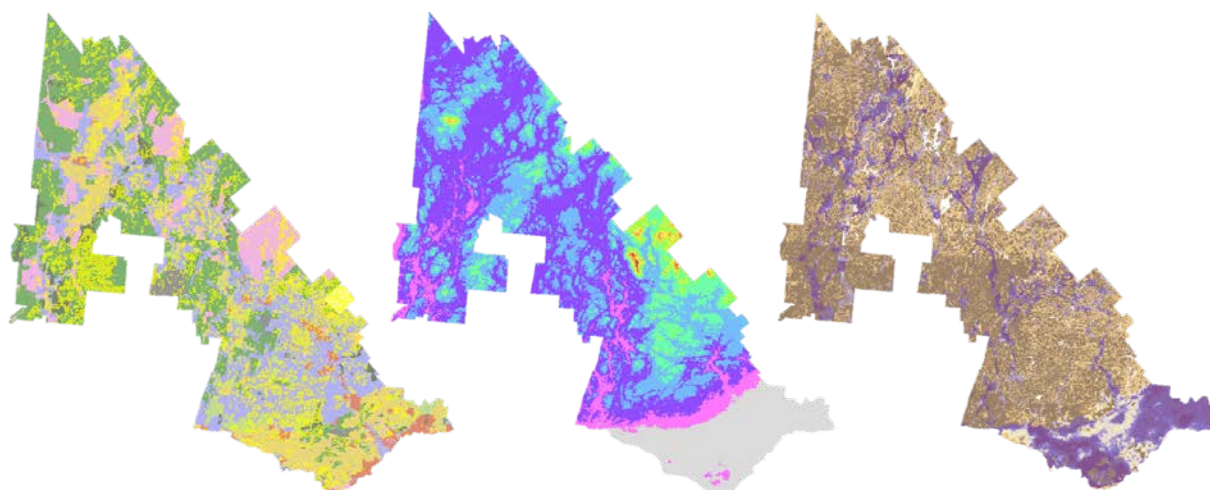


ATELIER 4

S'approprier les bases de données géomatiques du PACES

Laurentides - Les Moulins



CAHIER DU PARTICIPANT
webinaire, 9, 11 et 13 mai 2022

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

Ce cahier est préparé exclusivement pour la réalisation des exercices dans le cadre du webinaire qui se tiendra les 9 mai 2022 (partie 1) et 11 -13 mai 2022 (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 4 - S'appropriier les bases de données géomatiques du PACES 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, 85 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	6
Votre équipe de formation	7
Résumé du PACES LAULM	8
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	10
2. Présentation des données géospatiales	21
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	22
Les limites générales des données	22
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	23
Les bases de données en format géodatabase	24
Les données ponctuelles de base	26
Retrouver les informations hydrogéologiques	27
Le projet mxd pour cet atelier	29
Préparer vos données : découpage de votre territoire	30
3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action	31
Épaisseur des dépôts meubles	32
Contextes hydrostratigraphiques	34
Conditions de confinement	36
Piézométrie	38
Recharge et résurgence	40
Vulnérabilité	42
Qualité de l'eau	44
Les autres résultats du PACES	46
Préparer vos données : découpage de votre territoire	48
4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines	49
Déroulement	50
Question 1 : Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	51
Synthèse du cheminement d'expert	52
1. Trouver de l'eau en quantité suffisante	53
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination	56
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	58

4. Évaluer la qualité de l'eau	59
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	60
Question 2 : Protection des zones de recharge	62
Synthèse du cheminement d'expert	63
1. Localiser les zones où la recharge est importante	64
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination	67
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	69
4. Évaluer la qualité de l'eau	70
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	71
6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	73
Question 3 : Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	74
Synthèse du cheminement d'expert	75
1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination	76
2. Évaluer la qualité de l'eau	80
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement en eau potable et les affectations compatibles	81
5. Réfléchir à nos besoins pour la suite	83
Déroulement	84

Le déroulement de l'atelier

Objectifs

1. S'approprier la base de données géospatiales sur les eaux souterraines de son territoire d'action
2. Mieux comprendre les caractéristiques hydrogéologiques spécifiques à son territoire d'action
3. Apprendre à analyser les données géospatiales sur les eaux souterraines de son territoire d'action afin de répondre à un enjeu de gestion et de protection des eaux souterraines
4. Réfléchir à nos besoins pour la suite

LES ACTIVITÉS

JOUR 1

1. Les notions de base en hydrogéologie
2. Présentation des données géospatiales
3. Interpréter les données pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action

JOUR 2

4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines
5. Réfléchir à nos besoins pour la suite

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

**Stéphanie Lavoie**

M.Sc. Environnement
Chargée de projet du RQES
Département des sciences de
l'environnement, Université du
Québec à Trois-Rivières
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7
Stephanie.Lavoie4@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

Résumé du PACES LAU-LM

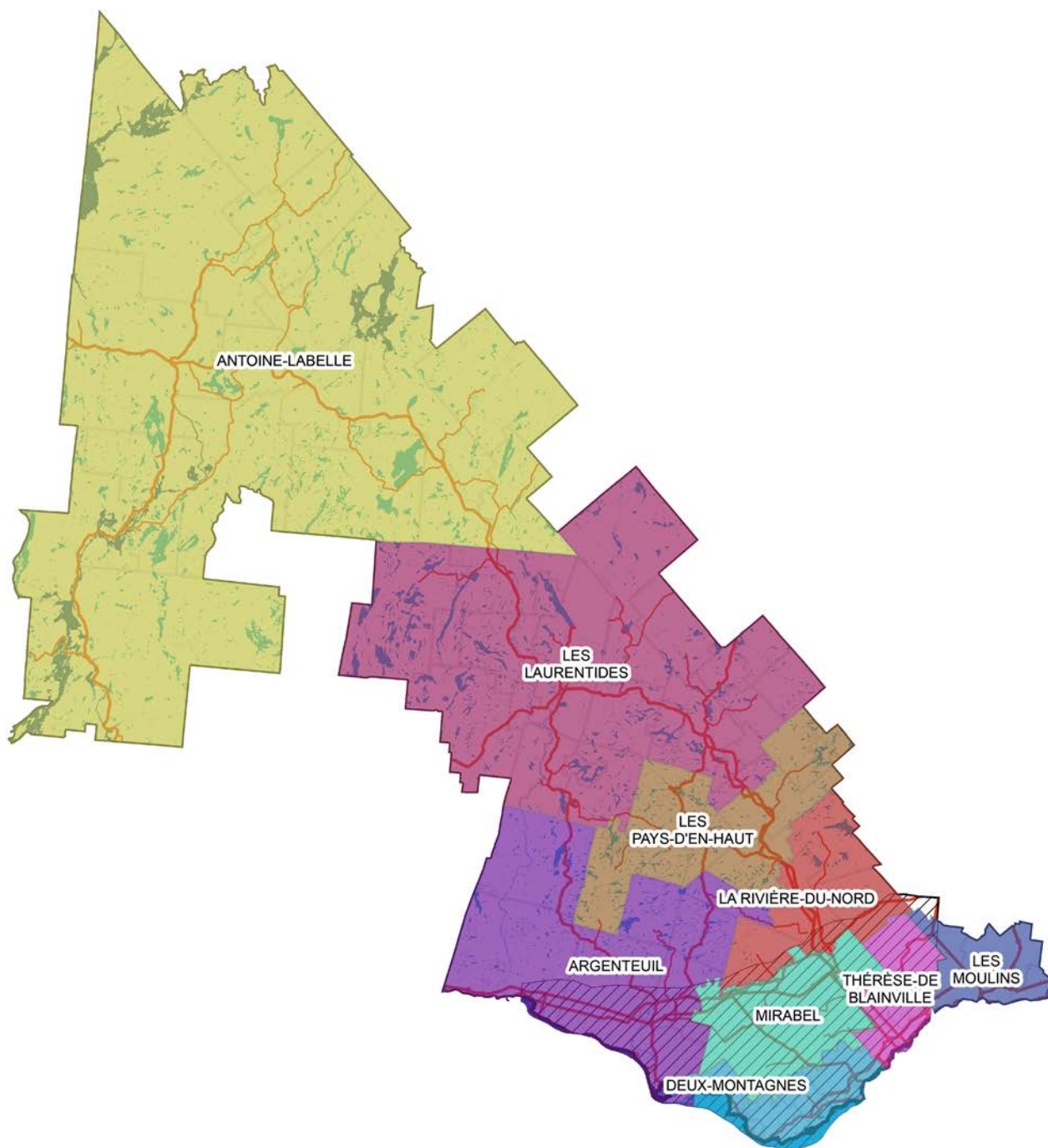
Le Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines dans la région des Laurentides et de la MRC Les Moulins (PACES-LAU-LM), est financé par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Ce projet avait pour but d'établir la cartographie hydrogéologique dans une portion de la région administrative des Laurentides et de la MRC Les Moulins, en incluant dans la cartographie les données d'un projet pilote de cartographie hydrogéologique Aquifères fracturés du sud-ouest du Québec (AFSOQ) complété il y a quelques années dans la partie la plus au sud de la région des Laurentides (superficie totale 11 477 km²). Il a été réalisé par l'Université du Québec à Montréal en collaboration avec les organismes de bassin versant Abrinord (rivière du Nord), COBALI (rivière du Lièvre), RPNS (rivières Rouge, Petite Nation et Saumon) et COBAMIL (rivière Mille-Îles), et en collaboration avec les MRC d'Antoine-Labelle, d'Argenteuil, de la Rivière-du-Nord, des Laurentides, des Pays-d'en-Haut et des Moulins.

Les résultats montrent que l'aquifère de roc fracturé du Bouclier canadien est dans l'ensemble peu productif et que les principaux aquifères sont dans les dépôts granulaires situés dans les vallées. L'eau souterraine s'écoule des sommets vers les vallées des grandes rivières. Une partie importante de cet écoulement souterrain est intercepté par les nombreuses rivières de la région qui drainent le territoire vers la rivière des Outaouais. À l'échelle régionale, la recharge de l'aquifère fracturé est estimée à 198 mm/an. Les volumes d'eau souterraine utilisés par les particuliers, les villes, l'agriculture et l'industrie représentent environ 0,5 % de la recharge potentielle. À l'échelle régionale, il ne semble donc pas y avoir de pressions majeures sur les quantités d'eau souterraine disponibles. Toutefois, l'analyse des temps de séjour montre que l'eau souterraine est un mélange entre des eaux relativement jeunes et des eaux plus anciennes, ce qui souligne l'importance de développer avec parcimonie la ressource.

L'eau souterraine de la zone d'étude est de bonne qualité. Le petit nombre de dépassements des normes pour la qualité de l'eau potable (baryum, fluor, manganèse et uranium) seraient d'origine naturelle. Certaines problématiques ont été identifiées concernant les critères esthétiques et notamment les concentrations en manganèse. Des dépassements de normes bactériologiques ont été observés à 29% des puits échantillonnés. Les concentrations en nitrates ne dépassent pas la norme pour l'eau potable, mais reflètent l'impact anthropique des activités agricoles. De la même manière, la présence de pesticides et de produits pharmaceutiques montre un impact anthropique et confirme que les temps de séjour de l'eau souterraine peuvent être courts. L'activité ²²²Rn dans l'eau souterraine est également importante dans certains secteurs, ce qui indique la présence d'un enjeu possible de santé publique en lien avec la présence de radon dans l'air des résidences. Les risques de contamination de l'eau souterraine dans la région ne sont pas négligeables, ce qui est souligné par une vulnérabilité DRASTIC moyenne sur la majorité de la zone d'étude.

Le développement résidentiel, touristique et industriel de la région, combiné aux pressions des changements climatiques, apportera des défis importants dans la région au cours des prochaines décennies. Les données acquises, les cartes produites et les analyses qui en découlent seront directement utiles pour la gestion durable de la ressource en eau et du territoire à l'échelle de toute la région.

Le territoire du PACES LAU-LM



1

Quelques 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. 11 à 13)

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, la grande majorité du débit des cours d'eau est constitué d'eau souterraine.

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 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 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.

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

Grains 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.

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

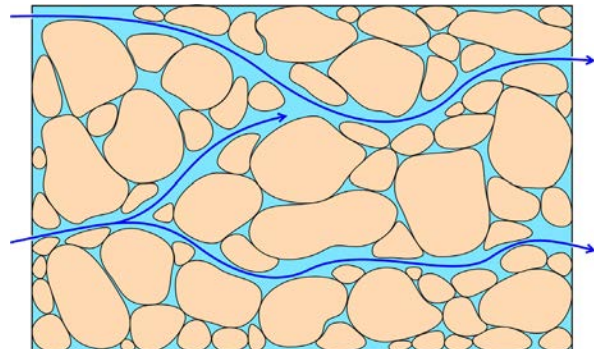
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

- 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.

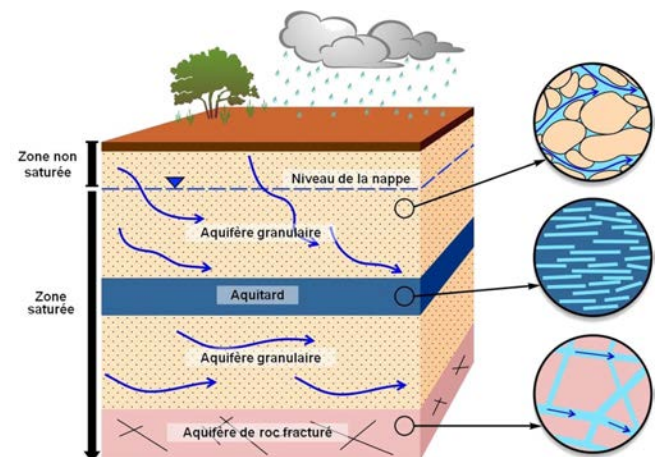
- C'est le **contenu**.

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'infiltre 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 :

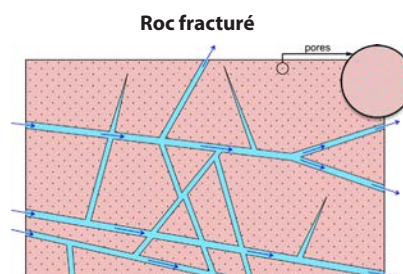
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

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.



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 QUATERNAIRES ANCIENS

Sédiments déposés avant la dernière glaciation, durant et entre les épisodes glaciaires antérieurs.

- Composition variable — **aquifère** ou **aquitard**.

SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

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

- Till compact ou continu : composé de grains de toutes tailles dans une matrice fine — **aquitard**.
- Till remanié : till dont les particules fines ont été lessivées par l'action des vagues — **aquifère**.

SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation. Comprend les eskers et les moraines.

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

SÉDIMENTS GLACIOMARINS, GLACIOLACUSTRES et LACUSTRES

Mis en place dans la mer 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, sur le 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 sable — **aquifère**.

SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides, surtout des tourbières.

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

Till



Sédiments fluvio-glaciaires



Argiles lacustres



Sédiments littoraux



Sédiments alluviaux



Sédiments éoliens



Tourbe



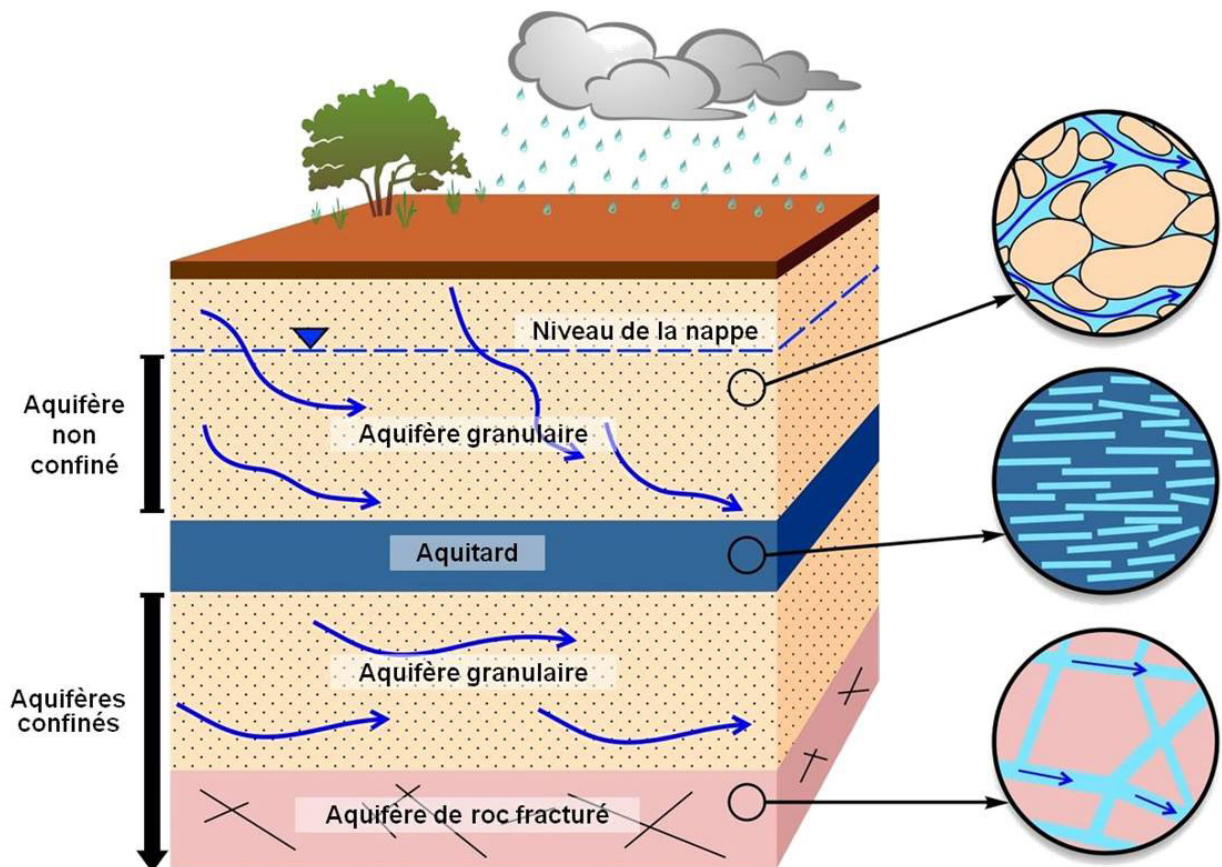


CONDITIONS DE CONFINEMENT

Un aquifère confiné (ou à **NAPPE CAPTIVE**) est « emprisonné » sous un aquitard. Il n'est pas directement rechargé par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi **protégé des contaminants** provenant directement de la surface. Sa zone de recharge est située plus loin en amont, là où la couche imperméable n'est plus présente. L'eau souterraine y est sous pression plus élevée que celle de l'atmosphère.

Un aquifère non confiné (ou 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**.

Un aquifère semi-confiné (ou à **NAPPE SEMI-CAPTIVE**) est un cas intermédiaire pour lequel les couches sus-jacentes ne sont pas complètement imperméables, dû à leur composition ou leur faible épaisseur. Il est **modérément protégé d'une contamination** par la surface.

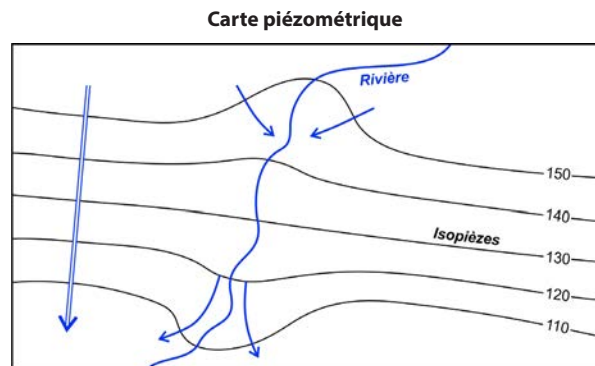




PIÉZOMÉTRIE

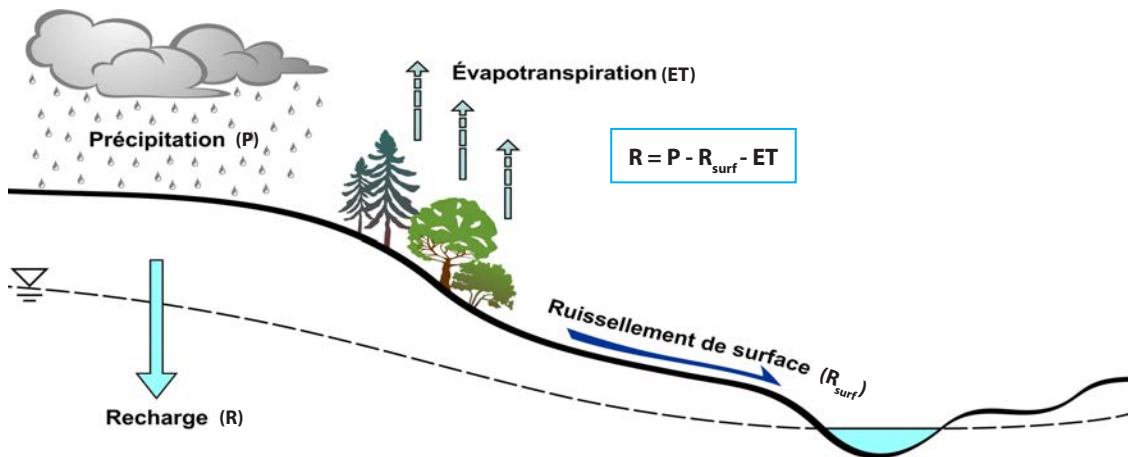
Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation que le niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits atteint pour être en équilibre avec la pression atmosphérique.

La **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 des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

La **RECHARGE** 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'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.



Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, 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.

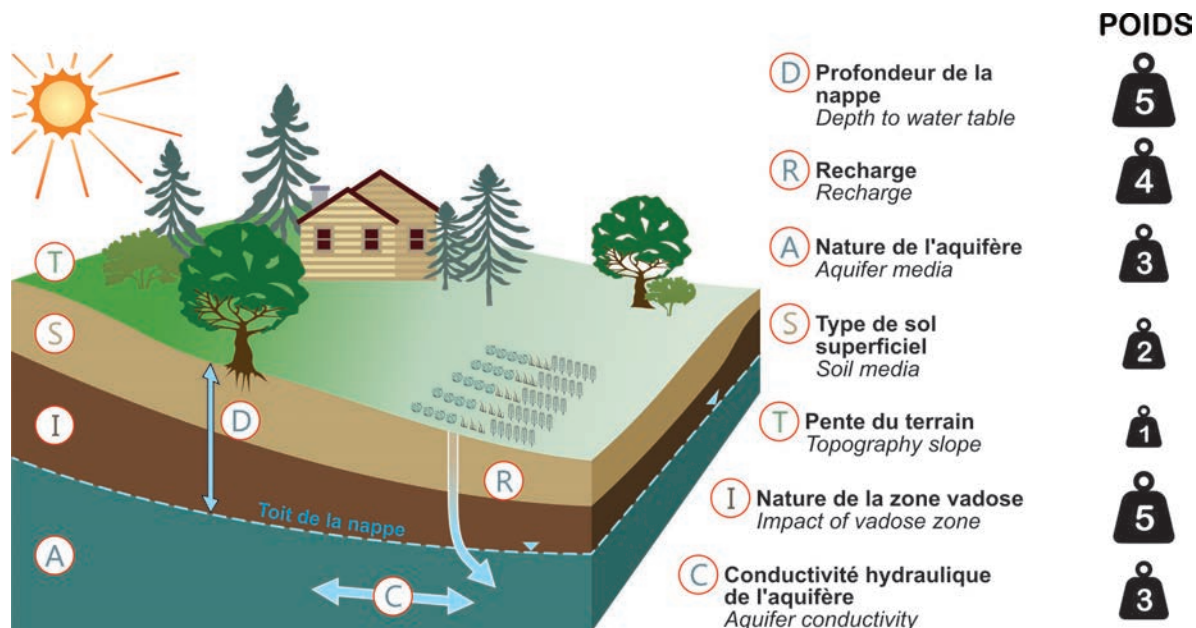


VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

La méthode **DRASTIC** fournit une évaluation relative de la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère, soit sa **susceptibilité à être affecté par une contamination provenant de la surface**.

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

Le calcul de l'indice **DRASTIC** tient compte de sept paramètres physiques et hydrogéologiques :



Voici comment ces différents paramètres influencent l'indice DRASTIC:

- **D** : profondeur de la nappe (Depth) – plus la nappe est profonde, plus l'indice est faible;
- **R** : Recharge – plus la recharge est importante, plus l'indice est élevé;
- **A** : nature de l'Aquifère – plus l'aquifère est composé de matériel grossier donc perméable, plus l'indice est élevé;
- **S** : type de Sol – plus le sol est composé de matériel grossier donc perméable, plus l'indice est élevé;
- **T** : pente du terrain (Topography) – plus la pente est accentuée, plus l'indice est faible;
- **I** : Impact de la zone vadose – plus la zone non saturée est composée de matériel grossier, plus l'indice est élevé;
- **C** : Conductivité hydraulique de l'aquifère – plus la conductivité hydraulique est importante, plus l'indice est élevé.

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. Le potentiel de contamination de chaque activité humaine dépend de plusieurs facteurs, dont la nature et la quantité de contaminants, la superficie de la zone touchée et la récurrence du rejet.



Géochimie de l'eau

La composition géochimique de l'eau souterraine est influencée en grande partie par la dissolution de certains minéraux présents dans les matériaux géologiques. Plus la distance parcourue par l'eau souterraine dans l'aquifère est grande, plus son temps de résidence est long, et plus elle sera **évoluée** et **minéralisée**, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous.

Plusieurs **types d'eau** sont identifiés :

- **Type Ca-HCO₃** : eau récente, peu évoluée et minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau douce de recharge ;
- **Type Na-HCO₃** et **Na-SO₄** : eau intermédiaire plus ancienne, plus évoluée et minéralisée, signature géochimique montrant une salinité plus élevée ;
- **Type Na-Cl** : eau ancienne, évoluée et minéralisée, avec influence saline de l'eau interstitielle des argiles marines de la mer de Champlain ou témoignant d'une contamination au sel de déglacage.

Critères de qualité de l'eau

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** du Gouvernement du Québec (2015a).

- Ex. : Arsenic < 0,01 mg/L, pour éviter certains cancers et des effets cutanés, vasculaires et neurologiques.
- Ex. : Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire.

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES (OE)** sont des **recommandations** pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu 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. Ils sont publiés par Santé Canada (2014).

- Ex. : Fer < 0,3 mg/L, fondé sur le goût et les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie.
- Ex. : Sulfures < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et l'odeur.

2

Présentation des données géospatiales



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **orange** sont définis dans le glossaire des termes utilisés en géomatique (p. 23)

Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer

L'ensemble des données géospatiales recueillies ou produites dans le cadre du PACES, ou qui sont utilisées dans le cadre de cet atelier de transfert, sont protégées par la Loi sur le droit d'auteur (L.R.C., 1985, c. C-452).

Les données utilisées pour cet atelier sont encore préliminaires dans la mesure où elles n'ont pas encore été validées par le MELCC. Le MELCC et l'UQAM ne peuvent être tenus responsables de l'utilisation qui est faite des données diffusées, ni des dommages encourus par une utilisation incorrecte de ces mêmes données. Les données peuvent contenir certaines erreurs. De plus, ces données sont évolutives. Le MELCC et l'UQAM ne peuvent être tenus responsables de tout dommage causé par l'utilisation d'une donnée incorrecte.

L'utilisateur est aussi tenu de citer les propriétaires des données utilisées dans les cartes ou autres produits qui sont dérivés des données. Cela est nécessaire sur chaque copie où figure la totalité ou une partie du jeu de données d'un producteur.

La mention des droits d'auteur doit citer chaque producteur dont relèvent les données mises à contribution, et ce, sur chaque copie de la totalité ou d'une partie du jeu de données. Il en va de même pour tout autre produit créé en utilisant les données.

Les limites générales des données

- Les cartes réalisées dans le cadre du PACES LAU-LM ont été préparées pour représenter des conditions régionales (consultez les métadonnées pour connaître les mailles utilisées selon les cartes). Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement. Par conséquent, les résultats du projet ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale.
- La plupart des analyses hydrogéologiques réalisées dans le cadre de ce projet sont basées sur des méthodes de traitement impliquant des généralisations et une importante simplification de la complexité du milieu naturel.
- Les données de base utilisées (ex. : puits, forages, affleurements rocheux) ont une répartition non uniforme sur le territoire. L'incertitude des analyses hydrogéologiques augmente dans les secteurs où il y a peu de données.
- Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : rapports de consultants, bases de données ministérielles, système d'information hydrogéologique (SIH)) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du SIH et sont jugées de moins bonne qualité, tant au niveau des mesures géologiques et hydrogéologiques que des localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés.
- Les valeurs de certaines données et les analyses en découlant (ex. : piézométrie, recharge, qualité de l'eau) pourraient varier temporellement (jours, saisons, années, changements climatiques).
- Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté.

Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique

ArcCatalog

Fournit une fenêtre de catalogue pour ArcGIS afin d'organiser dans une arborescence les différents types d'informations géographiques, dans le but de faciliter leur recherche, leur localisation et leur gestion.

ArcGIS

Système d'information géographique utilisé pour cet atelier.

ArcMap

C'est l'application fondamentale d'ArcGIS. Elle contient des boîtes à outils, organisées sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données. ArcMap est l'équivalent de l'ancienne version «ArcView».

ArcToolbox

Module d'ArcMap comprenant l'ensemble des outils de géotraitement.

Données géospatiales

Les données géospatiales fournissent de l'information sur la forme et la localisation d'objets et d'événements sur la surface terrestre. Elles comprennent l'ensemble des données géométriques (position et forme des objets), des attributs (caractéristiques des objets) et des métadonnées (informations sur la nature des données). Synonyme : Données géoréférencées, Données géographiques.

Couche

Une couche de données géospatiales ou d'information géographique est un ensemble d'entités spatiales avec leurs localisations, topologie (point, ligne, polygone) et attributs.

Format (de données)

Les données peuvent être en format vectoriel (point , ligne , ou polygone ) ou matriciel  (image ou raster composé de mailles (pixels ou cellules)).

Géodatabase

« Entrepôt » qui permet d'héberger un vaste assortiment de données géographiques et spatiales. Cette structure de données est propre à ArcGIS.

Géotraitement

Opérations sur des données géospatiales à l'aide d'un système d'information géographique permettant d'effectuer de l'analyse spatiale, c'est-à-dire de définir les caractéristiques d'un phénomène à partir des données géospatiales.

Layer file (lyr)

Ce type de fichier propre à ArcGIS enregistre la symbologie d'une couche de données et d'autres propriétés liées à son affichage dans ArcMap.

Métadonnées

Ce sont les données sur les données. Elles servent à définir ou à décrire les données. Les métadonnées devraient contenir l'origine, l'auteur, les détails de sa structure (codes, lexique, abréviations). Les métadonnées sont à la base de l'archivage et permettent à d'autres utilisateurs de comprendre et d'utiliser les données (en vue de leur partage).

Projet mxd

Document cartographique propre à ArcGIS dans lequel on peut « construire » l'assemblage des différentes couches avec leur symbologie.

Symbologie

Permet de conférer la signification appropriée des données géospatiales en les illustrant de manière à afficher les différences qualitatives (ex. : teinte, forme, disposition) ou quantitatives (taille, valeur, clarté), pour ainsi optimiser la communication de la carte.

Système d'information géographique (SIG)

Système de gestion de données par un logiciel permettant la superposition de différentes couches de caractéristiques géographiques sous forme de cartes issues des données et de modèles.

Table relationnelle

Le concept de base dans les bases de données relationnelles est la table (ou relation). Une table est un simple tableau bidimensionnel comprenant plusieurs rangées et plusieurs colonnes. Selon ce modèle relationnel, une base de données consiste en une ou plusieurs relations.

Les bases de données en format géodatabase

Les données du PACES-LAU-LM

Le MELCC diffuse les données de tous les projets régionaux de caractérisation des [eaux souterraines](#) réalisés dans le cadre du PACES via Données Québec (accès au site depuis la page <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/projets-d-acquisition-de-connaissances-sur-les-eaux-souterraines-paces>). Il est possible de visualiser une partie des données présentées dans le navigateur cartographique. Les données et rapports seront remis aux partenaires une fois que le MELCC en aura fait la validation.



Vos données pour cet atelier

Le dossier **PACES-LAULM** contient les données suivantes:

1_Geodatabase

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** et de **projet MXD** dans le fichier **1_Bases_donnees_et_MXD** :
 - **1_GBD_PACES_LAULM.gdb**
Contient les données vectorielles ponctuelles , linéaires et polygonales , ainsi que les données matricielles dans les Feature dataset fond_carte et livrable_shape_file.
 - **2_Gabarit_BD_PACES_uqam_2mai2022.gdb**
Contient les données vectorielles ponctuelles de terrain et les tables relationnelles .
 - Le projet MXD **Atelier4_LAULM.mxd**
Contient les données nécessaires à la réalisation des activités 3 et 4.
- Des **Layer files** dans le dossier **2_Lyr_paces_laulm**
- La localisation des prélèvements municipaux dans le dossier **3_sites_prelevement_eau_muni_laulm**
À noter que cette couche vous est fournie en bonus et ne fait pas partie de la **géodatabase** du PACES.

2_Metadonnees

- Des **métadonnées** en **format** Word pour chaque couche dans le dossier **2_Metadonnees**

3_Coupes Stratigraphiques

- Les PDF des coupes stratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du PACES dans le dossier **3_Coupes Stratigraphiques**

Les bases de données en format géodatabase

Arborescence de la base de données

- [-] PACES_LAULM
 - [-] 1_Geodatabase
 - [-] 1_Bases_donnees_et_MXD
 - [-] 1_GDB_PACES_LAULM.gdb
 - [-] fond_carte
 - HL_Laurentides
 - HL_Ontario
 - HS_Laurentides
 - HS_Ontario
 - HS_Outaouais
 - HS_StLaurent
 - Hydrologie_linéaire
 - Hydrologie_surfacique
 - mrc_paces_laulm
 - municipalite
 - Reseau_route_ON
 - Reseau_route_QC
 - zone_afsoq
 - zone_etude_paces_laulm
 - livable_shape_file
 - liv_10_affectation_territoire
 - liv_13_faille_regionale
 - liv_13_plis_regionaux
 - liv_15_points_utilises
 - liv_2_municipalite
 - liv_23_75e_percentile
 - liv_23_repertoire_site_contamines
 - liv_24_depasse_inorganique
 - liv_24b_depasse_bacteriologique
 - liv_24c_radon
 - liv_24d_ppsp
 - liv_25_depassement_esthetique
 - liv_25_type_eau_souterraine
 - liv_26a_conso_eau_type_mrc
 - liv_26b_source_appro_eau
 - liv_27_station_meteo_climat_qc
 - liv_27_stations_deh
 - liv_27_stations_rsesq
 - liv_28_pot_echange_nappe_riviere
 - liv_5_hydrographie_lineaire
 - liv_5_hydrographie_surfacique
 - liv_6_bassins_versant
 - liv_6_limite_bv_niveau_1
 - liv_localisation_coupes
 - travaux_terrain
 - drastic_aquifer_19_01_2022
 - drastic_k_19_01_2022
 - drastic_nappe_19_01_2022
 - drastic_pente_19_01_2022
 - drastic_recharge_19_01_2022

Arborescence de la base de données

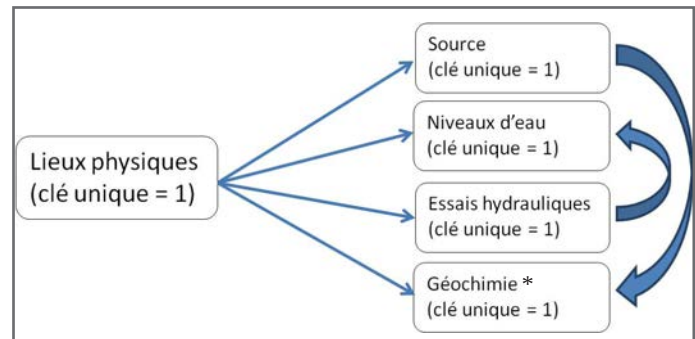
- drastic_sol_19_01_2022
- drastic_vadose_19_01_2022
- liv_1_topo
- liv_10_affectation
- liv_11_pedologie_type_drainage
- liv_12_geologie_quaternaire
- liv_13_geologie_socle
- liv_15_isopac
- liv_16_topo_roc
- liv_17_confinement
- liv_18_contexte_hydrogeo
- liv_18b_aquifere_nappe_libre
- liv_20_piezometrie
- liv_22_vulnerabilite_drastic
- liv_23_densite_act_anthropique
- liv_27_precipitation
- liv_27_temperature_air
- liv_28_recharge_poten
- liv_28_zone_rech_preferentielle
- liv_4_pente_sol
- liv_7_occupation_sol
- liv_8_couverture_forestiere
- liv_8_type_culture
- liv_9_milieux_humides
- Ombre_10m
- [-] 2_Gabarit_BD_PACES_uqam_2mai2022.gdb
 - CH_Essais
 - CH_Geochimie
 - CH_Lieu_physique
 - CH_Niveau_eau
 - CH_Source
 - CH_TB_ESSAIS_Essais
 - CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses
 - CH_TB_LIEUPHYS_Crepine
 - CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite
 - CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie
 - CH_TB_LIEUPHYS_Venue_eau
 - CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau
 - CH_TB_SOURCE_Fiabilite
 - CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses
- Exercice_1.gdb
- Exercice_2.gdb
- Exercice_3.gdb
- Atelier4_LAULM.mxd
- 2_Lyr_paces_laulm
- 3_sites_prelevement_eau_muni_laulm
- 2_Metadonnees
- 3_Coupes_Stratigraphiques

Les données ponctuelles de base

Les livrables des projets du PACES ont été réalisés à partir de données ponctuelles pouvant être de diverses natures : forages, puits, piézomètres, trous non aménagés, [sources](#), affleurements rocheux, sondages géophysiques, etc. Ces données peuvent être consultées afin d'obtenir de l'information locale. Elles sont toutefois de nature technique et peuvent être difficiles à interpréter sans une certaine connaissance de base en géologie, hydrogéologie et géochimie.

Dans les tables d'attribut de chaque [couche](#) de données ponctuelles de la [géodatabase](#) **2_Gabarit_BD_PACES_uqam_2mai2022.gdb**, on retrouve le champ commun **No_Lieu_Phys** qui permet de faire le lien entre les couches et obtenir toute l'information sur un point. Cette clé unique est un numéro séquentiel, déterminé par le MELCC, pour chaque lieu physique identifié par les projets du PACES du Québec. Par exemple, on peut extraire les données géochimiques et les données de niveau d'eau pour un même puits.

Pour chacune des [couches](#) de données ponctuelles de base, des [tables relationnelles](#) de données non géoréférencées sont disponibles. C'est dans ces tables, par exemple, que l'on retrouve les valeurs de niveau d'eau des points de la [couche](#) **CH_Niveau_eau** (alias: *CH_Niveau_eau*). Les données des [tables relationnelles](#) sont liées au lieu physique par la clé unique (No_Lieu_Phys). Plusieurs informations peuvent se rapporter à la même clé unique (ex. : plusieurs niveaux d'eau pour le même puits).



Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_Lieu_physique	CH_Lieu_physique	Lieux d'observation (puits, forages, piézomètres, sondages géophysiques, carrières, sablières, etc.) des caractéristiques du sous-sol et/ou de l'eau souterraine répertoriés dans le cadre du PACES. Identifie les données de quel lieu a servi à produire quel livrable.	CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Description des matériaux géologiques (dépôts meubles ou roc) observés.
			CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique du lieu physique attribuée par le projet du PACES.
			CH_TB_LIEUPHYS_Crépine	Description des crépines des puits
			CH_TB_LIEUPHYS_Venue_Eau	Vide: pas de données de venue d'eau
CH_Niveau_eau	CH_Niveau_eau	Lieux physiques où un ou plusieurs niveaux d'eau ont été mesurés.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau par rapport à la surface du sol
CH_Geochemie	CH_Geochemie	Lieux physiques où un ou plusieurs échantillonnages ont été réalisés.	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les données des échantillons prélevés pour les analyses géochimiques
CH_Essais	CH_Essais	Lieux physiques où un ou plusieurs essais hydrauliques ont été réalisés.	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique .
CH_Source	CH_Source	Sources (résurgences naturelles) d'eau souterraine	CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	Vide: aucune source n'a été cartographiée.

Retrouver les informations hydrogéologiques

Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique			
Livrable	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)
1. Topographie		 liv_1_topo	Élévation (m)
2. Routes, limites municipales et toponymie	X	 municipalite	Municipalités (points)
		 liv_2_municipalite	Municipalités (limites)
	X	 Reseau_route_QC	Réseau routier
		 Reseau_route_ON	Réseau routier
3. Modèle numérique de terrain		 mrc_paces_laulm	Limite des MRC
4. Pente du sol		 Ombre_10m	Élévation (m)
5. Hydrographie		 liv_4_pente_sol	Pente du sol (°)
6. Bassins versants		 liv_5_hydrographie_surfacique	Hydrographie surfacique
		 liv_5_hydrographie_lineaire	Hydrographie linéaire
		 liv_6_bassin_versant	Bassins versants
7. Occupation du sol	X	 liv_6_bv_niveau_1	Limite des bassins de niveau 1
8. Couverture végétale		 liv_7_occupation_sol	Occupation du sol
9. Milieux humides		 liv_8_couverture_forestiere	Type de peuplement
		 liv_8_type_culture	Type de culture
10. Affectation du territoire	X	 liv_9_milieux_humides	Type de milieu humide
11. Pédologie		 liv_10_affectation	Type d'affectation du territoire
12. Géologie Quaternaire		 liv_11_pedologie_type_drainage	Type de sol et condition de drainage
13. Géologie du socle rocheux		 liv_12_geologie_quaternaire	Géologie du quaternaire
		 liv_13_geologie_socle	Géologie du socle rocheux
		 liv_13_faill_e_regionale	Faill e régionale
14. Coupes stratigraphiques		 liv_13_plis_regionaux	Pli régional
15. Épaisseur des dépôts meubles	X	 liv_14_coupe_strati	Localisation des coupes stratigraphiques
16. Topographie du roc		 liv_15_points_utilises	Affleurements et ponts utilisés
17. Conditions de confinement	X	 liv_15_isopac**	Épaisseur des dépôts meubles
18. Contextes hydrostratigraphiques	X	 liv_16_topo_roc	Élévation du socle rocheux
		 liv_17_confinement	Indice de confinement de surface
20. Piézométrie	X	 liv_18_contexte_hydrogeo	Contexte hydrostratigraphique
22. Vulnérabilité	X	 liv_18b_aquifere_nappe_libre	Épaisseur des dépôts perméables en nappe libre
		 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)
		 liv_22_vulnerabilite_drastic	Indice DRASTIC
		 drastic_nappe_19_01_2022	D: Profondeur de la nappe (m)
		 drastic_recharge_19_01_2022	R: Recharge en eau
		 drastic_aquifer_19_01_2022	A: Nature du milieu aquifère
		 drastic_sol_19_01_2022	S: Type desol
23. Activités anthropiques	X	 drastic_pente_19_01_2022	T: Pente (%)
		 drastic_vadose_19_01_2022	I: Nature de la zone vadose
		 drastic_K_19_01_2022	C: Conductivité hydraulique
		 liv_23_densite_act_anthropique	Somme du risque anthropique/km ²
		 liv_23_repertoire_site_contamines	Répertoire des sites contaminés (MELCC)
		 liv_23_75e_percentile	Contour 75 ^e percentile

* Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement du territoire et nécessaires pour réaliser les exercices en cours d'atelier

**Le nom de la couche s'affiche Liv_15_epaisseur_depot dans le projet mxid lorsqu'associée au fichier lyr.

Retrouver les informations hydrogéologiques

Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique

Livrable	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)
24. Qualité de l'eau: critères eau potable	X	 liv_24_depasse_inorganique	Dépassements inorganiques (MELCC)
	X	 liv_24b_depasse_bacteriologique	Type de dépassement bactériologique
	X	 liv_24c_radon	Activité du ²²² Radon (Bq/L)
25. Qualité de l'eau: objectifs esthétiques	X	 liv_24d_ppsp	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques
	X	 liv_25_depassement_esthetique	Dépassements des obj. esthétiques
		 liv_25_type_eau_souterraine	Type d'eau souterraine
26. Utilisation de l'eau		 liv_26b_source_appro_eau	Provenance de l'eau distribuée
		 liv_26a_conso_eau_type_mrc	Consommation d'eau (m³/an, 2019)
27. Stations de mesure		 liv_27_stations_deh	Station hydrométrique
		 liv_27_station_meteo_climat_qc	Station météorologique
		 liv_27_stations_rsesq	Station piézométrique du MELCC
28. Recharge et résurgence		 liv_28_pot_echange_nappe_riviere	Potentiel d'échange nappe - rivière
	X	 liv_28_recharge_preferentielle	Zone de recharge préférentielle (> 265 mm/an)
	X	 liv_28_recharge_poten	Recharge potentielle (mm/an)
29. Délimitation de la zone d'étude	X	 zone_etude_pace_laulm	Zone d'étude du PACES LAULM
30. Données ponctuelles utilisées pour la réalisation des différents livrables.		 travaux_terrain	Travaux de terrain
		 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)
		 CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	Données sur les crépines des puits
		 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Données sur la stratigraphie
		 CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	Fiabilité de la localisation des puits et forages
		 CH_TB_LIEUPHYS_Venue_Eau	Vide: pas de données de venues d'eau
		 CH_Geochemie	Points d'échantillonnage d'eau souterraine
		 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Données d'échantillonnage de l'eau souterraine
		 CH_Niveau_eau	Lieux physiques (niveaux d'eau)
		 CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Mesures des niveaux d'eau
		 CH_Essais	Lieux physiques (essais hydrauliques)
		 CH_TB_ESSAIS_Essais	Données sur les essais hydrauliques
		 CH_Source	Vide: pas de sources cartographiées
		 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	Vide: pas de sources cartographiées
		 CH_TB_SOURCE_Fiabilite	Vide: pas de sources cartographiées

* Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement du territoire et nécessaires pour réaliser les exercices en cours d'atelier

Le projet mxd pour cet atelier

Afin de faciliter l'utilisation des **données géospatiales**, dans l'interface  **ArcMap**, le **projet mxd**  **Atelier4-LAULM.mxd** a été préparé.

Présentation générale

Les différentes couches ont été classées par catégories pour faciliter les manipulations lors des exercices des activités 3 et 4. Les couches de la zone d'étude sont affichées par défaut.

Échelle d'affichage

Les étiquettes des noms des municipalités n'apparaissent qu'à partir d'une échelle inférieure à 1 : 250 000. Les échelles d'affichage de toutes les couches sont indiquées dans les fichiers Word des métadonnées (dossier  **2_Metadonnees**).

Hyperliens

Des hyperliens ont été préparés afin d'afficher dans l'interface  **ArcMap** les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur contenues dans le dossier  **3_Coupes_Stratigraphiques**. À l'aide de l'outil  Hyperlink de la barre d'outils Tools, cliquez sur la trace d'une coupe de la **couche liv_14_coupe_strati** (alias : *liv_localisation_coupes*), puis sélectionnez le lien URL.



Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

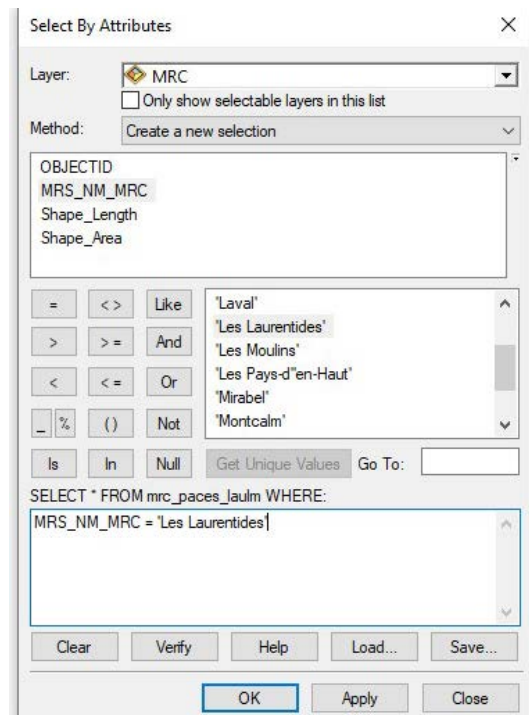
Table Of Contents	
	PACES-LAULM
	☐ ZONE ETUDE
	☐ zone_etude_paces_laulm
	☐ zone_afsoq
	☐ Reseau_route_QC
	☐ Reseau_route_ON
	☐ Hydrographie surfacique
	☐ MRC
	☐ liv_2_municipalite
	☐ EXERCICES
	☐ Question1 - Puits
	☐ Question 2 - Recharge
	☐ Question 3 - Activité polluante
	☐ HYDROGRAPHIE
	☐ Hydrographie linéaire
	☐ Hydrographie surfacique
	☐ Limite des bassins de niveau 1
	☐ Bassins versants
	☐ DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
	☐ Epaisseur des depots meubles
	☐ Liv15_epaisseur_depots
	☐ Epaisseur dépôts perméables en nappe libre
	☐ liv_15_points_utilises
	☐ Contextes hydrogeologiques
	☐ Contexte hydrostratigraphique
	☐ liv_localisation_coupes
	☐ Indice de confinement de surface
	☐ Piezometrie
	☐ Recharge_resurgence
	☐ Recharge potentielle (mm/an, moyenne 1961-2017)
	☐ zone_rech_preferentielle
	☐ Potentiel d'echange nappe - riviere
	☐ Indice DRASTIC
	☐ Qualite
	☐ Dépassements inorganiques (MELCC)
	☐ Type de dépassement bacteriologique
	☐ Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques
	☐ Activité du ²²² Radon (Bq/L)
	☐ Dépassements obj. esthétiques
	☐ Type d'eau souterraine
	☐ Activite anthropiques
	☐ Répertoire sites contaminés (MELCC)
	☐ Somme du risque anthropique/km ²
	☐ Somme du risque anthropique: 75 ^e percentile
	☐ Occupation du sol
	☐ Affectation du territoire
	☐ DONNEES PONCTUELLES
	☐ CH_Niveau_eau
	☐ CH_Lieu_physique
	☐ AUTRES DONNEES PACES
	☐ liv_9_milieux_humides
	☐ Géologie du quaternaire
	☐ DONNEES UTILES HORS PACES
	☐ site_prelevement_eau_municipal



Préparez vos données : découpage de votre territoire

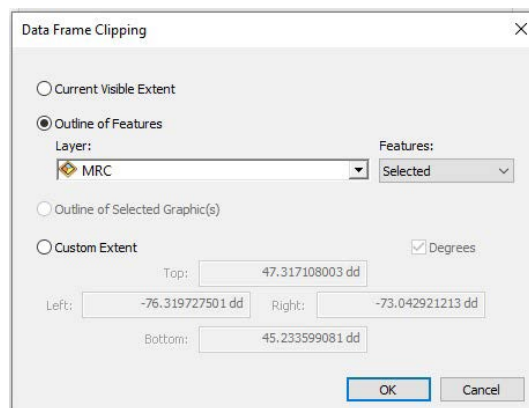
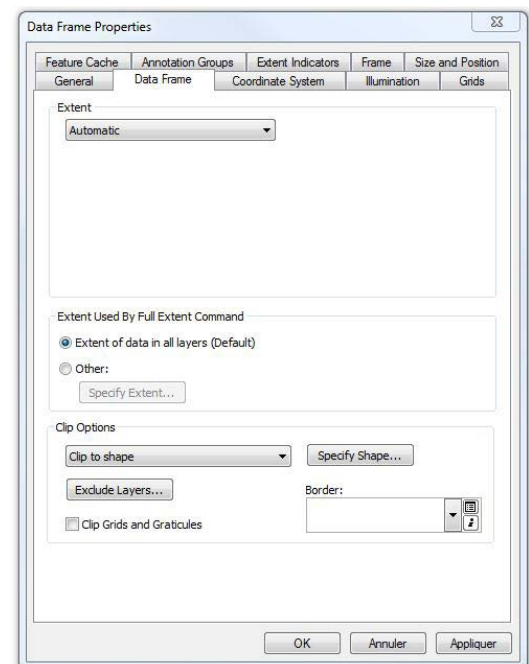
Sélectionnez votre territoire

1. Dans la barre de menu de l'interface , ouvrez la fenêtre Select By Attributes du menu Selection.
2. Choisir la **couche** de la limite administrative contenant votre territoire dans le menu déroulant de Layer.
3. Sous Method, double cliquer sur l'attribut contenant le nom des territoires, cliquer sur le signe =, cliquer sur Get Unique Values, puis double cliquer sur le nom de votre territoire.
4. Faire OK.
5. En affichant la **couche** de la limite administrative contenant votre territoire dans , votre territoire devrait maintenant être en surbrillance.



Découpez votre territoire

1. Ouvrez la fenêtre Data Frame Properties en cliquant avec le bouton droit de la souris sur le bloc de données  PACES-LAULM dans la table des matières du **projet mxd** et en sélectionnant Properties (aussi accessible via le menu View).
2. Sous l'onglet Data Frame, sélectionnez Clip to shape du menu déroulant de Clip Options puis cliquez sur Specify Shape.
3. Dans la fenêtre Data Frame Clipping, cochez Outline of Features, puis choisissez la couche contenant votre territoire dans le menu déroulant de Layer.
4. Dans le menu déroulant de Feature, choisissez Selected.
5. Faites OK deux fois.
6. Seules les données de votre territoire d'action devraient alors être affichables dans .



La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC les Laurentides.

3

**Interpréter les données
disponibles pour comprendre
l'hydrogéologie de votre
territoire d'action**

Épaisseur des dépôts meubles

Description

Le terme «**dépôt meuble**» renvoie à tout matériau granulaire ou sédiment (**sable**, **gravier**, **argile**, dépôts organiques, etc.) reposant sur la roche en place. Leur épaisseur est estimée en interpolant les données ponctuelles (provenant de forages, levés géophysiques, affleurements rocheux) pour lesquelles de l'information concernant la profondeur du socle rocheux sous les dépôts meubles est disponible. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend en grande partie de la densité des données disponibles à proximité.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_15_points_utilises	Affleurements et points utilisés	Mesures d'épaisseur des dépôts meubles (points de contrôle) provenant des forages, des données géophysiques, des affleurements rocheux et des distributions de sédiments du Quaternaire
 liv_15_isopac*	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur totale en mètres des dépôts meubles

*Le nom de la couche s'affiche Liv_15_epaisseur_depot dans le **projet mxd** lorsqu'associée au fichier **lyr**.

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Clés d'interprétation
 0 - 0.5  0.5 - 1	Épaisseur nulle ou très faible 1 m et moins	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible - Pas de couche imperméable (aquitard) qui protège les aquifères Aquifère de roc fracturé toujours présent
 1 - 2.5  2.5 - 3  3 - 5	Épaisseur faible 1 à 5 m	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive possible si des sédiments imperméables sont présents, mais peu épais (ex. : de 1 à 3 m d'argile ou de 3 à 5 m de sédiments fins) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 5 - 8  8 - 11	Épaisseur moyenne 5 à 11 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de sédiments fins) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 11 - 17  17 - 27	Épaisseur élevée 11 à 27 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 10 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de sédiments fins) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 27 - 80	Épaisseur très élevée 27 m et plus	Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 20 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de sédiments fins) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

Où pourraient se situer les **aquifères** de **dépôts meubles** au potentiel élevé et très élevé sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquifères** ?

Où pourraient se situer les **aquitards** suffisamment épais pour causer des conditions d'**aquifère** à **nappe captive** sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquitards** ?

Y a-t-il des secteurs de mon territoire où l'estimation des épaisseurs des **dépôts meubles** est plus incertaine ? Si oui, lesquels ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Contextes hydrostratigraphiques

Description

Les contextes hydrostratigraphiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **dépôts meubles** recouvrant le **roc fracturé**. La combinaison des données de forages, de la géologie des **dépôts meubles** et du roc, des épaisseurs de sédiments et des levés géophysiques permet de déterminer des séquences hydrostratigraphiques typiques qui exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'**eau souterraine**.

Tout autre paramètre étant égal, les **dépôts meubles** grossiers (de **sable** ou **gravier**) ont généralement un **potentiel aquifère** plus élevé que le **roc fracturé** et permettent ainsi le pompage d'un débit plus important d'eau souterraine.

Les images des coupes stratigraphiques interprétées en profondeur, que l'on peut consulter directement dans le **projet MXD** grâce aux hyperliens, permettent aussi d'avoir une meilleure compréhension des séquences hydrostratigraphiques.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_18_contexte_hydrogeo	Contexte hydrostratigraphique	Répartition spatiale de séquences hydrostratigraphiques-types de dépôts meubles
 liv_18b_aquifere_nappe_libre	Épaisseur des dépôts perméables en nappe libre	Localisation des aquifères granulaires en nappe libre en fonction de leur épaisseur
 liv_14_coupe_strati	Coupes stratigraphiques	Localisation des coupes stratigraphiques

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contextes hydrostratigraphiques	Signification	Clés d'interprétation
 Sable et gravier / till-roc	Sédiments granulaires	Aquifère granulaire potentiel dans la séquence hydrostratigraphique - Possible si les sédiments grossiers sont suffisamment épais (ex. : + de 5 m) Aquifère d'extension limité
 Argile / sable et gravier / till - roc		
 Sable et gravier / argile / till - roc		
 Sable et gravier / argile / sable et gravier / till - roc		
 Argile / till - roc	Argile	Aquitard potentiel dans la séquence hydrostratigraphique - Peut causer des conditions de nappe semi-captive si l'argile est peu épaisse (ex. : de 1 à 3 m) - Peut causer des conditions de nappe captive si l'argile est suffisamment épaisse (ex. : + de 3 m)
 Argile / sable et gravier / till - roc		
 Sable et gravier / argile / till - roc		
 Sable et gravier / argile / sable et gravier / till - roc		
 Till ou affleurement de roc	Sédiments fins	Aquitard potentiel dans la séquence hydrostratigraphique - Peut causer des conditions de nappe semi-captive si les sédiments fins sont peu épais (ex. : de 3 à 5 m)
 Till ou affleurement de roc	Roc	Aquifère de roc fracturé toujours présent à la base des séquences hydrostratigraphiques - Présent dans tous les contextes hydrostratigraphiques Aquifère d'extension régionale



Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères** de **dépôts meubles** potentiels sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquifères** ?

Où se situent les **aquitards** potentiels pouvant causer des conditions de **nappe captive** sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquitards** ?

Où se situent les **aquifères de roc fracturé** sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Conditions de confinement

Description

Les conditions de confinement des **aquifères** indiquent le degré de connexion hydraulique de l'**aquifère** avec l'hydrologie de surface (précipitations et cours d'eau) et les unités géologiques sus-jacentes, ce qui limite ou favorise la **recharge** de l'**aquifère** ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface. Les conditions de confinement sont déterminées selon l'épaisseur des **dépôts meubles** qui sont peu perméables à l'écoulement de l'eau (ex. : **silt** et **argile**).

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_17_confinement	Indice de confinement de surface	Distribution spatiale du confinement du premier aquifère rencontré

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Conditions de confinement	Signification	Clés d'interprétation
 Nappe captive > 3 m d'argile ou > 5 m de sédiments fins	Aquifère à nappe captive	• Recharge faible • Vulnérabilité faible • Variations du niveau de la nappe faibles* • Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être mauvaise**
 Nappe semi-captive 1 à 3 m d'argile ou 3 à 5 m de sédiments fins	Aquifère à nappe semi-captive	• Recharge faible à moyenne • Vulnérabilité faible à moyenne • Variations de niveau de la nappe moyennes* • Eau souterraine possiblement légèrement minéralisée, probablement de qualité passable**
 Nappe libre < 1 m d'argile ou < 3 m de sédiments fins	Aquifère à nappe libre	• Recharge moyenne à élevée • Vulnérabilité moyenne à élevée • Variations de niveau de la nappe moyennes à élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, probablement de bonne qualité**

*La fluctuation des niveaux de la **nappe** est aussi influencée par les **propriétés hydrauliques** d'un **aquifère**, notamment sa **porosité**.

La minéralisation de l'eau souterraine** est aussi grandement influencée par le type d'**aquifère** (granulaire ou fracturé) et sa composition minéralogique.



Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères** à **nappe captive** sur mon territoire ? Quels sont les effets sur les autres paramètres hydrogéologiques (**recharge**, **vulnérabilité**, niveau de la **nappe**, qualité de l'eau) ?

Où se situent les **aquifères** à **nappe libre** sur mon territoire ? Quels sont les effets sur les autres paramètres hydrogéologiques (**recharge**, **vulnérabilité**, niveau de la **nappe**, qualité de l'eau) ?

Où se situent les **aquifères** à **nappe semi-captive** sur mon territoire ? Quels sont les effets sur les autres paramètres hydrogéologiques (**recharge**, **vulnérabilité**, niveau de la **nappe**, qualité de l'eau) ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie

Description

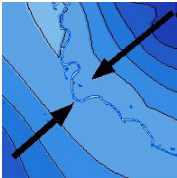
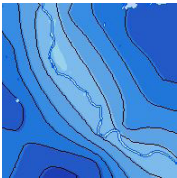
Le **niveau piézométrique** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Dans un **aquifère à nappe libre**, le **niveau piézométrique** correspond à la surface de la **nappe** dans l'**aquifère**. Dans le cas d'un **aquifère à nappe captive**, le **niveau piézométrique** est différent de la surface de la **nappe** et représente l'élévation de la pression d'eau au sein de l'**aquifère**. Par exemple, si l'**aquifère** est situé sous 20 m d'**argile**, la surface de la **nappe** est limitée à 20 m de profondeur par la base de la couche d'**argile**. Le **niveau piézométrique** pourrait toutefois correspondre à une profondeur de 1 m sous la surface du sol, soit 19 m au-dessus de l'**aquifère**.

La **surface piézométrique** est interprétée en interpolant les données ponctuelles qui possèdent de l'information sur le niveau d'eau. Elle permet de connaître le sens de l'écoulement de l'**eau souterraine** dans l'**aquifère**, qui s'écoule des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)	Estimation des niveaux piézométriques (en mètres par rapport au niveau moyen de la mer)

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Niveau piézométrique (m)	Signification	Clés d'interprétation
	Niveau piézométrique et direction d'écoulement de l' eau souterraine	• Niveau piézométrique par rapport au niveau moyen de la mer (différent de la profondeur de la nappe) • Écoulement de l'eau souterraine depuis les élévations piézométriques plus élevées (amont) vers les plus faibles (aval) • Direction d'écoulement généralement vers les cours d'eau • Surface piézométrique souvent semblable à la topographie, mais adoucie (plus plane) • Renouvellement en eau des aquifères provient de l'écoulement souterrain depuis l'amont et non seulement de la recharge directement depuis la surface • Contamination possible depuis l'amont
	Forte pente de la surface piézométrique	• Isopièzes rapprochées • Écoulement souterrain rapide si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée (ex. : composé de sable et de gravier) • Temps de résidence court de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée
	Faible pente de la surface piézométrique	• Isopièzes espacées • Écoulement souterrain lent si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible (ex. : composé de silt et d'argile) • Temps de résidence long de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible • Eau souterraine possiblement minéralisée, de mauvaise qualité possible, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible



Questions d'interprétation

Depuis et vers quel(s) territoire(s) s'écoule en général l'eau souterraine de mon territoire ?

Y a-t-il des secteurs qui montrent un écoulement plus rapide ou plus lent de l'eau souterraine sur mon territoire ?
Quelles sont les conséquences potentielles de cette vitesse d'écoulement sur la qualité de mon eau souterraine ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Recharge et résurgence

Description

La **recharge** annuelle (en mm/an) représente la quantité d'eau qui alimente l'**aquifère** depuis l'infiltration des précipitations en surface. Les principaux paramètres qui influencent la **recharge** sont les précipitations, l'évapotranspiration, la pente et les propriétés hydrogéologiques du sol. Le taux de **recharge** influence généralement la géochimie de l'**eau souterraine** de même que les **niveaux piézométriques**. Au Québec, on retrouve deux périodes importantes de **recharge**, soit la fonte printanière et la période automnale. Durant le reste de l'année, la **recharge** est plutôt ponctuelle suite à des événements importants de précipitation ou de fonte. Pour des précipitations similaires, des taux de **recharge** élevés sont généralement rencontrés dans les secteurs où la pente est faible et les dépôts meubles sont grossiers (**sable** et **gravier**) tandis que des taux de **recharge** faibles sont rencontrés dans les secteurs argileux.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_28_recharge_poten	Recharge potentielle (mm/an, moyenne 1961 - 2017)	Estimation de la recharge en millimètres par an
 liv_28_recharge_preferentielle	zone_rech_preferentielle	Zones de recharge > 265 mm/an
 liv_28_pot_echange_nappe_riviere	Potentiel d'échange nappe - rivière	Potentiel de résurgences de l' eau souterraine dans les cours d'eau

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Recharge (mm/an)	Signification	Clés d'interprétation
 0 - 100	Recharge nulle ou faible 0 à 100 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine très lent Vulnérabilité probablement faible Eau souterraine possiblement minéralisée, de mauvaise qualité possible
 101 - 200	Recharge moyenne 101 à 200 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine peu rapide Vulnérabilité probablement moyenne Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle passable
 201 - 300  301 - 400  401 - 500	Recharge élevée 201 mm/an et plus	- Présence probable de dépôts meubles perméables en surface, ou affleurement rocheux - Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle

**Légende :
Potentiel d'échange
nappe-rivière**

Signification

Information générale à tirer de la notion

- **Faible**
- **Moyen**
- **Élevé**

Lien hydraulique potentiel
entre l'eau souterraine et les
cours d'eau de surface

- Pas de recharge
- Mélange d'eau souterraine dans l'eau de surface
- Assure le débit de base des cours d'eau



Questions d'interprétation

Où se situent les zones de renouvellement rapide de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quels facteurs en sont principalement responsables ?

Où se situent les zones de renouvellement très lent de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quels facteurs en sont principalement responsables ?

Où se situent les zones de résurgence sur mon territoire ? Quelles en sont les causes principales ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Vulnérabilité

Description

La méthode la plus utilisée pour évaluer la **vulnérabilité** des **aquifères** est la méthode **DRASTIC**, qui permet d'évaluer la sensibilité à la pollution de l'**eau souterraine** à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. Sept paramètres sont interprétés individuellement, puis combinés pour obtenir un indice de **vulnérabilité DRASTIC** : la profondeur de la **nappe**, la **recharge**, la nature de l'**aquifère**, la texture du sol en surface, la topographie, la nature de la **zone vadose** et la **conductivité hydraulique** de l'**aquifère**. L'indice **DRASTIC** peut varier de 23 à 226. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_22_vulnerabilite_drastic	Indice DRASTIC	Indice de vulnérabilité DRASTIC des eaux souterraines appliqué au premier aquifère rencontré

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Clés d'interprétation**
 29 - 100	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	• Aquifère bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe élevée • (R) Recharge faible • (A) Aquifère peu perméable • (S) Sol en surface peu perméable • (T) Forte pente du sol • (I) Zone vadose peu perméable • (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère
 101 - 140  141 - 180	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	• Aquifère modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe moyenne • (R) Recharge moyenne • (A) Aquifère modérément perméable • (S) Sol en surface modérément perméable • (T) Pente du sol moyenne • (I) Zone vadose modérément perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne
 181 - 215	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	• Aquifère peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe faible • (R) Recharge élevée • (A) Aquifère très perméable • (S) Sol en surface très perméable • (T) Faible pente du sol • (I) Zone vadose très perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée

* Limites définies par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Q-2, r 35.2, Article 53).

** Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral



Questions d'interprétation

Où se situent les zones à **vulnérabilité** élevée sur mon territoire ? Quelles caractéristiques du milieu en sont principalement responsables ?

Où se situent les zones à faible **vulnérabilité** sur mon territoire ? Quelles caractéristiques du milieu en sont principalement responsables ?

Pourquoi la méthode **DRASTIC** est-elle imparfaite pour estimer la **vulnérabilité** des **aquifères** de mon territoire ? Quels autres facteurs dois-je surveiller pour juger du risque de contamination de mon **eau souterraine** ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Qualité de l'eau

Description

La qualité de l'eau s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **concentrations maximales acceptables (CMA)** sont des normes visant à éviter des risques pour la santé humaine. Les **objectifs esthétiques (OE)** sont des recommandations concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche
 liv_24_depasse_inorganique	Dépassements inorganiques (MELCC)	Dépassements des concentrations maximales acceptables (CMA)
 liv_24b_depasse_bacteriologique	Type de dépassement bactériologique	Dépassements de la norme pour la bactériologie
 liv_24c_radon	Activité du ²²² Radon (Bq/L)	Activité du ²²² Radon dans l'eau souterraine
 liv_24d_ppsp	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques	Détection des pesticides ou des produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP)
 liv_25_depassement_esthetique	Dépassements des obj. esthétiques	Dépassements des objectifs esthétiques (OE)
 liv_25_type_eau_souterraine	Type d'eau souterraine	Groupes d'eau souterraine

Interprétation générale des couches d'informations

Légende : Dépassement des critères de qualité de l'eau	Signification	Clés d'interprétation
Aquifère granulaire ■ Aucun dépassement	En noir : aucun dépassement	- Eau souterraine de bonne qualité - Potable - Sans risque pour la santé
Aquifère roc fracturé ▲ Aucun dépassement ▲ Barium ▲ Fluorures ▲ Uranium		
Aquifère inconnu ◆ Aucun dépassement ◆ Fluorures	En couleur : dépassement de la concentration maximale acceptable (CMA) en fonction du type d'aquifère	- Eau souterraine de mauvaise qualité - Non potable - Risque pour la santé
Aquifère granulaire ■ Aucun dépassement ■ Non conforme ■ Non potable	Dépassements de la norme pour la bactériologie en fonction du type d'aquifère	- Eau souterraine de mauvaise qualité - Non potable : contamination d'origine fécale (présence de E. coli ou entérocoques) - Non conforme : présence trop élevée de coliformes totaux ou de colonies atypiques - Risque pour la santé
Aquifère roc fracturé ▲ Aucun dépassement ▲ Non conforme ▲ Non potable		
Aquifère inconnu ◆ Aucun dépassement	En noir : aucun dépassement	- Eau souterraine de bonne qualité - Potable - Sans risque pour la santé

Légende :		Signification	Clés d'interprétation		
Dépassement des critères de qualité de l'eau					
	≥226 - ≤481,6	Activité du ²²² Radon (Bq/L)	- Eau souterraine de bonne qualité - Potable - Sans désagrément esthétique - Risque pour la santé (mais pas de normes) - Signe d'un apport en eau souterraine dans les rivières lorsque l'activité est importante		
	≥100 - ≤226				
	≥58 - ≤100				
	≥24 - ≤58				
	≥2 - ≤24				
	0 - ≤2				
Produits pharmaceutiques					
	Acétaminophène	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques	- Eau souterraine de bonne qualité - Potable - Sans désagrément esthétique ni risque pour la santé - Signe d'un impact anthropique sur la qualité de l'eau lorsque détecté		
	Carbamazepine				
	Ciprofloxacine				
Pesticides					
	Phosmet				
	Diazinon				
	Malathion				
	Parathion				
	Pendilethaline				
	Chlorpyros				
	Dinotefuran				
Dépassement de l'objectif esthétique (OE)					
	Aucun dépassement	Légende: - Carrés : dans aquifère granulaire - Triangles : dans aquifère de roc fracturé	- Eau souterraine de qualité passable - Potable - Avec désagrément esthétique (couleur, odeur, goût), mais sans danger pour la santé		
	pH				
	Mn				
	MDT				
	Fe				
	Dureté				
	Sulfures				
	Al				
Type d'eau souterraine (groupes)					
	Ca-HCO3			- Indicateurs de l'origine et du temps de résidence des eaux souterraines - Plus la distance parcourue par l'eau souterraine dans l'aquifère est grande, plus son temps de résidence est long, et plus elle sera évoluée et minéralisée, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous. - Type Ca-HCO3: eau jeune et peu minéralisée associée aux zones de recharge - Type Na-Cl: eau ancienne, profonde et fortement minéralisée - Type Na-SO4: eau intermédiaire entre le type Ca-HCO3 et Na-Cl	
	Mg-HCO3				
	Na-HCO3				
	Cations mixtes-HCO3				
	Na-Cl				
	Ca-Cl				
	Ca-anions mixtes				
	Ca-SO42-				
	Na-SO42-				

Questions d'interprétation

Les puits ayant une eau non potable sont-ils nombreux sur mon territoire? Dans quel(s) secteur(s) sont-ils concentrés?

Quels sont les paramètres pour lesquels les concentrations maximales acceptables et les objectifs esthétiques sont souvent dépassés sur mon territoire ?

Quels sont les paramètres liés à un impact anthropique sur la qualité de l'eau?

Les autres résultats du PACES

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
Topographie	Variation de l'élévation de la surface du sol.	À l'échelle régionale, la topographie influence le bilan hydrique, les directions d'écoulement des eaux souterraines et les zones de recharge et de résurgence des aquifères .	En général, l'écoulement souterrain régional se fait depuis les hauts topographiques (qui sont souvent des zones de recharge des aquifères) vers les bas topographiques.
Routes et limites municipales	Limites de la zone d'étude du PACES, des MRC et des municipalités. Autoroutes, routes et rues.	Permet de localiser les données acquises sur l' eau souterraine et les points d'intérêt avoisinants.	s.o.
Modèle numérique de terrain	Voir Topographie		
Pente du sol	Pente de la surface du sol exprimée en degrés.	La pente du sol influence le bilan hydrique, dont la recharge des aquifères , et la vulnérabilité .	Une pente forte signifie plus de ruissellement à la surface du sol, moins d'infiltration d'eau dans le sol pour recharger les aquifères et une vulnérabilité potentiellement plus faible.
Hydrographie	Distribution spatiale des cours d'eau (ruisseaux, rivières et fleuve) et des plans d'eau (lacs).	Les cours d'eau et les plans d'eau de surface correspondent habituellement à des zones de résurgence de l' eau souterraine .	Au Québec, ce sont les eaux souterraines qui alimentent les cours d'eau et les plans d'eau, et non le contraire.
Limite de bassins versants	Territoire délimité par les crêtes topographiques à l'intérieur duquel l'eau s'écoule vers le même exutoire.	Cette délimitation du territoire permet une gestion intégrée de l'eau de surface et de l' eau souterraine .	À l'échelle régionale, les bassins versants des eaux souterraines sont très semblables à ceux des eaux de surface.
Occupation du sol	Usages qui sont faits de la surface du territoire.	Une connaissance de l'occupation du sol est utile pour cibler les secteurs où les activités sont susceptibles d'exercer une pression sur la ressource en eaux souterraines et d'en modifier la qualité ou la quantité. L'occupation du sol influence aussi le cycle de l'eau.	Par exemple, en zone urbaine dense, le ruissellement de l'eau à la surface du terrain est généralement élevé, réduisant ainsi la recharge . Le risque de contamination des aquifères est plus élevé là où les activités humaines sont plus nombreuses.
Couverture végétale	L'ensemble des végétaux qui recouvrent le sol.	Les plantes jouent un rôle significatif sur le cycle de l'eau en réduisant le ruissellement de surface et en retournant une portion des précipitations vers l'atmosphère par évapotranspiration. Une part des précipitations est interceptée par le feuillage des plantes et est directement évaporée vers l'atmosphère. Aussi, les végétaux retirent une partie de l'eau contenue dans le sol et l'accumulent dans leurs tissus ou la retournent vers l'atmosphère par transpiration.	En zone de couvert forestier, l'évapotranspiration des plantes est importante, réduisant ainsi la recharge en période estivale. Par contre, le couvert forestier diminue le ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau, et donc la recharge , au printemps et à l'automne.
Milieux humides	Terres qui sont inondées ou saturées en eau assez longtemps pour modifier la composition du sol ou de la végétation.	Au même titre que les cours d'eau ou les plans d'eau, les milieux humides peuvent être des lieux d'échanges importants entre l'eau de surface et l' eau souterraine .	Les échanges avec l' eau souterraine sont complexes. Les milieux humides sont parfois des zones de résurgence .
Affectation du territoire	Attribution à un territoire d'une utilisation, d'une fonction ou d'une vocation déterminée.	L'affectation du territoire peut servir à protéger les aquifères et à gérer durablement les eaux souterraines .	Par exemple, la protection des aquifères pourrait être priorisée dans les zones de recharge préférentielle et de vulnérabilité élevée des aquifères .
Pédologie	Les types de sol et leurs propriétés (généralement le premier mètre sous la surface).	La connaissance de la composition des sols aide à la compréhension de plusieurs processus dynamiques liés à l'eau, notamment l'infiltration de l'eau dans le sol et la vulnérabilité des nappes souterraines .	Un sol peu perméable contribue à limiter la recharge et à diminuer la vulnérabilité des aquifères .

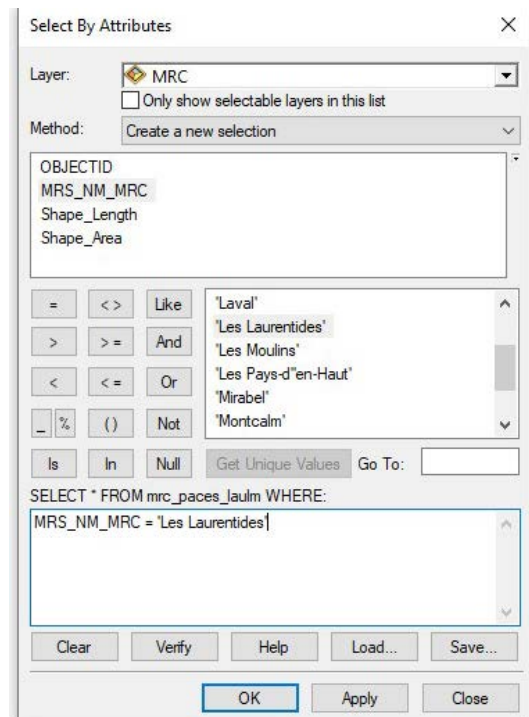
Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
Géologie du roc	Distribution spatiale des différentes formations rocheuses et des principales failles et autres caractéristiques structurales.	Lorsque les réseaux de fractures dans les roches sont suffisamment interconnectés, la formation géologique constitue un aquifère et des puits peuvent y être aménagés pour exploiter la ressource.	L' aquifère de roc fracturé couvre l'ensemble de la zone d'étude. L' eau souterraine peut y résider suffisamment longtemps pour dissoudre une partie des minéraux contenus dans la roche, affectant ainsi à la baisse la qualité de l' eau souterraine .
Géologie du Quaternaire	Distribution spatiale des dépôts meubles en surface.	Selon leur nature, les dépôts meubles ont des propriétés hydrauliques variables qui influencent l'écoulement de l' eau souterraine .	Les dépôts meubles peu perméables, comme l' argile , confinent les aquifères sous-jacents, limitant leur recharge , mais diminuant leur vulnérabilité .
Coupes hydro-stratigraphiques	Représentation de la superposition des différentes couches géologiques (dépôts meubles et roc) rencontrées en profondeur.	Permet d'apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur des unités géologiques ayant des propriétés hydrauliques similaires.	Permet de localiser les milieux desquelles l' eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des milieux qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).
Topographie du roc	Variation de l'altitude du toit du socle rocheux.	La topographie du roc sert, entre autres, à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peut s'accumuler une grande quantité de dépôts meubles .	Potentiel aquifère intéressant si les sédiments accumulés dans les dépressions du roc sont grossiers (sables et graviers).
Propriétés hydrauliques	Paramètres permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité , conductivité hydraulique).	Permet de déterminer le caractère aquifère ou aquitard du milieu.	La perméabilité diminue généralement avec la profondeur dans le roc, car la fracturation du roc devient de moins en moins importante avec la profondeur.
Activités potentiellement polluantes	Densité des activités potentiellement polluantes, pondérée par le poids de l'impact de ces activités.	Fait ressortir les tendances régionales de la pression que ces activités pourraient exercer sur la qualité de l' eau souterraine .	Les activités polluantes devraient être évitées le plus possible dans les zones de recharge et de vulnérabilité élevée.
Utilisation de l'eau	Volumes d'eau consommée annuellement pour chaque MRC par type d'eau (de surface ou souterraine) et par type d'utilisation (résidentielle, agricole, industrielle/commerciale/institutionnelle).	Utile pour la gestion durable de l' eau souterraine et pour estimer les besoins futurs.	Les interventions pour l'augmentation des prélèvements et la protection de l' eau souterraine devraient refléter l'utilisation de la ressource.
Stations de mesure/Travaux de terrain/Lieux physiques	Répartition spatiale des stations de mesures en continu pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et le niveau piézométrique .	Permet de visualiser la disponibilité de ce type de données utiles pour les études hydrogéologiques.	Permet par exemple de voir où des mesures sont prises pour pouvoir suivre les débits des rivières et les niveaux d' eau souterraine dans le temps pour étudier les changements.



Préparez vos données : découpage de votre territoire

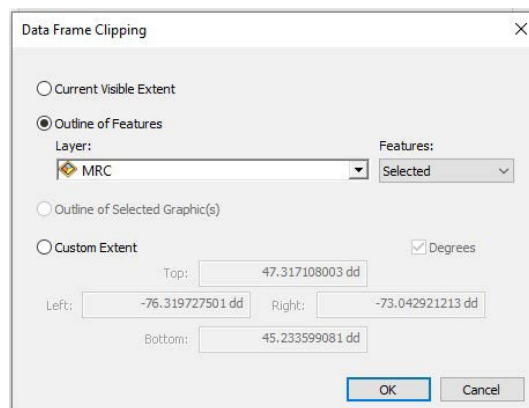
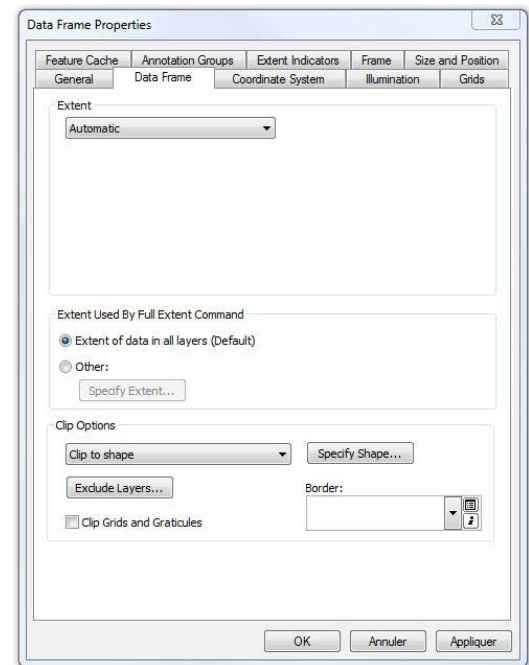
Sélectionnez votre territoire

1. Dans la barre de menu de l'interface ArcMap, ouvrez la fenêtre Select By Attributes du menu Selection.
2. Choisir la **couche** de la limite administrative contenant votre territoire dans le menu déroulant de Layer.
3. Sous Method, double cliquer sur l'attribut contenant le nom des territoires, cliquer sur le signe =, cliquer sur Get Unique Values, puis double cliquer sur le nom de votre territoire.
4. Faire OK.
5. En affichant la **couche** de la limite administrative contenant votre territoire dans ArcMap, votre territoire devrait maintenant être en surbrillance.



Découpez votre territoire

1. Ouvrez la fenêtre Data Frame Properties en cliquant avec le bouton droit de la souris sur le bloc de données PACES-LAULM dans la table des matières du **projet mxd** et en sélectionnant Properties (aussi accessible via le menu View).
2. Sous l'onglet Data Frame, sélectionnez Clip to shape du menu déroulant de Clip Options puis cliquez sur Specify Shape.
3. Dans la fenêtre Data Frame Clipping, cochez Outline of Features, puis choisissez la couche contenant votre territoire dans le menu déroulant de Layer.
4. Dans le menu déroulant de Feature, choisissez Selected.
5. Faites OK deux fois.
6. Seules les données de votre territoire d'action devraient alors être affichables dans ArcMap.



La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC les Laurentides.

4

Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines

Déroulement

Vous devrez choisir une des trois questions suivantes et y répondre :

1. Si demain vous devez rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice sur votre territoire d'action?
2. Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?
3. Où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

Application d'une procédure d'analyse spatiale sur son territoire d'action

L'objectif de cette activité est d'apprendre à analyser les données géospatiales sur les eaux souterraines de votre territoire afin de répondre à un enjeu de gestion et de protection des eaux souterraines.

Cette activité se déroule en sous-groupes, à l'aide du logiciel ArcGIS. Vous devez appliquer sur votre territoire d'action la démarche décrite dans le cahier du participant. Les animateurs et les experts pourront répondre à vos questions techniques de géomatique ou qui portent sur l'hydrogéologie.

Question 1

Si demain vous devez rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice sur votre territoire d'action ?

Synthèse du cheminement d'expert

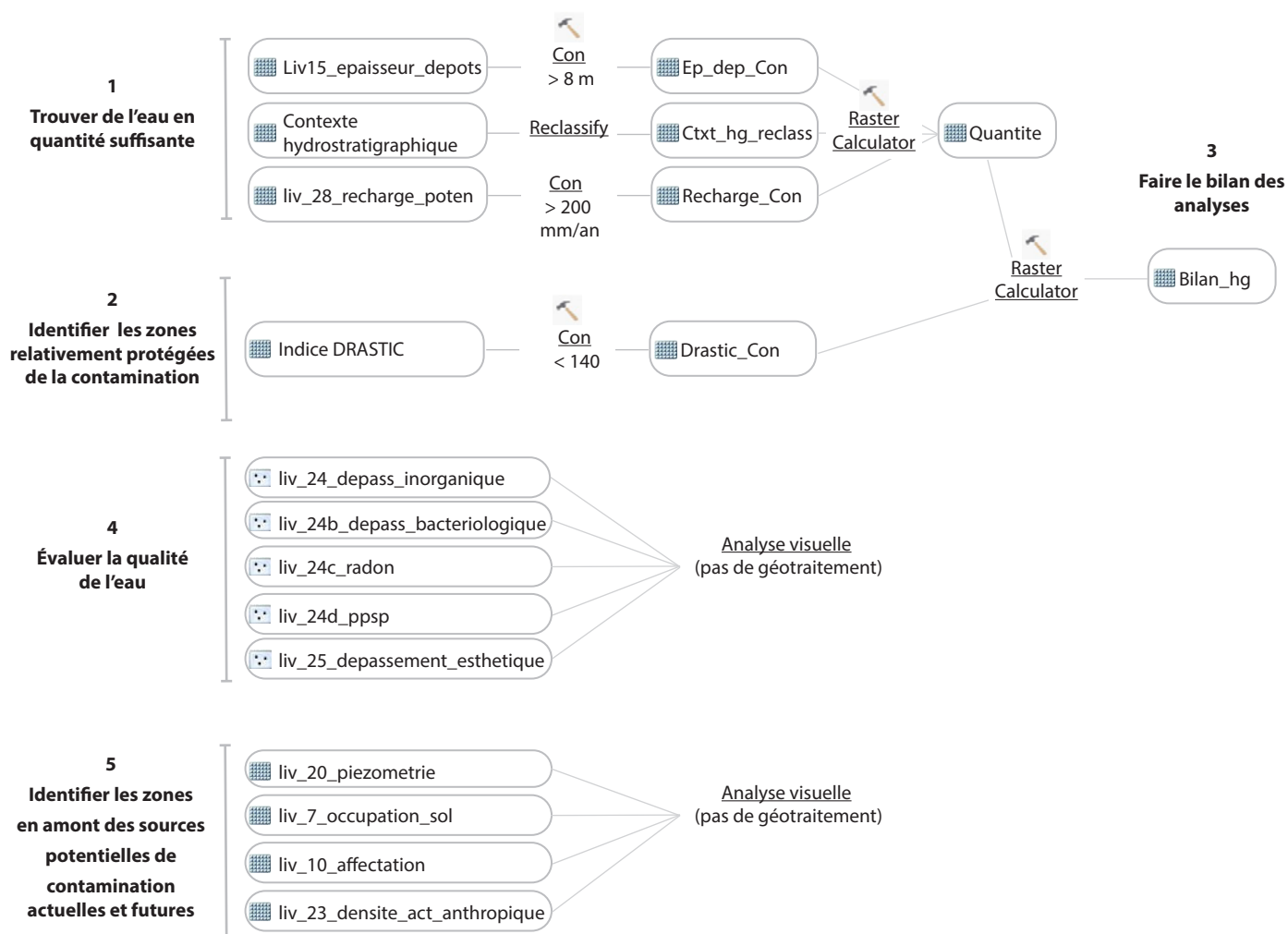
Question

Si demain vous devez rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice sur votre territoire d'action ?

Ce qui est recherché

1. Trouver de l'eau en quantité suffisante
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement
4. Évaluer la qualité de l'eau
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	- Les aquifères granulaires ont généralement une conductivité hydraulique assez élevée pour permettre le pompage d'un débit adéquat pour alimenter un réseau d'aqueduc. - Les aquifères de roc fracturé ont souvent une conductivité hydraulique relativement faible qui permet difficilement le pompage d'un débit supérieur à celui nécessaire pour alimenter une résidence isolée.	- Contrairement à l'aquifère de roc fracturé que l'on retrouve partout sur le territoire, les aquifères granulaires sont plus rares. - Une épaisseur de dépôts meubles minimale est nécessaire, car le pompage induit un cône de dépression dans le niveau de la nappe. Une épaisseur trop faible, combinée à un pompage relativement important, peut résulter en un assèchement du puits.
Recharge élevée	Pour s'assurer que le prélèvement de l'eau soit durable dans le temps, le débit pompé doit être inférieur à la recharge de l'aquifère.	- Plus la quantité de personnes à alimenter sera élevée, plus la recharge dans l'aire d'alimentation du puits devra être élevée. - La superficie de l'aire d'alimentation d'un puits dépend du débit pompé : plus le débit est important, plus la superficie de l'aire d'alimentation sera grande.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence potentielle d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 liv_15_isopac (ou Liv_15_epaisseur_depots)	<i>Épaisseur des dépôts meubles</i>	- Épaisseur moyenne : 5 à 11 m - Épaisseur élevée : 10 à 27 m - Épaisseur très élevée : 27 m et plus
	Contextes hydrostratigraphiques	 liv_18_contexte_hydrogeo	<i>Contexte hydrostratigraphique</i>	Présence de sédiments granulaires dans la séquence hydrostratigraphique
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 iv_28_recharge_poten	<i>Recharge potentielle</i>	- Recharge moyenne : 50 à 200 mm/an - Recharge élevée : 200 mm/an et plus



Procédure étape par étape

À chacune des étapes suivantes, allez chercher le Input raster dans le fichier mxd et enregistrez les couches créées dans **Exercice_1.gdb**. Glissez les ensuite dans le dossier **Exercices / Question 1 - Puits** de la Table contents et mettre les valeurs de 0 de la légende en transparence pour faciliter l'affichage des résultats.

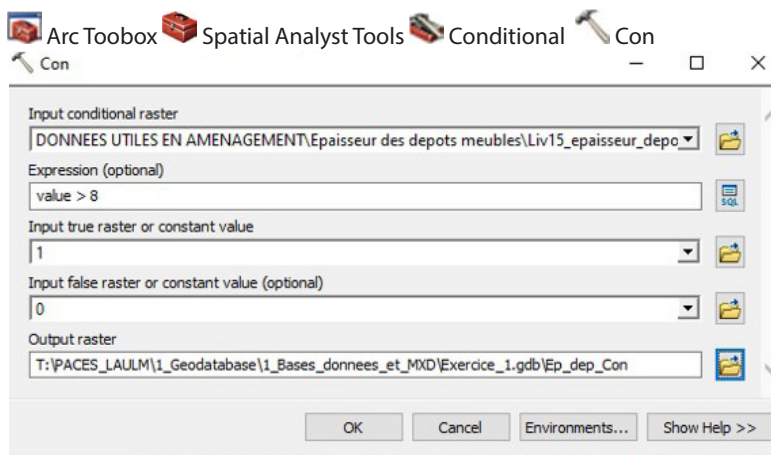
ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Identifier les cellules de **Liv_15_epaisseur_depot** (*alias: Épaisseur des dépôts meubles*) qui répondent au critère en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de **Ep_dep_Con** ayant une valeur de 1 correspondent au critère.

Les cellules de **Ep_dep_Con** ayant une valeur de 0 ne correspondent pas au critère.

Enregistrer la nouvelle couche **Ep_dep_Con** sous **Exercice_1.gdb**.

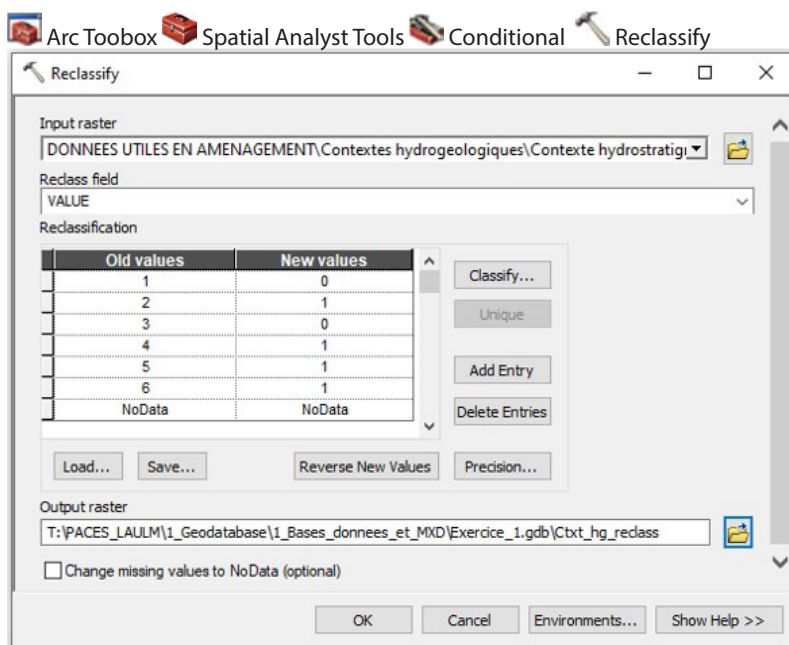


CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Identifier les cellules de **liv_18_contexte_hydrogeo** (*alias: Contexte hydrostratigraphique*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Ctxt_hg_reclass** sous **Exercice_1.gdb**.

Les cellules de **Ctxt_hg_reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

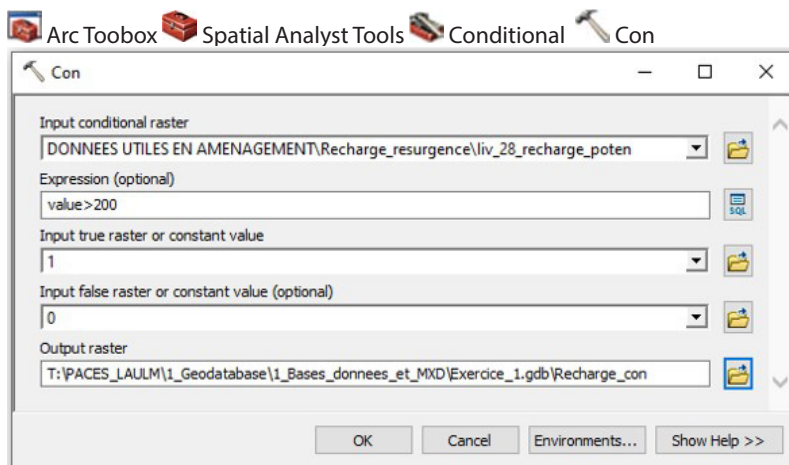


RECHARGE ET RÉSURGENCE

Identifier les cellules de **liv_28_recharge_poten** (alias: *Recharge potentielle*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Recharge_Con** sous **Exercice_1.gdb**.

Les cellules de **Recharge_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

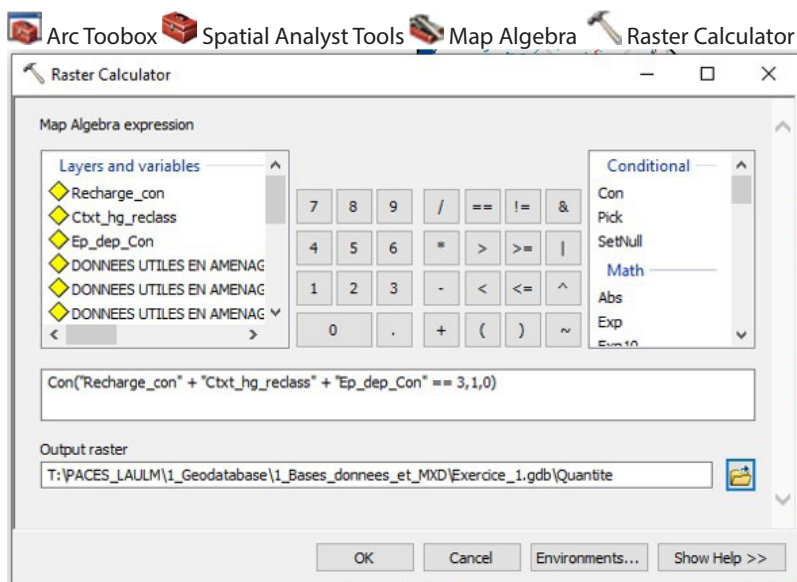


BILAN

Combiner les résultats des couches **Ep_dep_Con**, **Ctxt_hg_reclass** et **Recharge_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des trois couches est 3, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de **Quantite** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il y aurait présence d'eau souterraine en quantité suffisante.



2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère peu vulnérable	En s'assurant que l'aquifère est relativement protégé de potentielles contaminations provenant des activités humaines en surface, les interventions nécessaires pour diminuer le risque de contamination sont diminuées.	- Un aquifère à vulnérabilité élevée pourrait être considéré, mais il faudra accorder une attention rigoureuse aux sources de contamination dans l'aire d'alimentation et l'eau prélevée pourrait potentiellement devoir être traitée. - Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration depuis la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.
Toutes les conditions de confinement	- Il peut être plus avantageux d'exploiter un aquifère à nappe captive, car grâce à l'aquitard sus-jacent, il est protégé de la contamination provenant de la surface. - Les aquifères à nappe libre ont l'avantage de recevoir plus de recharge et l'eau y est typiquement de bonne qualité.	- L'eau de l'aquifère à nappe captive est possiblement de moins bonne qualité, car son temps de résidence peut être élevé, se chargeant ainsi en minéraux. Aussi, sa recharge est plus faible. - Les aquifères à nappe libre sont plus vulnérables à la contamination provenant de la surface.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 liv_22_vulnerabilite_drastic	Indice DRASTIC	- Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins - Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180
Toutes les conditions de confinement	Conditions de confinement	 liv_17_confinement	Indice de confinement de surface	Toutes les conditions de confinement



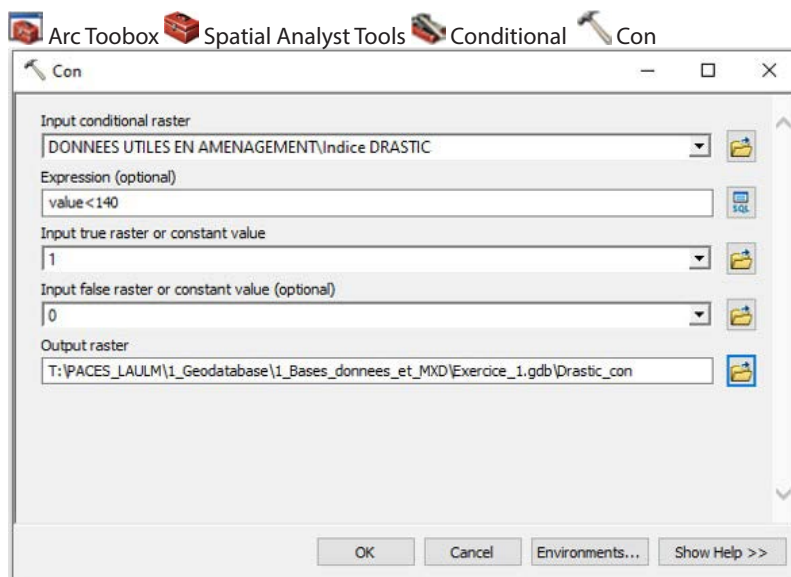
Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

Identifier les cellules de **liv_22_vulnerabilite_drastic** (alias : *Indice DRASTIC*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Drastic_Con** sous **Exercice_1.gdb**.

Les cellules de **Drastic_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères seraient relativement protégés de la contamination.



CONDITIONS DE CONFINEMENT

Aucune analyse à faire puisque toutes les conditions de confinement sont considérées par les critères.

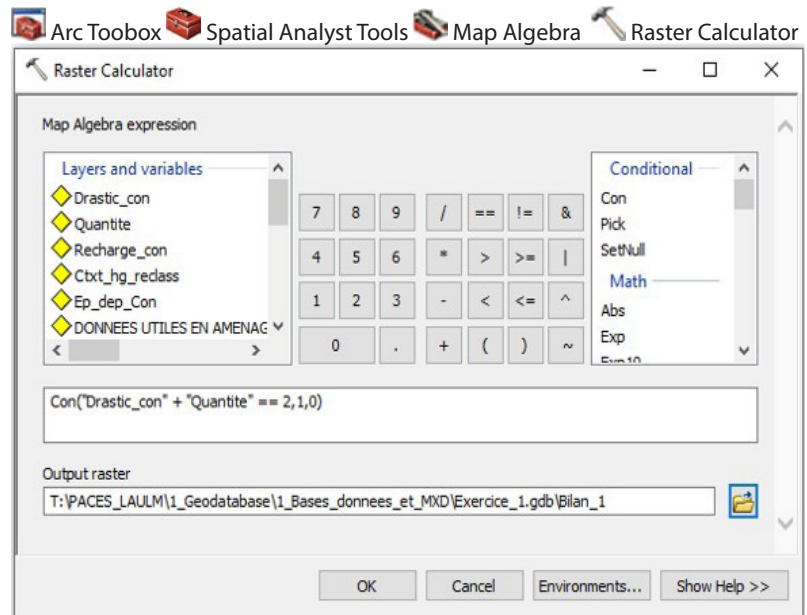
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

Combiner les résultats des couches  **Quantite** et  **Drastic_con** en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de  **Bilan_1** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères pourraient fournir de l'eau souterraine en quantité suffisante et qui seraient relativement protégées de la contamination. À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux zones où au moins un des critères n'est pas rencontré : il y aurait présence d'eau en quantité insuffisante et/ou les aquifères seraient trop vulnérables à la contamination.



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité passable à bonne	Idéalement, l'eau doit être potable naturellement sans nécessiter de traitement.	- Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais certains traitements pourraient être considérés. - Un trop grand nombre de problèmes d'ordre esthétique pourraient être inacceptables, car ils génèreraient des coûts de traitement trop élevés. - Les contaminants microbiologiques, les pesticides et les hydrocarbures sont dangereux, mais ne sont pas considérés à l'échelle régionale puisque ce sont des cas de contamination locaux.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 liv_24_depasse_inorganique	Dépassements critères de potabilité	- Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA, bactéries et d'OE dans l'aquifère - Eau souterraine de qualité passable : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère, mais aucun dépassement de CMA, activité du ²²²Radon élevée ou ppsp détectés
		 liv_24b_depasse_bacteriologique	Type de dépassement bactériologique	
		 liv_24c_radon	Activité du ²²² Radon (Bq/L)	
		 liv_24d_ppsp	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques	
		 liv_25_depassement_esthetique	Dépassements critères esthétiques	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU :

Afficher les couches de la qualité de l'eau souterraine:

-  liv_24_depasse_inorganique
-  liv_24b_depasse_bacteriologique
-  liv_24c_radon
-  liv_24d_ppsp
-  liv_25_depassement_esthetique

Analyse visuelle

Identifier les zones de  **Bilan** sans dépassements ou détections de ppsp à proximité. La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables, bactériologiques et d'objectifs esthétiques. La qualité est potentiellement passable si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'objectifs esthétiques, mais sans dépassements de concentrations maximales acceptables, si l'activité du ²²²Radon est élevée ou si les pesticides et produits pharmaceutiques sont détectés.

5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures

Les paramètres d’analyse proposés

Paramètres d’analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l’eau	Afin de prévenir la contamination, la recharge de l’eau qui atteint le puits ou l’aquifère ne doit pas se faire à un endroit où il y a des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l’eau. Le sens d’écoulement est donc à considérer pour déterminer le type d’activités humaines exercées en amont hydraulique du puits ou de l’aquifère.	- Il faut faire l’inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l’aquifère et qualifier leur impact potentiel. - La piézométrie régionale, qui détermine le sens d’écoulement de l’eau souterraine, a ses limites. Dans le cas d’un puits, une étude hydrogéologique locale devrait être réalisée pour bien délimiter son aire d’alimentation et identifier les menaces qui existent à l’intérieur de ce territoire.

Les critères d’analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d’analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l’eau	Piézométrie	 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)	En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l’eau
	Occupation du sol	 liv_7_occupation_sol	Occupation du sol	
	Affectation du territoire	 liv_10_affectation	Affectation du territoire	
	Activités anthropiques	 liv_23_densite_act_anthropique	Somme du risque anthropique/ km²	

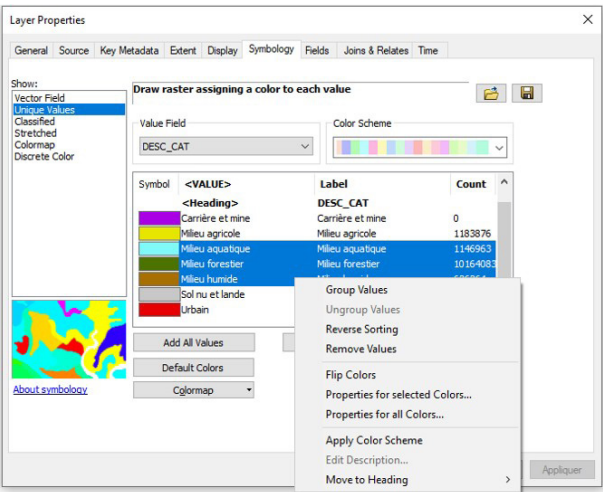


Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **liv_7_occupation_sol** (*alias* : *Occupation du sol*), sous l’onglet *Symbology* de la fenêtre *Layer Properties*, sélectionner les types d’occupations qui ne représentent pas un risque pour la qualité de l’eau et les retirer de la liste (Étape 1). Puis regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l’eau souterraine (Étape 2). Nommer l’étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle** et changer la couleur du symbol en une couleur bien visible (par exemple en jaune).

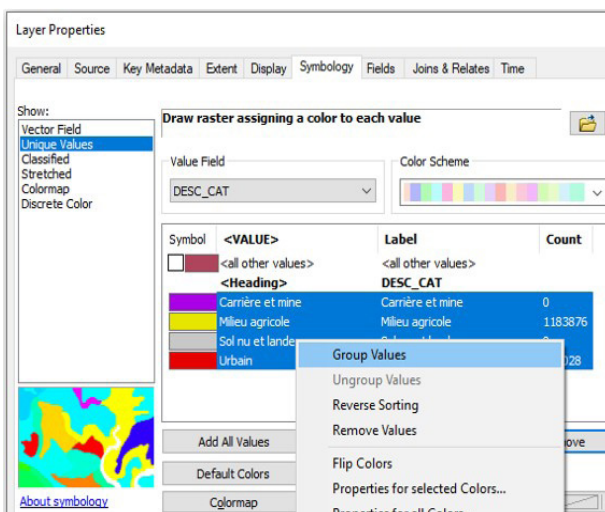
Étape 1: Ctrl+clik, clic droit, Remove values



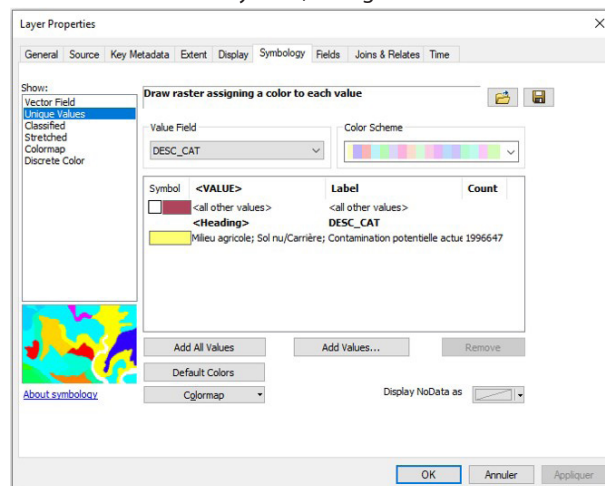


Procédure étape par étape

Étape 2: Ctrl+clic, clic droit, Group Values



Étape 3: Double-clic Label, renommer Double-clic Symbol, changer couleur

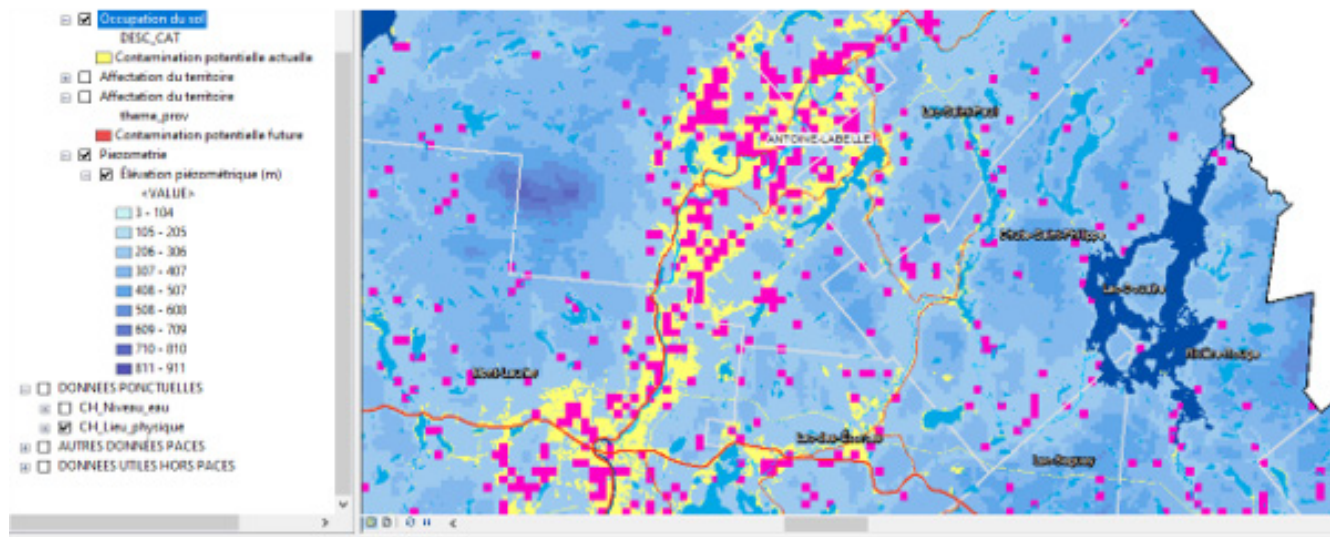


AFFECTATION DU TERRITOIRE

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche **liv_10_affectation** (*alias: Affectations du territoire*), répéter les étapes 1 à 3. Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

PIEZOMÉTRIE

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie **liv_20_piezometrie** (*alias: Élévation piézométrique (m)*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres. Vous pouvez aussi identifier les zones de **Bilan** localisées en amont des zones à forte densité des activités anthropiques en affichant la couche **liv_23_densite_act_anthropique** (*alias: Somme du risque anthropique/km²*). Ces zones sont potentiellement moins à risques que les autres. L'écoulement se fait des zones d'élévations piézométriques élevées (plus foncées) vers les zones d'élévations piézométriques faibles (plus pâles).



Question 2

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Synthèse du cheminement d'expert

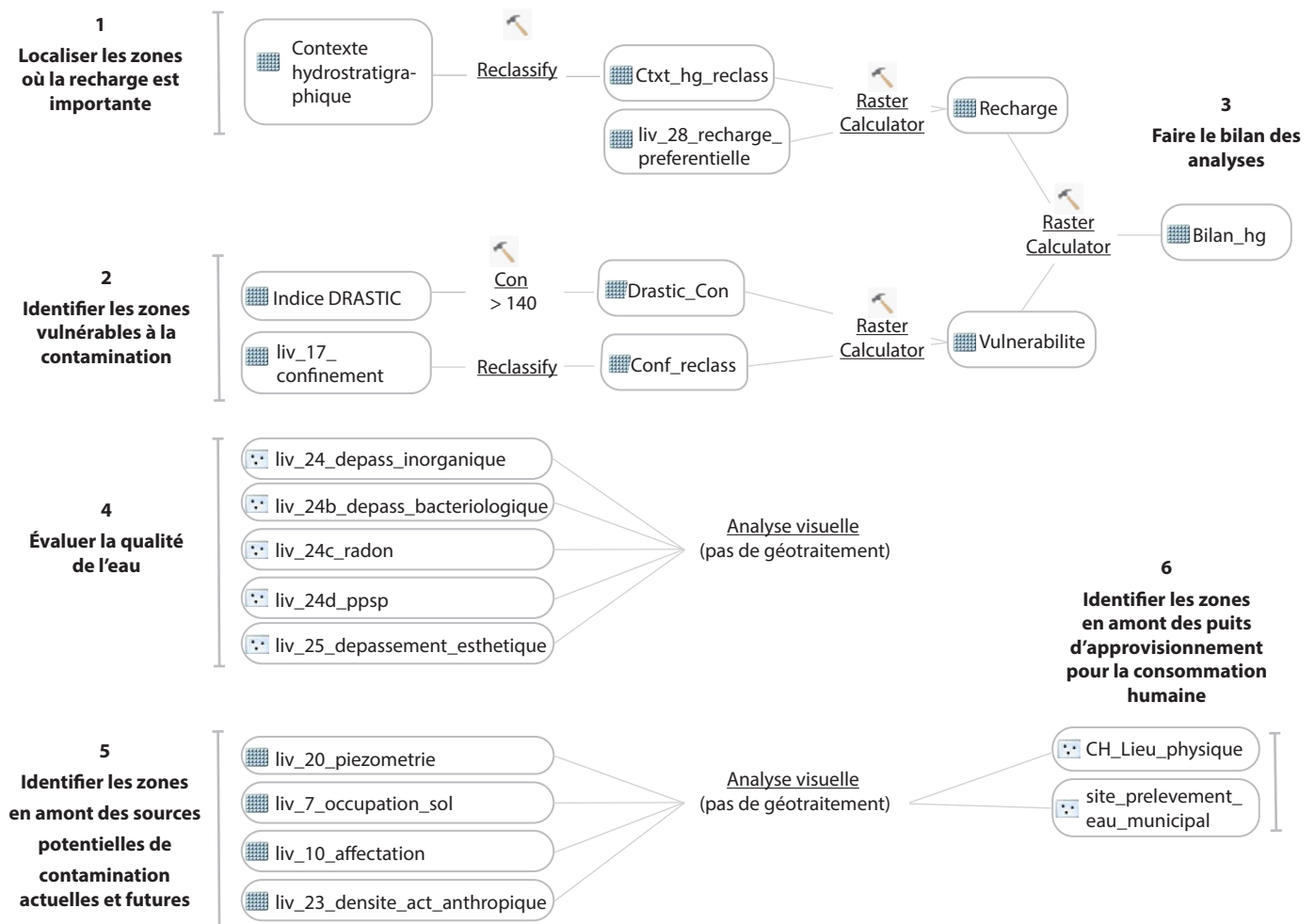
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

1. Localiser les zones où la recharge est importante
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement
4. Évaluer la qualité de l'eau
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures
6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Absence d'aquitard	Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infilte et atteint ces aquifères.	L'épaisseur des sédiments constituant les aquitards devrait être considérée, car par exemple, une couverture d'argile de moins de 3 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants.
Taux de recharge annuelle important	Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection.	- Le taux de recharge peut changer d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques ou des modifications de l'occupation du sol. Il restera toutefois dans le même ordre de grandeur. - La recharge varie au cours de l'année. Elle est la plus faible, voire nulle, en hiver, lorsqu'il y a peu de précipitations liquides et que le sol est gelé, et la plus élevée au printemps, lors de la fonte des neiges.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Absence d'aquitard	Contextes hydrostratigraphiques	 liv_18_contexte_hydrogeo	<i>Contexte hydrostratigraphique</i>	Absence d'argile en surface (valeurs de 3 et 4 dans la légende)
Taux de recharge annuelle important	Recharge et résurgence	 liv_28_recharge_preferentielle	<i>Zone de recharge préférentielle</i>	Recharge élevée: 265 mm/an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 Liv_15_epaisseur_depot	<i>Épaisseur des dépôts meubles</i>	Toutes épaisseurs



Procédure étape par étape

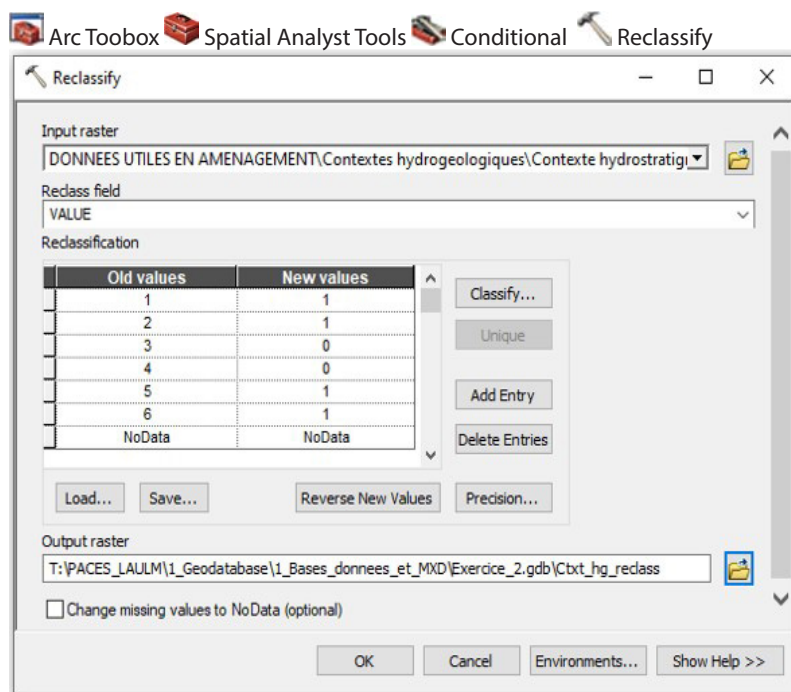
À chacune des étapes suivantes, allez chercher le Input raster dans le fichier mxd et enregistrez les couches créées dans **Exercice_1.gdb**. Glissez les ensuite dans le dossier **Exercices / Question 1 - Puits** de la Table contents et mettre les valeurs de 0 de la légende en transparence pour faciliter l'affichage des résultats.

CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Identifier les cellules de **liv_18_contexte_hydrogeo** (*alias: Contexte hydrostratigraphique*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Ctxt_hg_reclass** sous **Exercice_2.gdb**.

Les cellules de **Ctxt_hg_reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

Aucune analyse à faire puisque la couche **liv_28_recharge_preferentielle** correspond déjà aux zones où la recharge est élevée (plus de 265 mm/an).

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de dépôts meubles sont considérées par les critères.

BILAN

Combiner les résultats des couches

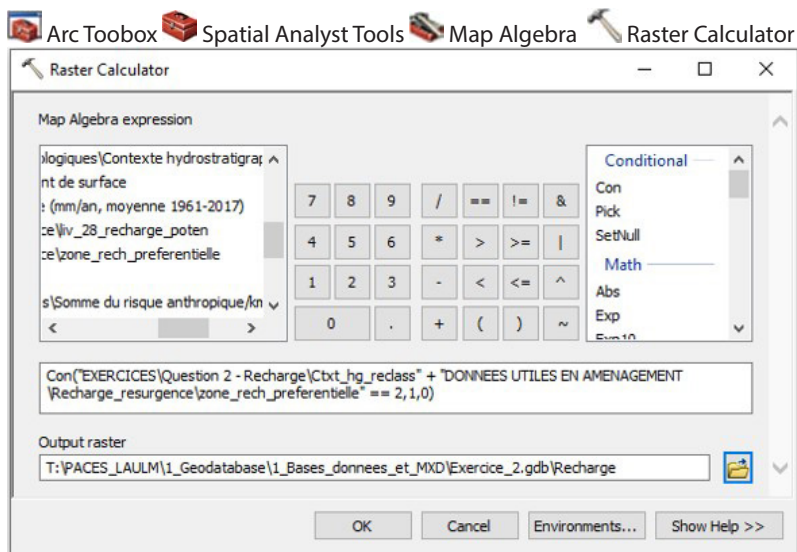
 **Ctxt_hg_reclass** et

 **liv_28_recharge_preferentielle** en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Enregistrer la nouvelle couche  **Recharge** sous  **Exercice_2.gdb**.

Les cellules de  **Recharge** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où la recharge serait assez importante pour considérer la protection de la zone.



2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère vulnérable	Il faut consacrer les efforts à protéger les aquifères susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, et non ceux qui sont déjà protégés naturellement.	- Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.
Aquifère à nappe libre	Les aquifères à nappe libre ne sont pas protégés par un aquitard de la contamination qui proviendrait de la surface.	- La recharge est élevée dans les aquifères à nappe libre. - La vulnérabilité est élevée dans les aquifères à nappe libre.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité	 liv_22_vulnerabilite_drastic	Indice DRASTIC	- Les aquifères plus vulnérables - Indices supérieurs à 140
Aquifère à nappe libre	Conditions de confinement	 liv_17_confinement	Indice de confinement de surface	Aquifère à nappe libre (valeur de 1 dans la légende)



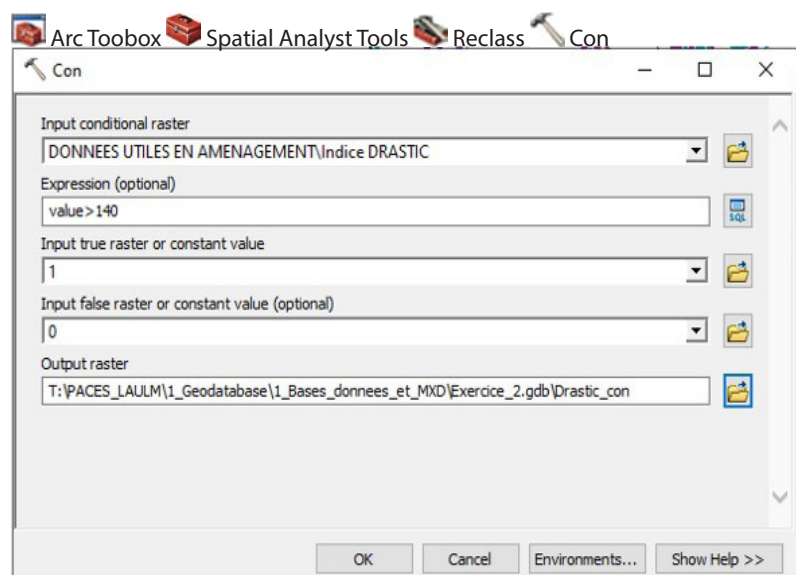
Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

Identifier les cellules de  **liv_22_vulnerabilite_drastic** (alias : *Indice DRASTIC*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche  **Drastic_con** sous  **Exercice_2.gdb**.

Les cellules de  **Drastic_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

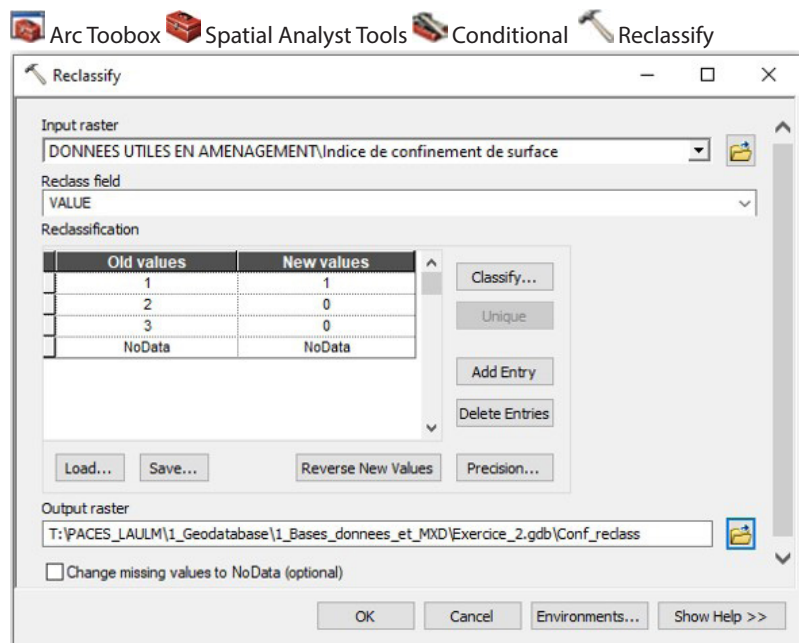


CONDITIONS DE CONFINEMENT

Identifier les cellules de **liv_17_confinement** (*alias : Indice de confinement de surface*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Conf_reclass** sous **Exercice_2.gdb**.

Les cellules de **Conf_reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



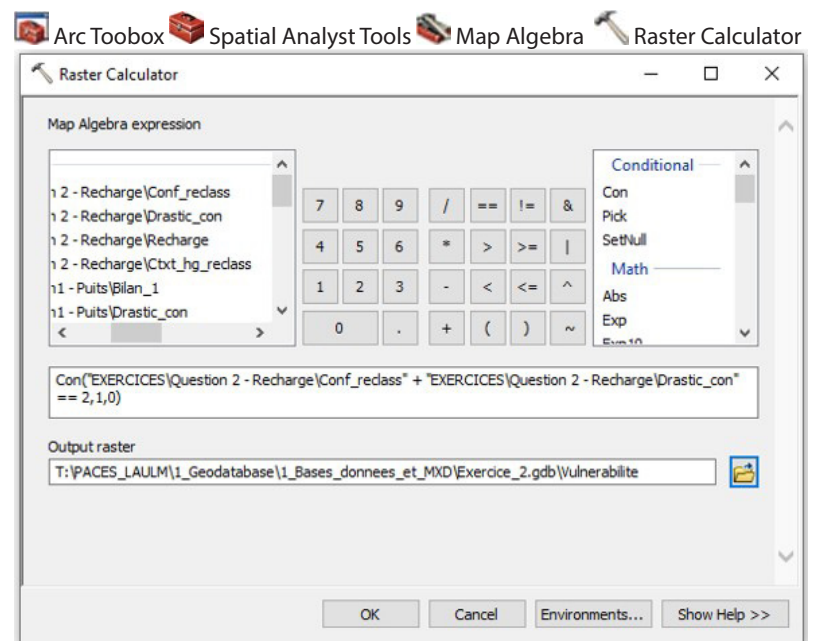
BILAN

Combiner les résultats des couches **Drastic_Con** et **Conf_reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Vulnerabilite** sous **Exercice_2.gdb**.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de **Vulnerabilite** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères seraient vulnérables à la contamination.



3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

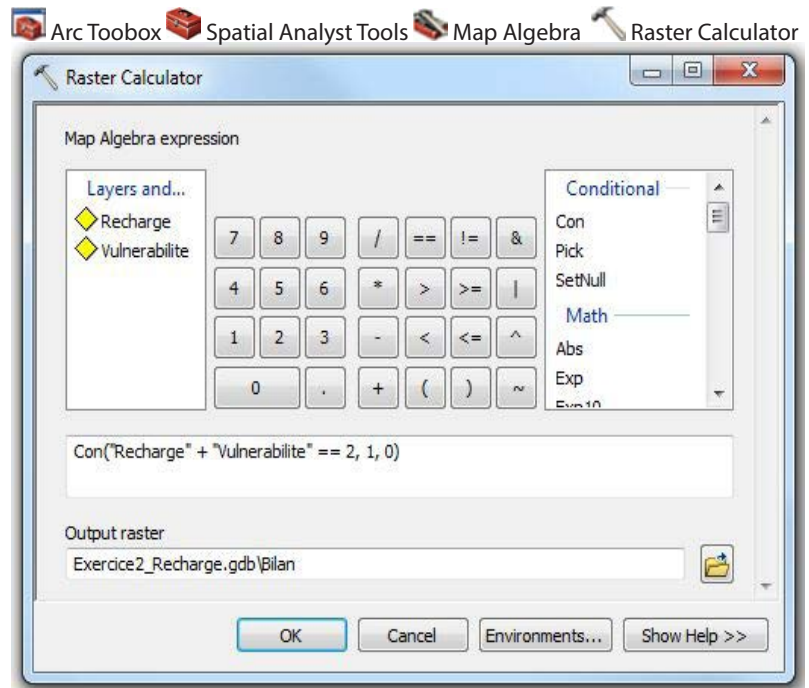


Procédure étape par étape

Combiner les résultats des couches **Recharge** et **Vulnerabilite** en effectuant le calcul ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Bilan** sous **Exercice_2.gdb**.

Les cellules de **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères seraient vulnérables à la contamination. À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux zones où au moins un des critères n'est pas rencontré: la recharge ne serait pas suffisamment élevée et/ou les aquifères ne seraient pas vulnérables.



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité passable à bonne	Idéalement, l'eau doit être potable naturellement sans nécessiter de traitement.	- Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais certains traitements pourraient être considérés. - Un trop grand nombre de problèmes d'ordre esthétique pourraient être inacceptables, car ils généreraient des coûts de traitement trop élevés. - Les contaminants microbiologiques, les pesticides et les hydrocarbures sont dangereux, mais ne sont pas considérés à l'échelle régionale puisque ce sont des cas de contamination locaux.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 liv_24_depasse_inorganique	Dépassements critères de potabilité	- Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA, bactéries et d'OE dans l'aquifère - Eau souterraine de qualité passable : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère, mais aucun dépassement de CMA, activité du ²²²Radon élevée ou ppsp détectés
		 liv_24b_depasse_bacteriologique	Type de dépassement bactériologique	
		 liv_24c_radon	Activité du ²²² Radon (Bq/L)	
		 liv_24d_ppsp	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques	
		 liv_25_depassement_esthetique	Dépassements critères esthétiques	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU :

Afficher les couches de la qualité de l'eau souterraine:

-  liv_24_depasse_inorganique
-  liv_24b_depasse_bacteriologique
-  liv_24c_radon
-  liv_24d_ppsp
-  liv_25_depassement_esthetique

Analyse visuelle

Identifier les zones de  **Bilan** sans dépassements ou détections de ppsp à proximité. La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables, bactériologiques et d'objectifs esthétiques. La qualité est potentiellement passable si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'objectifs esthétiques, mais sans dépassements de concentrations maximales acceptables, si l'activité du ²²²Radon est élevée ou si les pesticides et produits pharmaceutiques sont détectés.

5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Afin de prévenir la contamination, la recharge de l'eau qui atteint le puits ou l'aquifère ne doit pas se faire à un endroit où il y a des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer pour déterminer le type d'activités humaines exercées en amont hydraulique du puits ou de l'aquifère.	- Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel. - La piézométrie régionale, qui détermine le sens d'écoulement de l'eau souterraine, a ses limites. Dans le cas d'un puits, une étude hydrogéologique locale devrait être réalisée pour bien délimiter son aire d'alimentation et identifier les menaces qui existent à l'intérieur de ce territoire.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)	En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
	Occupation du sol	 liv_7_occupation_sol	Occupation du sol	
	Affectation du territoire	 liv_10_affectation	Affectation du territoire	
	Activités anthropiques	 liv_23_densite_act_anthropique	Somme du risque anthropique/km ²	

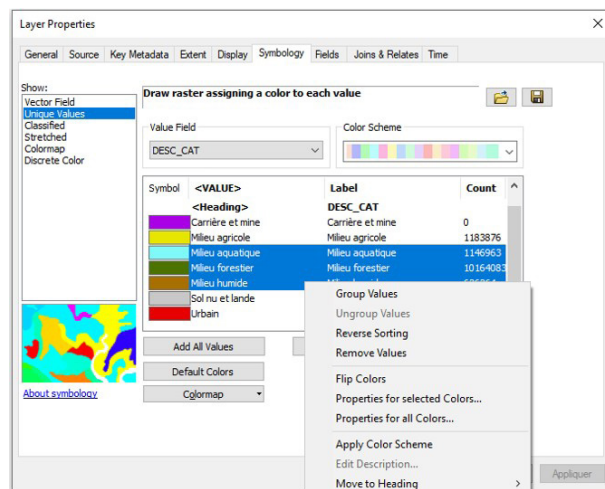


Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **liv_7_occupation_sol** (alias : *Occupation du sol*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, sélectionner les types d'occupations qui ne représentent pas un risque pour la qualité de l'eau et les retirer de la liste (Étape 1). Puis regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (Étape 2). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle** et changer la couleur du symbol en une couleur bien visible (Étape 3).

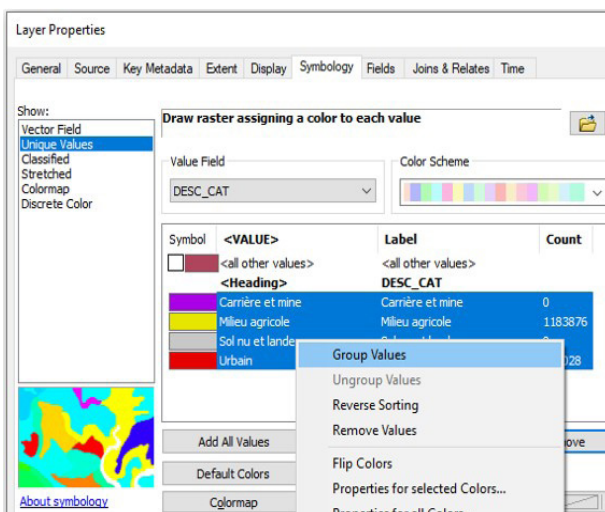
Étape 1: Shift+clik, clic droit, Remove values



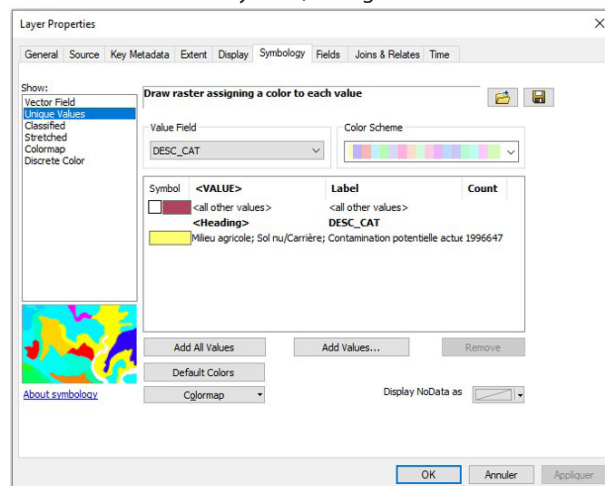


Procédure étape par étape

Étape 2: Shift+clik, clic droit, Group Values



Étape 3: Double-clic Label, renommer Double-clic Symbol, changer couleur

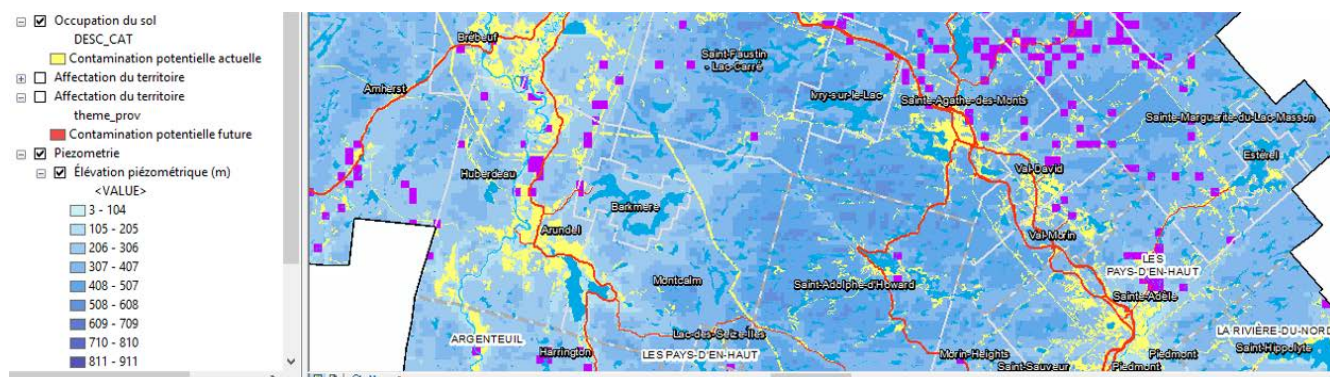


AFFECTATION DU TERRITOIRE

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche **liv_10_affectation** (*alias: Affectations du territoire*), répéter les étapes 1 à 3. Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

PIÉZOMÉTRIE

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie **liv_20_piezometrie** (*alias: Élévation piézométrique (m)*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisées en aval ou au niveau d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres. Vous pouvez aussi identifier les zones de **Bilan** localisées en amont des zones à forte densité des activités anthropiques en affichant la couche **liv_23_densite_act_anthropique** (*alias: Somme du risque anthropique/km²*). Ces zones sont potentiellement moins à risques que les autres. L'écoulement se fait des zones d'élévations piézométriques élevées (plus foncées) vers les zones d'élévations piézométriques faibles (plus pâles).



6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Afin de favoriser la protection de zones de recharge d'aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, les zones protégées pourraient être situées en amont des puits d'alimentation en eau potable.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés, et plus l'intérêt de protéger la zone de recharge de l'aquifère exploité est élevé. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par un aquitard.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)	En amont des puits d'alimentation
	s.o.	 site_prelevement_eau_municipal	Prélèvements municipaux	
	s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Afficher les puits d'alimentation individuels - couche  **CH_Lieu_physique** (alias : Lieux physiques (puits et forages)) et collectifs -  **site_prelevement_eau_municipal** (alias : Prélèvements municipaux).

Superposer les couches ci-dessus à la couche piézométrie  **liv_20_piezometrie** (alias : Élévation piézométrique (m)), puis visualiser les puits d'approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères vulnérables, tels que définis par la couche  **Bilan**.

L'intérêt de protéger les zones de recharge correspondant aux cellules contigües ayant une valeur de 1 dans la couche **Bilan** serait potentiellement élevé si on y retrouve un nombre significatif de puits d'approvisionnement en aval de celles-ci. L'écoulement se fait des zones d'élévations piézométriques élevées (plus foncées) vers les zones d'élévations piézométriques faibles (plus pâles).

Question 3

Où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines ?

Synthèse du cheminement d'expert

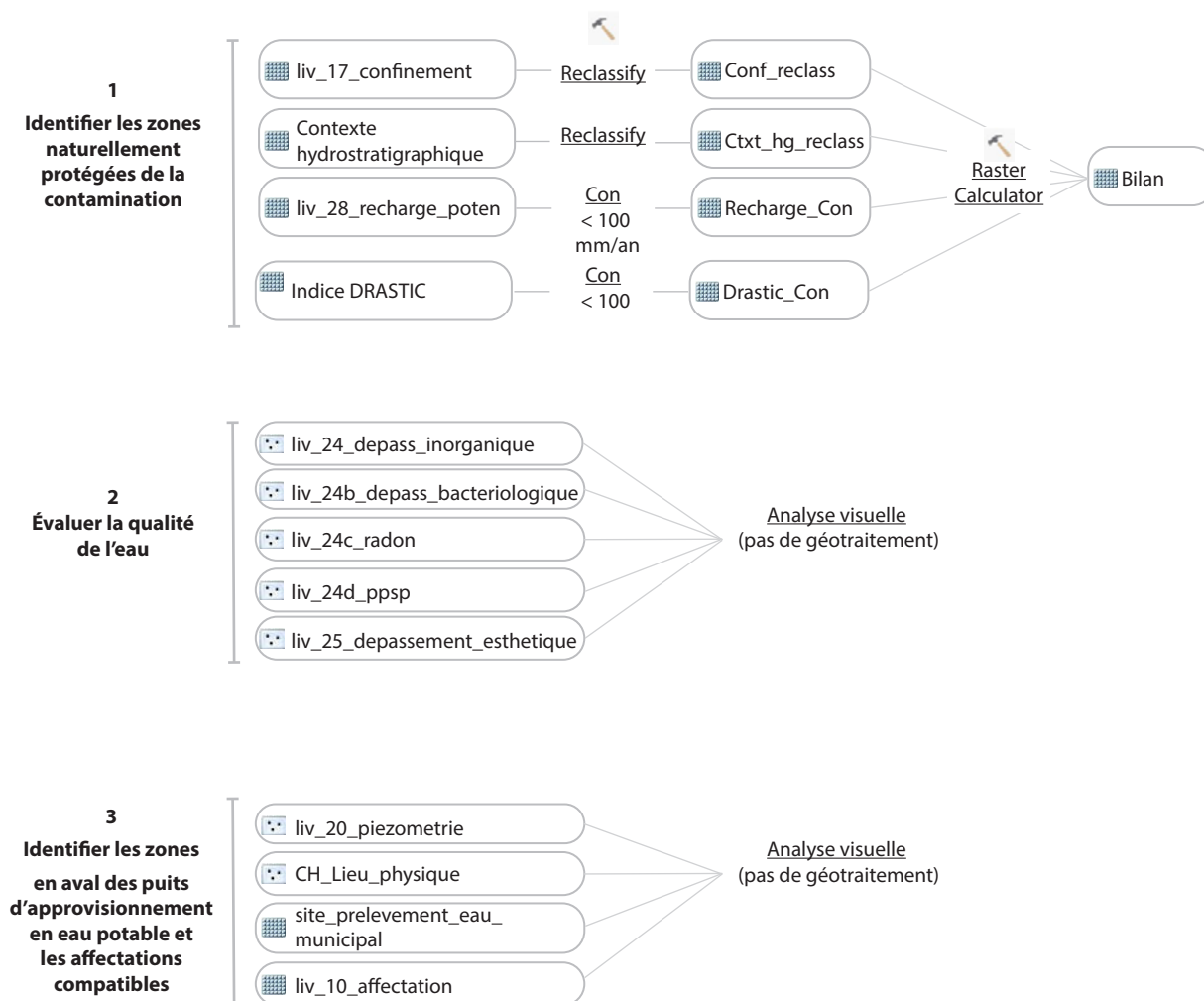
Question

Où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines ?

Ce qui est recherché

1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination
2. Évaluer la qualité de l'eau
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement en eau potable et les affectations compatibles

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Présence d'un aquitard	Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltre et atteint ces aquifères.	L'épaisseur des sédiments constituant les aquitards devrait être considérée, car par exemple, une couverture d'argile de moins de 3 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants.
Aquifères à nappe captive et semi-captive	- Les aquifères à nappe captive sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. - Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle. - Les aquifères à nappe semi-captive sont moyennement protégés de la contamination provenant de la surface.	Les aquifères à nappe captive et semi-captive ne sont pas protégés d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral.
Taux de recharge annuel faible	La recharge doit être faible pour limiter le volume d'eau des précipitations atteignant l'aquifère et qui peut mobiliser les contaminants depuis de la surface.	- L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain ou sol à nu versus champ cultivé ou forêt). - Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge.
Vulnérabilité faible	Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface.	- Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Présence d'un aquitard	Contextes hydrostratigraphiques	 liv_18_contexte_hydrogeo	Contexte hydrostratigraphique	Présence d'argile en surface (valeurs de 3 et 4 dans la légende)
Aquifère à nappe captive et semi-captive	Conditions de confinement	 liv_17_confinement	Indice de confinement de surface	Aquifère à nappe captive et semi-captive (valeurs de 2 et 3 dans la légende)
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 liv_28_recharge_poten	Recharge potentielle (mm/an)	Recharge nulle ou faible : 0 à 100 mm/an
Vulnérabilité faible	Vulnérabilité	 liv_22_vulnerabilite_drastic	Indice DRASTIC	Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 Liv_15_epaisseur_depot	Épaisseur des dépôts meubles	Toutes épaisseurs



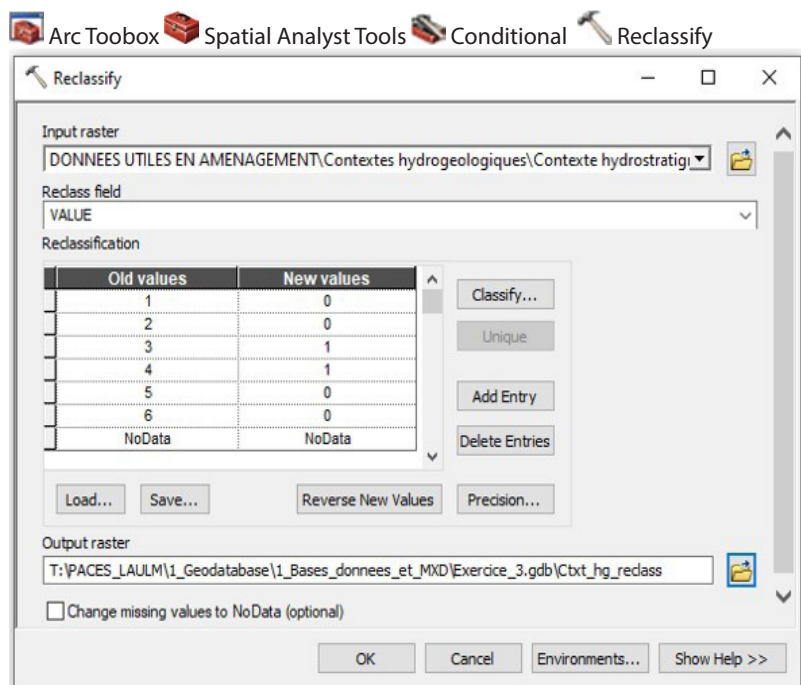
Procédure étape par étape

CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Identifier les cellules de  **liv_18_contexte_hydrogeo** (alias : Contextes hydrostratigraphiques - NEBSL) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche  **Ctxt_hg_reclass** sous  **Exercice_3.gdb**.

Les cellules de  **Ctxt_hg_reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

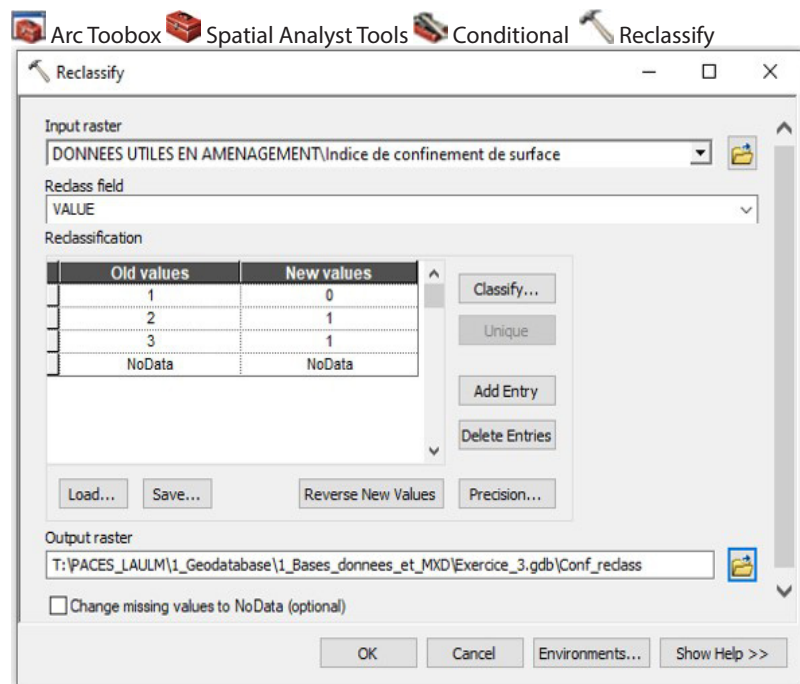


CONDITIONS DE CONFINEMENT

Identifier les cellules de **liv_17_confinement** (*alias : Indice de confinement de surface*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Conf_reclass** sous **Exercice_3.gdb**.

Les cellules de **NEBSL_Indice_de_confinement_roc_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

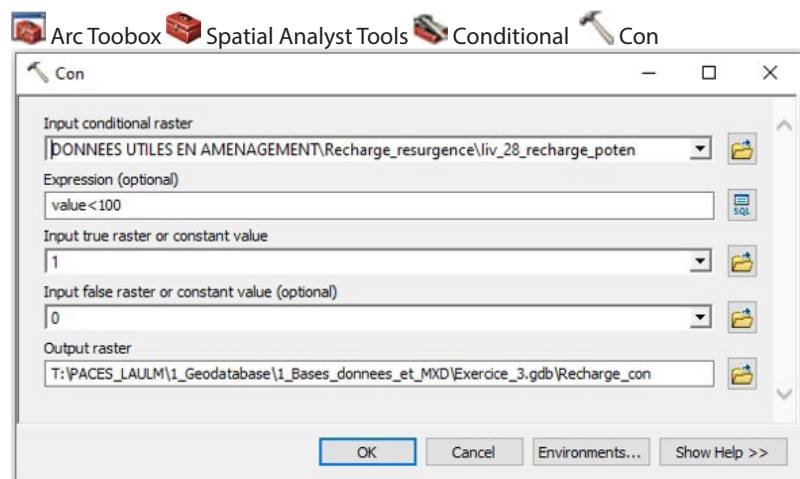


RECHARGE ET RESURGENCE

Identifier les cellules de **liv_28_recharge_poten** (*alias : Recharge potentielle (mm/an)*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche **Recharge_con** sous **Exercice_3.gdb**.

Les cellules de **Recharge_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

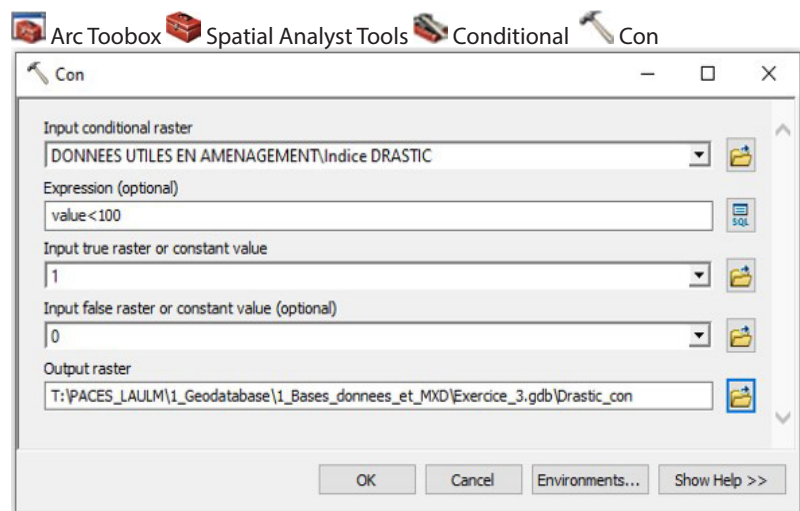


VULNÉRABILITÉ

Identifier les cellules de  **liv_22_vulnerabilite_drastic** (alias : *Indice DRASTIC*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche  **Drastic_con** sous  **Exercice_3.gdb**.

Les cellules de  **NEBSL_DRASTIC_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de dépôts meubles sont considérées par les critères.

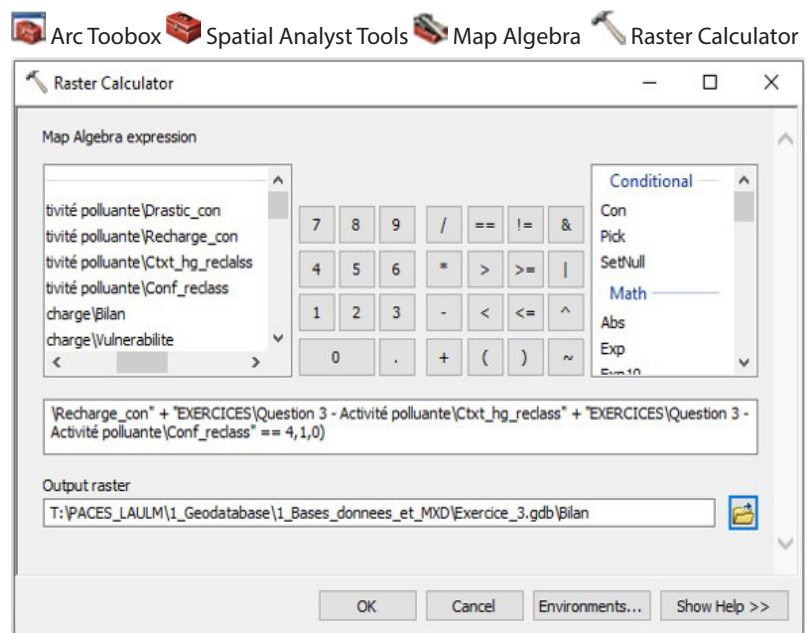
BILAN

Combiner les résultats des couches  **Ctxt_hg_reclass**,  **Conf_reclass**,  **Recharge_con** et  **Drastic_con** en effectuant le calcul ci-contre.

Enregistrer la nouvelle couche  **Bilan** sous  **Exercice_3.gdb**.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des quatre couches est 4, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de  **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères seraient protégés naturellement de la contamination.



2. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Toutes les qualités de l'eau	- La gravité de la contamination d'une eau de bonne qualité naturelle est très élevée. - La contamination d'une eau de mauvaise qualité naturelle est potentiellement moins grave, mais la contamination anthropique la dégradant davantage n'est pas souhaitable.	- La qualité naturelle de l'aquifère en aval de l'activité à implanter doit être caractérisée au préalable pour déterminer les causes d'une contamination, le cas échéant. - Un suivi de la qualité de l'eau de l'aquifère en aval de l'activité via des puits de surveillance devrait être effectué suite à l'implantation de l'activité pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau souterraine.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 liv_24_depasse_inorganique	Dépassements critères de potabilité	- Eau souterraine de bonne qualité (aucun dépassement de CMA, bactéries et d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination très élevée - Eau souterraine de qualité passable (au moins un dépassement d'OE et bactériologie non conforme dans l'aquifère) : gravité de contamination élevée - Eau souterraine de mauvaise qualité (au moins un dépassement de CMA dans l'aquifère) : gravité de contamination modérée
		 liv_24b_depasse_bacteriologique	Type de dépassement bactériologique	
		 liv_24c_radon	Activité du ²²² Radon (Bq/L)	
		 liv_24d_ppsp	Détection de pesticides et de produits pharmaceutiques	
		 liv_25_depassement_esthetique	Dépassements critères esthétiques	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU :

Afficher les couches de la qualité de l'eau souterraine:

-  **liv_24_depasse_inorganique**
-  **liv_24b_depasse_bacteriologique**
-  **liv_24c_radon**
-  **liv_24d_ppsp**
-  **liv_25_depassement_esthetique**

Analyse visuelle

Identifier les zones de  **Bilan** avec dépassements ou détections de pps à proximité. La qualité de l'eau des aquifères à proximité des zones de  **Bilan** est potentiellement mauvaise si on y retrouve des puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables, bactériologiques et d'objectifs esthétiques. La gravité d'une contamination issue d'une activité polluante est alors potentiellement modérée.

3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement en eau potable et les affectations compatibles

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Afin de prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, l'activité potentiellement polluante devrait être située en aval des puits d'alimentation en eau potable.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par un aquitard.

Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	 liv_20_piezometrie	Élévation piézométrique (m)	En aval des puits d'alimentation
	s.o.	 site_prelevement_eau_municipal	Prélèvements municipaux	
	s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	
Dans des affectations du territoire compatibles avec l'implantation d'une activité polluante	Affectation du territoire	 liv_10_affectation	Affectation du territoire	- Agricole - Commerciale - Industrielle - Urbaine

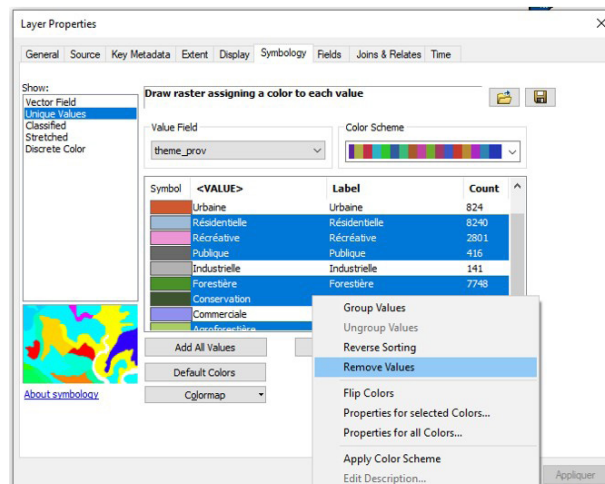


Procédure étape par étape

AFFECTATION DU TERRITOIRE

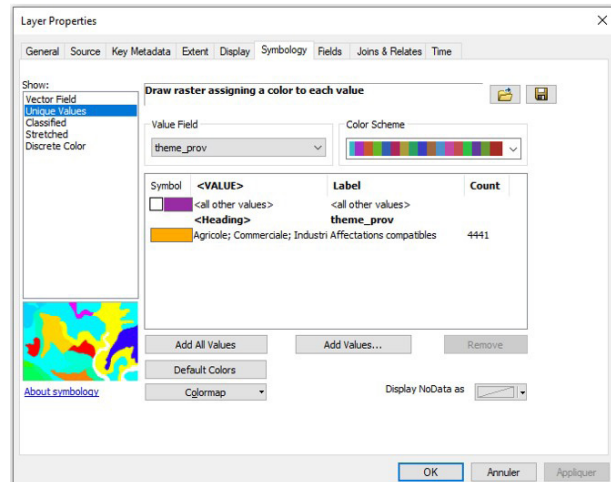
Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche  **liv_10_affectation** (*alias*: *Affectations du territoire*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, sélectionner les types d'affectation incompatibles avec l'implantation d'une activité polluante et les retirer de la liste (Étape 1). Puis regrouper les types d'affectation compatibles avec l'implantation d'une activité polluante (Étape 2). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Affectations compatibles** et changer la couleur du symbol en une couleur bien visible (Étape 3).

Étape 1: Shift+clik, clic droit, Remove values





Étape 3: Double-clic Label, renommer
Double-clic Symbol, changer couleur



Afficher les puits d'alimentation individuels - couche **CH_Lieu_physique** (alias : Lieux physiques (puits et forages)) et collectifs - **site_prelevement_eau_municipal** (alias : Prélèvements municipaux).

La gravité d'une contamination potentielle des aquifères des zones protégées représentées par des cellules contigües ayant une valeur de 1 dans la couche  **Bilan** serait potentiellement élevée si y on retrouve en aval un nombre significatif de puits d'approvisionnement. L'écoulement se fait des zones d'élévations piézométriques élevées (plus foncées) vers les zones d'élévations piézométriques faibles (plus pâles).



5

**Réfléchir à nos besoins
pour la suite**

Déroulement

Suite aux 4 ateliers d'échange et de transfert de connaissances, l'équipe de recherche et le ministère souhaitent que les connaissances générées dans le cadre du PACES soient utiles et utilisées par les différents acteurs de l'aménagement du territoire et de la gestion de l'eau afin de protéger la ressource et d'assurer sa pérennité.

Êtes-vous prêts à voler de vos propres ailes ? Et surtout, vous sentez-vous capables de répondre à un enjeu de protection et de gestion des eaux souterraines (PGES) seul ?

Présentation

Exemples de projets post PACES

Discussion

En grand groupe, faire le point et réfléchir à nos besoins pour la suite en répondant à ces questions :

- Quelles sont les connaissances (informations, données) qui seront utiles pour vous à court ou moyen terme ?
- Si le temps, l'expertise et le budget y étaient, est-ce que des données ou des informations complémentaires pourraient être générées ?
- De quelles façons, dans le cadre de quels projets ou pour répondre à quels enjeux pourriez-vous les utiliser (données et informations du PACES et/ou complémentaires) ?
- Quels types d'accompagnements seraient nécessaires pour aller plus loin, pour passer à l'action ?

Document collaboratif

Les participants inscrivent leurs idées et besoins sur un document collaboratif. Ce document, qui sera envoyé aux participants par la suite, laissera une trace écrite et pourra servir de base pour de nouveaux projets ou le développement de nouveaux outils.

Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de Laurentides-Les Moulins :



Les partenaires du projet de transfert des connaissances sur les eaux souterraines :

