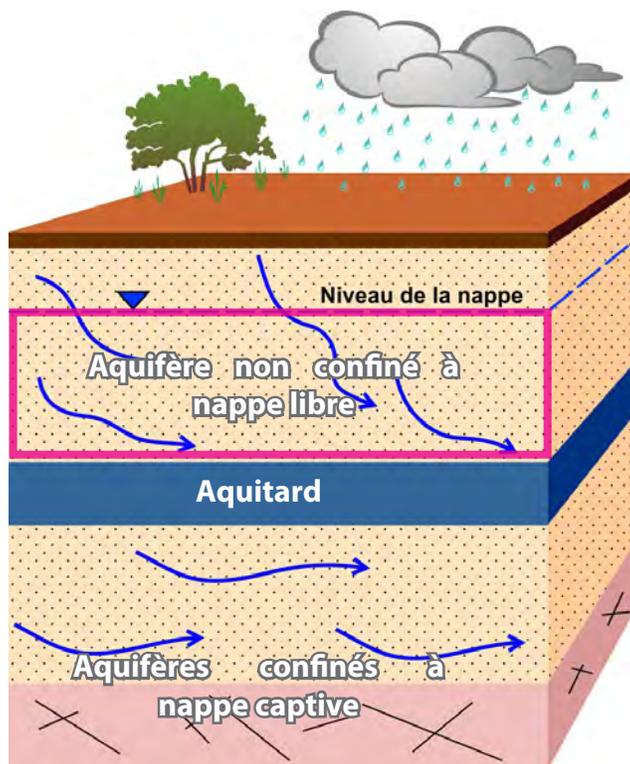
Méthode utilisée

Les données de forages ont été traitées afin d'extraire des épaisseurs de dépôts granulaires situés en surface. Ces données ont ensuite été interpolées et corrigées avec la carte des dépôts quaternaires afin de s'assurer, par exemple, qu'il n'y avait pas de dépôts granulaires là où la carte indique la présence d'argile en surface.

Interprétation pour la région

Tel que l'indique la carte des contextes hydrogéologiques, les principaux aquifères granulaires en condition de nappe libre sont situés dans les vallées des rivières Rouge et du Lièvre, de même que dans le complexe de la moraine de Saint-Narcisse entre Arundel et Sainte-Lucie des Laurentides. Des aquifères en nappe libre importants sont situés dans la vallée de la rivière Rouge entre Huberdeau et Labelle de même que dans le secteur de l'Ascension. Du côté de la rivière du Lièvre, la zone avec le plus important potentiel aquifère en nappe libre est située dans le secteur de Notre-Dame-du-Laus.

Sur les cartes des pages suivantes, les zones où il n'y a pas de milieu aquifère de dépôts identifié (en vert pâle) correspondent à des zones de dépôts argileux en surface, d'affleurement rocheux ou à des couvertures de dépôts de till reposant directement sur le roc. Le seul milieu aquifère d'intérêt dans ces zones est celui du roc fracturé.



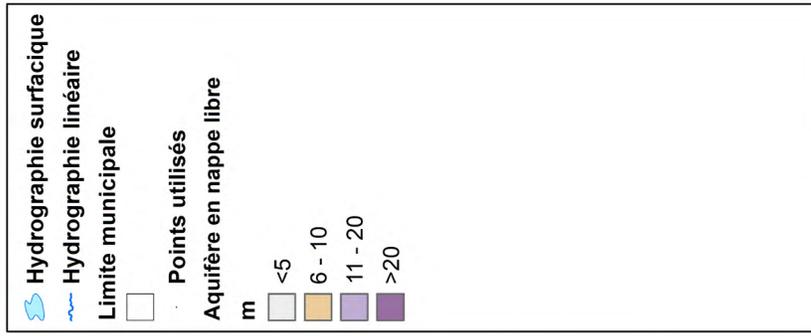
Est-ce que l'absence d'aquifère granulaire en nappe libre signifie qu'il n'y a aucune source d'eau souterraine possible?



Secteur Mont-Laurier



Les aquifères granulaires les plus épais se trouvent généralement dans les vallées des rivières. Vrai Faux

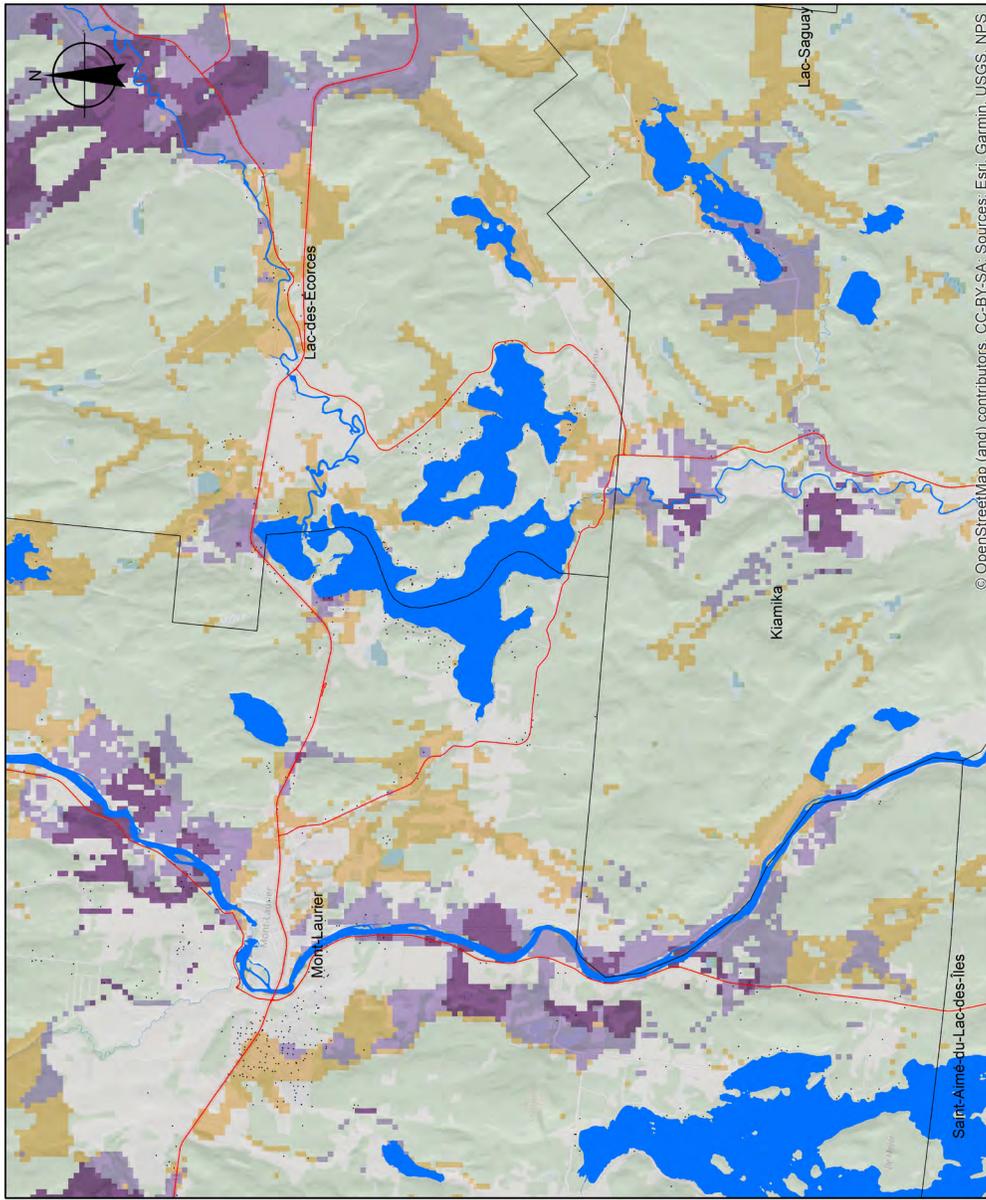


CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



Projection cartographique: UTM, Zone 18N
 Métrique: métrique
 Méridien central: 48° 5'



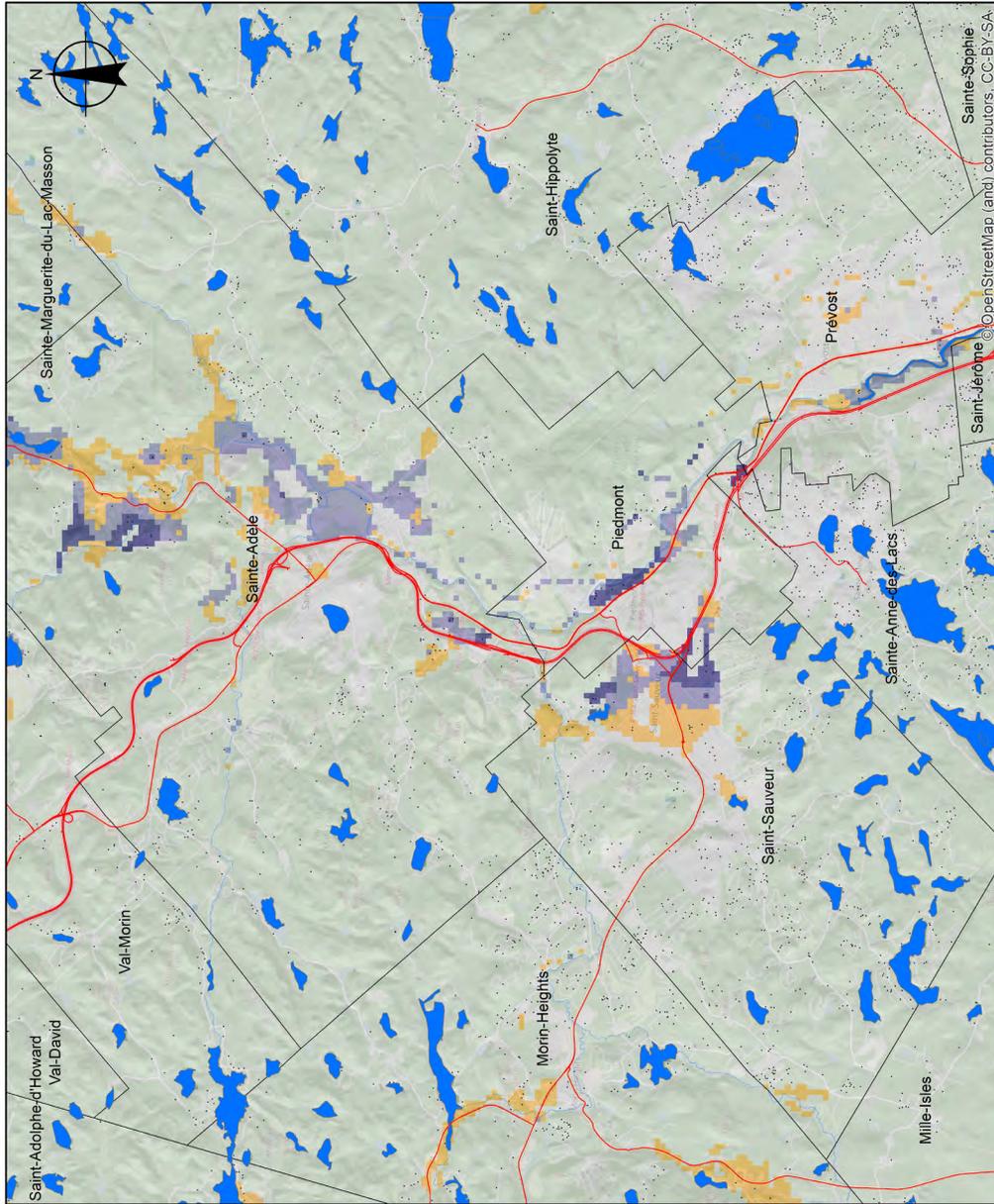
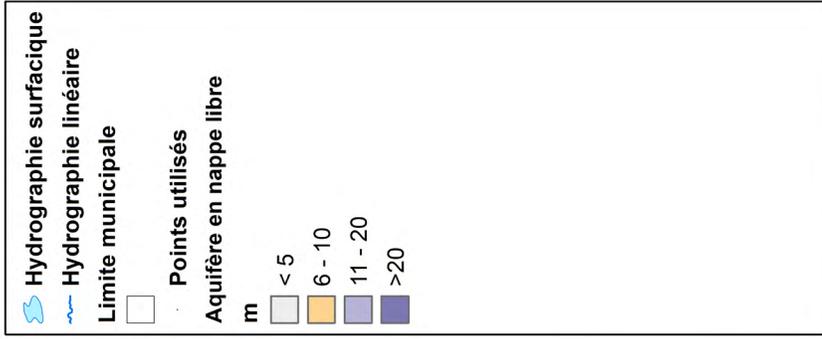
© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA, Sources: Esri, Garmin, USGS, NPS

Secteur Saint-Sauveur

Les aquifères en nappe libre sont plus épais dans le secteur de Prévost que dans le secteur de Piedmont.

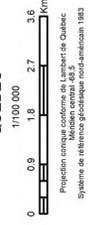


Vrai Faux



CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Carte préliminaire (08-11-2021)

**LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC**



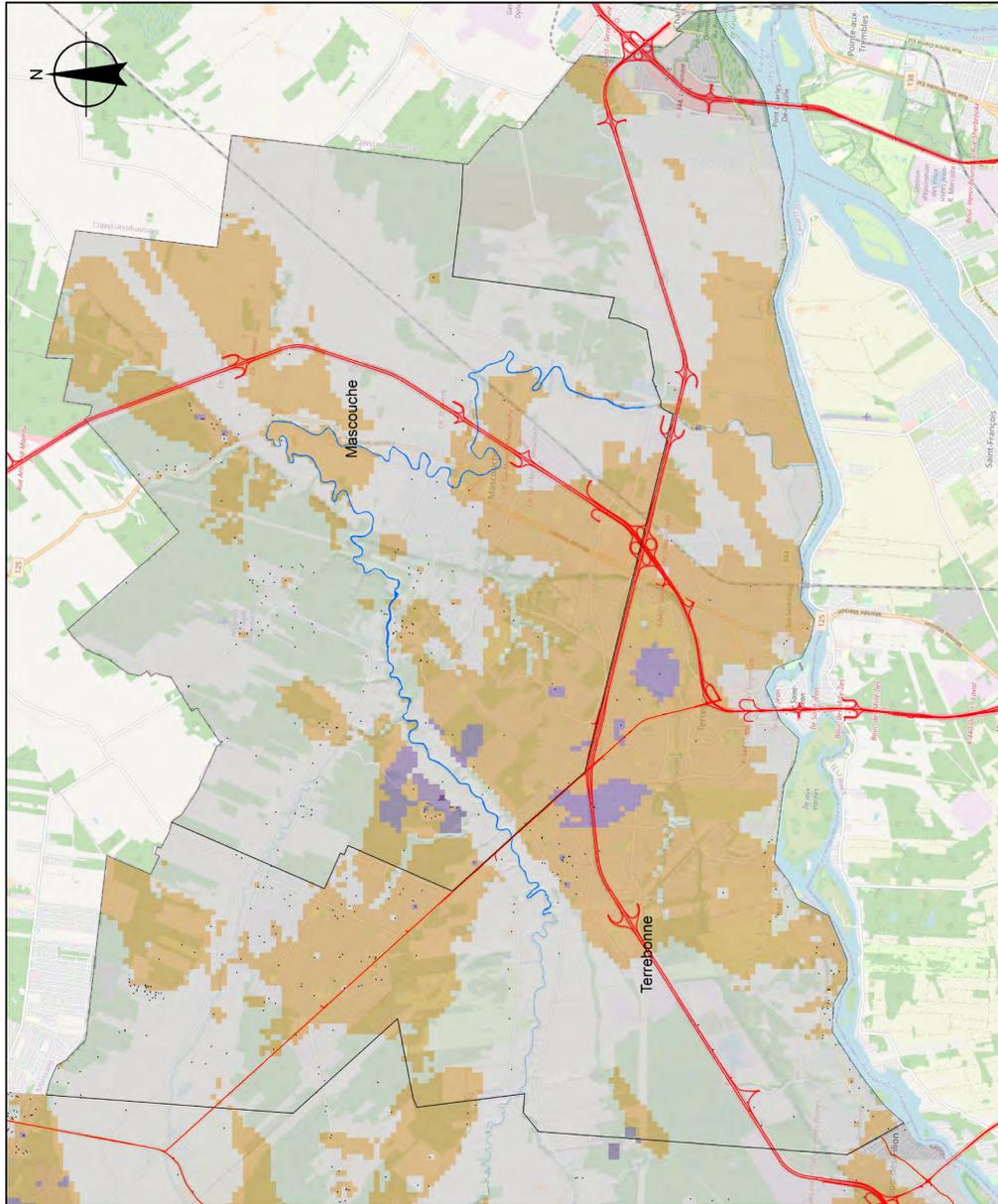
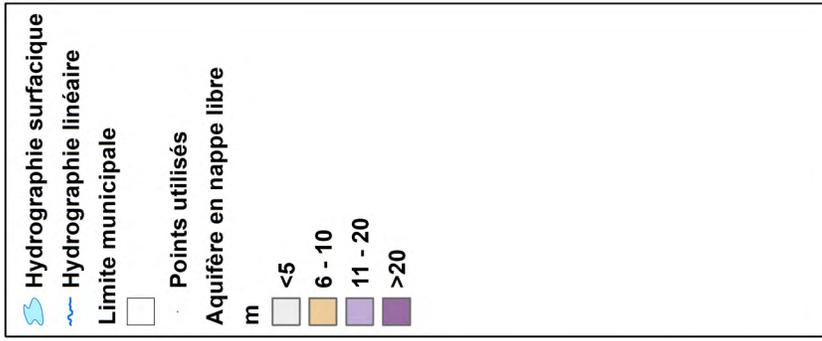
Secteur Les Moulins



Le secteur de Terrebonne offre un meilleur potentiel aquifère que celui de Mascouche.

Vrai

Faux



CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



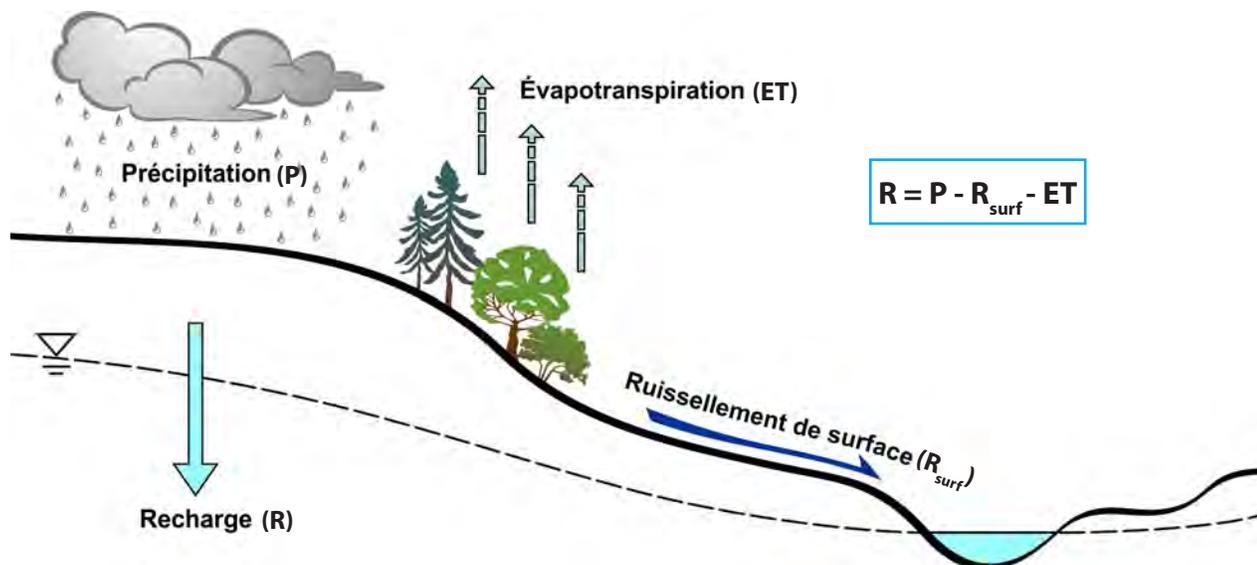
Projection cartographique: Système de coordonnées géographiques de Québec
 Métrique: mètres UTM
 Système de référence géodésique nord-américain 1983



3- Recharge potentielle annuelle

Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau (en mm/an) qui s'infiltrate 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'infiltrer 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.



Méthode utilisée

Dans le cadre de ce projet, la recharge a été estimée à l'aide de l'outil de modélisation de la recharge potentielle des eaux souterraines HydroBudget développé par l'UQAM (Dubois et al, 2021) et fonctionnant sur le logiciel R. L'outil HydroBudget permet d'obtenir une estimation mensuelle et spatialisée de la recharge potentielle d'un territoire. Il est adapté aux climats froids et présente l'avantage d'être parcimonieux en données d'entrée, notamment en s'affranchissant des données sur le sous-sol. La recharge est calculée comme un bilan hydrique de surface sans routage en surface, c'est-à-dire que le bilan est effectué maille par maille. En période estivale, les précipitations liquides sont partagées entre ruissellement et percolation vers un réservoir. L'évapotranspiration est prélevée dans ce réservoir et l'eau restante est disponible pour la recharge. En période hivernale, la neige est stockée jusqu'au printemps, sa remobilisation liquide est fonction de la température et d'un coefficient de fonte. Si le sol est considéré comme gelé, l'ensemble de l'eau de surface ruisselle et la recharge est nulle. La recharge a été calculée sur un maillage de 500 m x 500 m.

Interprétation pour la région

La recharge moyenne sur le territoire est de 196 mm/an, avec un maximum de 468 mm/an et un écart type spatial de 101 mm/an. La recharge annuelle moyenne est relativement uniforme sur le territoire avec des valeurs variant majoritairement entre 200 et 300 mm/an. La zone des basses-terres est caractérisée par une recharge potentielle plus faible, principalement causée par les sols plus argileux. Les zones de recharge potentielles supérieures à 300 mm/an sont localisées dans les secteurs d'aquifère en nappe libre à faible pente. Elles constituent des zones de recharge préférentielles. Plusieurs pixels isolés indiquent des valeurs de recharge faible. Ils sont situés dans des zones de milieux humides ou de petits plans d'eau qui peuvent recevoir de l'eau souterraine, mais qui rechargent peu l'aquifère.



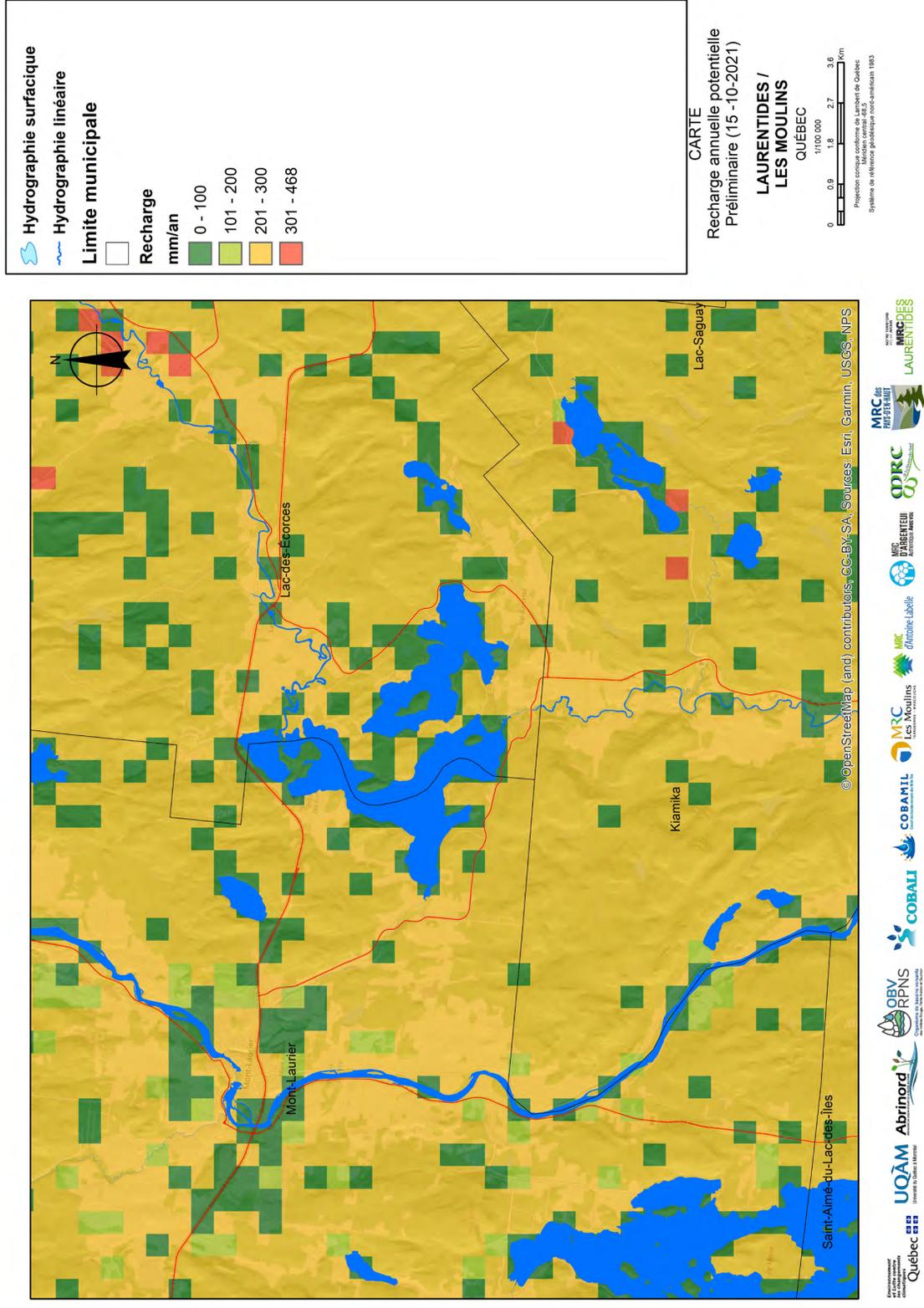
Qu'est-ce qui influence le plus le taux de recharge ?



Secteur Mont-Laurier

La municipalité de Mont-Laurier repose majoritairement sur des zones de recharge préférentielles.

Vrai Faux

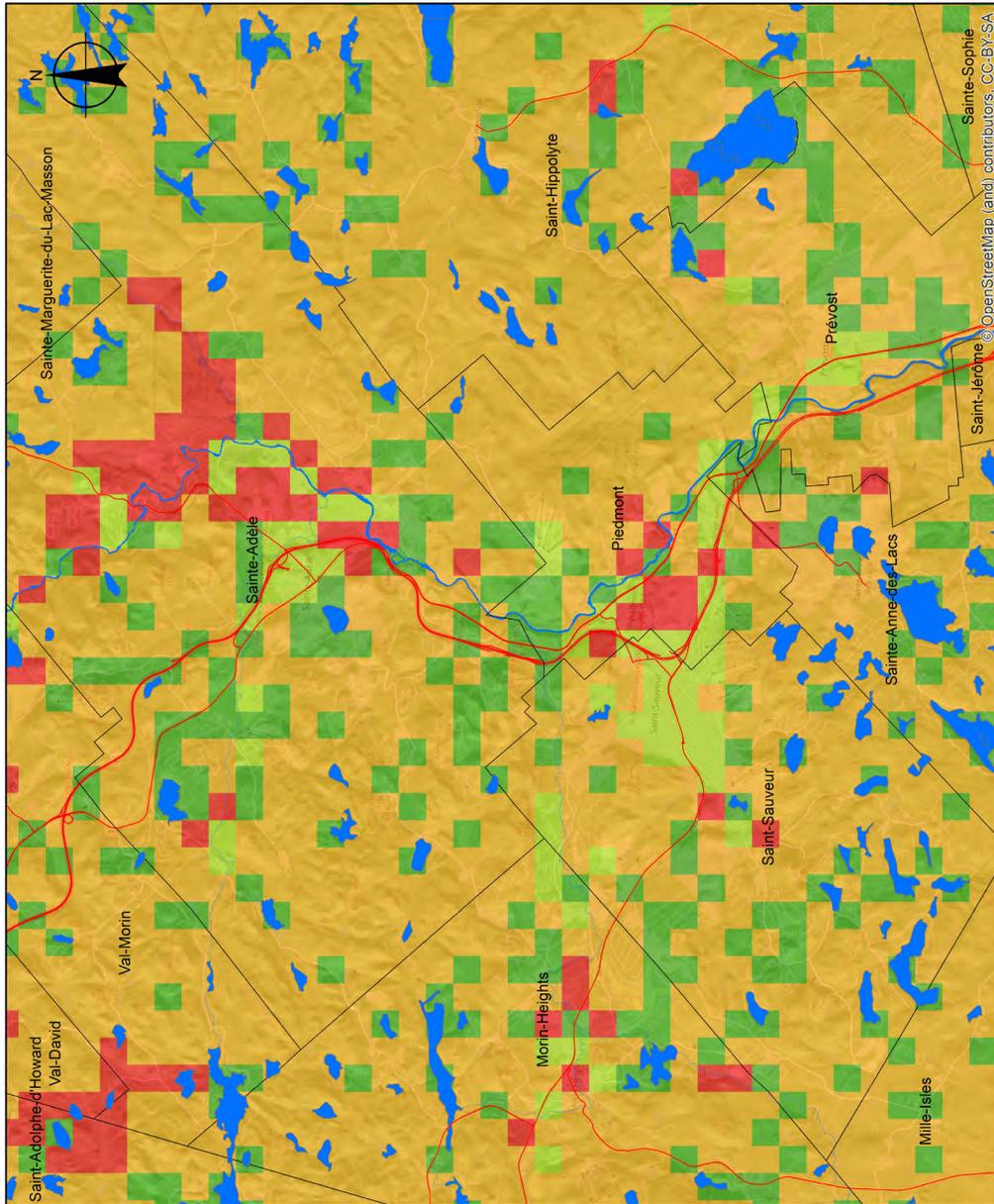
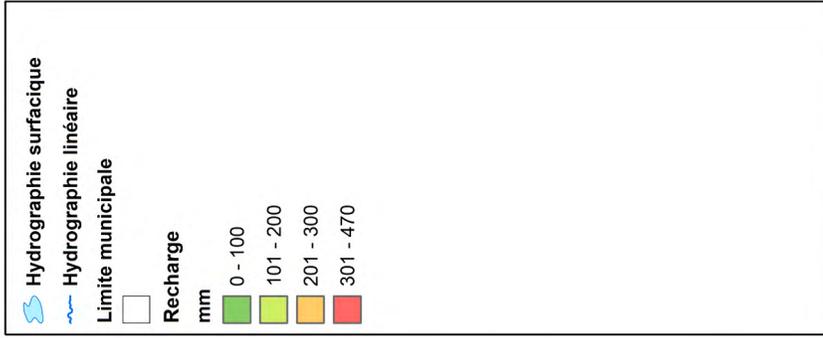


Secteur Saint-Sauveur



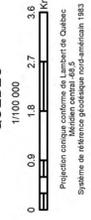
La recharge au centre villageois de Val-Morin oscille entre 201 et 300 mm/an.

Vrai Faux



CARTE
 Recharge annuelle potentielle
 Carte préliminaire (15-10-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



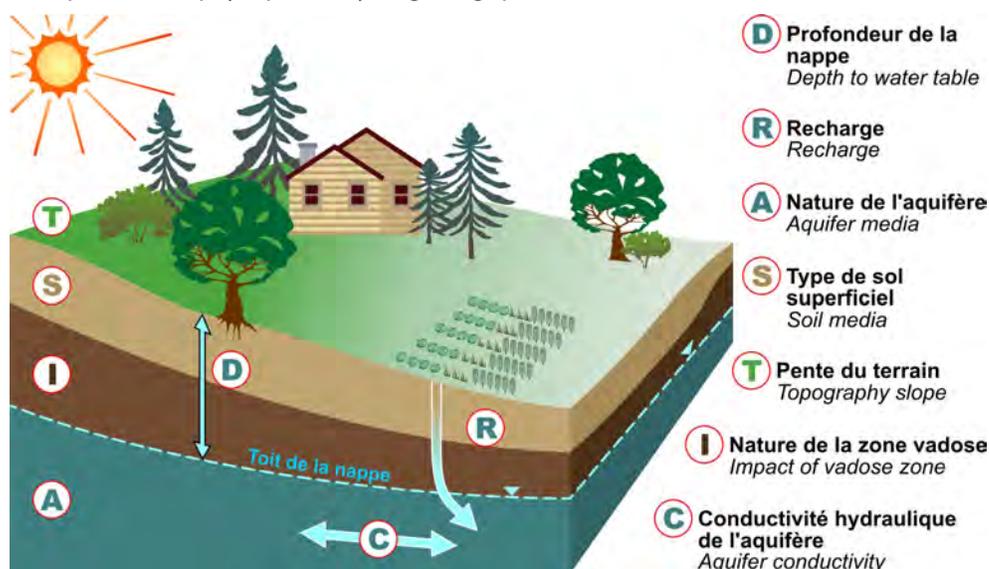
4- Vulnérabilité

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. Une carte de vulnérabilité permet donc d'identifier les zones les plus vulnérables à la contamination et de fournir un outil d'aide à la prise de décision pour aménager le territoire tout en protégeant la ressource en eau souterraine. La carte de vulnérabilité permet d'intégrer un ensemble de conditions qui contribuent à la vulnérabilité d'un aquifère, « traduisant » ainsi la connaissance hydrogéologique en un outil facilement applicable par des non spécialistes. Les secteurs où la vulnérabilité est élevée sont à prioriser pour prévenir une éventuelle contamination de l'eau souterraine par des activités anthropiques potentiellement polluantes.

Méthode

La vulnérabilité a été évaluée pour le premier aquifère rencontré à l'aide de la méthode **DRASTIC**, qui permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques:



L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination. Le risque de dégradation de la qualité de l'eau souterraine peut être estimé en jumelant la vulnérabilité, l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination et l'importance de l'exploitation de l'aquifère.

Interprétation pour la région

Le territoire a généralement une vulnérabilité qualifiée de moyenne (81% du territoire). La grande majorité du territoire ayant une recharge supérieure à 200 mm/an et une faible couverture de dépôts meubles explique cette situation. Les valeurs DRASTIC faibles sont localisées dans les zones de contextes hydrogéologiques où l'argile est présente en surface, ce qui limite la recharge et le risque de contamination de la nappe. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les zones qui combinent une forte recharge, une profondeur de nappe faible et des sols très perméables. Ces zones correspondent aux aquifères

en nappe libre qui sont principalement situées dans les grandes vallées de la zone du PACES LAULM. Il est important de mentionner que l'indice DRASTIC est calculé pour le premier aquifère rencontré, il est donc normal d'observer des valeurs DRASTIC moyenne dans les secteurs des basses terres puisque, dans plusieurs secteurs, les argiles sont recouvertes de dépôts sableux d'une épaisseur de 3 à 5 m qui peuvent constituer un aquifère vulnérable à la contamination. Bien que ces aquifères ne soient pas exploitables pour l'approvisionnement en eau potable, ils alimentent souvent les petits cours d'eau, les lacs et les milieux humides.

Puisque les aquifères ayant une vulnérabilité faible sont peu sensibles à une contamination provenant de la surface, comment peuvent-ils être contaminés?

Secteur Mont-Laurier

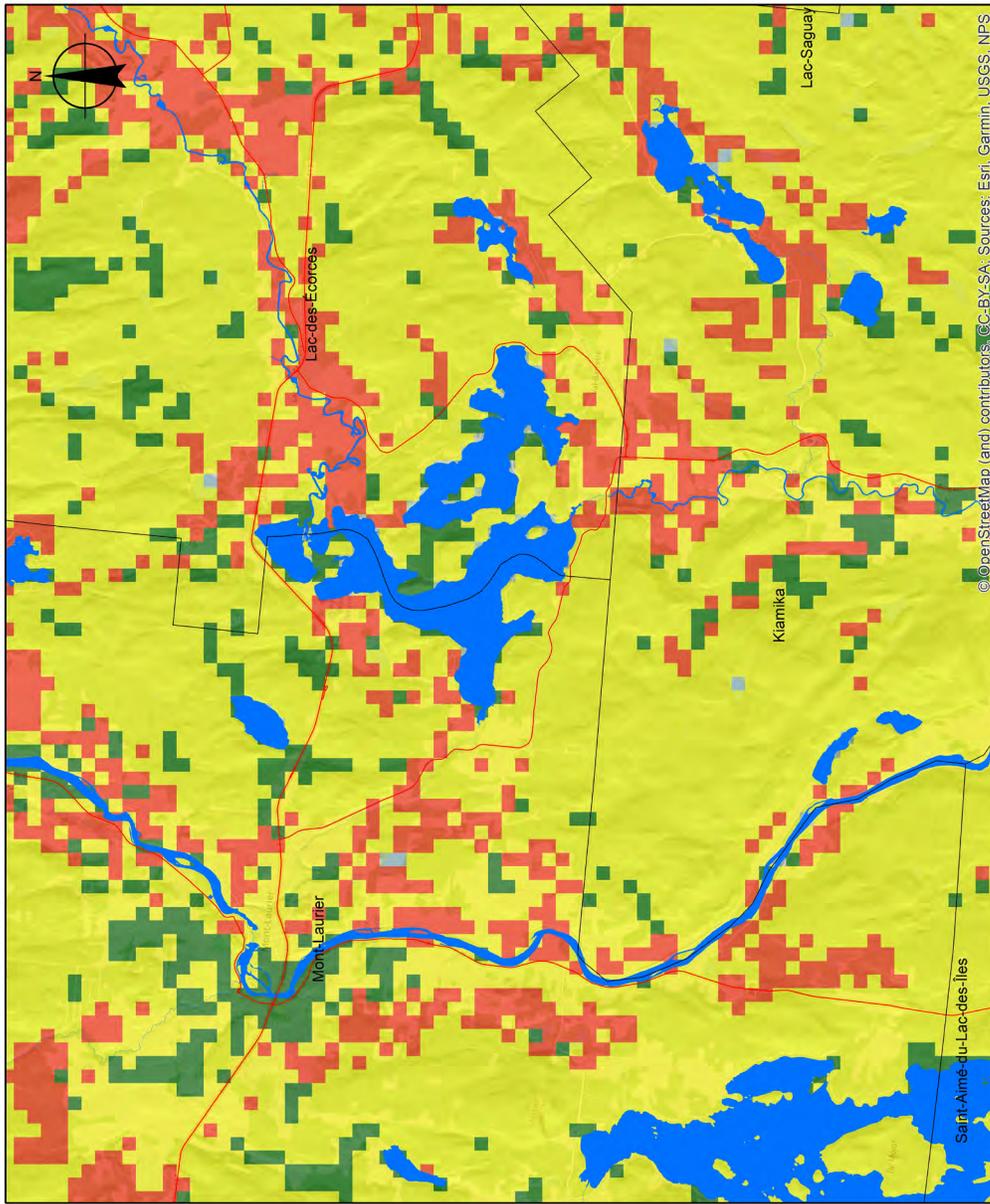


Le niveau de vulnérabilité « moyen » est prédominant dans le secteur de Kiamika.

Vrai Faux

Hydrographie surfacique
 Hydrographie linéaire
 Limite municipale

Indice DRASTIC
 32 - 100 (vulnérabilité faible)
 101 - 180 (vulnérabilité moyenne)
 181 - 231 (vulnérabilité élevée)



CARTE
 DRASTIC
 Préliminaire (08-11-2021)
 LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



© openStreetMap (and) contributeurs, © C-BY-SA, Sources: Esri, Garmin, USGS, NPS

Secteur Saint-Sauveur

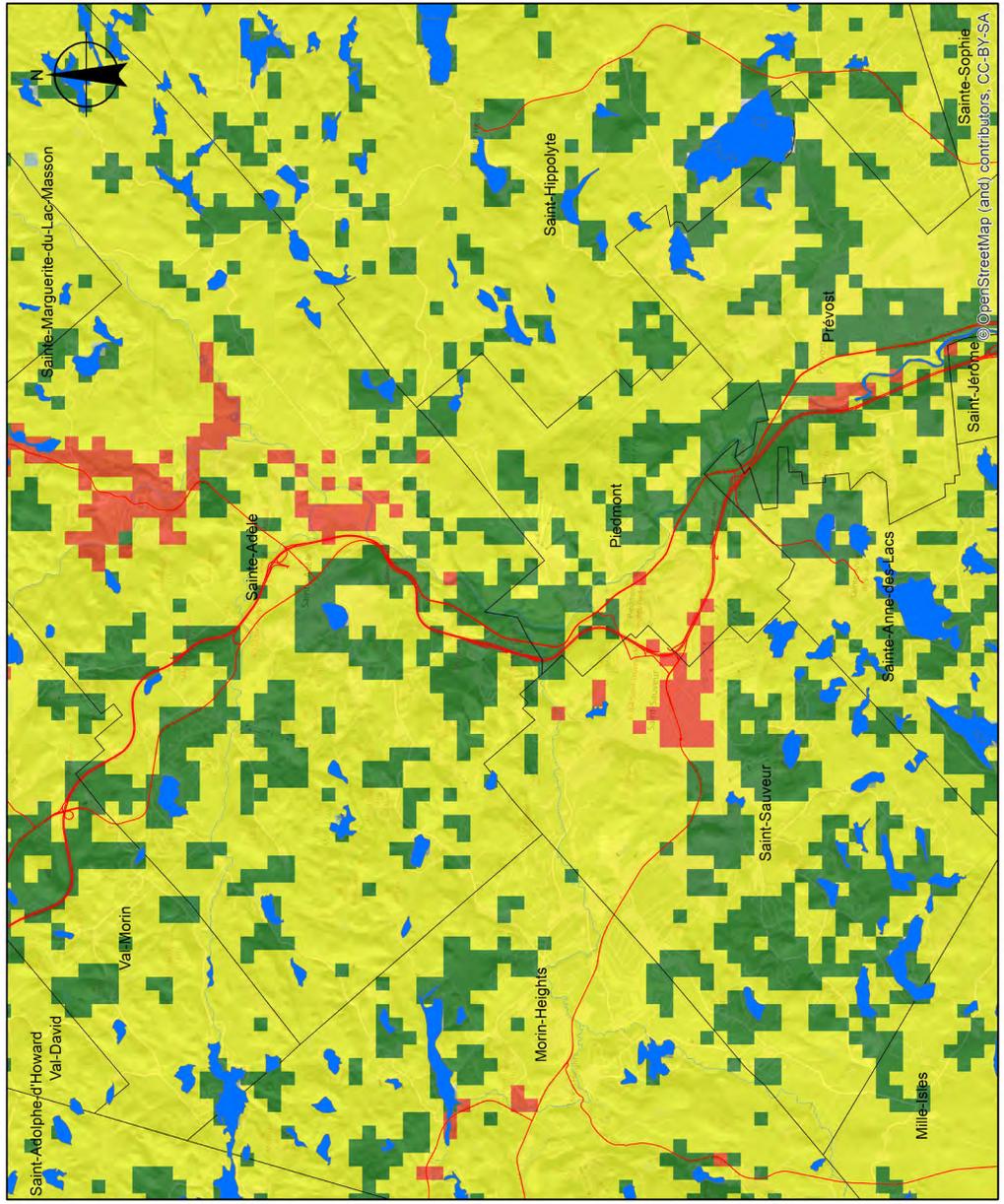


Dans le secteur de Val-Morin, il n'y a aucun indice DRASTIC supérieur à 180.

Vrai Faux

Hydrographie surfacique
 Hydrographie linéaire
 Limite municipale

Indice DRASTIC
 32 - 100 (vulnérabilité faible)
 101 - 180 (vulnérabilité moyenne)
 181 - 230 (vulnérabilité élevée)



CARTE DRASTIC
 Carte préliminaire (08-11-2021)
LAURENTIDES / LES MOULINS
 QUEBEC

1/100 000
 0 0.9 1.8 2.7 3.6 Km
 Projection conique conforme de Lambert de Québec
 Système de référence géographique canadien 1983

Secteur Les Moulins

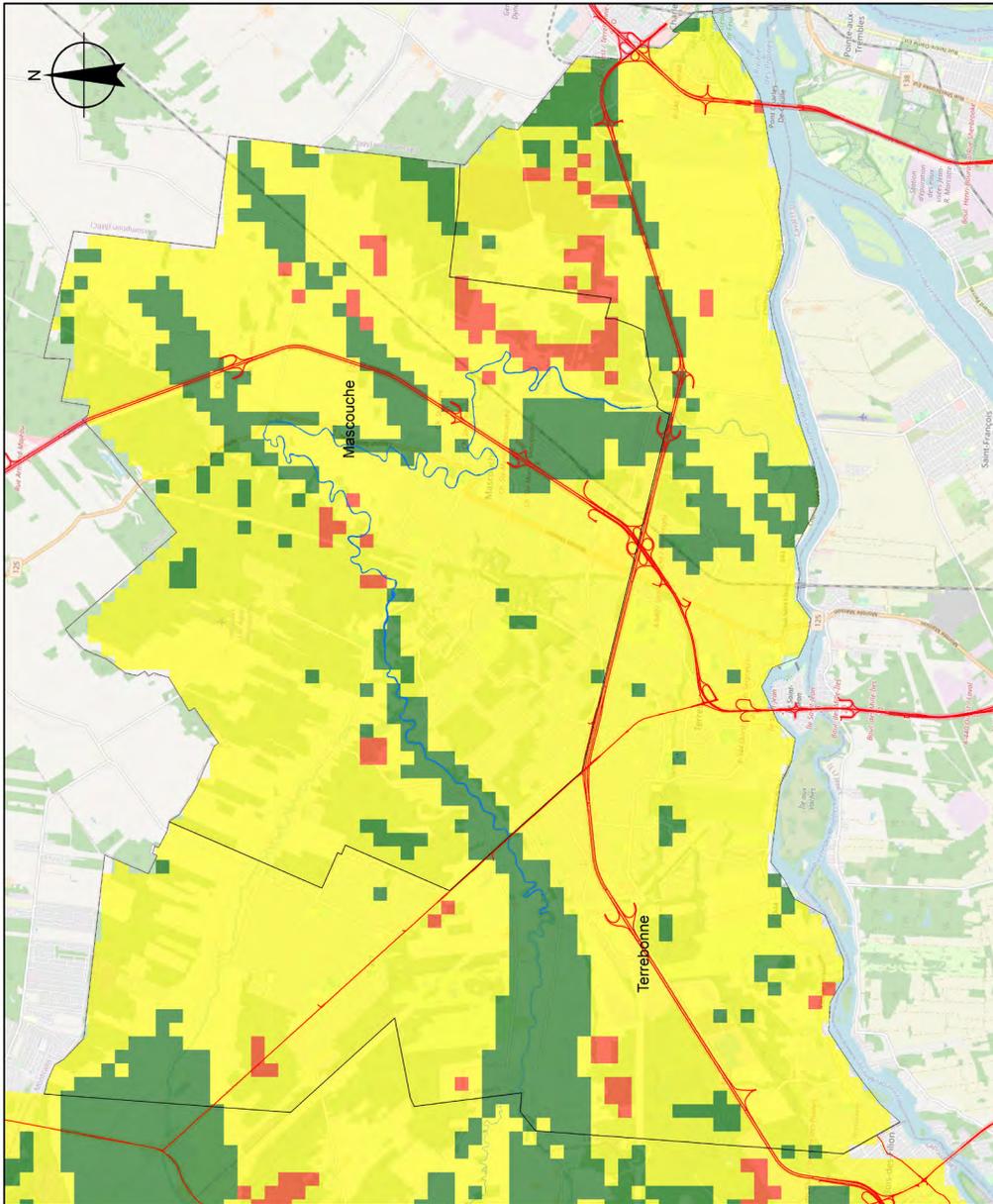
Le nord-ouest du territoire de la MRC Les Moulins est particulièrement sensible aux contaminations qui proviendraient de la surface.



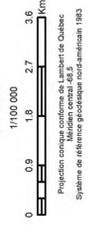
Vrai Faux

Hydrographie surfacique
Hydrographie linéaire
Limite municipale

Indice DRASTIC
 32 - 100 (vulnérabilité faible)
 101 - 180 (vulnérabilité moyenne)
 181 - 230 (vulnérabilité élevée)



CARTE
 Indice DRASTIC
 Préliminaire 08-11-2021)
 LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



3

L'eau souterraine de notre territoire

Explication activité 3

Objectif



Comprendre le fonctionnement des aquifères de notre région

Déroulement



Les membres de l'équipe de recherche présentent les faits saillants des résultats du PACES LAULM en s'inspirant des questions suivantes:

1. Quelle est la nature des formations géologiques qui contiennent l'eau souterraine?
2. D'où vient l'eau souterraine et où va-t-elle?
3. Est-elle potable et quels usages pouvons-nous en faire?
4. Quelles sont les quantités exploitées et exploitables ?
5. Est-elle vulnérable aux activités humaines?
6. Quels sont les principales menaces et les principaux enjeux pour assurer une protection et une gestion durable de l'eau souterraine dans la région ?

+



Les participants posent leurs questions dans le clavardage.

+

OU



Les participants lèvent la main pour poser leurs questions au micro.

JOUR 2

4

Synthèse des notions appprises

Explication activité 4

Objectif



Apprendre à lire et à interpréter les résultats PACES de notre région pour répondre à des enjeux de protection et de gestion de l'eau souterraine

Déroulement



Les participants travaillent en sous-groupes et répondent à une des deux questions d'aménagement du territoire en faisant une lecture transversale des cartes des notions apprises et en utilisant les cartes de l'occupation du sol et de l'affectation territoire.

Question 1 : Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

OU

Question 2 : Quelles sont les zones plus propices à l'implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

+



Les participants partagent leurs résultats avec tous les participants et discutent avec l'équipe de recherche.

Exercice de synthèse

Consignes

Vous êtes dans une salle virtuelle avec d'autres participants (environ 6-7 participants) selon une division préétablie par les organisatrices en fonction de votre territoire d'action, dans la mesure du possible. Vous devez répondre à une des deux questions d'aménagement du territoire (voir p. 45).

Une fois dans votre salle virtuelle:

1. Présentez-vous;
2. Identifiez un porte-parole responsable de prendre des notes et de retranscrire les résultats sur la carte;
3. Consultez les cartes de votre secteur;
4. Pour chaque notion (carte), déterminez les critères sur lesquels vous vous basez pour localiser les zones qui répondent à votre question d'aménagement (*référez-vous aux légendes des cartes*);
5. Inscrivez vos critères dans le tableau de la page suivante;
6. Encercliez de façon approximative les zones qui répondent à l'ensemble de vos critères sur une des cartes de votre secteur (n'importe laquelle);
7. De retour en grand groupe, les porte-paroles encerclent les zones ciblées avec les outils d'annotation de Zoom;



8. Les zones ciblées sont ensuite discutées et comparées avec les résultats de l'équipe de recherche pour chaque question dans chaque secteur.

10 min.

35 min.

30 min.

Important

Conservez votre carte avec le résultat des zones ciblées, elle constitue votre étude de cas pour l'élaboration d'une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines de l'activité 5.

Interpréter les cartes pour répondre à une question en aménagement

Question 1 : Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

OU

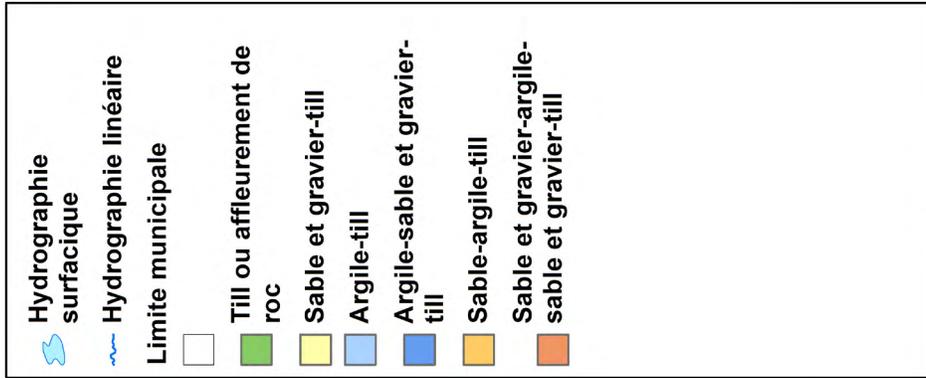
Question 2 : Quelles sont les zones plus propices à l'implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

Votre secteur: _____

Cartographie	Critères
Contextes hydrogéologiques	
Aquifères à nappe libre	
Recharge	
Vulnérabilité	
Utilisation du sol	
Affectation du territoire	
Autres considérations (ex. économique, politique)	

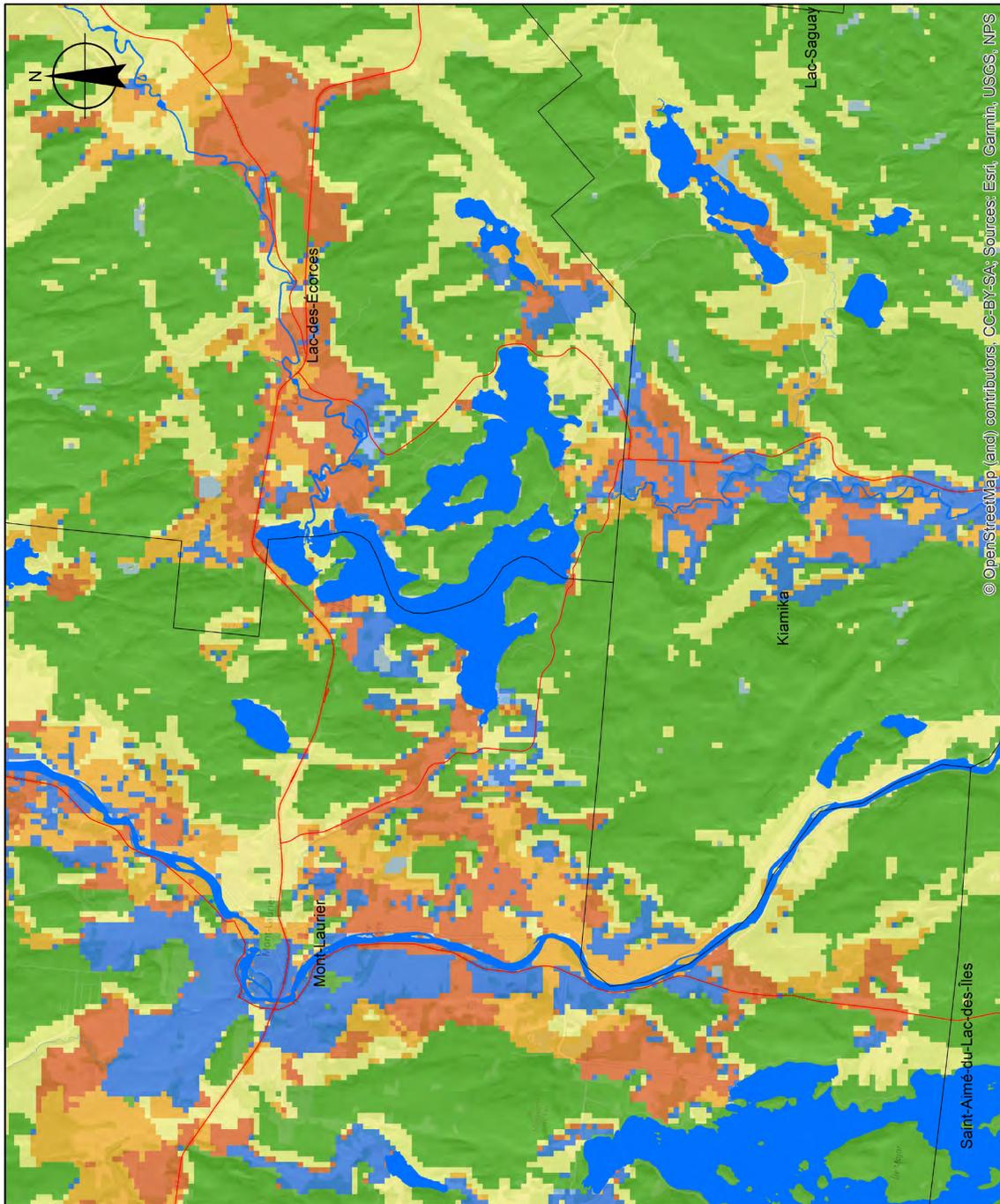
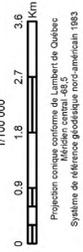
SECTEUR MONT-LAURIER

Secteur Mont-Laurier : Contextes hydrogéologiques



CARTE
 Contexte stratigraphique
 Préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



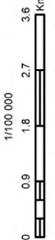
© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA, Sources: Esri, Garmin, USGS, NPS

Secteur Mont-Laurier : Aquifères en nappe libre

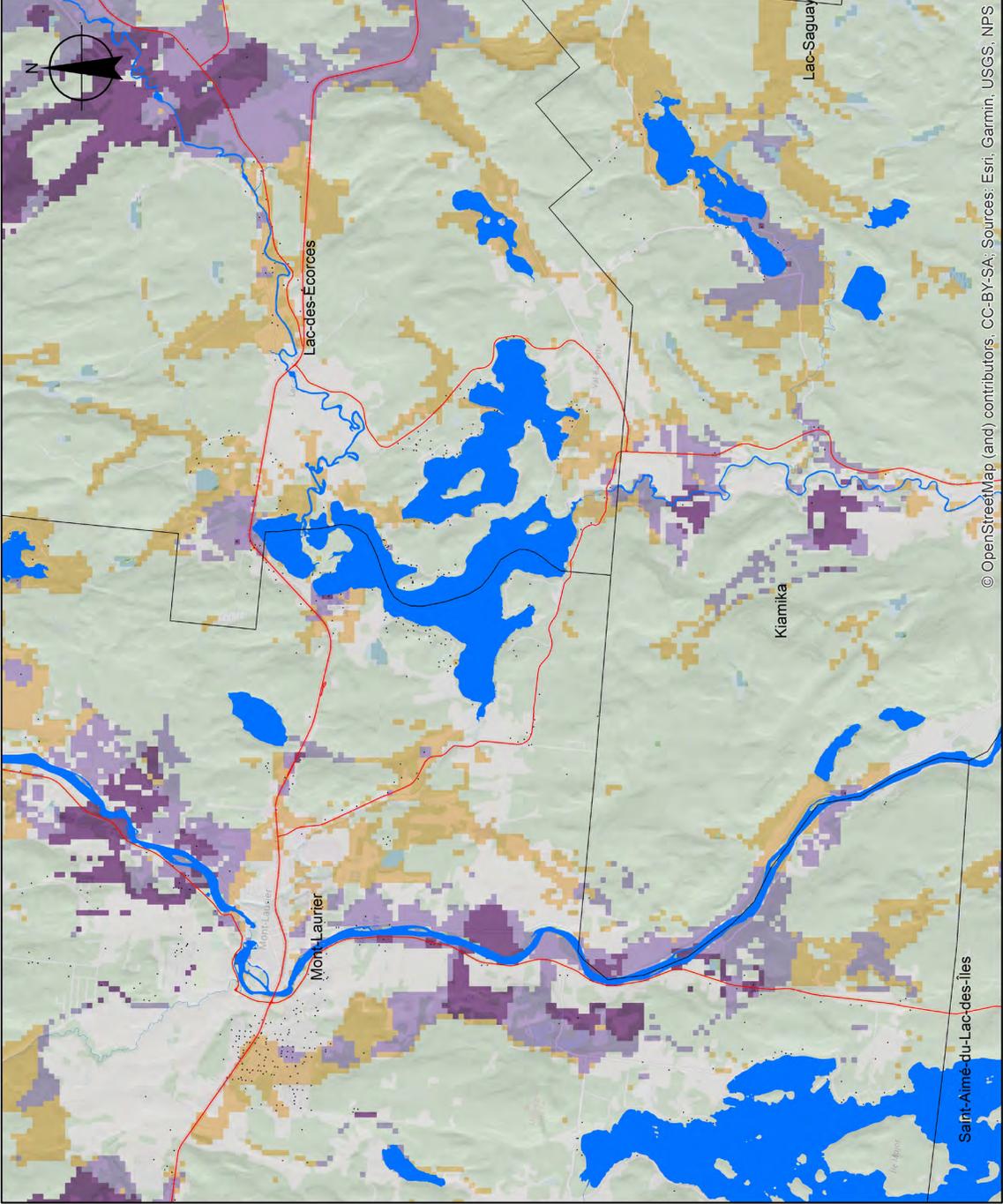
Hydrographie surfacique
Hydrographie linéaire
Limite municipale
Points utilisés
Aquifère en nappe libre
m
<5
6 - 10
11 - 20
>20

CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUEBEC

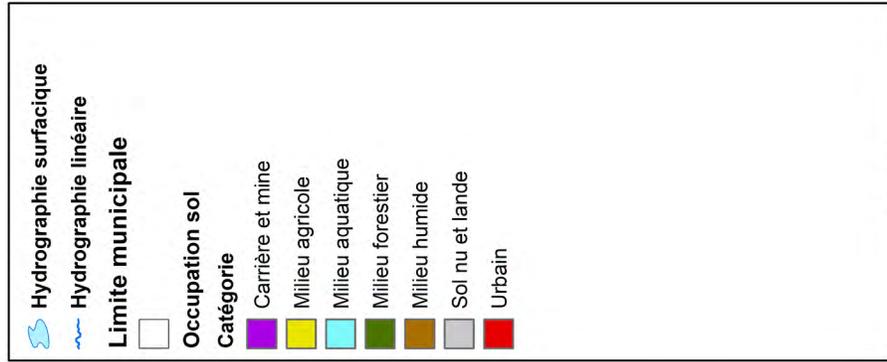


Projection conforme au système de référence de Québec
 Système de référence géodésique nord-américain 1983



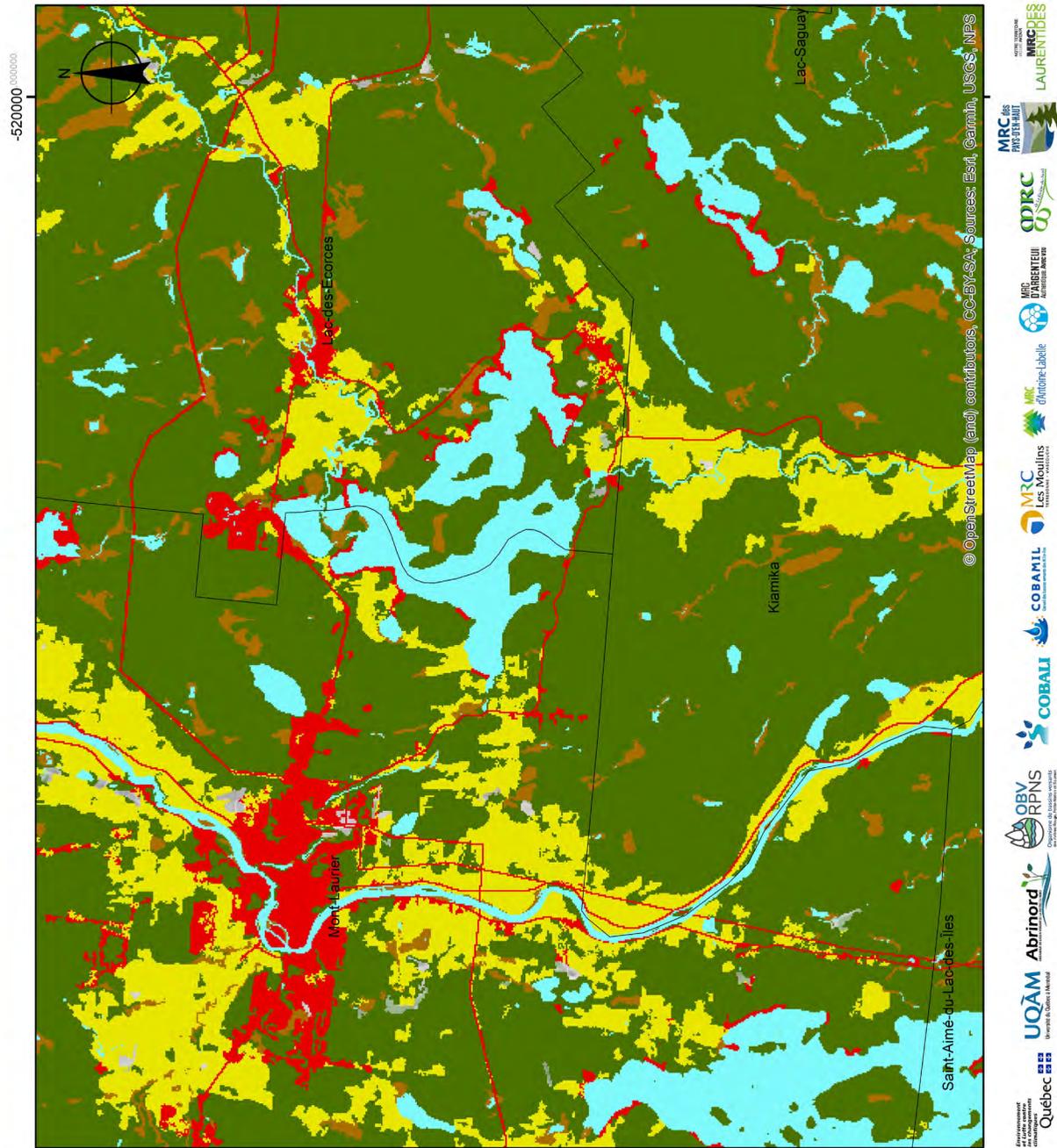
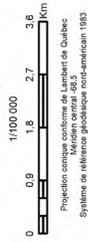
© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA; Sources: Esri, Garmin, USGS, NPS

Secteur Mont-Laurier: Occupation du sol

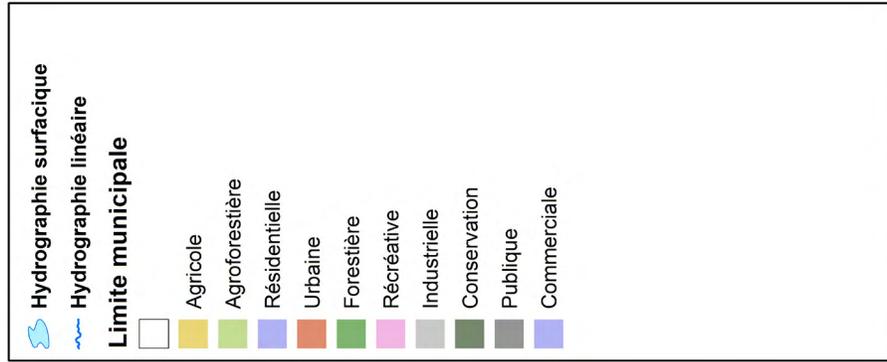


CARTE
 Occupation du sol
 Préliminaire (9 septembre 2020)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC

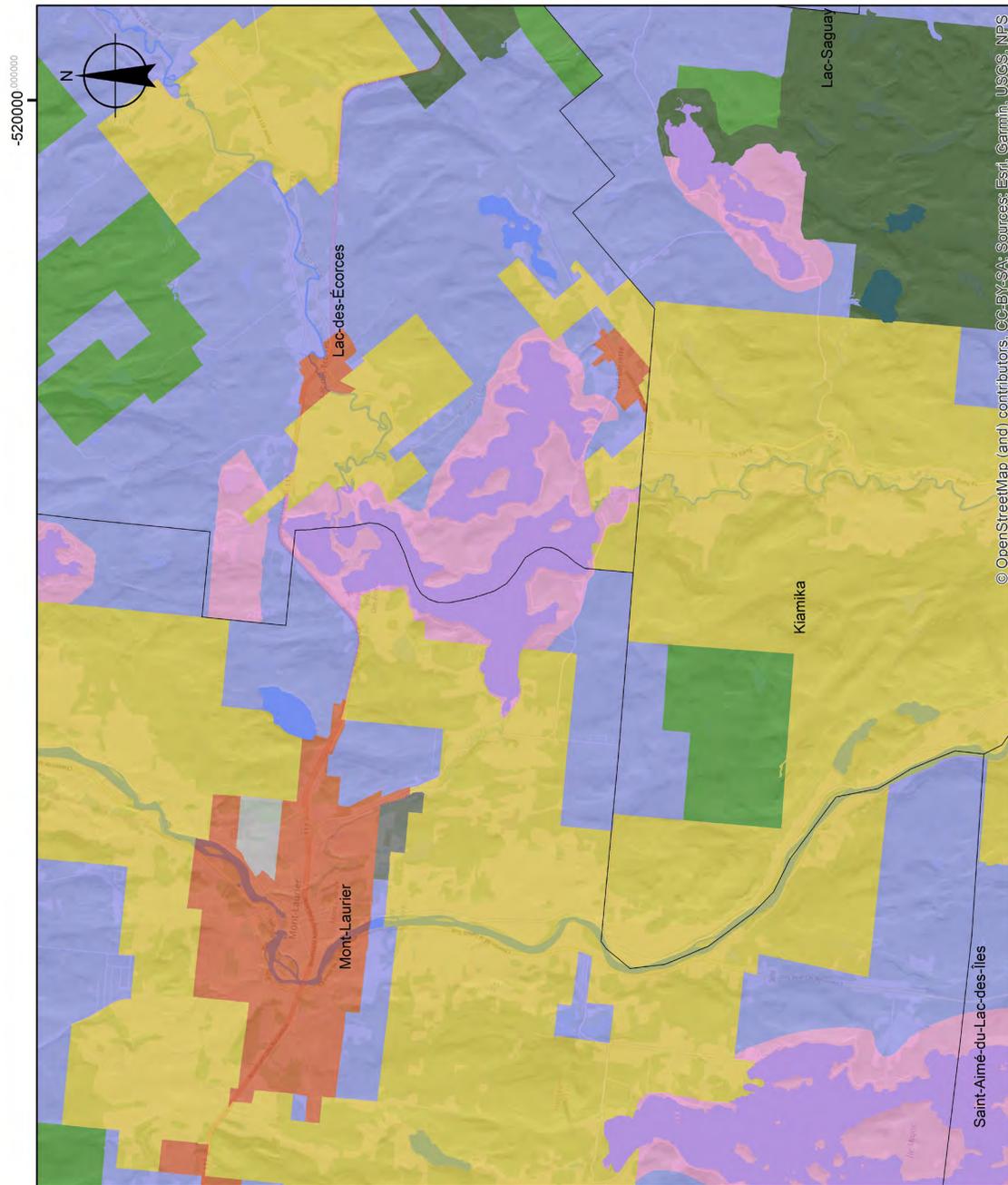
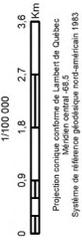


Secteur Mont-Laurier: Affectation du territoire



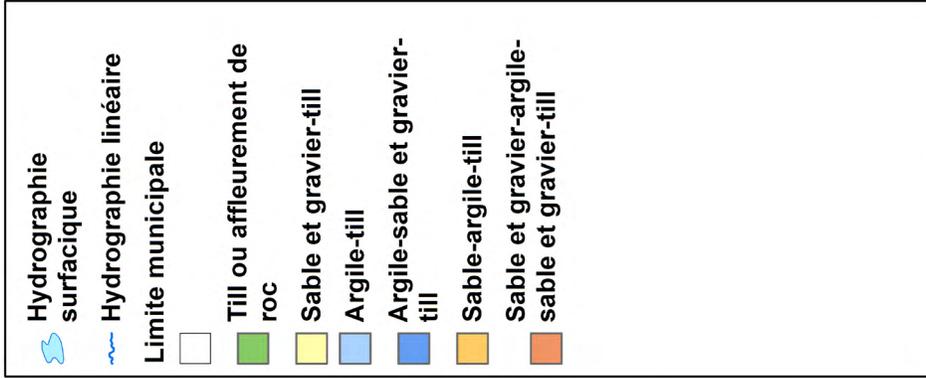
CARTE
 Affectation du territoire
 Préliminaire (9 septembre 2020)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC

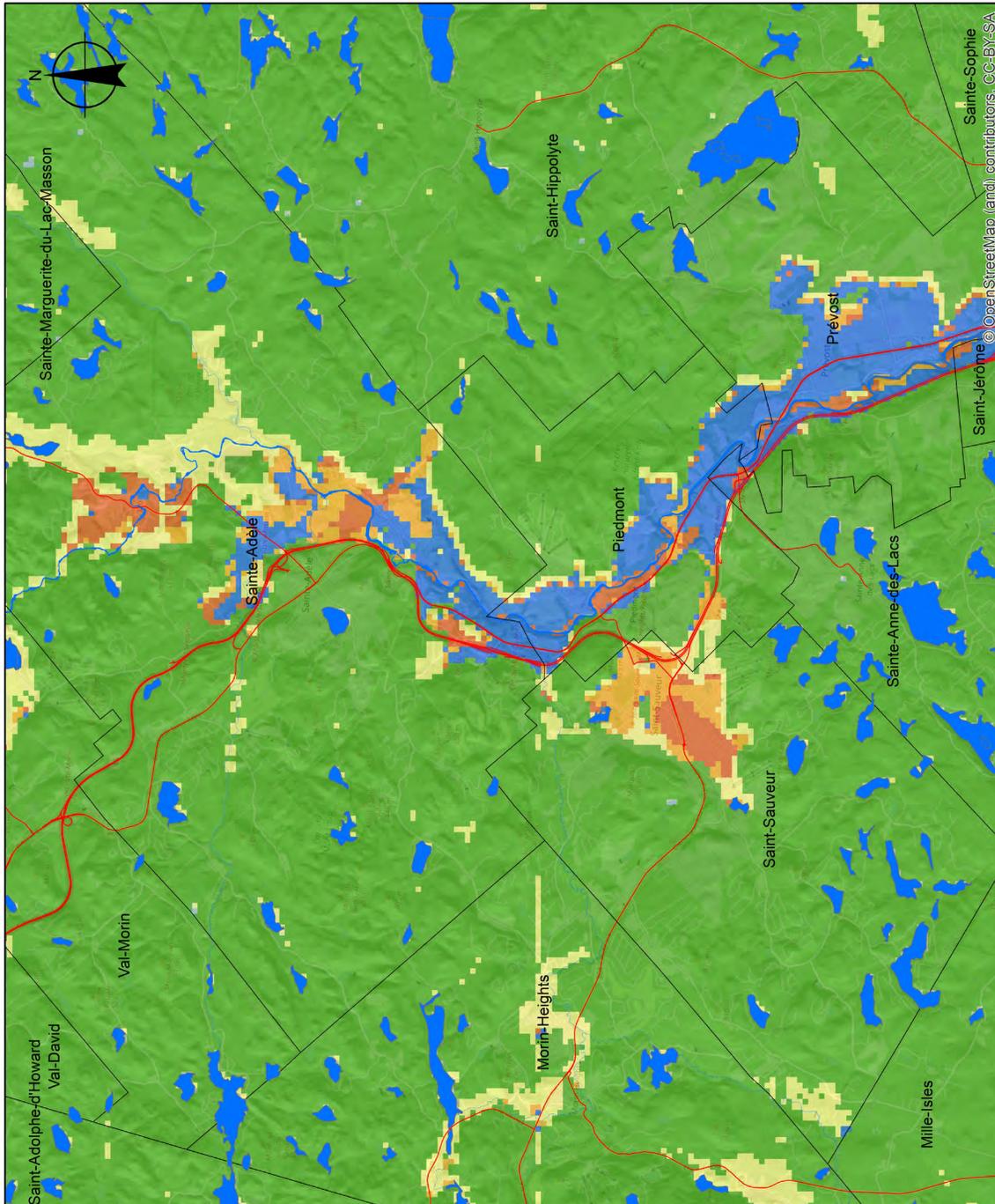
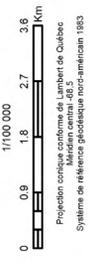


SECTEUR SAINT-SAUVEUR

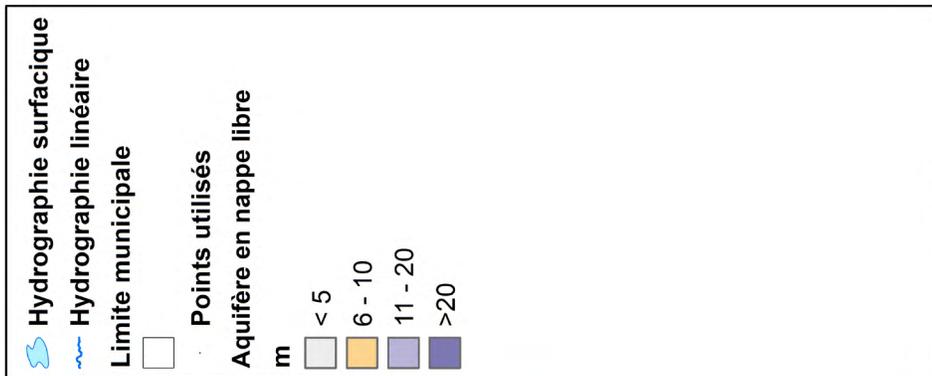
Secteur Saint-Sauveur : Contextes hydrogéologiques



CARTE
Contexte stratigraphique
Carte préliminaire (08-11-2021)
LAURENTIDES /
LES MOULINS
QUEBEC



Secteur Saint-Sauveur : Aquifères en nappe libre

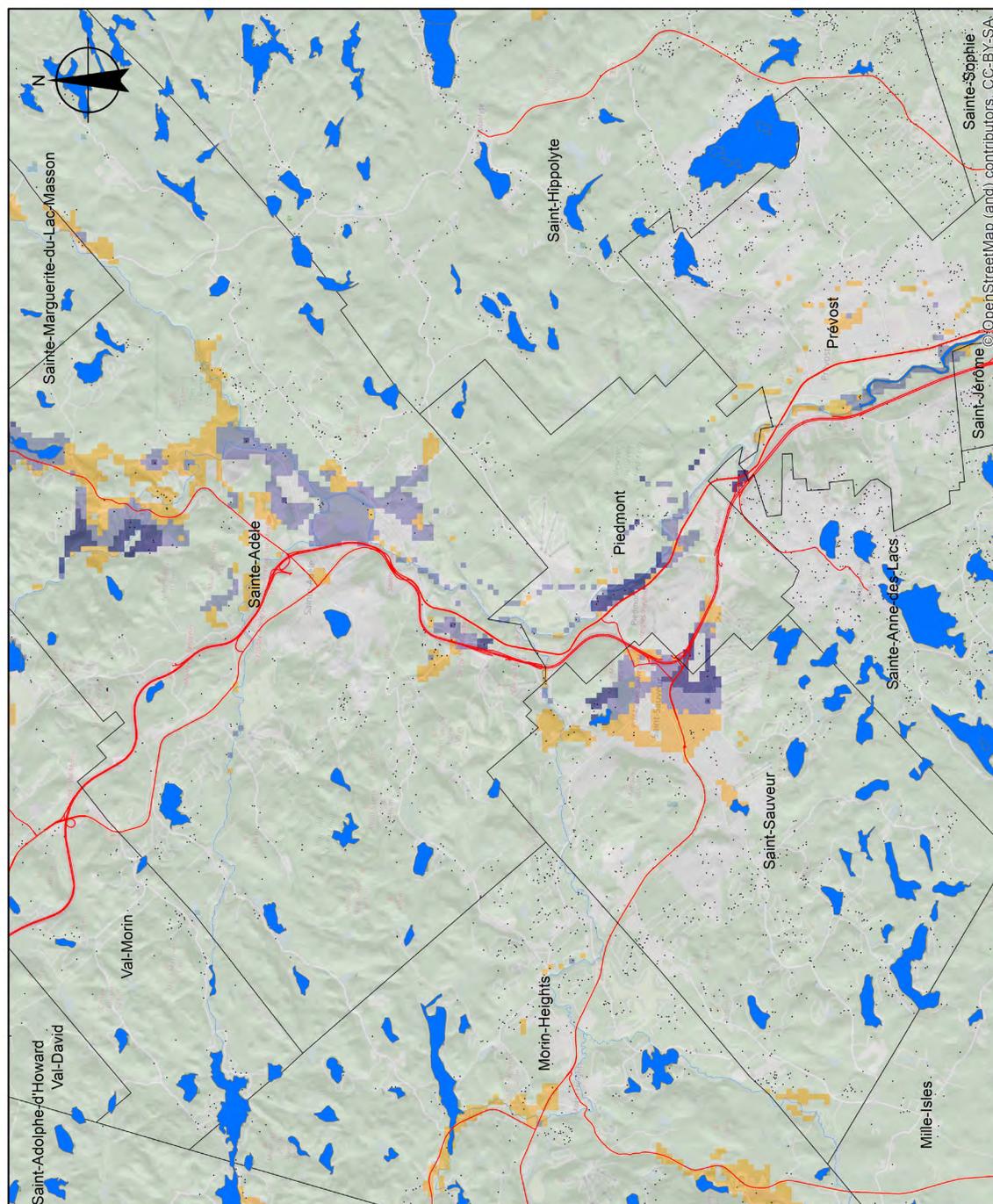


CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Carte préliminaire (08-11-2021)

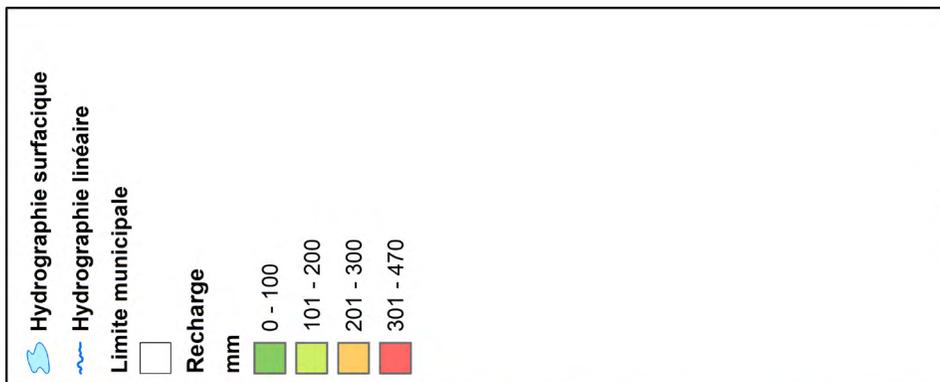
LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



Projection cartographique : UTM, Zone 18N, NAD 83
 Système de référence géodésique nord-américain 1983

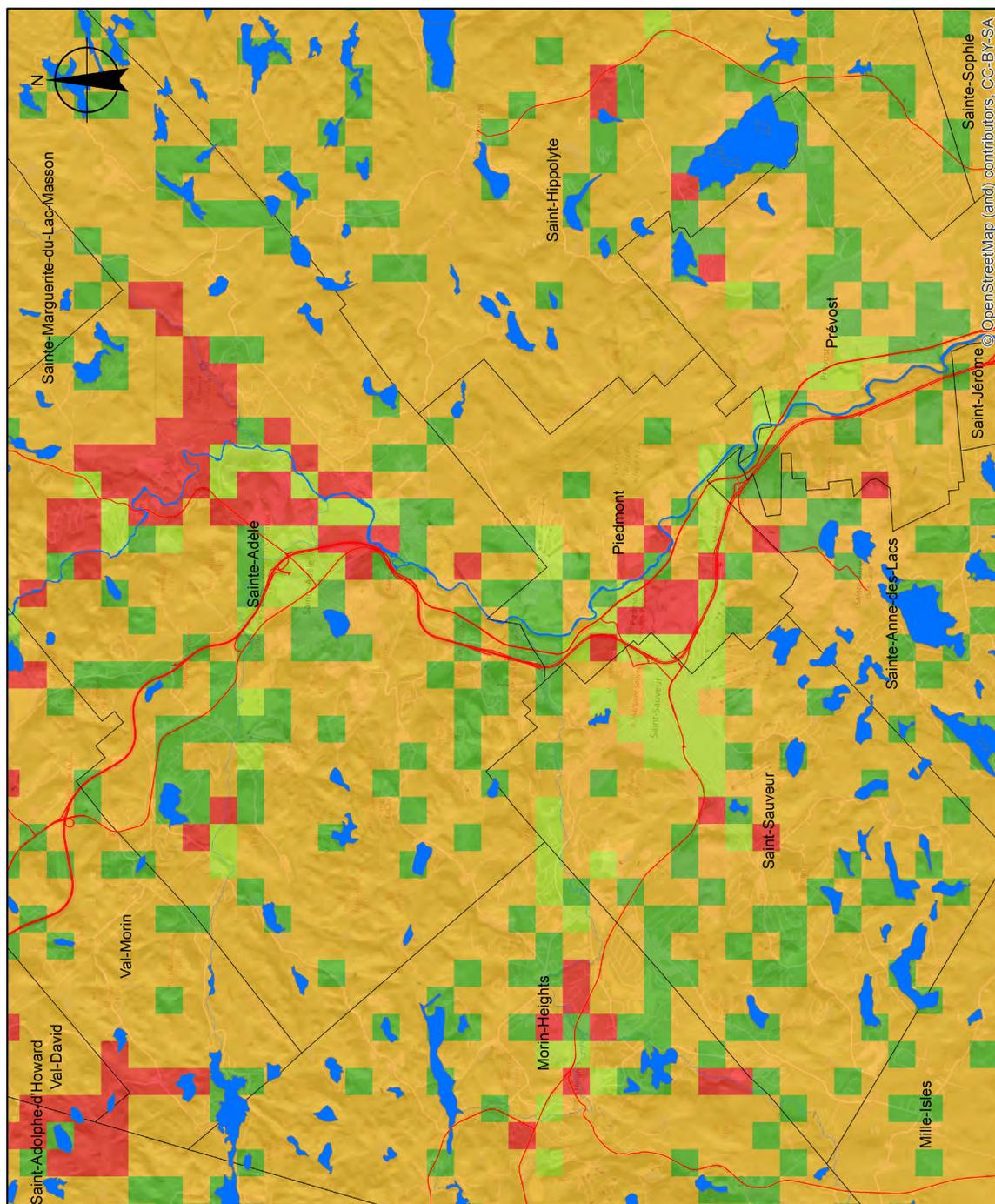
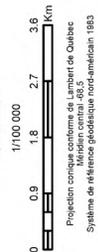


Secteur Saint-Sauveur : Recharge

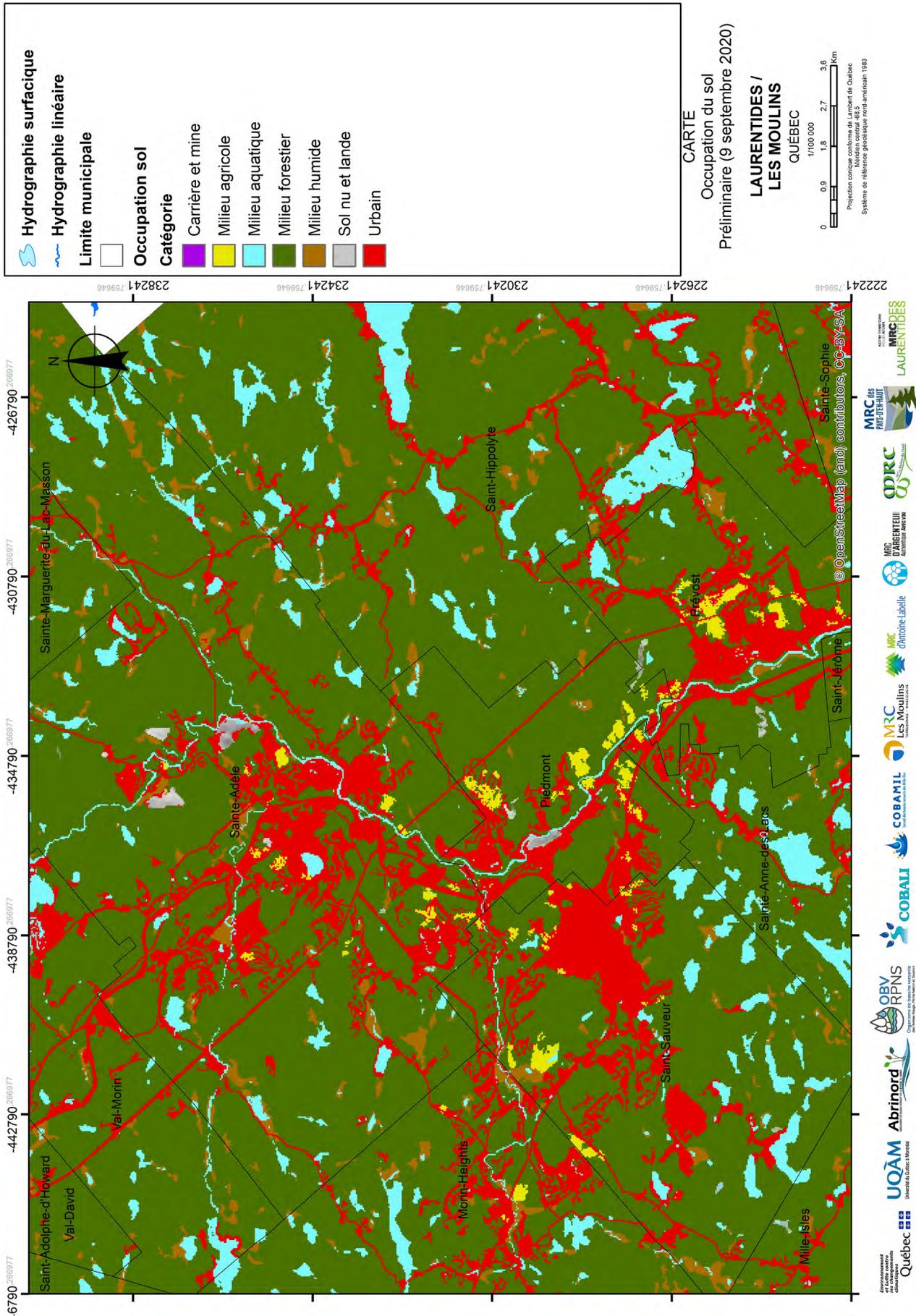


CARTE
 Recharge annuelle potentielle
 Carte préliminaire (15-10-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC

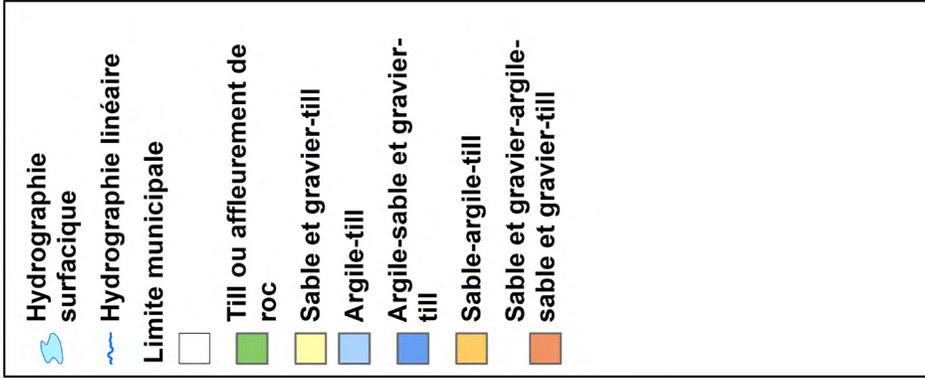


Secteur Saint-Sauveur : Occupation du sol



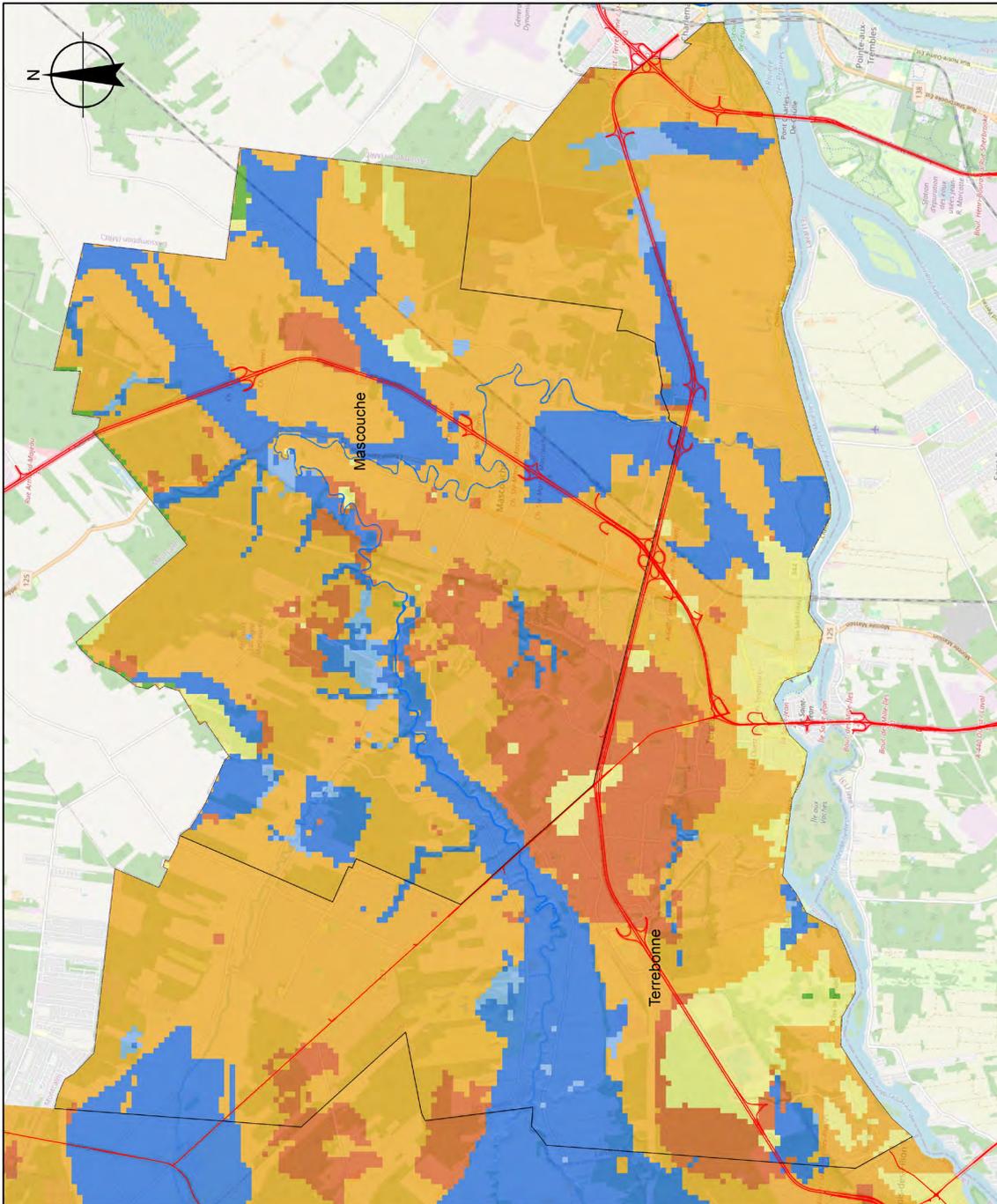
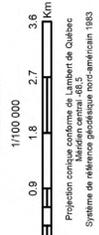
SECTEUR LES MOULINS

Secteur Les-Moulins : Contextes hydrogéologiques

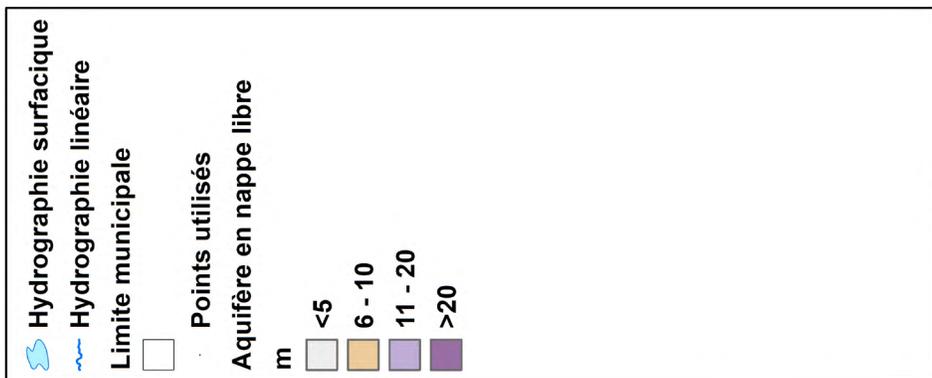


CARTE
 Contexte stratigraphique
 Carte préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



Secteur Les-Moulins : Aquifères en nappe libre

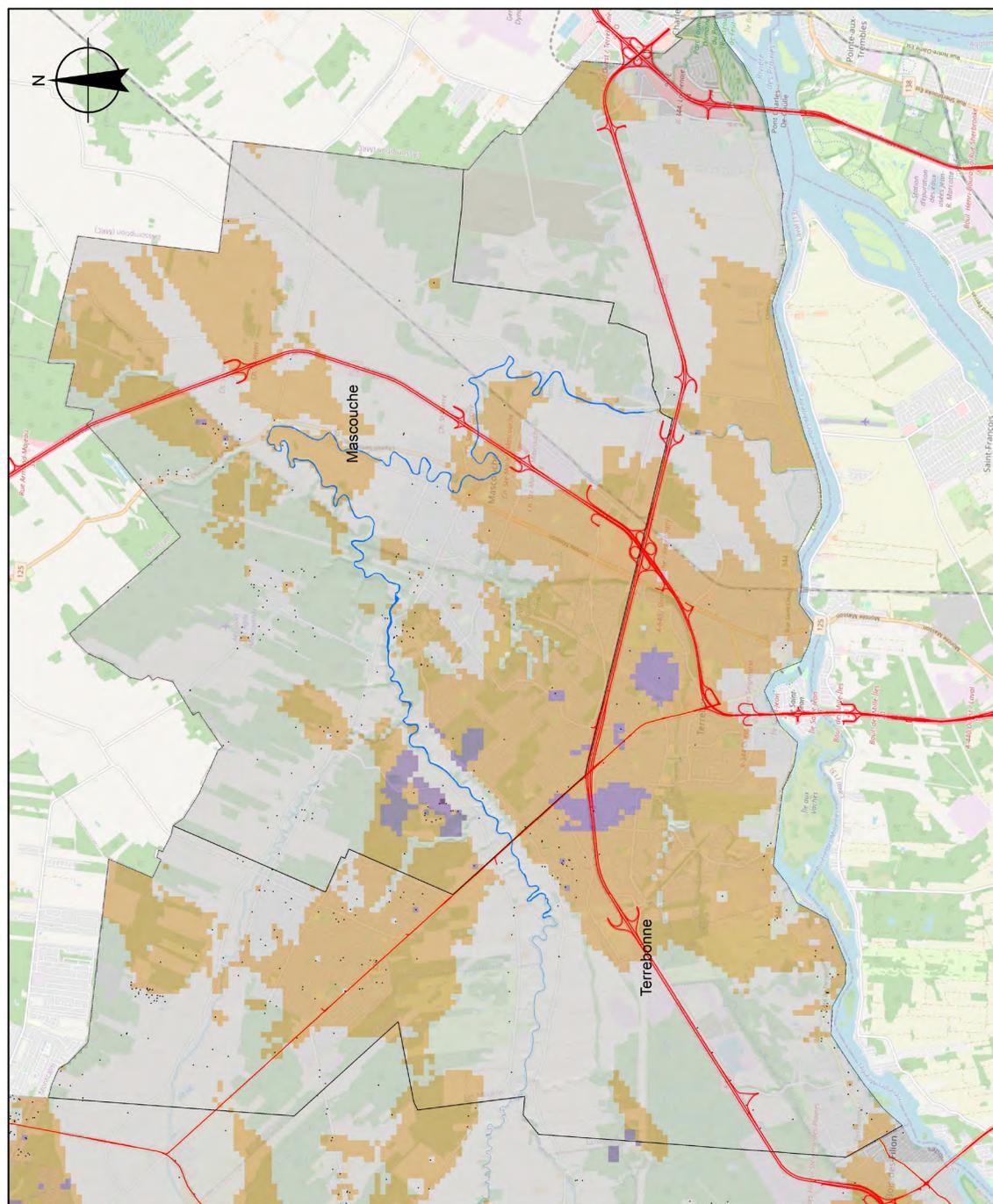


CARTE
 Aquifère en nappe libre
 Préliminaire (08-11-2021)

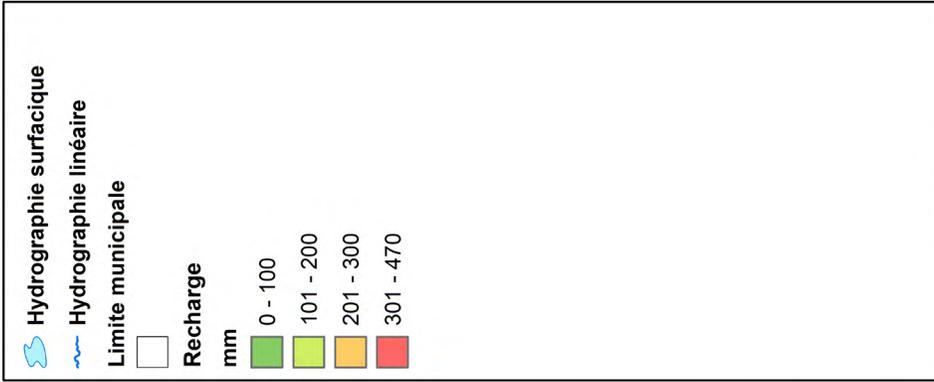
LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



Projection cartographique : UTM, Zone 18
 Métrage : métrage international
 Système de référence géodésique nord-américain 1983

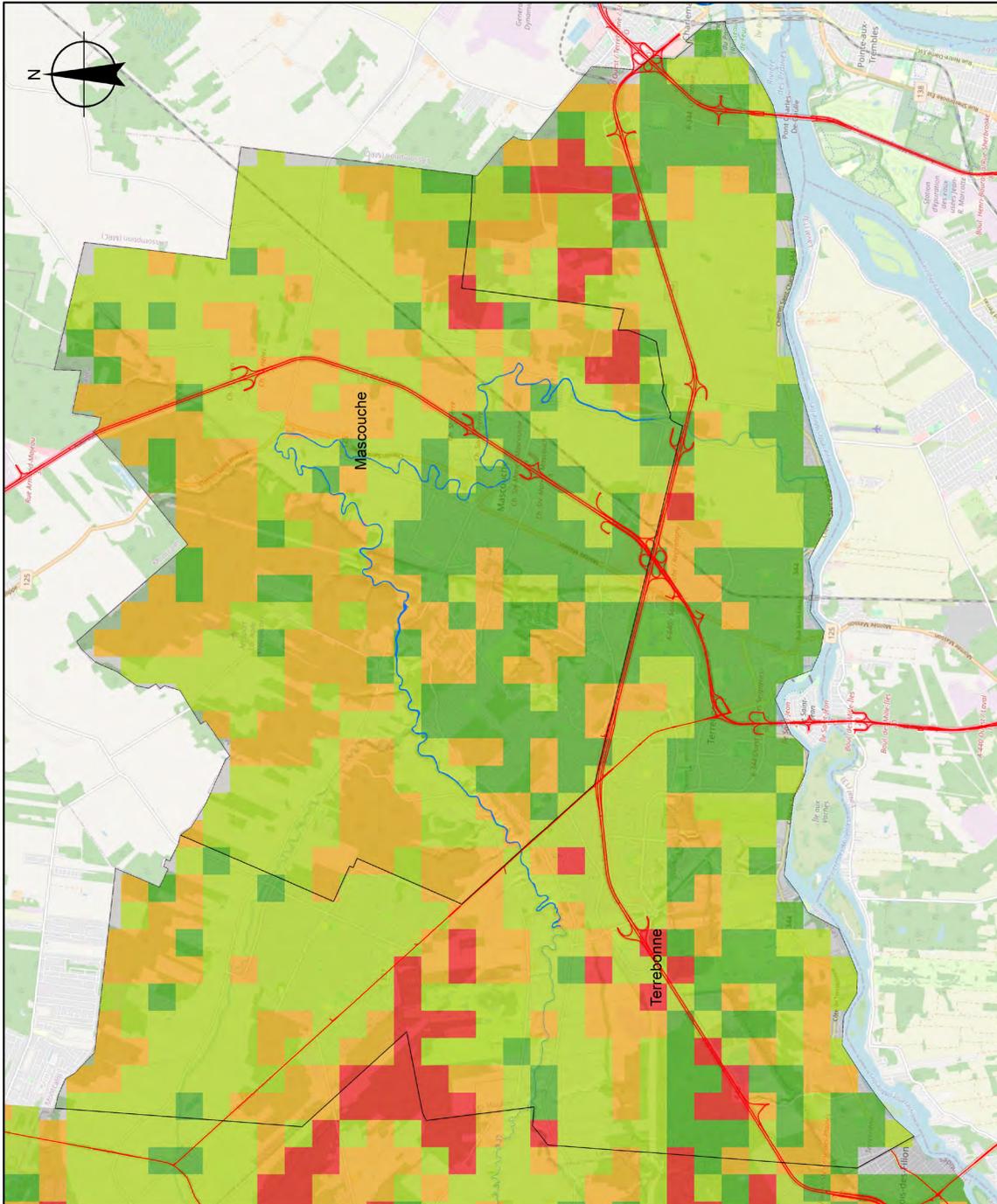
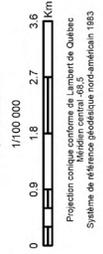


Secteur Les-Moulins : Recharge



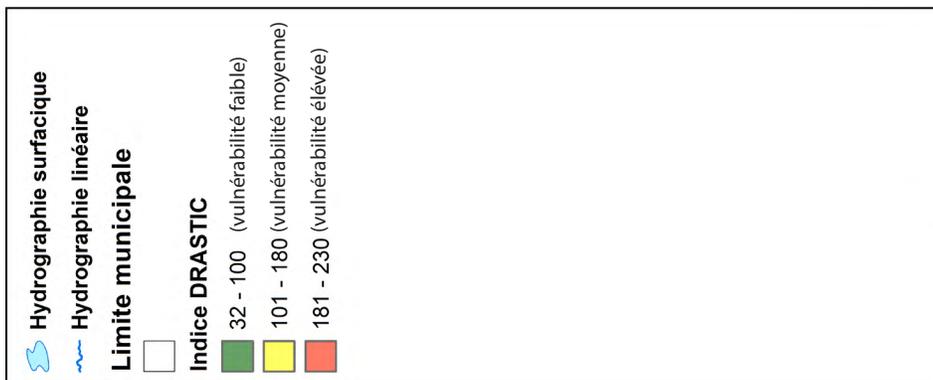
CARTE
 Recharge annuelle potentielle
 Carte préliminaire (15-10-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC

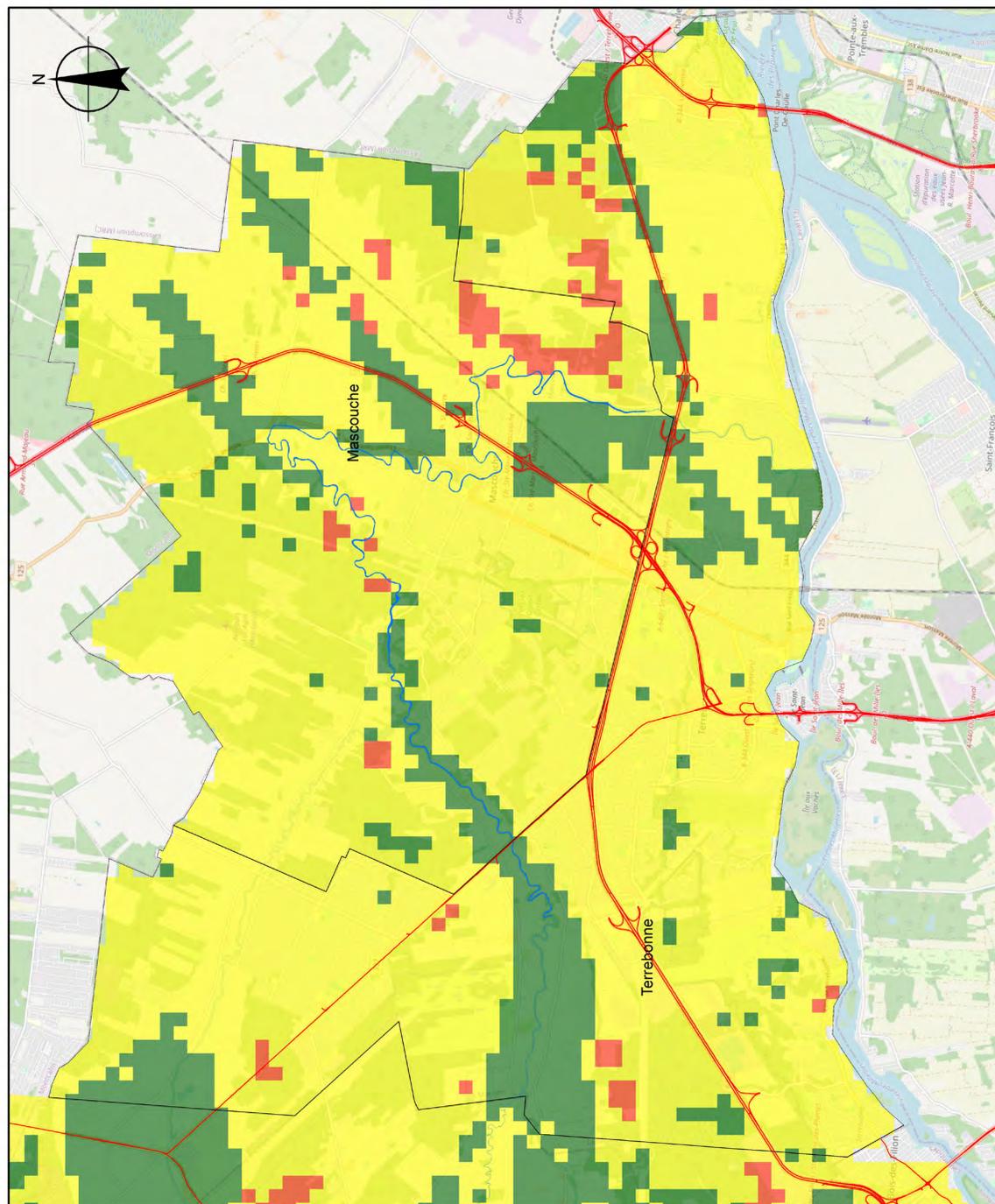
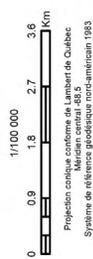


A vertical stack of logos for various organizations and municipalities involved in the project, including MRC Les Moulins, MRC d'Argenteuil, MRC Les Moulins, COBAMIL, COBALI, OBV RPNs, UQAM, and the Government of Québec.

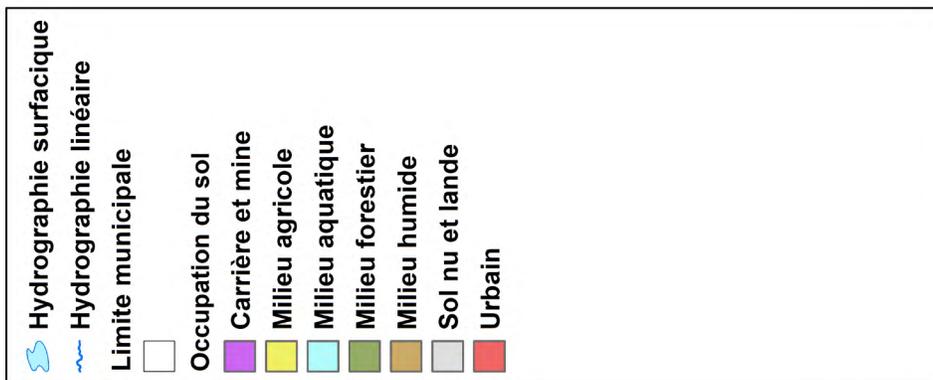
Secteur Les-Moulins : Vulnérabilité



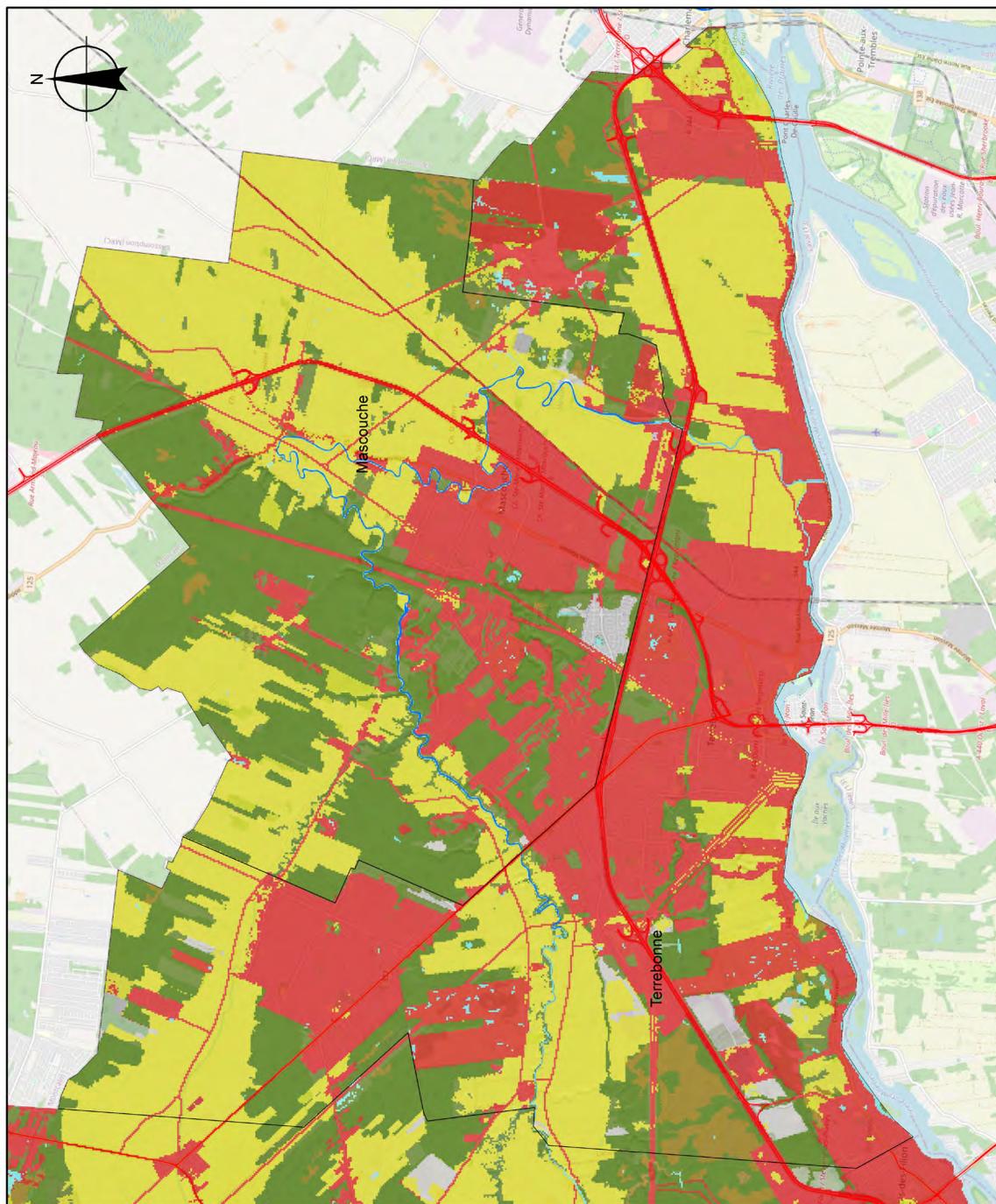
CARTE
 Indice DRASTIC
 Préliminaire 08-11-2021)
**LAURENTIDES /
 LES MOULINS**
 QUÉBEC



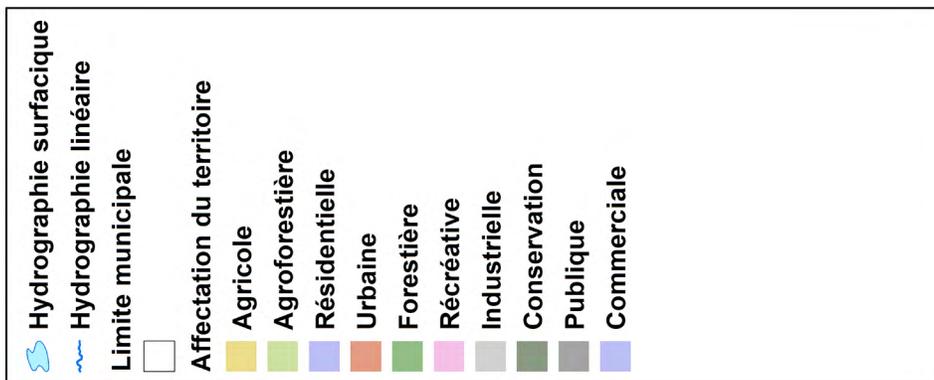
Secteur Les-Moulins : Occupation du sol



CARTE
 Occupation du sol
 Carte préliminaire (08-11-2021)
**LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC**
 1/100 000
 0 0.9 1.8 2.7 3.6
 km
 Projection conique conforme de Lambert de Québec
 Système de référence géodésique nord-américain 1983

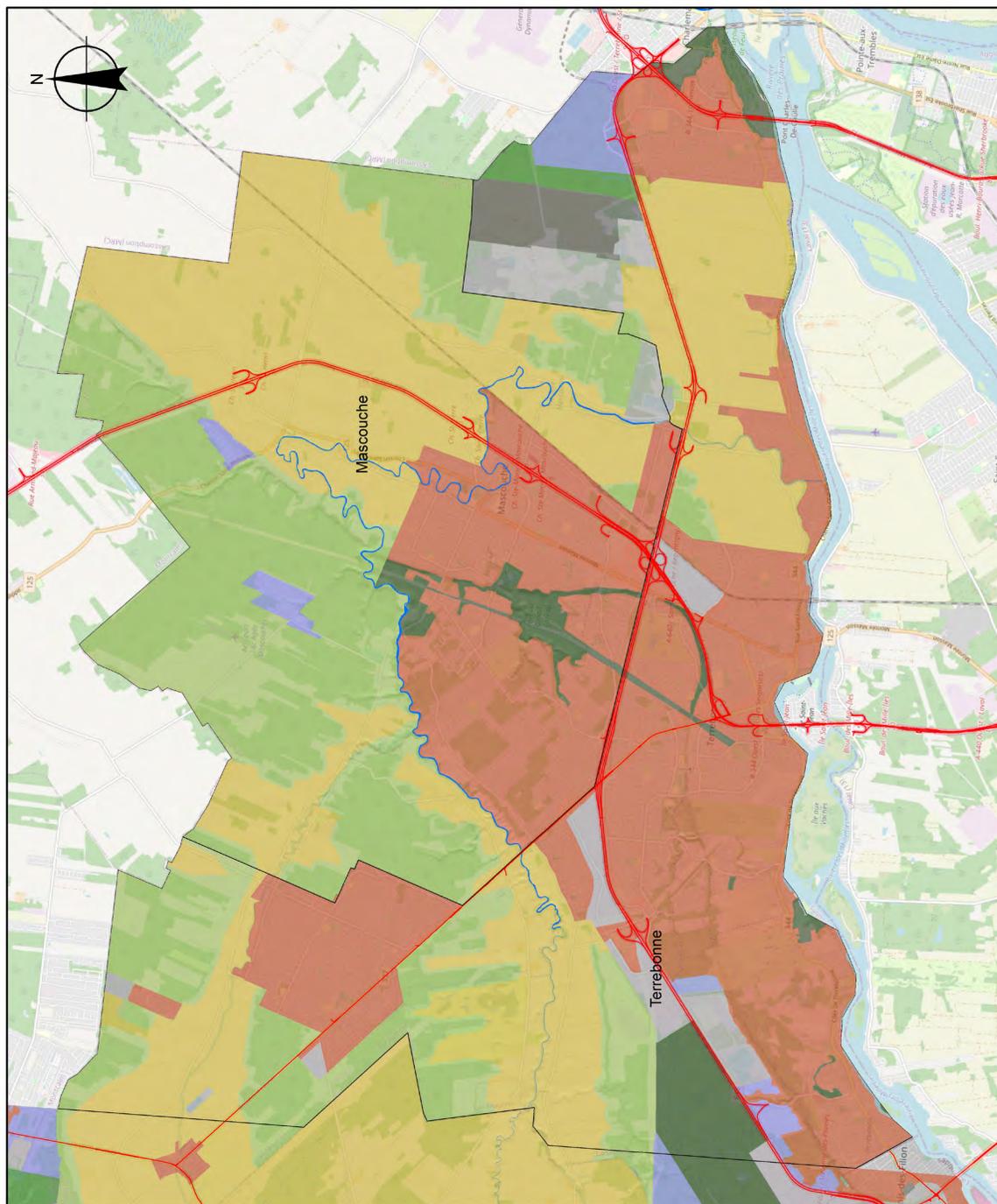
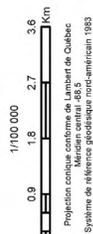


Secteur Les-Moulins : Affectation du territoire



CARTE
 Affectation du territoire
 Carte préliminaire (08-11-2021)

LAURENTIDES /
 LES MOULINS
 QUÉBEC



5

Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines

Explication activité 5

Objectif



Élaborer une stratégie d'action pour répondre à un enjeu de protection et de gestion des eaux souterraines (PGES)

Déroulement



Présentation des différents types de mesures de PGES et exemples.

+



En sous-groupes, les participants imaginent une stratégie d'action pour répondre à un enjeu de PGES sur une partie du territoire en mobilisant différentes mesures (volontaires, incitatives, etc.). Un gabarit est prévu pour guider les participants.

+



Un porte-parole par sous-groupe vient «vendre» sa stratégie en 5 minutes au reste du groupe.

Des mesures multiples et complémentaires



MESURES RÉGLEMENTAIRES

DÉFINITION

Édiction de normes opposables aux citoyens ou aux entreprises pour le contrôle des activités humaines

EXEMPLES

- Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)
- Règlement sur les carrières et les sablières
- Document complémentaire des schémas d'aménagement et de développement
- Règlement de zonage
- Etc.



MESURES NON RÉGLEMENTAIRES



Mesures de planification et de concertation

DÉFINITION

Stratégies, plans de gestion, plan d'action qui définissent des orientations à travers une concertation entre acteurs

EXEMPLES

- Schéma d'aménagement et de développement et son plan d'action
- Plan directeur de l'eau



Mesures volontaires

Encouragent des changements de pratiques sur une base volontaire

- Campagne de sensibilisation sur l'économie d'eau potable



Mesures incitatives

Mesures économiques qui activent un changement de pratiques, une autre manière d'aménager.

- Prime Vert (MAPAQ)
- Redevances sur l'eau
- Remboursement de taxes foncières



Mesures de suivi

DÉFINITION

Suivi de paramètres indicateurs dans le temps

EXEMPLES

- Suivi des nitrates
- Suivi des niveaux d'eau



Mesures d'urgence

Rôles, pratiques et procédures en cas de déversement accidentel, d'inondations, de pénuries d'eau, etc.

- Protocoles d'intervention



Mesures d'acquisition de connaissances

Formation du personnel, étude sur des enjeux spécifiques

- Utilisation des données du PACES pour la prise de décisions
- Étude sur le rôle des milieux humides, les zones à surveiller

Les enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines

Mise en situation

Vous formez un comité de travail responsable de protéger et d'assurer une gestion durable des eaux souterraines de votre territoire. Vous êtes reconnus pour être créatifs et innovants.

En vous basant sur les résultats de l'activité 4, sur les capacités et expertises de votre comité (membres de votre sous-groupe) et sur les mesures existantes (ou non), vous élaborez le squelette de votre stratégie lors d'une première rencontre.

Enjeu 1 : Protéger une zone de recharge

Choisissez une ou des zones de recharge à protéger et moduler les activités qui y sont permises à l'aide des différents types de mesures.

- *Quelle zone allez-vous protéger en priorité?*
- *De quelle façon allez-vous procéder?*
- *Quels seront les impacts?*

Enjeu 2 : Implanter une activité polluante

Choisissez une zone pour implanter une nouvelle activité potentiellement polluante et définissez des actions pour diminuer les risques à l'aide des différents types de mesures.

- *Quelle zone est plus propice pour implanter cette activité ?*
- *Quels seront les impacts ?*
- *Quelles sont les mesures qui permettent de minimiser ces impacts ?*

Élaborer une stratégie de PGES

Consignes

1. En sous-groupes, imaginez votre projet (remue-méninges).  **10 min.**
2. Complétez le gabarit de projet en remplissant les questions A à E sur la plateforme partagée.
Utilisez la carte du résultat de l'activité 4 ainsi que les cartes de l'occupation du sol et de l'affectation du territoire de votre secteur (p.51-52, 58-59 et 65-66).  **45 min.**
3. De retour en grand groupe, vous avez 3 minutes pour présenter votre projet/ idée/mesure. Choisissez un porte-parole.  **3 min.**

Soyez créatifs, innovants et n'ayez pas peur de proposer des nouvelles choses !

Le gabarit

A

VOTRE ENJEU (zone de recharge ou activité polluante)

Quel est le problème ? Décrivez la situation.

Exemples pour l'enjeu **zone de recharge** :

1. Est-ce que l'étalement urbain empiète sur la zone de recharge (imperméabilisation de la zone de recharge) ?
2. Est-ce que le développement urbain futur ou les activités actuelles menacent les quantités d'eau disponibles (la demande est trop grande par rapport au taux de renouvellement) ?
3. Est-ce que la zone de recharge à protéger dépasse les limites administratives (MRC, municipalité) ?
4. Est-ce que des activités potentiellement polluantes se trouvent sur la zone de recharge ?
5. Est-ce que l'affectation du territoire et les usages permis sont en conflit avec la protection de la zone de recharge ?

Exemples pour l'enjeu **activité polluante** :

1. Est-ce que l'activité menace la qualité de l'eau ?
2. Est-ce que l'activité consomme beaucoup d'eau ou amène des conflits d'usage ?
3. Est-ce que l'activité nécessite un plan de mesures d'urgence ?

B

VOTRE PROJET

En lien avec le problème identifié, quelle(s) solutions pourriez-vous apporter ?

Donnez un titre à votre projet. Soyez créatif !

Décrivez votre projet en une phrase (quel est l'objectif principal?).

C

LES ACTIONS ET LES MESURES

Quelles sont les trois premières actions à mettre en place pour démarrer votre projet ?

Quels types de mesures allez-vous mobiliser ?

Les types de mesures



Réglementaires



Planification et concertation



Volontaires



Incitatives



Suivi



Urgences



Acquisition de connaissances

Vos actions

D

LE FONCTIONNEMENT DE VOTRE PROJET

Comment allez-vous mettre en oeuvre vos actions (qui? quoi? quel financement ?)

E

UN BOND DANS LE FUTUR

Nous sommes en 2025, quels sont les éléments importants de votre projet qui ont assuré sa réussite ?

Témoignage d'une mairesse satisfaite ou d'un maire satisfait du projet.

Exemple

A VOTRE ENJEU (zone de recharge)

Situation : Le haut pays agroforestier constitue la zone de recharge pour toute la zone côtière: le renouvellement des sources d'eau potable souterraines des municipalités localisées le long du fleuve dépend donc de ce qui se passe dans les municipalités situées en amont. Certaines activités pourraient avoir un impact sur la recharge.

B VOTRE PROJET

Solution : Créer une table de concertation régionale sur l'enjeu de la recharge.

Titre : L'EAUASIS

Objectif: Développer une stratégie de protection de la zone de recharge du haut pays agro forestier.

C LES ACTIONS ET LES MESURES



Règlementation: Limiter la superficie des coupes forestières et retirer les permis de drainage



Planification et concertation: Former un comité de vigilance pour la protection du territoire



Volontaires (sensibilisation): Identifier clairement les zones de recharges sur les plans d'aménagement (info-sol)



Acquisition de connaissances: Faire une étude de vulnérabilité de la zone de recharge (identification des activités pouvant impacter la recharge)

D LE FONCTIONNEMENT DE VOTRE PROJET

Les deux MRC touchées par le territoire à protéger sont responsables du projet. Elles financent le projet, en plus d'une subvention du MELCC. L'OBV de la région coordonne le projet et assure la concertation entre tous les acteurs concernés. Les actions identifiées par la table de concertation sont intégrées dans le PDE de l'OBV et le SAD des MRC.

E UN BON DANS LE FUTUR

La clé du succès: L'implication de tous les acteurs concernés dans l'identification et la mise en oeuvre des actions.

" Avec ce projet, on a réussi à trouver un bel équilibre entre la protection de nos sources d'eau potable et le développement du territoire! J'en suis très fier! "

Mes notes personnelles

ANNEXE - Les types de dépôts meubles

Le tableau suivant présente les unités ayant servi à déterminer les contextes hydrostratigraphiques :

Unité lithostratigraphique	Description de l'unité	Rôle hydrogéologique
Dépôts de versant (Cg)	Dépôts de glissement de terrain : silts et argiles remaniés.	Aquitard ou aquifère
Sédiments organiques (O)	Sédiments organiques non différenciés.	Aquitard
Dépôts éoliens (Ed)	Sables fins mis en place par le vent sous forme de dunes paraboliques.	Aquifère
Sédiments alluviaux actuels (Ap)	Sable, silt sableux, sable graveleux et gravier contenant fréquemment de la matière organique.	Aquifère
Sédiments alluviaux de terrasses fluviales (At)	Sable, silt sableux, sable graveleux et gravier contenant (ou non) de la matière organique.	Aquifère
Sédiments alluviaux de terrasses anciennes (Ax)	Sable, silt sableux et gravier contenant un peu de matière organique.	Aquifère
Sédiments lacustres deltaïques (Ld)	Sable, sable graveleux et gravier, stratifiés et bien triés mis en place à l'embouchure des cours d'eau.	Aquifère
Sédiments lacustres littoraux (Lb)	Sable, silt sableux, sable graveleux et gravier stratifiés et généralement bien triés	Aquifère
Sédiments lacustres (L)	Non différenciés.	Aquitard ou aquifère
Sédiments glaciolacustres deltaïques (LGd)	Sable, sable grossier et sable graveleux mis en place à l'embouchure des cours d'eau.	Aquifère
Sédiments glaciomarins deltaïques (MGd)	Sable, sable graveleux et gravier, stratifiés et bien triés.	Aquifère
Sédiments glaciomarins littoraux (MGb)	Sable, silt sableux, sable graveleux et gravier stratifiés et généralement bien triés.	Aquifère
Sédiments glaciomarins fins d'eau profonde (MGa)	Silt argileux et argile silteuse.	Aquitard
Sédiments fluvioglaciaires d'épandage proglaciaire (Go)	Sable, gravier et blocs, montrant une décroissance granulométrique générale vers l'aval.	Aquifère
Sédiments fluvioglaciaires juxtaglaciaires (Gx)	Sable et gravier, blocs, un peu de till ou de diamicton; formant des eskers, des kames et des crêtes morainiques.	Aquifère
Sédiments fluvioglaciaires de la moraine de Saint-Narcisse (GxT)	Till, diamicton, blocs, sable et gravier.	Aquifère
Sédiments glaciaires : till remanié en couverture continue (Tr)	Diamicton à matrice lâche et généralement délavée et dont l'épaisseur dépasse généralement 1 m	Aquifère à très faible potentiel
Sédiments glaciaires : till en couverture généralement continue (Tc)	Diamicton d'épaisseur supérieure à 1 m	Faible potentiel aquitard
Sédiments glaciaires : till en couverture mince et discontinue (Tm)	Diamicton de moins de 1 m d'épaisseur	Pas assez épais pour être un aquitard
Aquifère rocheux régional (R)	Roc	Aquifère à potentiel variable

**Les partenaires du 3^e atelier de transfert et d'échange
des connaissances sur les eaux souterraines du RQES:**



Grâce au support financier de :

