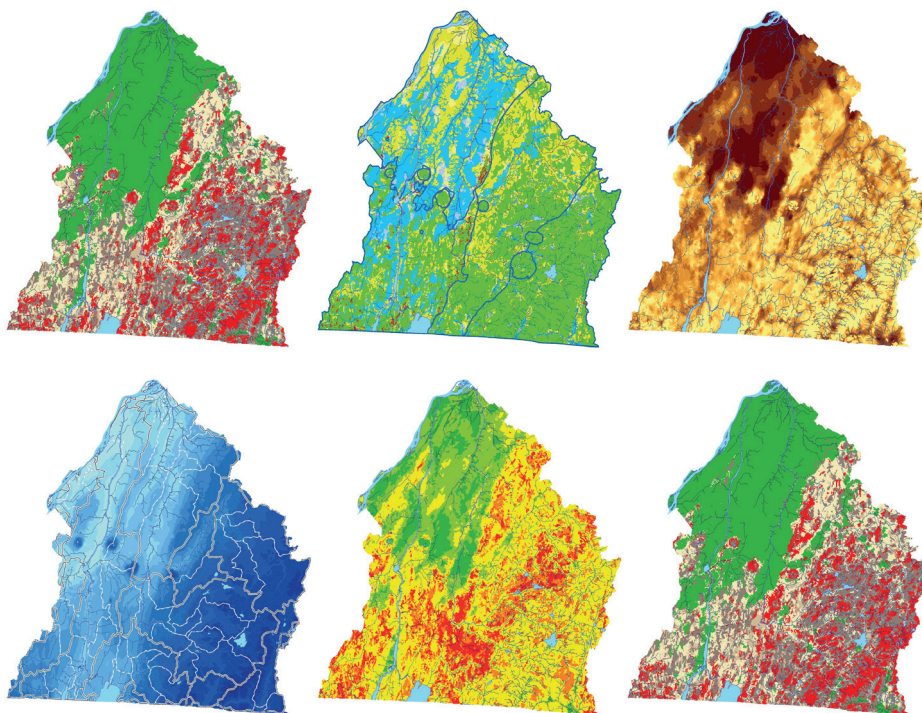


# 2e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est

## CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :  
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,  
le Centre Eau Terre Environnement de l'INRS,  
la Commission géologique du Canada,  
et l'Université du Québec à Trois-Rivières  
Mars 2016

Ce 2<sup>e</sup> atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Montérégie Est est mis en œuvre dans le cadre du projet Protéger et gérer les eaux souterraines, rendu possible grâce au financement du Programme de soutien à la valorisation et au transfert du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), le Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE), la Commission géologique du Canada (CGC) et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Christine Rivard, chercheure en hydrogéologie, CGC, responsable du projet Richelieu-Yamaska (projet de la CGC réalisé conjointement avec le PACES)
- René Lefebvre, professeur en hydrogéologie, INRS-ETE, coordonnateur du PACES en Montérégie Est
- Jean-Marc Ballard, professionnel de recherche en hydrogéologie, INRS-ETE, chargé de projet pour le PACES en Montérégie Est
- Yohann Tremblay, agent de transfert, RQES, organisateur et animateur de l'atelier de transfert
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert, RQES, organisatrice et animatrice de l'atelier
- Sylvain Gagné, agent de transfert, RQES, animateur de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conceptrice de l'atelier de transfert de connaissances

### Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient du rapport final du PACES en Montérégie Est et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

*Carrier, M.-A., Lefebvre, R., Rivard, C., Parent, M., Ballard, J.-M., Benoit, N., Vigneault, H., Beaudry, C., Malet, X., Laurencelle, M., Gosselin, J.-S., Ladevèze, P., Thériault, R., Gloaguen, E., Beaudin, I., Michaud, A., Pugin, A., Morin, R., Crow, H. Bleser, J., Martin, A., Lavoie, D. (2013) Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du MDDEFP et du Programme de Cartographie des eaux souterraines de la CGC, Rapport final INRS R-1433, soumis en juin 2013.*

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 citer le document suivant :

*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 cahier du participant du 1er atelier de transfert des connaissances résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES en Montérégie Est. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Rivard, C. et Carrier, M.-A. 2015. 1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'INRS-ETE, de la CGC et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Le présent document doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Decelles, A.M., Rivard, C., Lefebvre, R., Gagné, S. 2016. 2e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Montérégie Est, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'INRS-ETE, de la CGC et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.



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 universitaires et le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

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 : [rqes.ca](http://rqes.ca)

## Le Centre Eau Terre Environnement de l'INRS

En 1969, le gouvernement du Québec a créé l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), une des composantes du réseau de l'Université du Québec (UQ). L'INRS est composé de quatre centres de recherche et compte 150 professeurs. L'INRS est une université non conventionnelle dédiée à la recherche scientifique grâce à ses programmes de formation concentrés aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles (maîtrise et doctorat). Les 36 professeurs du Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE), situé à Québec, contribuent à l'avancement des connaissances en vue d'améliorer la protection, la conservation et la mise en valeur des ressources naturelles. Les chercheurs du Centre concentrent leurs activités dans quatre domaines de recherche : hydrologie, assainissement et valorisation, biogéochimie aquatique et terrestre, ainsi que géosciences.

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

## La Commission géologique du Canada

Rattachée au ministère fédéral Ressources naturelles Canada, la Commission géologique du Canada (CGC) est la plus ancienne organisation scientifique du Canada. Elle a été fondée en 1842 pour assurer l'essor de l'industrie canadienne des minéraux. Au fil du temps, la CGC a dû reformuler les énoncés de sa mission et de sa vision afin de s'adapter aux nouvelles réalités. De nos jours, la CGC est l'organisme national d'information et de recherche dans le domaine géoscientifique du Canada. La CGC contribue à la mise en valeur durable des ressources minérales, énergétiques et hydriques du Canada, à la protection de l'environnement, à la gestion des risques géologiques naturels et des dangers s'y rattachant, ainsi qu'à l'innovation technologique.

Pour en savoir plus : [www.rncan.gc.ca/sciences-terre/sciences/geologie/cgc/17101](http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/sciences/geologie/cgc/17101)

## Le Centre géoscientifique de Québec

Les scientifiques de l'INRS-ETE et de la Division de Québec de la CGC forment le Centre géoscientifique de Québec, un exemple unique de partenariat entre un centre universitaire et un organisme gouvernemental.

Pour en savoir plus : [www.cgq-qgc.ca](http://www.cgq-qgc.ca)

# Table des matières

---

Le déroulement de l'atelier	4
Votre équipe de formation	5
Résumé du projet <i>Paces de la Montérégie</i>	6
<b>1. Quelques notions de base en hydrogéologie</b>	<b>7</b>
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	8
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	11
Les éléments de la maquette hydrogéologique	11
L'écoulement de l'eau souterraine	12
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	13
<b>2. Présentation des données géospatiales</b>	<b>15</b>
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	16
Les limites générales des données	16
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	17
Les bases de données en format géodatabase	18
Les données du MDDELCC	18
Les données de la CGC	19
Les données de l'INRS-ETE	20
Les données à diffusion restreintes	21
Retrouver les informations hydrogéologiques	22
Par géotadabase	22
Par notion hydrogéologique	24
Les données ponctuelles	26
Le projet mxd pour cet atelier	27
Préparer vos données pour les exercices	28

### **3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action** **31**

Épaisseur des dépôts meubles	32
Contextes hydrogéologiques	36
Conditions de confinement	38
Piézométrie	40
Recharge et résurgence	42
Vulnérabilité	44
Qualité de l'eau	44
Les autres résultats du PACES	48

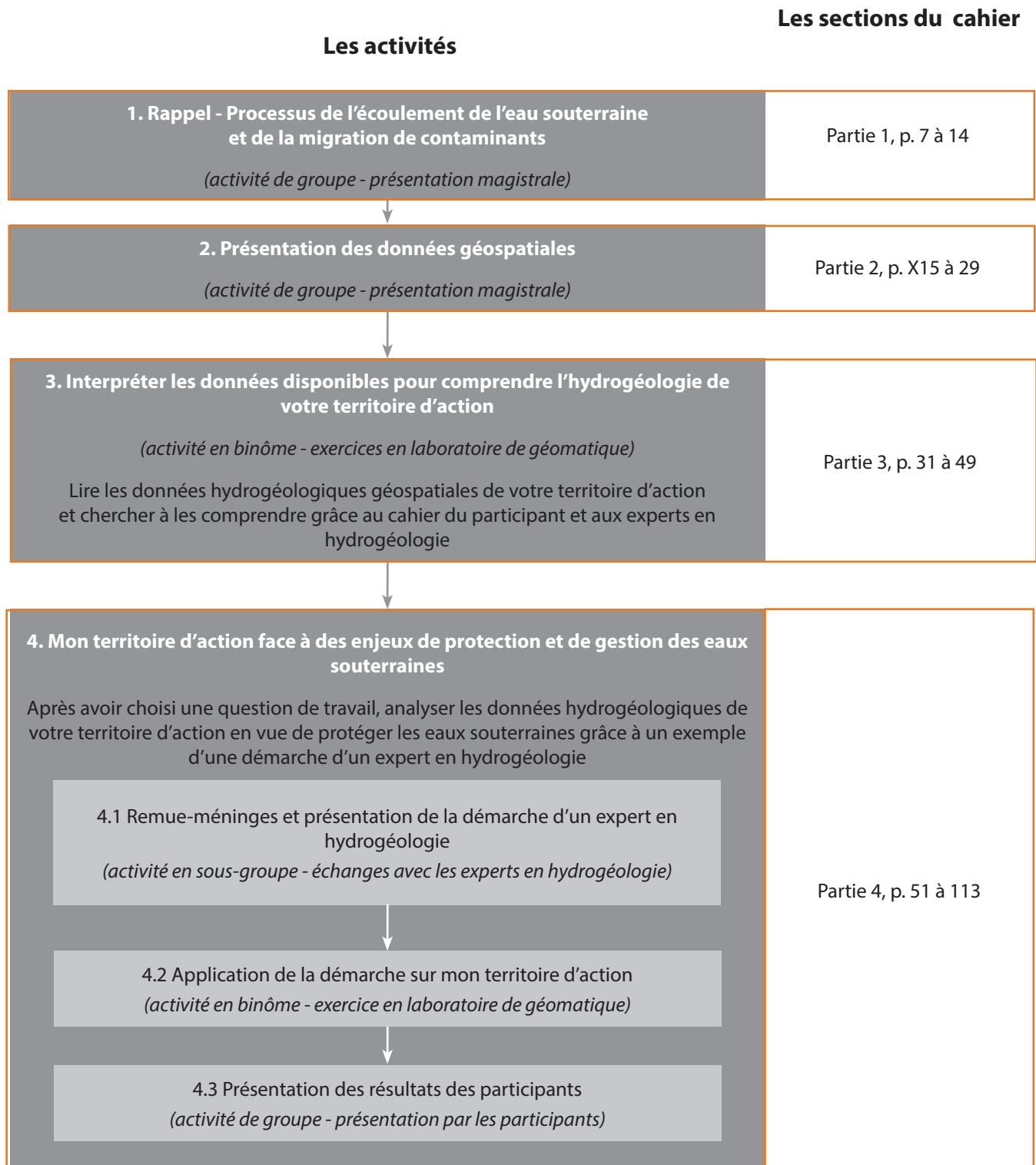
### **4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines** **51**

Question 1	53
Les résultats du remue-méninge avec les participants	54
Synthèse du cheminement d'expert	55
Préparer la présentation de vos résultats : découpage de votre territoire	69
Question 2	75
Les résultats du remue-méninge avec les participants	76
Synthèse du cheminement d'expert	77
Préparez vos données : découpage de votre territoire	91
Question 3	97
Les résultats du remue-méninge avec les participants	98
Synthèse du cheminement d'expert	99
Préparer la présentation de vos résultats : découpage de votre territoire	110

# Le déroulement de l'atelier

## Objectifs

- S'approprier la base de données géospatiales sur les eaux souterraines de son territoire d'action
- Mieux comprendre les caractéristiques hydrogéologiques spécifiques à son territoire d'action
- 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



# Votre équipe de formation

---

## Vos animateurs



**Yohann Tremblay**  
M.Sc. Sciences de l'eau  
Agent de transfert du RQES  
Département de géologie et  
génie géologique, Université Laval  
1065 av. de la Médecine  
Québec (Qc) G1K 7P4  
418-656-2131 poste 5595  
ytremblay.rqes@gmail.com



**Anne-Marie Decelles**  
M.A. Développement régional  
Agente de transfert 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



**Julie Ruiz**  
Ph.D. Aménagement  
Professeure  
Département des sciences de  
l'environnement, Université du  
Québec à Trois-Rivières  
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7  
819-376-5011 poste 3676  
Julie.Ruiz@uqtr.ca



**Sylvain Gagné**  
M.Sc. Hydrogéologie  
Agent de transfert du RQES  
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

## Vos experts en eaux souterraines



**René Lefebvre**  
Ph.D. Professeur titulaire  
Centre Eau Terre Environnement  
Institut national de la recherche  
scientifique  
490 rue de la Couronne  
Québec (Qc) G1K 9A9  
418-654-2651  
rene.lefebvre@ete.inrs.ca



**Christine Rivard**  
Ph.D. Hydrogéologie  
Chercheure  
Commission géologique du Canada  
Ressources naturelles Canada  
490 rue de la Couronne  
Québec (Qc) G1K 9A9  
418-654-3173  
crivard@nrcan.gc.ca

# Résumé du PACES en Montérégie-Est

---

Le portrait régional de la ressource en eaux souterraines a été réalisé pour le territoire municipalisé des bassins versants des rivières Richelieu, Yamaska et de la baie Missisquoi, s'étendant du fleuve Saint-Laurent, au nord, jusqu'aux États-Unis, au sud. Ce territoire couvre une superficie totale de 9 032 km<sup>2</sup> et comprend entièrement ou en partie 15 municipalités régionales de comté (MRC), 148 municipalités et deux territoires non organisés. La population y est d'environ 792 000 habitants, dont à peu près 20 % utilisent l'eau souterraine comme source d'approvisionnement. La mauvaise qualité des eaux de surface dans la région était connue, mais peu d'information était disponible sur l'eau souterraine avant la réalisation de ce projet.

La plupart des puits résidentiels dans cette région sont au roc. Au niveau municipal, 75 puits municipaux exploitent l'eau souterraine, dont environ un tiers captent de l'eau dans les dépôts meubles, le reste captant d'eau dans l'aquifère de roc fracturé. La capacité des puits dans les dépôts meubles s'avère significativement plus importante que celle des puits au roc, mais l'extension des aquifères granulaires est très limitée. En plus de la faible productivité des puits au roc, une zone d'eau saumâtre (2200 km<sup>2</sup>) est présente au nord-ouest de la région d'étude, ce qui en fait une zone d'eau non potable.

Le principal objectif de ce projet consistait à collecter, acquérir, interpréter et synthétiser les informations requises pour une gestion durable des ressources en eaux souterraines en Montérégie Est. Plus spécifiquement, le projet visait à :

- Compiler les informations disponibles dans une base de données,
- Définir et synthétiser les contextes géologiques et hydrogéologiques régionaux,
- Établir le bilan hydrique de la région, incluant l'évaluation de l'utilisation de l'eau souterraine et de la recharge,
- Évaluer la qualité de l'eau souterraine,
- Évaluer la vulnérabilité de l'aquifère régional et l'impact potentiel de diverses activités sur celui-ci,
- Estimer les débits « durables » pour assurer la pérennité de la ressource,
- Établir une liste de priorités pour la gestion et la protection des ressources régionales en eau souterraine.

La réalisation de ce projet s'est étalée sur une période de 4 ans, soit d'avril 2009 à mars 2013, et a compris trois grandes phases :

- 1) Collecte des données existantes (2009-2010),
- 2) Travaux de terrain complémentaires (2010-2011),
- 3) Analyse, synthèse et transfert de l'information (2011-2013).

La compilation des données existantes a permis de définir cinq contextes hydrogéologiques : les zones nord et sud de la Plate-forme du St-Laurent (Basses-terres), les intrusions montérégiennes, la zone externe des Appalaches (Piedmont) et la zone interne des Appalaches (Hautes-terres). Les données existantes ont été complétées par des levés de terrain complémentaires. En plus de faire un portrait de la ressource en eau souterraine, le projet visait le développement d'une approche efficace et novatrice de caractérisation hydrogéologique, basée sur une combinaison d'approches aux échelles locale et régionale, incluant diverses méthodes géophysiques, des forages et sondages ciblés, une campagne d'échantillonnage d'eau et de sols, des essais hydrauliques et la cartographie des dépôts meubles Quaternaire.

Le portrait régional de la ressource en eaux souterraines en Montérégie Est provient des résultats de deux projets réalisés conjointement par l'INRS-ETE, la CGC, l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et l'OBV Yamaska :

- Le Projet d'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine en Montérégie Est a été financé dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) par le MDDELCC et la Conférence régionale des élus (CRÉ) de la Montérégie Est, ainsi que par des contributions en ressources humaines d'organismes partenaires du projet : les Municipalités régionales de comté (MRC) participantes de la Montérégie Est, les organismes de bassins versants de la région (OBV Yamaska, COVABAR, OBVBM), l'Agence géomatique montérégienne, la direction régionale de la Montérégie Est du MAPAQ, la Fédération de l'UPA de Saint-Hyacinthe, les directions régionales de la Montérégie, de l'Estrie et du Centre-du-Québec du MDDELCC, et le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie.
- Le projet Caractérisation régionale du système aquifère Richelieu-Yamaska a été financé dans le cadre du Programme de cartographie des eaux souterraines par la CGC.



# 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.6 à 8)

# Glossaire de quelques notions clés sur les **eaux souterraines**

Le glossaire de l'ensemble des notions clés est disponible au lien internet suivant : [rqs.ca/fr/glossaire](https://rqs.ca/fr/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 double**

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

## **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**

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

## **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.

## **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.

## **Contexte hydrostratigraphique**

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

## **Débit de base**

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

### Dépôt meuble

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

### DRASTIC

Système de notation numérique utilisé pour évaluer la **vulnérabilité** intrinsèque d'un **aquifère**, soit sa susceptibilité de se voir affecter par une contamination provenant directement de la surface. Les sept facteurs considérés sont : la profondeur du toit de la **nappe**, la **recharge**, la nature de l'**aquifère**, le type de sol, la pente du terrain, l'impact de la zone vadose et la **conductivité hydraulique** de l'**aquifère**. L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226; plus l'indice est élevé, plus l'**aquifère** est vulnérable à la contamination.

### Eau souterraine

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

### Fracture

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

### Gradient hydraulique

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

### Gravier

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

### Isopièze

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

### 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

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 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.

### 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.

# Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique

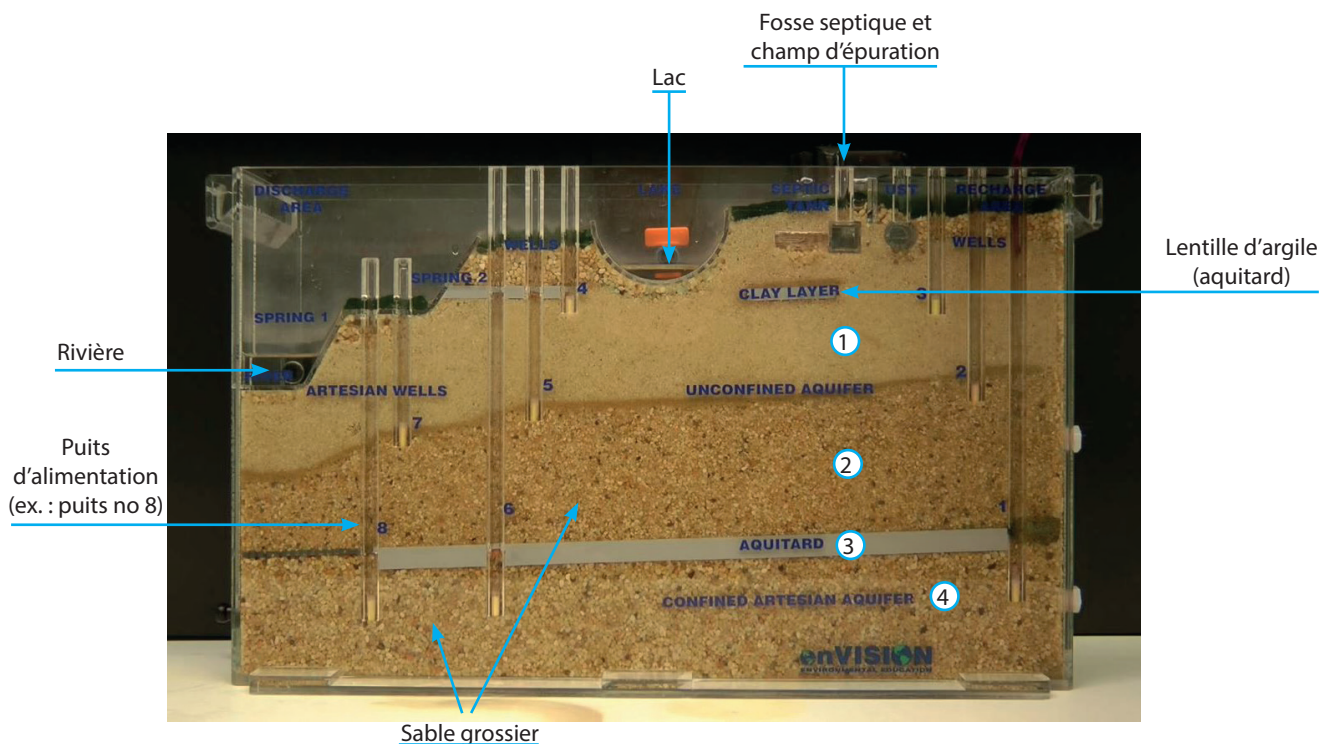
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un aquifère d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des aquifères granulaires. Cette maquette hydrogéologique est une représentation miniaturisée d'une section verticale sous la surface du sol, qui permet d'illustrer plusieurs concepts liés à l'hydrogéologie.

## Les éléments de la maquette hydrogéologique

La maquette mesure environ 50 cm de long, 30 cm de haut et a une profondeur de 20 cm. Les aquifères y sont représentés par un empilement de plusieurs types de sédiments. Ils correspondent aux contextes hydrostratigraphiques suivants :

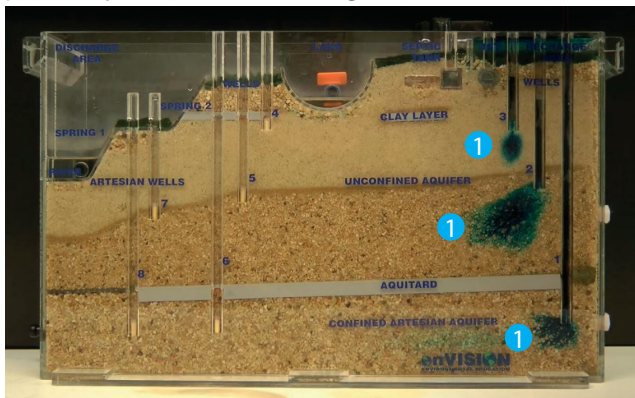
- ① Couche de **sable** fin dans la partie supérieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le premier tiers près de la surface,
- ② Couche de **sable** grossier dans la partie inférieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le deuxième tiers au centre,
- ③ Couche imperméable représentant un **aquitard**, qui pourrait être de l'**argile**,
- ④ Couche de **sable** grossier dans un **aquifère à nappe captive**, dans le troisième tiers à la base de la maquette.

La maquette est remplie d'eau qui occupe les espaces vides des sédiments. Une pompe permet d'assurer un écoulement d'eau en continu à travers les sédiments. Afin de pouvoir visualiser différents scénarios d'écoulement de l'**eau souterraine**, la maquette est munie de huit puits de profondeurs variées, ainsi que d'une fosse septique et de son champ d'épuration dans lequel il est possible d'injecter du colorant et également de pomper l'eau. Le réseau hydrographique est représenté par un lac et une rivière

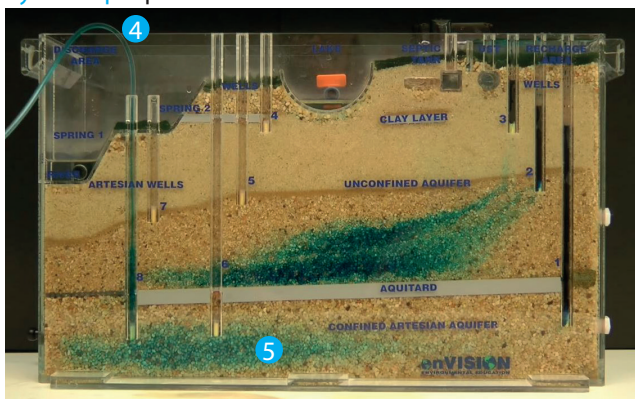


## L'écoulement de l'eau souterraine

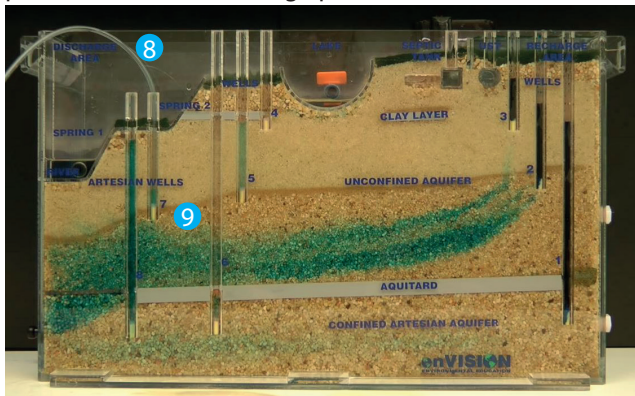
1 Injection d'un colorant par trois puits pour visualiser l'écoulement de l'eau dans les aquifères. L'eau remplit les pores (espaces vides) entre les grains.



4 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. 5 L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère à nappe captive inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



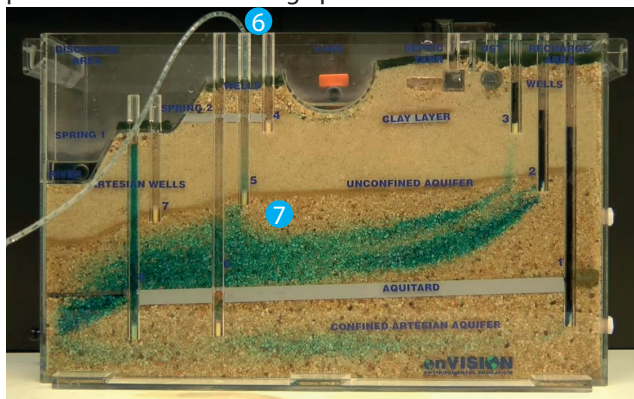
8 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°7. 9 Il y a aussi un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



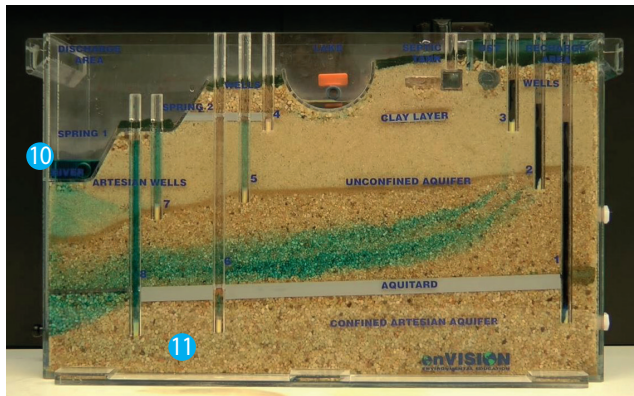
L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. 2 Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère à nappe libre se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. 3 L'eau de l'aquifère inférieur à nappe captive ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard (en gris) agit comme une barrière naturelle qui isole l'eau de l'aquifère à nappe captive.



6 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°5. 7 Il y a un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



10 L'eau souterraine fait ultimement résurgence dans la rivière, située en aval, qui devient colorée. 11 L'eau de l'aquifère à nappe captive de sable grossier s'est presque totalement renouvelée (indiqué par la perte de coloration).

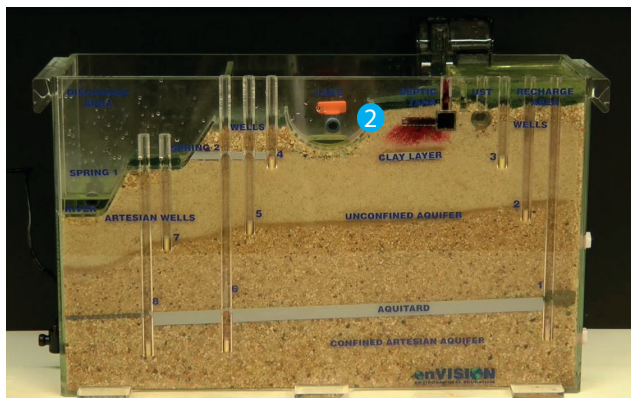


## La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

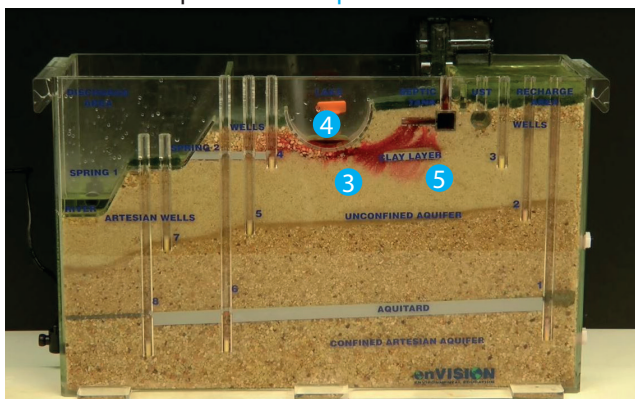
1 Injection d'un colorant dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



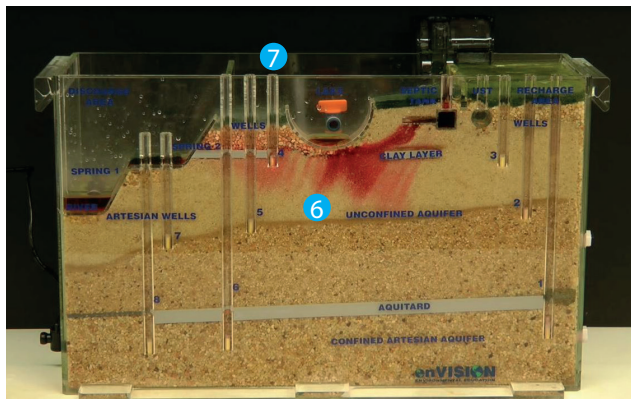
2 Depuis le champ d'épuration, le contaminant migre vers le bas dans la couche de sable fin de l'aquifère à nappe libre.



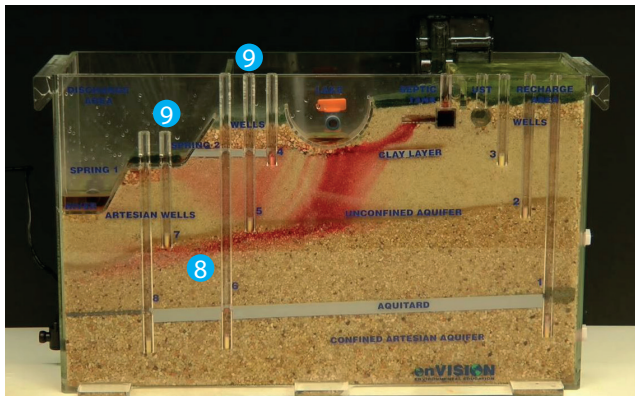
3 Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. 4 De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. 5 La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



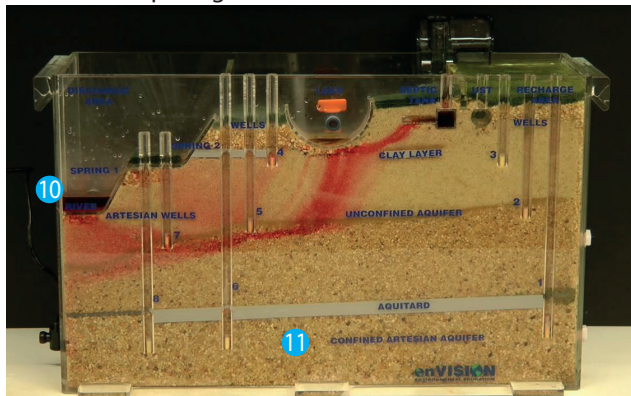
6 Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. 7 Le puits no 4 est maintenant contaminé.



8 En atteignant la couche de sable plus grossier à la base de l'aquifère à nappe libre, l'écoulement de l'eau contaminée se fait plus rapidement. 9 Les puits no 5 et no 7 sont maintenant contaminés.



10 L'eau souterraine contaminée fait ultimement résurgence dans la rivière (en aval), qui devient colorée. 11 L'aquifère à nappe captive situé sous l'aquitard est demeuré protégé de la contamination.







# 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. 15)

# 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).

Une part des données diffusées par le MDDELCC, l'INRS-ETE et la CGC n'appartient pas à ces organismes. Les droits d'utilisation et de diffusion sont autorisés en vertu des diverses licences, ententes et conventions signées entre le MDDELCC, l'INRS-ETE et la CGC et ces organismes propriétaires d'information géographique. Conséquemment, des conditions légales régissent l'utilisation des données et des produits que l'utilisateur pourrait en dériver. Le détenteur des données est donc tenu d'accepter et de se conformer aux conditions d'utilisation qui suivent.

Le MDDELCC, l'INRS-ETE et la CGC 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 MDDELCC, l'INRS-ETE et la CGC 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 en Montérégie Est ont été préparées pour représenter des conditions régionales à l'échelle 1/100 000, telles que pouvant être définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser les travaux d'analyse et d'interprétation des données ainsi que la production des cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats du projet présentés dans le rapport et l'atlas ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées.

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

# Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique

---

## ArcCatalog

Fournit une fenêtre de catalogue utilisée pour organiser dans une arborescence et faciliter la recherche, la localisation et la gestion des différents types d'informations géographiques pour ArcGIS.

## 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 d'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 (information 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

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 MDDELCC

Le MDDELCC diffuse les données de tous les projets régionaux de caractérisation des [eaux souterraines](#) réalisés dans le cadre du PACES via son navigateur cartographique disponible en extranet (accès au site depuis la page [www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/souterraines/diffusion-carto-hydrogeologique.htm](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/souterraines/diffusion-carto-hydrogeologique.htm)). L'utilisateur doit préalablement demander un identifiant et un mot de passe à l'adresse [dch@mddelcc.gouv.qc.ca](mailto:dch@mddelcc.gouv.qc.ca). Il est possible d'extraire une partie des données présentées dans le navigateur cartographique, mais pas de façon exhaustive.

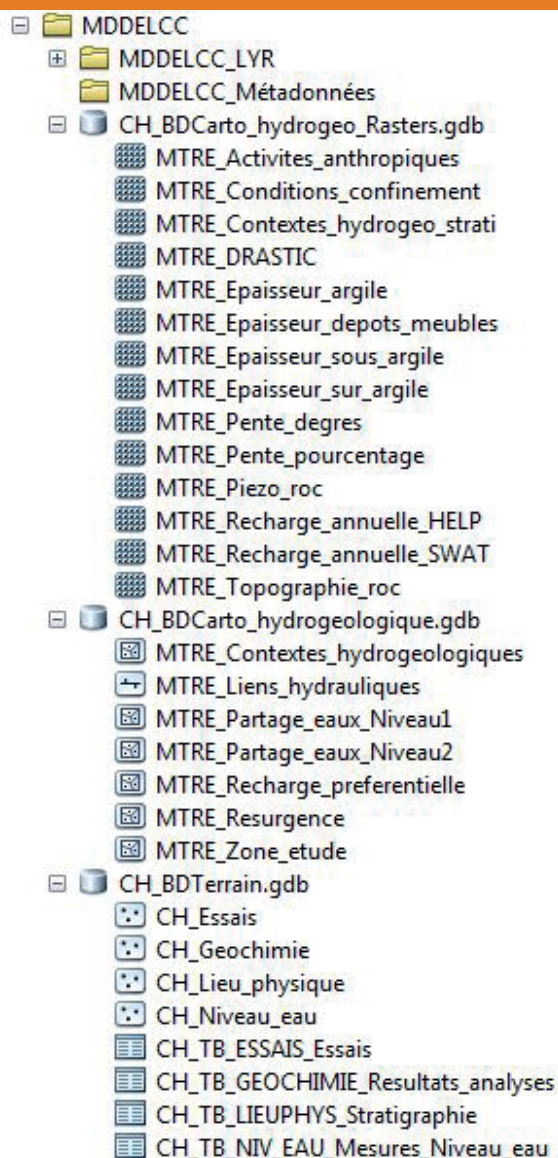
Les données diffusées par le MDDELCC ne comprennent pas l'ensemble de l'information produite par le PACES. Certaines données sont exclues de par leur caractère confidentiel. Toutefois, la plupart des données résultantes des analyses hydrogéologiques du PACES et nécessaires pour traiter des enjeux d'aménagement sont incluses.



### Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase**, dans le dossier **MDDELCC** :
  - CH\_BDTerrain.gdb** : contient les données vectorielles de points et les **tables relationnelles**
  - CH\_BDCarto\_hydrogeologique.gdb** : contient les données vectorielles de lignes et de polygones
  - CH\_BDCarto\_hydrogeo\_Rasters.gdb** : contient les données matricielles
- Des **Layer files** dans le dossier **Eaux\_souterraines\_ext\_LYR**
  - à l'exception des couches des données vectorielles de points de la géodatabase **CH\_BDTerrain.gdb**.
- Des **métadonnées** en format html ou Word pour chaque couche dans le dossier **Métadonnées**
  - Les métadonnées des tables relationnelles sont intégrées à celles des couches associées.
  - Les métadonnées intrinsèques à **ArcGIS**, que l'on peut normalement consulter dans **ArcMap** en ouvrant la fenêtre **View item description**, ou dans **ArcCatalog** sous l'onglet **Description**, sont incomplètes.
  - L'utilisateur est parfois référé aux rapports scientifiques des projets régionaux du PACES, spécifiquement pour la généalogie des données. Les rapports sont disponibles sur le site internet du RQES à l'adresse suivante : [rqes.ca/fr/archives-et-documents/rapports-memoires-et-cartes](http://rqes.ca/fr/archives-et-documents/rapports-memoires-et-cartes).

### Arborescence des bases de données du MDDELCC



## Les données de la CGC

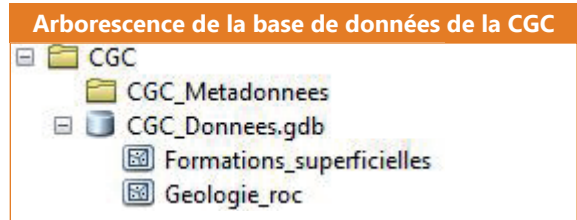
La CGC diffuse les données des projets canadiens de caractérisation des **eaux souterraines** réalisés dans le cadre du Programme de cartographie des **eaux souterraines** via son Réseau d'information sur les **eaux souterraines** (RIES), disponible librement sur internet (accès au site depuis la page [gin.gw-info.net/service/api\\_ngwds:gin2/fr/gin.html](http://gin.gw-info.net/service/api_ngwds:gin2/fr/gin.html)).

La plupart des données diffusées par la CGC sont identiques à celles diffusées par le MDDELCC. Seules les données différentes et additionnelles sont fournies dans le cadre de cet atelier.



### Vos données pour cet atelier

- Les **données géospaciales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **CGC** :
  - **CGC\_Donnees.gdb** : contient les données vectorielles de polygones
- Il n'y a pas de **Layer files** pour ces **couches**
- Des **métadonnées** en **format html** pour chaque **couche** dans le fichier **CGC\_Metadonnees**



## Les données de l'INRS-ETE

Des données additionnelles non diffusées par le MDDELCC et la CGC, mais dont l'INRS-ETE détient les droits à titre de producteur du projet PACES en Montérégie Est peuvent être diffusées librement.



### Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase**, dans le dossier **INRS-ETE** :
  - **INRS- ETE\_Donnees.gdb** : contient les données vectorielles de points, de lignes et de polygones, et les données matricielles
- Des **Layer files** dans le dossier **INRS-ETE\_LYR**
- Les **métadonnées** saisies à même les **couches**
  - Consultables dans ArcCatalog sous l'onglet **Description** ou dans ArcMap via la fenêtre **View item description**
- Les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du PACES dans le dossier **INRS-ETE\_Coupes\_PDF**

### Arborescence des bases de données de l'INRS-ETE





- INRS-ETE
  - INRS-ETE\_Coupes\_PDF
  - INRS-ETE\_LYR
  - INRS-ETE\_Donnees.gdb
    - L06\_LimitesBassins
      - CEHQ\_n1\_bh\_s
      - CEHQ\_n2\_bh\_s
    - L09\_MilieuxHumides
      - MDDEFP\_MilieuxHumidesPotentiels
    - L14\_CoupesStratigraphiques
      - INRS\_LocalisationCoupes
    - L15\_EpaisseurDesDepots
      - INRS\_PtsDeControle\_EpaisseurDesDepots
    - L16\_TopographieDuRoc
      - INRS\_PtsDeControle\_TopographieDuRoc
    - L20\_PiezometrieRoc
      - INRS\_PtsDeControle\_PiezometrieRoc
    - L21\_ParametresHydrauliques
      - INRS\_ConductiviteHydraulique
      - INRS\_PtsDeControle\_ConductiviteHydraulique
    - L23\_ActivitesAnthropiques
      - INRS\_DensiteActivitesAnthropiquesContours
    - L24\_QualiteEauSouterraine\_CriteresPotabilite
      - INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable
      - INRS\_ZoneEauSaumatre
    - L25\_QualiteEauSouterraine\_CriteresEsthetiques
      - INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauEsthetique
      - INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauEsthetique\_InSitu
    - L26\_UtilisationEau
      - INRS\_TypeApprovisionnementMunicipaux\_BDGA
      - INRS\_UtilisationEauParMRC\_BDGA
    - L27\_StationsMeteorologiquesHydrometriquesPiezometriques
      - EC\_StationsHydrometriques
      - IRDA\_StationsHydrometriques
      - MDDEFP\_StationsHydrometriques
      - MDDEFP\_StationsMeteorologiques
      - MDDEFP\_StationsPiezometriques
  - L03\_ModeleNumeriqueTerrain\_Elevation
  - L03\_ModeleNumeriqueTerrain\_Ombrage
  - L20\_ProfondeurNappeRoc
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_ConductiviteHydraulique
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_MilieuAquifere
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_Pente
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_ProfondeurNappe
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_Recharge
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_TypeDeSol
  - L22\_VulnerabiliteAquiferesRegionaux\_ZoneVadose
  - L24\_QualiteEau\_GroupesGeochimiques

## Les données à diffusion restreintes

Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données sont mises à votre disposition. Elles sont toutefois protégées par des droits qui empêchent leur diffusion. Aussi, il ne vous est pas permis de les extraire ou de les utiliser à d'autres fins que cet atelier.
































### Vos données pour cet atelier

- La **géodatabase**  **Confidentiel.gdb** dans le dossier  **Confidentiel**
- Il n'y a pas de **Layer files** pour ces couches
- Les **métadonnées** saisies à même les couches
  - Consultables dans  **ArcCatalog** sous l'onglet Description\_ou dans  **ArcMap** via la fenêtre View item description

# Retrouver les informations hydrogéologiques

## Par géodatabase

### Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement par géodatabase

Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
CH_BDTerrain.gdb	 CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	s.o.	
	 CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	s.o.	
	 CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	s.o.	
	 CH_Essais	Essais hydrauliques	s.o.	
	 CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	s.o.	
	 CH_Geochimie	Géochimie	s.o.	
	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	s.o.	
	 MTRE_Zone_Etude	Zone d'étude - MTE	s.o.	
	 MTRE_Contextes_hydrogeologiques	Contextes hydrogé. régionaux - MTE	Contextes hydrogéologiques	
	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb	 MTRE_Partage_eaux_Niveau1	Piézo.-Lignes partage 1 - MTE	Piézométrie et profondeur de la nappe
 MTRE_Partage_eaux_Niveau2		Piézo.-Lignes partage 2 - MTE	Piézométrie et profondeur de la nappe	
 MTRE_Liens_hydrauliques		Liens hydrauliques - MTE	Recharge et résurgence	X
 MTRE_Recharge_preferentielle		Recharge préférentielle - MTE	Recharge et résurgence	X
 MTRE_Resurgence		Résurgence préférentielle - MTE	Recharge et résurgence	
 MTRE_Pente_degrees		Pente (degrés) - MTE	Pente du sol	
 MTRE_Pente_pourcentage		Pente (pourcentage) - MTE	Pente du sol	
 MTRE_Epaisseur_depots_meubles		Épaisseur dépôts meubles - MTE	Épaisseur des dépôts meubles	X
 MTRE_Epaisseur_argile		Épaisseur argile - MTE	Épaisseur des dépôts meubles	X
 MTRE_Epaisseur_sous_argile		Épaisseur sous argile - MTE	Épaisseur des dépôts meubles	X
 MTRE_Epaisseur_sur_argile		Épaisseur sur argile - MTE	Épaisseur des dépôts meubles	X
CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb	 MTRE_Topographie_roc	Topographie roc - MTE	Topographie du roc	
	 MTRE_Conditions_confinement	Confinement roc - MTE	Conditions de confinement	X
	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	Contextes hydrogé. strati. - MTE	Contextes hydrogéologiques	X
	 MTRE_Piezo_roc	Piézométrie roc - MTE	Piézométrie et profondeur de la nappe	X
	 MTRE_DRASTIC	Index DRASTIC - MTE	Vulnérabilité DRASTIC	X
	 MTRE_Activites_anthropiques	Densité des activités anthropiques - MTE	Activités anthropiques	
	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	Recharge annuelle HELP - MTE	Recharge et résurgence	X
	 MTRE_Recharge_annuelle_SWAT	Recharge annuelle SWAT - MTE	Recharge et résurgence	
	Formations_superficielles	Géologie des formations superficielles	Géologie des formations superficielles	
	Geologie_roc	Géologie du socle rocheux	Géologie du socle rocheux	

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



## Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement par géodatabase

Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
	L03_ModeleNumeriqueTerrain_Elevation	Modèle numérique altimétrique	Modèle numérique de terrain	
	L03_ModeleNumeriqueTerrain_Ombrage	Ombrage	Modèle numérique de terrain	
	CEHQ_n1_bh_s	Bassins versants niveau 1	Limites de bassins et de sous-bassins	
	CEHQ_n2_bh_s	Bassins versants niveau 2	Limites de bassins et de sous-bassins	
	MDDEFP_MilieuxHumidesPotentiels	Milieux humides potentiels	Milieux humides	
	INRS_LocalisationCoupes	Localisation coupes stratigraphiques	Coupes stratigraphiques	
	INRS_PtsDeContrôle_EpaisseurDesDepots	Points de contrôle épaisseur des dépôts	Épaisseur des dépôts meubles	X
	INRS_PtsDeContrôle_TopographieDuRoc	Points contrôle topographie du roc	Topographie du roc	
	INRS_PtsDeContrôle_PiezometrieRoc	Points de contrôle piézométrie du roc	Piézométrie et profondeur de la nappe	X
	L20_Profondeur_NappeRoc	Profondeur de la nappe dans le roc	Piézométrie et profondeur de la nappe	X
	INRS_ConductiviteHydraulique	Points contrôle conductivité hydraulique	Paramètres hydrauliques	
	INRS_PtsDeContrôle_ConductiviteHydraulique	Conductivité hydraulique	Paramètres hydrauliques	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_MilieuAquifere	Indice DRASTIC - cote C (conductivité hydraulique)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_Pente	Indice DRASTIC - cote A (milieu aquifère)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_Pente	Indice DRASTIC - cote T (pente)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_ProfondeurNappe	Indice DRASTIC - cote D (profondeur nappe)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_Recharge	Indice DRASTIC - cote R (recharge)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_TypeDeSol	Indice DRASTIC - cote S (type de sol)	Vulnérabilité DRASTIC	
	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_ZoneVadose	Indice DRASTIC - cote I (zone vadose)	Vulnérabilité DRASTIC	
	INRS_DensiteActivitesAnthropiquesContours	75e percentile densité activités anthropiques	Activités anthropiques	X
	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauPotable	Dépassements critères de potabilité	Qualité de l'eau	X
	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauEsthetique	Dépassements critères esthétiques	Qualité de l'eau	X
	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauEsthetique_InSitu	Dépassements critères esthétiques In Situ	Qualité de l'eau	X
	INRS_ZoneEauSaumatre	Zone d'eau saumâtre	Qualité de l'eau	X
	L24_QualiteEau_GroupesGeochemiques	Groupes géochimiques	Qualité de l'eau	X
	INRS_TypeApprovisionnementMunicipaux_BDGA	Type d'approvisionnement municipal	Utilisation de l'eau	
	INRS_UtilisationEauParMRC_BDGA	Utilisation de l'eau souterraine par MRC	Utilisation de l'eau	
	INRS_UtilisationEauParMRC_BDGA	Utilisation totale d'eau par MRC	Utilisation de l'eau	
	EC_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques d'Environnement Canada	Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	
	IRDA_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques de l'IRDA	Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	
	MDDEFP_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques du MDDEFP	Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	
	MDDEFP_StationsMeteorologiques	Stations météorologiques du MDDEFP	Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	
	MDDEFP_StationsPiezométriques	Stations piézométriques du MDDEFP	Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	

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

# Retrouver les informations hydrogéologiques

## Par notion hydrogéologique

### Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique

Notion hydrogéologique	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Géodatabase
Épaisseur des dépôts meubles	X	INRS_PtsDeContrôle_EpaisseurDesDepots	Points de contrôle épaisseur des dépôts	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	MTRE_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	MTRE_Epaisseur_argile	Épaisseur argile - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	MTRE_Epaisseur_sous_argile	Épaisseur sous argile - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	MTRE_Epaisseur_sur_argile	Épaisseur sur argile - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Contextes hydrogéologiques	X	MTRE_Contextes_hydrogeologiques	Contextes hydrogé. régionaux - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	Contextes hydrogé. strati. - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Conditions de confinement	X	MTRE_Conditions_confinement	Confinement roc - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	INRS_PtsDeContrôle_PiezometrieRoc	Points de contrôle piézométrie du roc	INRS-ETE_Donnees.gdb
Piézométrie et profondeur de la nappe	X	MTRE_Partage_eaux_Niveau1	Piézo.-Lignes partage 1 - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Partage_eaux_Niveau2	Piézo.-Lignes partage 2 - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Piezo_roc	Piezométrie roc - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	L20_Profondeur_NappeRoc	Profondeur de la nappe dans le roc	INRS-ETE_Donnees.gdb
Recharge et résurgence	X	MTRE_Liens_hydrauliques	Liens hydrauliques - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Recharge_preferentielle	Recharge préférentielle - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Resurgence	Résurgence préférentielle - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	MTRE_Recharge_annuelle_HELP	Recharge annuelle HELP - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Vulnérabilité DRASTIC	X	MTRE_Recharge_annuelle_SWAT	Recharge annuelle SWAT - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	MTRE_DRASTIC	Indice DRASTIC - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_ConductiviteHydraulique	Indice DRASTIC - cote C (conductivité hydraulique)	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_MilieuAquifere	Indice DRASTIC - cote A (milieu aquifère)	INRS-ETE_Donnees.gdb
Qualité de l'eau	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_Pente	Indice DRASTIC - cote T (pente)	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_ProfondeurNappe	Indice DRASTIC - cote D (profondeur nappe)	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_Recharge	Indice DRASTIC - cote R (recharge)	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_TypeDeSol	Indice DRASTIC - cote S (type de sol)	INRS-ETE_Donnees.gdb
Groupes géochimiques	X	L22_VulnerabiliteAquiferesRegionaux_ZoneVadose	Indice DRASTIC - cote I (zone vadose)	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauPotable	Dépassements critères de potabilité	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauEsthetique	Dépassements critères esthétiques	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	INRS_PtsDeContrôle_QualiteEauEsthetique_InSitu	Dépassements critères esthétiques InSitu	INRS-ETE_Donnees.gdb
Zones d'eau saumâtre	X	INRS_ZoneEauSaumatre	Zone d'eau saumâtre	INRS-ETE_Donnees.gdb
	X	L24_QualiteEau_GroupesGeochemiques	Groupes géochimiques	INRS-ETE_Donnees.gdb

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

## Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique

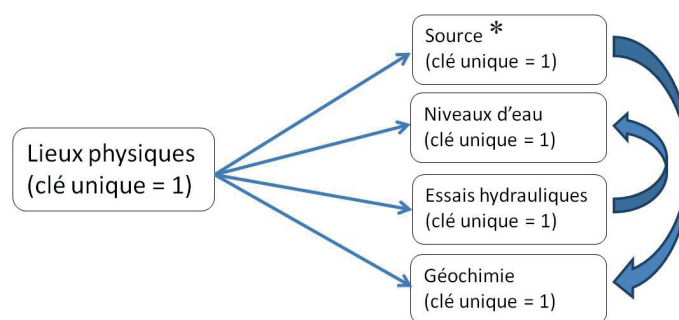
Notion hydrogéologique	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Géodatabase
Modèle numérique de terrain		L03_ModeleNumeriqueTerrain_Elevation	Modèle numérique altimétrique	INRS-ETE_Donnees.gdb
		L03_ModeleNumeriqueTerrain_Ombrage	Ombrage	INRS-ETE_Donnees.gdb
Pente du sol		MTRE_Pente_degrees	Pente (degrés) - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
		MTRE_Pente_pourcentage	Pente (pourcentage) - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Limites de bassins et de sous-bassins		CEHQ_n1_bh_s	Bassins versants niveau 1	INRS-ETE_Donnees.gdb
		CEHQ_n2_bh_s	Bassins versants niveau 2	INRS-ETE_Donnees.gdb
Milieux humides		MDDEFP_MilieuxHumidesPotentiels	Milieux humides potentiels	INRS-ETE_Donnees.gdb
Géologie du socle rocheux		Formations_superficielles	Géologie des formations superficielles	CGC_Donnees.gdb
Coupes stratigraphiques		Geologie_roc	Géologie du socle rocheux	CGC_Donnees.gdb
Piézométrie et profondeur de la nappe		INRS_LocalisationCoupes	Localisation coupes stratigraphiques	INRS-ETE_Donnees.gdb
Topographie du roc		INRS_PtsDeControle_TopographieDuRoc	Points contrôle topographie du roc	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MTRE_Topographie_roc	Topographie roc - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Paramètres hydrauliques		INRS_PtsDeControle_ConductiviteHydraulique	Conductivité hydraulique	INRS-ETE_Donnees.gdb
		INRS_ConductiviteHydraulique	Points contrôle conductivité hydraulique	INRS-ETE_Donnees.gdb
Activités anthropiques		INRS_DensiteActivitesAnthropiquesContours	75e percentile densité activités anthropiques	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MTRE_Activites_anthropiques	Densité des activités anthropiques - MTE	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Utilisation de l'eau		INRS_TypeApprovisionnementMunicipaux_BDGA	Type d'approvisionnement municipal	INRS-ETE_Donnees.gdb
		INRS_UtilisationEauParMRC	Utilisation de l'eau souterraine par MRC	INRS-ETE_Donnees.gdb
		INRS_UtilisationEauParMRC	Utilisation totale d'eau par MRC	INRS-ETE_Donnees.gdb
		EC_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques d'Environnement Canada	INRS-ETE_Donnees.gdb
		IRDA_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques de l'IRDA	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MDDEFP_StationsHydrométriques	Stations hydrométriques du MDDEFP	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MDDEFP_StationsMeteorologiques	Stations météorologiques du MDDEFP	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MDDEFP_StationsPiézométriques	Stations piézométriques du MDDEFP	INRS-ETE_Donnees.gdb
		MTRE_Zone_Etude	Zone d'étude - MTE	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Essais	Essais hydrauliques	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Geochimie	Géochimie	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	CH_BDTerrain.gdb

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

# Les données ponctuelles

Les livrables des projets 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 **CH\_BDTerrain.gdb**, on retrouve le champ commun **No DCH du lieu physique** 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 MDDELCC, 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.



\* Il n'y a pas d'information concernant les sources pour le PACES en Montérégie Est, cette couche n'existe donc pas pour ce projet

Pour chacune des couches de données ponctuelles, 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 de la couche cartographique **CH\_Niveau\_eau** (alias : Niveau d'eau). Les données des tables relationnelles sont liées au lieu physique par la clé unique. Plusieurs informations peuvent se rapporter à la même clé unique (ex. : plusieurs niveaux d'eau pour le même puits). Le rapport entre la clé unique et les tables relationnelles est donc d'un à plusieurs.

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table	Géodatabase
CH_Lieu_physique	Lieux physiques	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.	CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Description des matériaux géologiques (dépôts meubles ou roc) observés.	
CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	Mesures de niveau d'eau prises dans un lieu physique, par rapport à la surface du sol.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau.	CH_BDTerrain.gdb
CH_Essais	Essais hydrauliques	Essais hydrauliques réalisés dans un lieu physique (essais de pompage ou de conductivité hydraulique)	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique.	
CH_Geochimie	Géochimie	Analyses chimiques réalisées sur des échantillons d'eau souterraine provenant d'un lieu physique.	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.	

# Le projet mxd pour cet atelier

Afin de faciliter l'utilisation des données géospatiales, le **projet mxd**  **AtelierB\_MTE.mxd** a été préparé pour une utilisation dans l'interface  **ArcMap**.

## Présentation générale

### Échelles d'affichage





Afin de réduire les erreurs d'interprétation, les données ont pour la plupart une restriction au niveau de leur échelle d'affichage :

- Pour les données vectorielles de lignes et de polygones et les données matricielles, la restriction de l'échelle d'affichage est fixée entre 1 : 1 500 000 et 1 : 5 000.






































### Relations avec les tables relationnelles

Les **tables relationnelles** sont déjà reliées aux couches vectorielles auxquelles elles sont associées dans le **projet mxd**. La clé unique **No DCH du lieu physique** relie les attributs à son objet.

### Hyperliens

Des hyperliens ont été préparés afin d'afficher dans l'interface  **ArcMap** les images des profils hydrostratigraphiques régionaux interprétés en profondeur contenues dans le dossier  **INRS-ETE\_Coupes\_PDF**. À l'aide de l'outil  Hyperlink de la barre d'outils Tools, cliquez sur la trace d'une coupe de la **couche**  INRS\_LocalisationCoupes (alias : Localisation coupes stratigraphiques).



## Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

-   **PACES - Montérégie-Est**
  -   Zone d'étude - MTE
  -   DONNEES CONFIDENTIELLES
    -   Limites administratives
    -   Voies de communication
    -   Hydrographie
    -   Courbes de niveau
    -   Occupation du sol
    -   Affectations du territoire
  -   DONNEES PONCTUELLES
    -   Lieux physiques
    -   Niveau d'eau
    -   Essais hydrauliques
    -   Géochimie
  -   DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
    -   Epaisseur depots meubles
    -   Contextes hydrogeologiques
    -   Conditions de confinement
    -   Piezometrie et profondeur de la nappe
    -   Recharge et resurgence
    -   Vulnerabilite DRASTIC
    -   Qualite eau
  -   AUTRES DONNEES
    -   Modèle numérique de terrain
    -   Pente sol
    -   Limites bassins
    -   Milieux humides
    -   Géologie des formations superficielles
    -   Geologie du socle rocheux
    -   Coupes stratigraphiques
    -   Topographie roc
    -   Paramètres hydrauliques
    -   Activites anthropiques
    -   Utilisation eau
    -   Stations mesure
  -   EXERCICES

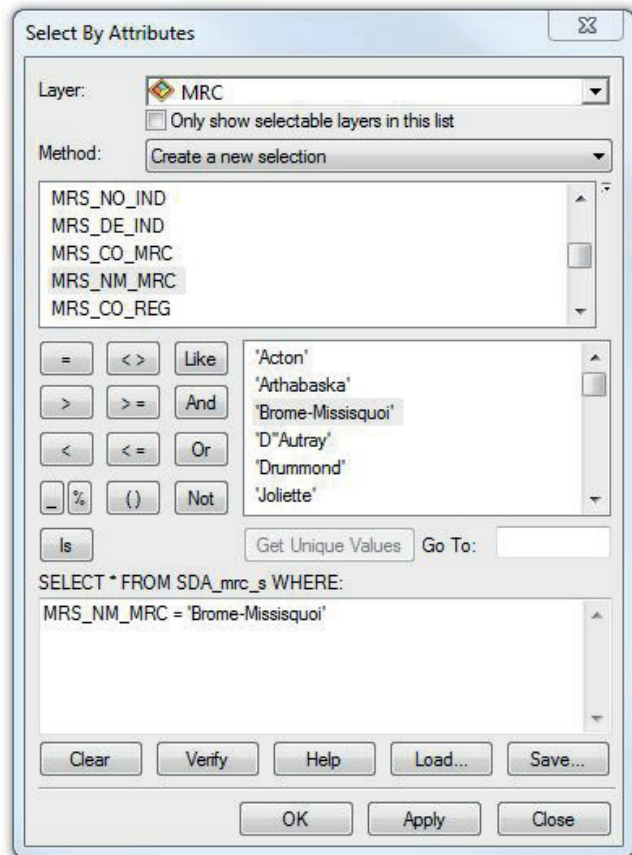


# Préparez vos données : découpage de votre territoire

## 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.

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



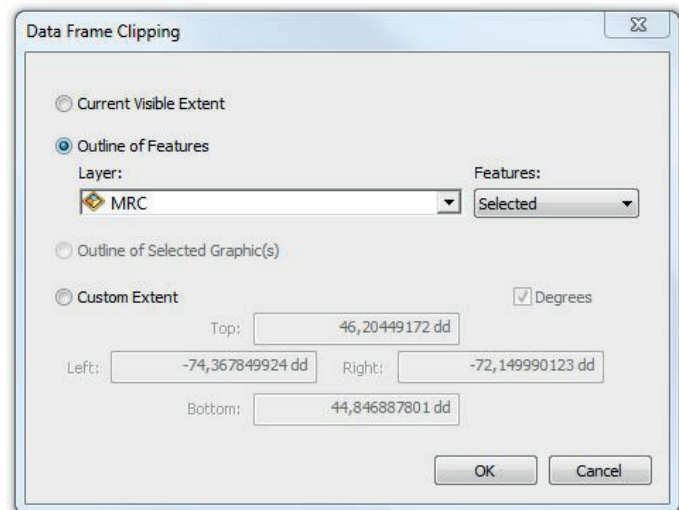
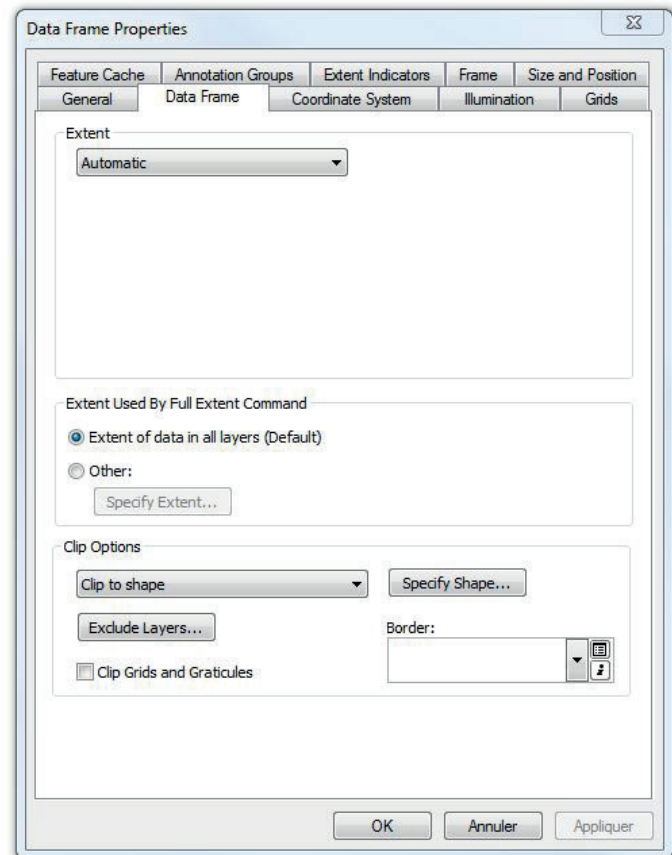


# Préparez vos données : découpage de votre territoire

## 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 - Montérégie-Est** dans la table des matières du **projet mxd** et en sélectionnant Propriétés (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 maintenant être affichables dans **ArcMap**.

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








# 3

---

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

Le déroulement de cet exercice s'étendra durant tout le reste de l'avant-midi. Vous devrez manipuler les données géospatiales disponibles afin de comprendre les contextes hydrogéologiques que l'on retrouve sur votre territoire.

Cet exercice se déroule en binôme, dans le local informatique, à l'aide du logiciel  ArcGIS. Vous devrez visualiser les [aquifères](#) et leurs caractéristiques pour votre territoire. Vous devrez lire les données géospatiales correspondant à plusieurs notions hydrogéologiques et chercher à les comprendre en répondant à des questions d'interprétation proposée dans le cahier du participant. Vous travaillerez ainsi directement sur les pages du cahier du participant.

Vous pourrez poser des questions et valider vos réponses avec un des experts en hydrogéologie qui circulera dans le local informatique durant toute la durée de l'exercice. Certains animateurs spécialisés en géomatique pourront aussi vous guider dans les aspects techniques du logiciel.











# Épaisseur des dépôts meubles

## Description











Le terme «**dépôt meuble**» renvoie à tout matériau granulaire ou sédiment ([sable](#), [gravier](#), [argile](#), dépôts organiques, etc.) n'étant pas constitué par la roche en place. Leur épaisseur est estimée en interpolant les données ponctuelles (forage, levés géophysiques, affleurements rocheux) pour lesquelles de l'information concernant la profondeur de la limite entre les dépôts meubles et le socle rocheux est disponible. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend en grande partie de la densité des données disponibles à proximité.

Atelier A, cahier du participant, pp. 26 et 52














## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 INRS_PtsDeControle_EpaisseurDesDepots	Points de contrôle épaisseur des dépôts	Mesures d'épaisseur des <a href="#">dépôts meubles</a> (points de contrôle) provenant des forages, des données géophysiques, des affleurements rocheux et des distributions de sédiments du Quaternaire	 INRS-ETE_Donnees.gdb
 MTRE_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - MTE	Épaisseur totale en mètres des <a href="#">dépôts meubles</a>	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 MTRE_Epaisseur_argile	Épaisseur argile - MTE	Épaisseur en mètres des sédiments argileux.	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 MTRE_Epaisseur_sous_argile	Épaisseur sous argile - MTE	Épaisseur en mètres des <a href="#">dépôts meubles</a> situés sous l' <a href="#">argile</a>	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 MTRE_Epaisseur_sur_argile	Épaisseur sur argile - MTE	Épaisseur en mètres des <a href="#">dépôts meubles</a> qui recouvrent l' <a href="#">argile</a>	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb









## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur totale des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 2,5 - 4  4 - 5  5 - 7	Épaisseur nulle ou faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'<a href="#">aquifère</a> de <a href="#">dépôts meubles</a> peu probable</li> <li><a href="#">Aquitard</a> causant des conditions de <a href="#">nappe semi-captive</a> possible</li> <li><a href="#">Aquifère de roc fracturé</a> toujours présent sous les <a href="#">dépôts meubles</a></li> </ul>
 5 - 7  7 - 9	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Aquifère</a> de <a href="#">dépôts meubles</a> au potentiel limité possible</li> <li><a href="#">Aquitard</a> causant des conditions de <a href="#">nappe captive</a> possible</li> <li><a href="#">Aquifère de roc fracturé</a> toujours présent sous les <a href="#">dépôts meubles</a></li> </ul>
 9 - 12  12 - 17  17 - 25  25 - 33,5  > 33,5	Épaisseur élevée 8 à 24 m	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Aquifère</a> de <a href="#">dépôts meubles</a> au potentiel élevé possible</li> <li><a href="#">Aquitard</a> causant des conditions de <a href="#">nappe captive</a> possible</li> <li><a href="#">Aquifère de roc fracturé</a> toujours présent sous les <a href="#">dépôts meubles</a></li> </ul>

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des sédiments argileux (m)	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 > 0 - 0,75  0	Épaisseur nulle ou faible 0 à 1 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de couche imperméable (<a href="#">aquitard</a>)</li> <li>• <a href="#">Nappe</a> sous-jacente <a href="#">libre</a>, vulnérable à la contamination depuis la surface</li> </ul>
 2,5 - 5  1,5 - 2,5  0,75 - 1,5	Épaisseur moyenne 1 à 5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couche imperméable (<a href="#">aquitard</a>) de faible épaisseur</li> <li>• <a href="#">Nappe</a> sous-jacente <a href="#">semi-captive</a>, modérément protégée de la contamination depuis la surface</li> </ul>
 > 35  28 - 35  24 - 28  20 - 24  15 - 20  10 - 15  7,5 - 10  5 - 7,5	Épaisseur élevée 5 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couche imperméable (<a href="#">aquitard</a>) d'épaisseur élevée</li> <li>• <a href="#">Nappe</a> sous-jacente <a href="#">captive</a>, bien protégée de la contamination depuis la surface</li> </ul>

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des sédiments sous ou sur l'argile (m)	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 2,5 - 5  1,5 - 2,5  0,75 - 1,  > 0 - 0,7  0	Épaisseur nulle ou faible 0 à 5 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'aquifère de dépôts meubles peu probable car l'épaisseur est trop mince</li> <li>Pas d'aquitard</li> </ul>
 7,5 - 10  5 - 7,5	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si composé de sédiments relativement grossiers et saturés d'eau</li> <li>Aquitard causant des conditions de nappe semi-captive possible si des sédiments fins de plus de 3 m d'épaisseur sont présents parmi ces sédiments indifférenciés</li> </ul>
 > 10	Épaisseur élevée 10 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si composé de sédiments relativement grossiers et saturés en eau</li> <li>Aquitard causant des conditions de nappe semi-captive possible si des sédiments fins de plus de 3 m d'épaisseur sont présents parmi ces sédiments indifférenciés</li> </ul>



## Questions d'interprétation

Où pourraient se situer les aquifères de dépôts meubles au potentiel élevé sur mon territoire? Quelles informations sont manquantes pour confirmer la présence de ces aquifères?

Où pourraient se situer les aquitards suffisamment épais pour causer des conditions de nappe captive sur mon territoire? Où pourraient se situer ceux pouvant causer des conditions de nappe semi-captive?

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 hydrogéologiques

## Description

Les contextes hydrogéologiques sont définis en fonction de la stratigraphie (empilement vertical) des **dépôts meubles** et des caractéristiques du 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**.

**Atelier A, cahier du participant, pp. 28 et 54**



Tout autre paramètre étant égal, les **dépôts meubles** grossiers (de **sables** ou **graviers**) 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 modèles conceptuels, qui représentent une synthèse des connaissances sur les contextes hydrogéologiques le long de coupes verticales passant à travers des secteurs typiques de la région d'étude, peuvent s'avérer utiles pour comprendre les conditions hydrogéologiques rencontrées dans la région.




**Atelier A, cahier du participant, pp. 42 et 45**

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 contextes hydrogéologiques




## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	<i>Contextes hydrogéol. strati. - MTE</i>	Séquences de matériaux meubles typiquement rencontrés sur le territoire à l'étude	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contextes hydrogéologiques	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Roc	<b>Aquifère</b> rocheux seulement	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aquifère de roc fracturé à nappe libre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge élevée</li> <li>Vulnérabilité élevée</li> <li>variations de niveau de la <b>nappe</b> élevées</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement peu minéralisée, probablement de qualité acceptable</li> </ul> </li> <li>Pas d'<b>aquifère</b> de dépôts meubles</li> <li>Pas d'aquitard</li> </ul>
 Sédiments indifférenciés sur roc	<b>Aquifère granulaire</b> potentiel et <b>aquifère</b> rocheux	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aquifères</b> de <b>dépôts meubles</b> potentiels et de roc fracturé interconnectés, à <b>nappe libre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge élevée</li> <li>Vulnérabilité élevée</li> <li>Variations de niveau de la <b>nappe</b> élevées</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement peu minéralisée, probablement de qualité acceptable</li> </ul> </li> <li>Pas d'aquitard</li> </ul>
 Sédiments fins sur roc	<b>Aquifère</b> rocheux, recouvert potentiellement recouvert par un <b>aquitard</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aquitard</b> potentiel en surface (en fonction de l'épaisseur)</li> <li><b>Aquifères</b> de roc fracturé à <b>nappe captive</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge faible</li> <li>Vulnérabilité faible</li> <li>Variations de niveau de la <b>nappe</b> faibles</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être passable ou non potable</li> </ul> </li> <li>Pas d'<b>aquifère</b> granulaire</li> </ul>

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contexte hydrogéologique	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Sédiments fins sur sédiments indifférenciés sur roc	Aquifère granulaire potentiel et aquifère rocheux, recouverts potentiellement par un aquitard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquitard potentiel en surface (en fonction de l'épaisseur)</li> <li>• Aquifères de dépôts meubles potentiels enfouis et de roc fracturé, probablement à nappe captive               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharge faible</li> <li>• Vulnérabilité faible</li> <li>• Variations de niveau de la nappe faibles</li> <li>• Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être passable ou non potable</li> </ul> </li> </ul>
 Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur roc	Aquifère rocheux, recouvert potentiellement par un aquitard et un aquifère granulaire superficiel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquifère de dépôts meubles potentiel en surface, à nappe libre               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharge élevée</li> <li>• Vulnérabilité élevée</li> <li>• Variations de niveau de la nappe élevées</li> <li>• Eau souterraine possiblement peu minéralisée, probablement de qualité acceptable</li> </ul> </li> </ul>
 Sédiments indifférenciés sur sédiments fins sur till sur roc		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence potentielle d'un aquitard (en fonction de l'épaisseur)</li> <li>• Aquifère de roc fracturé probablement à nappe captive               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recharge faible</li> <li>• Vulnérabilité faible</li> <li>• Variations de niveau de la nappe faibles</li> <li>• Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être passable ou non potable</li> </ul> </li> </ul>



### Questions d'interprétation

Où pourraient se situer les aquifères à nappe libre au potentiel élevé sur mon territoire? Comment pourraient être qualifiés les paramètres hydrogéologiques de ces aquifères (recharge, vulnérabilité, niveau de la nappe, qualité de l'eau)?

Où pourraient se situer les aquifères à nappe captive au potentiel élevé sur mon territoire? Comment pourraient être qualifiés les paramètres hydrogéologiques de ces aquifères (recharge, vulnérabilité, niveau de la nappe, qualité de l'eau)?

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. L'épaisseur des **dépôts meubles** qui sont peu perméables à l'écoulement de l'eau (ex. : **silt** et **argile**) fournit de bonnes indications des conditions de confinement et a été utilisée ici pour définir trois catégories pour l'**aquifère** rocheux régional.

**Atelier A, cahier du participant, pp. 30 et 56**

## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 MTRE_Conditions_confinement	<i>Confinement roc - MTE</i>	Conditions de confinement définies pour l' <b>aquifère</b> rocheux régional : <b>nappe libre</b> , <b>semi-captive</b> et <b>captive</b>	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Conditions de confinement		Signification	Informations générales à tirer de la notion
	Captif (> 5 m d'argile)	<b>Nappe captive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recharge</b> faible</li> <li>• <b>Vulnérabilité</b> faible</li> <li>• Variations de niveau de la <b>nappe</b> faibles*</li> <li>• <b>Eau souterraine</b> possiblement très minéralisée, dont la qualité pourrait être non potable**</li> <li>• Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de roc fracturé seulement</li> </ul>
	Semi-captif (1-5 m d'argile)	<b>Nappe semi-captive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recharge</b> faible à moyenne</li> <li>• <b>Vulnérabilité</b> faible à moyenne</li> </ul>
	Semi-captif (< 1 m d'argile; > 3 m de sédiments indifférenciés)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variations de niveau de la <b>nappe</b> moyennes*</li> <li>• <b>Eau souterraine</b> possiblement modérément minéralisée, probablement de qualité passable**</li> <li>• Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
	Libre	<b>Nappe libre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recharge</b> moyenne à élevée</li> <li>• <b>Vulnérabilité</b> moyenne à élevée</li> <li>• Variations de niveau de la <b>nappe</b> moyennes à élevées*</li> <li>• <b>Eau souterraine</b> possiblement faiblement minéralisée, de qualité probablement acceptable**</li> <li>• Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>

\*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 zones à recharge et vulnérabilité faibles sur mon territoire ? À quel type de qualité de l'eau s'attend-on et pourquoi?

Où se situent les zones à recharge et vulnérabilité élevées sur mon territoire ? À quel type de qualité de l'eau s'attend-on et pourquoi?

Les autres observations sur mon territoire d'action

# Piézométrie et profondeur de la nappe

## 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**, la **charge hydraulique** correspond à la surface de la **nappe** dans l'**aquifère**. Dans le cas d'un **aquifère à nappe captive**, la **charge hydraulique** représente l'élévation de la «pression» au sein de l'**aquifère**. Par exemple, si l'**aquifère** du roc est situé sous 20 m d'**argile**, la **charge hydraulique** peut correspondre à une profondeur de 1 m sous la surface du sol. La piézométrie serait donc 19 m au-dessus de l'**aquifère**.

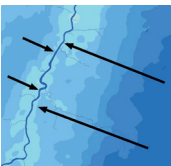


La **surface piézométrique** est interprétée en interpolant les données ponctuelles qui possèdent de l'information sur le niveau d'eau. Elle permet de connaître le sens de l'écoulement de l'**eau souterraine** dans l'**aquifère**, qui s'écoule des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie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

Atelier A, cahier du participant, pp. 32 et 58

## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
INRS_PtsDeControle_PiezometrieRoc	Points de contrôle piézométrie du roc	Mesures d'élévation du niveau de l' <b>eau souterraine</b> prises dans un puits (points de contrôle)	INRS-ETE_Donnees.gdb
MTRE_Piezo_roc	Piézométrie roc - MTE	Élévation en mètres à partir du niveau moyen de la mer de la surface de l' <b>aquifère</b> régional de roc fracturé	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
L20_Profondeur_NappeRoc	Profondeur de la <b>nappe</b> dans le roc	Profondeur de la <b>nappe</b> pour l' <b>aquifère</b> régional de roc fracturé	INRS-ETE_Donnees.gdb

## Interprétation générale de la couche d'informations

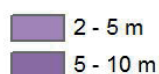
Légende : Niveau piézométrique (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
	Altitude de la <b>nappe</b> et direction d'écoulement de l' <b>eau souterraine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altitude de la <b>nappe</b> par rapport au niveau moyen de la mer (différent de la profondeur de la <b>nappe</b>)</li> <li>Écoulement de l'<b>eau souterraine</b> depuis les niveaux piézométriques plus élevés (amont) vers les plus faibles (aval)</li> <li>Direction d'écoulement généralement vers les cours d'eau</li> <li><b>Surface piézométrique</b> souvent semblable à la topographie, mais adoucie (plus plane)</li> <li>Identification des zones de <b>recharge</b> (niveaux piézométriques élevés) et de <b>résurgence</b> (niveaux piézométriques faibles)</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
	Forte pente de la <b>surface piézométrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Écoulement souterrain rapide si la <b>conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b> est élevée (ex. : composé de <b>sable</b> et de <b>gravier</b>)</li> <li><b>Temps de résidence</b> court de l'<b>eau souterraine</b> si la <b>conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b> est élevée</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement faiblement minéralisée, de qualité probablement acceptable</li> </ul>
	Pente de la <b>surface piézométrique</b> faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Écoulement souterrain lent si la <b>conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b> est faible (ex. : composé de <b>silt</b> et d'<b>argile</b>)</li> <li><b>Temps de résidence</b> long de l'<b>eau souterraine</b> si la <b>conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b> est faible</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement fortement minéralisée, dont la qualité pourrait être non potable</li> </ul>

**Légende :****Profondeur de la nappe (m)****Signification****Information générale à tirer de la notion**

< 1 m  
1 - 2 m

Profondeur faible  
0 à 2 m

- Les précipitations atteindront rapidement la **nappe**, particulièrement si le matériau de la **zone vadose** est perméable
- Peut indiquer des zones de **résurgence** en surface de l'**eau souterraine**
- Contribue à une hausse de la **vulnérabilité**
- Déterminé pour l'**aquifère** de **roc fracturé** seulement



2 - 5 m  
5 - 10 m

Profondeur moyenne  
2 à 10 m

- Les précipitations atteindront relativement rapidement la **nappe**, particulièrement si le matériau de la **zone vadose** est perméable
- Contribue à une hausse de la **vulnérabilité**
- Déterminé pour l'**aquifère** de **roc fracturé** seulement



10 - 25 m

Profondeur élevée  
10 à 25 m

- Les précipitations atteindront la **nappe** peu rapidement (quelques jours, voire semaines), en fonction du matériau de la **zone vadose**
- Contribue à une diminution de la **vulnérabilité**
- Déterminé pour l'**aquifère** de **roc fracturé** seulement



> 25 m

Profondeur très élevée  
25 m et plus

- Les précipitations atteindront la **nappe** après plusieurs semaines, voire mois, en fonction du matériau de la **zone vadose**
- Contribue à une diminution de la **vulnérabilité**
- Déterminé pour l'**aquifère** de **roc fracturé** seulement

**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?

Sur mon territoire, où se situent les zones où la nappe d'eau souterraine est profonde et inversement, où il pourrait y avoir résurgence d'eau souterraine ? De quelle façon les précipitations atteindront la nappe (rapidement, lentement) dans ces deux cas?

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.





Atelier A, cahier du participant, pp. 34 et 60

La **résurgence** correspond à l'exutoire de l'**eau souterraine** qui refait surface, soit sous forme de source, soit dans les cours d'eau ou les milieux humides. Les **résurgences** peuvent se produire lorsque le **niveau piézométrique** de la **nappe** d'un **aquifère** dépasse le niveau de la surface du sol. On les retrouve généralement là où le gradient hydraulique est élevé (ex. : dans les pentes pour les sources et dans le fond des vallées pour les rivières)






## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 MTRE_Recharge_preferentielle	<i>Recharge préférentielle - MTE</i>	Zones où l'infiltration d'eau vers l' <b>aquifère</b> régional de <b>roc fracturé</b> est jugée significative (supérieure à 250 mm/an et où on retrouve la présence d'un dôme piézométrique (superficie > 1 km <sup>2</sup> hors des zones captives)	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 MTRE_Resurgence	<i>Résurgence préférentielle - MTE</i>	Zones où l'exfiltration d' <b>eau souterraine</b> de l' <b>aquifère</b> régional de <b>roc fracturé</b> est jugée significative	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	<i>Recharge annuelle HELP - MTE</i>	<b>Recharge</b> moyenne annuelle en mm/an de l' <b>aquifère</b> régional de <b>roc fracturé</b> évaluée avec le modèle HELP	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende :		
Recharge (mm/an) ou résurgence	Signification	Information générale à tirer de la notion
 < 13,5  13,5 - 25  25 - 37,5	<b>Recharge</b> faible 0 à 50 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence probable de <b>dépôts meubles</b> peu perméables en surface</li> <li><b>Vulnérabilité</b> probablement faible</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement très minéralisée, dont la qualité pourrait être non potable</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
 37,5 - 145	<b>Recharge</b> moyenne 50 à 150 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence probable de <b>dépôts meubles</b> modérément perméables en surface</li> <li><b>Vulnérabilité</b> probablement faible à moyenne</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement modérément minéralisée, dont la qualité pourrait être passable</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>

## Interprétation générale de la couche d'informations (suite)

Légende :		
Recharge (mm/an) ou résurgence	Signification	Information générale à tirer de la notion
 145 - 205  205 - 265	<b>Recharge</b> élevée 150 à 250 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence probable de <b>dépôts meubles</b> perméables en surface ou peu épais, ou affleurement rocheux</li> <li><b>Vulnérabilité</b> probablement moyenne à élevée</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement peu minéralisée, probablement de qualité acceptable</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
 205 - 265  Zone de recharge préférentielle	<b>Recharge</b> préférentielle 250 mm/an et plus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence probable de <b>dépôts meubles</b> perméables en surface ou peu épais, ou affleurement rocheux</li> <li><b>Vulnérabilité</b> probablement élevée</li> <li><b>Eau souterraine</b> possiblement peu minéralisée, probablement de qualité acceptable</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
 Zone de résurgence préférentielle	Zones de <b>résurgence</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Pas de recharge</b></li> <li>Mélange d'<b>eau souterraine</b> dans l'eau de surface si résurgence a lieu dans un cours d'eau</li> <li>Assure le débit de base des cours d'eau</li> <li>Provoque parfois ou maintient des milieux humides</li> <li>La qualité de l'<b>eau souterraine</b> dépend de sa provenance, en amont</li> <li>Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>



### Questions d'interprétation

Où se situent les zones de renouvellement rapide ou très rapide de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quelles en sont les causes principales ?

Où se situent les zones de renouvellement très lent de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quelles en sont les causes principales ?

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**.

Atelier A, cahier du participant, pp. 36 et 62


## Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 MTRE_DRASTIC	Indice DRASTIC - MTE	Évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère régional de roc fracturé à l'aide de la méthode DRASTIC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 < 85  85 - 100	<b>Vulnérabilité faible</b> indice de 100 ou moins*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquifère rocheux bien protégé de la contamination provenant directement de la surface</li> <li>• On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (D) Profondeur de la <b>nappe</b> élevée</li> <li>○ (R) <b>Recharge</b> faible</li> <li>○ (A) <b>Aquifère</b> peu perméable</li> <li>○ (S) Sol en surface peu perméable</li> <li>○ (T) Forte pente du sol</li> <li>○ (I) <b>Zone vadose</b> peu perméable</li> <li>○ (C) Faible <b>conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b></li> </ul> </li> <li>• Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral</li> <li>• Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>
 100 - 145  145 - 160	<b>Vulnérabilité moyenne</b> indice entre 100 et 160*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquifère rocheux modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface</li> <li>• On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (D) Profondeur de la <b>nappe</b> moyenne</li> <li>○ (R) <b>Recharge</b> moyenne</li> <li>○ (A) <b>Aquifère</b> modérément perméable</li> <li>○ (S) Sol en surface modérément perméable</li> <li>○ (T) Pente du sol moyenne</li> <li>○ (I) <b>Zone vadose</b> modérément perméable</li> <li>○ (C) <b>Conductivité hydraulique</b> de l'<b>aquifère</b> moyenne</li> </ul> </li> <li>• Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral</li> <li>• Déterminé pour l'<b>aquifère</b> de <b>roc fracturé</b> seulement</li> </ul>

## Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 > 160	Vulnérabilité élevée indice de 160 ou plus*	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aquifère rocheux peu protégé de la contamination provenant directement de la surface</li><li>• On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :<ul style="list-style-type: none"><li>○ (D) Profondeur de la nappe faible</li><li>○ (R) Recharge élevée</li><li>○ (A) Aquifère très perméable</li><li>○ (S) Sol en surface très perméable</li><li>○ (T) Faible pente du sol</li><li>○ (I) Zone vadose très perméable</li><li>○ (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée</li></ul></li><li>• Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral</li><li>• Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement</li></ul>

\*Ces limites sont légèrement différentes de celles définies par le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Q-2, r 35.2, Article 53). Les plages des indices ont été symbolisées en utilisant les percentiles de la distribution des valeurs d'indice DRASTIC obtenues dans la région d'étude. Un tel mode de présentation permet de mieux illustrer l'importance relative de la vulnérabilité dans la région d'étude.



### 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.

**Atelier A, cahier du participant, pp. 38, 40, 64 et 66**

## Couches de données géospatiales concernées













Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 INRS_PtsDeControle_QualiteEauPotable	Dépassements critères de potabilité	Comparaison de la concentration d'un composé chimique avec la concentration maximale acceptable pour les points de contrôle du PACES (86% de l'aquifère régional de roc fracturé et 14% d'aquifère dans les dépôts meubles)	 INRS-ETE_Donnees.gdb
 INRS_PtsDeControle_QualiteEauEsthetique	Dépassements critères esthétiques	Comparaison de la concentration d'un composé chimique avec l'objectif esthétique pour les points de contrôle du PACES (86% de l'aquifère régional de roc fracturé et 14% d'aquifère s dans les dépôts meubles)	 INRS-ETE_Donnees.gdb
 INRS_PtsDeControle_QualiteEauEsthetique_InSitu	Dépassements critères esthétiques InSitu	Comparaison de la concentration d'un composé chimique avec l'objectif esthétique pour les points de contrôle (mesures in situ) du PACES (86% de l'aquifère régional de roc fracturé et 14% d'aquifère dans les dépôts meubles)	 INRS-ETE_Donnees.gdb
 INRS_ZoneEauSaumatre	Zone d'eau saumâtre	Zone où les concentrations disponibles en chlorures, en bromures, en matières dissoutes totales ainsi que les valeurs de conductivité électrique dépassent les critères existants ou établis pour l'eau saumâtre	 INRS-ETE_Donnees.gdb
 L24_QualiteEau_GroupesGeochemiques	Groupes géochimiques	Groupes géochimiques correspondant à des regroupements de résultats d'analyses basés sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau souterraine de l'aquifère régional de roc fracturé	 INRS-ETE_Donnees.gdb

## Interprétation générale des couches d'informations

Légende : Groupes géochimiques et dépassements des critères de qualité de l'eau	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Eau non potable		
 Limite approximative de la zone d'eau saumâtre	Zone d'eau saumâtre non potable	
 Arsenic > 0.01 mg/l  Baryum > 1 mg/l  Chrome > 0.05 mg/l  Fluorure > 1.5 mg/l  Nitrate - Nitrite > 10 mg/l  Uranium > 0.02 mg/l	Dépassements de concentrations maximales acceptables (CMA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau souterraine de mauvaise qualité</li> <li>Eau de l'aquifère de roc fracturé non potable</li> <li>Risque pour la santé</li> </ul>



## Interprétation générale des couches d'informations

Légende : Groupes géochimiques et dépassements des critères de qualité de l'eau	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Eau de qualité passable	Zone d'eau de qualité passable	
 Matières dissoutes totales > 200 mg/l  Chlorures > 250 mg/l  Sodium > 200 mg/l  Fer > 0.3 mg/l  Manganèse > 0.05 mg/l  Dureté > 200 mg/l  Sulfate > 500 mg/l  Sulfure 0.05 > mg/l  pH < 6.5  pH > 8.5	Dépassements d'objectifs esthétiques (OE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau souterraine de qualité moyenne</li> <li>• Eau de l'aquifère de roc fracturé potable, mais peu intéressante</li> <li>• Désagréments esthétiques (couleur, odeur, goût, formation de dépôts sur les vêtements lors de la lessive), mais sans risque pour la santé</li> </ul>
 Eau de qualité acceptable	Zone d'eau de qualité acceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau souterraine de bonne qualité</li> <li>• Eau de l'aquifère de roc fracturé potable</li> <li>• Sans désagrément esthétique et risque pour la santé</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun dépassement</li> </ul>	Aucun dépassement	

### 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 objectifs esthétiques sont rarement respectés sur mon territoire?

Quelle est la qualité générale de l'eau souterraine sur mon territoire?

Les autres observations sur mon territoire d'action

# Les autres résultats du PACES

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
<b>Topographie</b>	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.
<b>Routes, limites administratives et toponymie</b>	Limites de la zone d'étude du PACES, des régions, des MRC et des municipalités. Toponymie des lieux habités. Autoroutes, routes, rues et chemins de fer.	Permet de localiser les données acquises sur l'eau souterraine et les points d'intérêt avoisinants.	s.o.
<b>Modèle numérique de terrain</b>	Voir Topographie		
<b>Pente du sol</b>	Pente de la surface du sol exprimée en degrés ou en pourcentage.	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.
<b>Hydrographie</b>	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.
<b>Limite de bassins et de sous-bassins</b>	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.
<b>Occupation du sol</b>	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.
<b>Couverture végétale</b>	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 sera importante, réduisant ainsi la recharge.
<b>Milieux humides</b>	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.
<b>Affectation du territoire</b>	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.
<b>Pédologie</b>	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
<b>Géologie des formations superficielles</b>	Distribution spatiale des dépôts meubles en surface.	Selon leur nature, les dépôts meubles ont des propriétés hydrogéologiques 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.
<b>Géologie du socle rocheux</b>	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.
<b>Coupes stratigraphiques</b>	Présentation de la stratigraphie (empilement vertical) des dépôts meubles et du roc sous-jacent selon une coupe bidimensionnelle.	Permet de distinguer les unités géologiques desquelles l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des unités qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).	Servent à définir et mieux comprendre les conditions distinctes dans les cinq contextes hydrogéologiques dans la zone d'étude : les zones nord et sud de la Plate-forme du St-Laurent (Basses-terres), les intrusions montérégiennes ainsi que les zones externe (Piémont) et interne (Hautes-terres) des Appalaches.
<b>Topographie du roc</b>	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).
<b>Topographie du roc</b>	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).
<b>Paramètres hydrauliques</b>	Conductivité hydraulique (perméabilité) de l'aquifère de roc fracturé.	Indique la capacité du matériau géologique à permettre l'écoulement de l'eau souterraine dans ses pores ou ses fractures, ce qui détermine son caractère aquifère ou aquitard.	La conductivité hydraulique diminue généralement avec la profondeur dans le roc, car la fracturation du roc devient moins en moins importante avec la profondeur. La différence entre les valeurs moyennes de la conductivité hydraulique pour les différents contextes définis en Montérégie Est n'est qu'apparente puisque la profondeur des puits ayant servi à évaluer les paramètres hydrauliques diffère d'un contexte hydrogéologique à un autre.
<b>Activités anthropiques</b>	Densité des activités humaines 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 préférentielles et les zones de vulnérabilité élevée.
<b>Utilisation de l'eau souterraine</b>	Source d'approvisionnement (eau de surface ou souterraine) des réseaux d'aqueduc par municipalité.  Volumes d'eau souterraine prélevés annuellement par MRC pour les utilisations résidentielle, agricole et industrielle/commerciale/institutionnelle (ICI).	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.
<b>Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques</b>	Répartition spatiale des stations de mesures en continu pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie (niveau de l'eau souterraine).	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.
<b>Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques</b>	Répartition spatiale des stations de mesures en continu pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie (niveau de l'eau souterraine).	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.



# 4

---

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

Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir un des trois enjeux suivants 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?

L'exercice comprend trois activités distinctes :

### **Activité 1 – Remue-méninge sur les notions hydrogéologiques utiles aux enjeux d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de réfléchir au cheminement d'analyse que vous pourriez appliquer sur votre territoire pour répondre à l'enjeu ciblé. Voici quelques questions pour vous aider dans votre réflexion :

- *Selon vous, qu'est-ce que l'on cherche?*
- *Quelles sont les caractéristiques des aquifères que nous devrions rechercher?*
- *Quels sont les critères d'analyse?*
- *Quelles sont les informations hydrogéologiques que l'on devrait utiliser?*

Pour réaliser cette activité, vous serez divisés en trois sous-groupes de dix participants maximum. Vous serez accompagnés par un animateur du RQES qui mènera les discussions et sollicitera vos réponses. Un expert en hydrogéologie sera également présent pour répondre à vos questions d'expertise scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninge.

Vos réponses seront inscrites par l'animateur sur une grande feuille blanche qui sera ensuite affichée dans le local informatique. Ainsi, vous pourrez bénéficier des résultats des remue-méninges des autres sous-groupes qui répondent aux deux autres enjeux.

Une démarche d'un expert en hydrogéologie vous sera ensuite proposée. Elle est décrite en détail dans le cahier du participant. Un survol de cette démarche vous sera présenté, avec des explications sur la procédure de géotraitement. C'est cette démarche que vous appliquerez lors de la prochaine activité dans le local informatique. Nous vous prions de garder vos commentaires sur cette démarche pour la fin de la journée, car ils pourront enrichir tous les participants et pas seulement votre sous-groupe de travail.

### **Activité 2 – 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 binôme dans le local informatique, à l'aide du logiciel ArcGIS. Vous devez appliquer sur votre territoire d'action la démarche présentée à l'activité précédente et décrite dans le cahier du participant. Les animateurs et les experts seront présents en tout temps et pourront répondre à vos questions techniques de géomatique ou qui portent sur l'hydrogéologie.

Si vous terminez l'activité avant le temps alloué, nous vous demandons soit de modifier certains critères d'analyse et d'évaluer leur sensibilité sur votre résultat final, ou bien de travailler sur un deuxième enjeu.

Il est important de remplir le questionnaire final pour la présentation de vos résultats, car celui-ci servira lors de l'activité suivante.

### **Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de partager vos résultats avec tous les participants et d'échanger avec les experts en hydrogéologie.

Au moins une équipe par enjeu sera invitée à discuter de leurs résultats en se basant sur le questionnaire final présent dans le cahier des participants. Les résultats cartographiques seront affichés à l'écran afin que tous puissent les voir.

## **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 ?**

# Les résultats du remue-méninges avec les participants

---

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

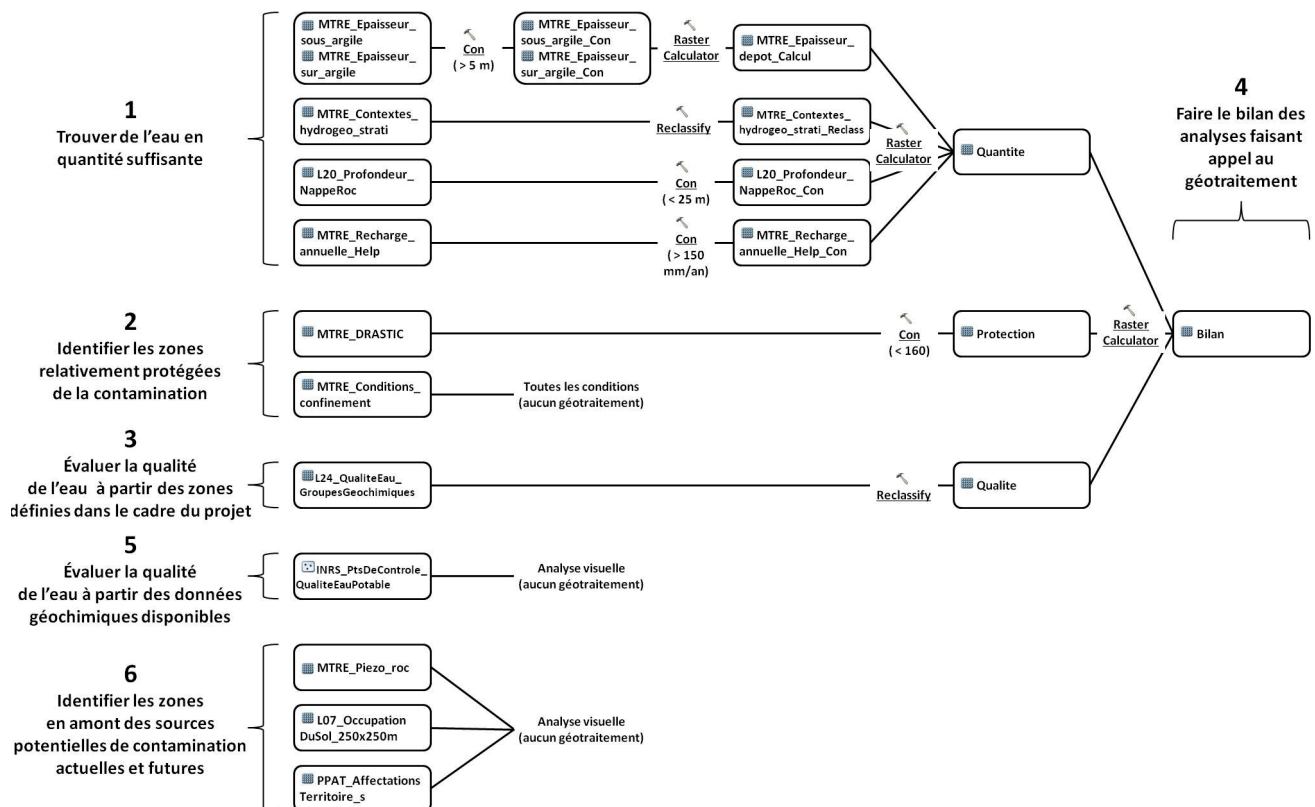


# Synthèse du cheminement d'expert

## Ce qui est recherché

1. Trouver de l'eau en quantité suffisante
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination
3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet
4. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement
5. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles
6. 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 potentielle d'aquifères granulaires d'épaisseur saturée suffisante	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les aquifères granulaires ont généralement une conductivité hydraulique assez élevée et s'ils ont une épaisseur saturée suffisante, ils peuvent fournir un débit adéquat pour alimenter un réseau d'aqueduc.</li><li>• Les aquifères de roc fracturé ont souvent une conductivité hydraulique relativement faible en Montérégie Est et permettent difficilement le pompage d'un débit supérieur à celui nécessaire pour alimenter une ou quelques résidences. Quelques municipalités (16) ont toutefois des puits au roc dans la région.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contrairement à l'aquifère de roc fracturé que l'on retrouve partout sur le territoire, les aquifères granulaires sont plus rares.</li><li>• Une épaisseur saturée de dépôts meubles minimale est nécessaire, car le pompage induit un cône de dépression dans le niveau de la nappe. Une trop faible épaisseur, combinée à un pompage relativement important, pourrait résulter en un assèchement du puits.</li></ul>
Nappe d'eau souterraine peu profonde	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les forages sont plus coûteux pour une nappe profonde et le projet a montré que la conductivité hydraulique diminuait généralement avec la profondeur dans le roc en Montérégie Est.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• À défaut d'avoir une nappe d'eau souterraine peu profonde, il peut être nécessaire, voire avantageux, de forer un puits plus profond.</li><li>• Les nappes profondes peuvent être plus susceptibles d'être protégées de la contamination par des sédiments fins.</li><li>• Bien que la profondeur de la nappe ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la profondeur de la nappe dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li></ul>
Recharge élevée	<ul style="list-style-type: none"><li>• 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.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plus la quantité de personnes à alimenter sera élevée, plus la recharge dans l'aire d'alimentation devra être élevée.</li><li>• 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.</li><li>• Bien que la recharge ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la recharge dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li></ul>

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

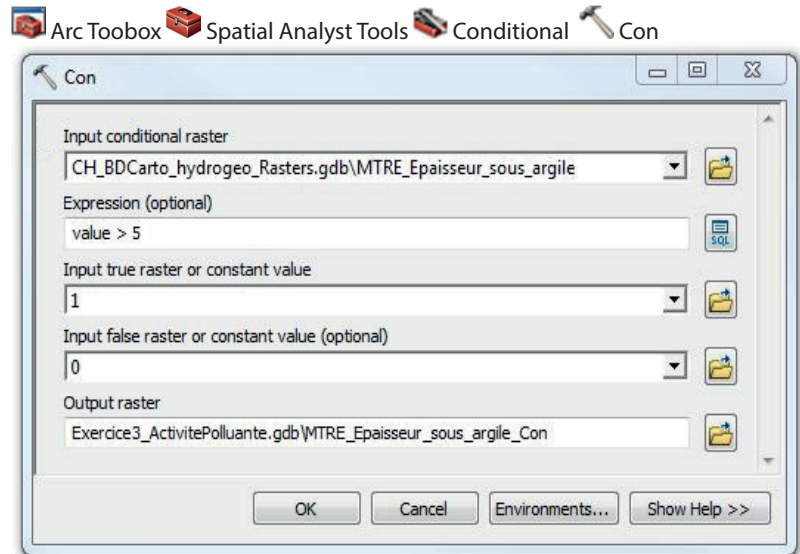
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> )	Critères
	Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_sous_argile  MTRE_Epaisseur_sur_argile	<i>Épaisseur sous argile - MTE</i> <i>Épaisseur sur argile - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Épaisseur moyenne : 5 à 10 m</li> <li>Épaisseur élevée : 10 m et plus</li> </ul>
Présence potentielle d'aquifères granulaires d'épaisseur saturée suffisante	Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	<i>Contextes hydrogéol. strati. - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Aquifère granulaire potentiel</u> et aquifère rocheux</li> <li><u>Aquifère granulaire potentiel</u> et aquifère rocheux, recouverts potentiellement par un aquitard</li> <li>Aquifère rocheux, recouvert potentiellement par un aquitard et un <u>aquifère granulaire superficiel</u></li> </ul>
Nappe d'eau souterraine peu profonde	Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	<i>Profondeur de la nappe dans le roc</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profondeur faible : 0 à 2 m</li> <li>Profondeur moyenne : 2 à 10 m</li> <li>Profondeur élevée : 10 à 25 m</li> </ul>
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	<i>Recharge annuelle HELP - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge élevée : 150 à 250 mm/an</li> <li>Recharge préférentielle : 250 mm/an et plus</li> </ul>


## Procédure étape par étape


### ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

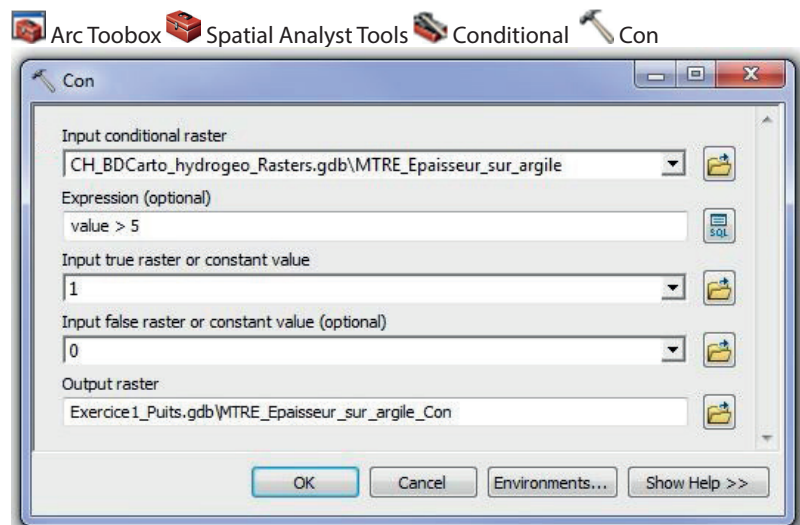
Identifier les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_sous\_argile** (alias : *Épaisseur sous argile – MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_sous\_argile\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



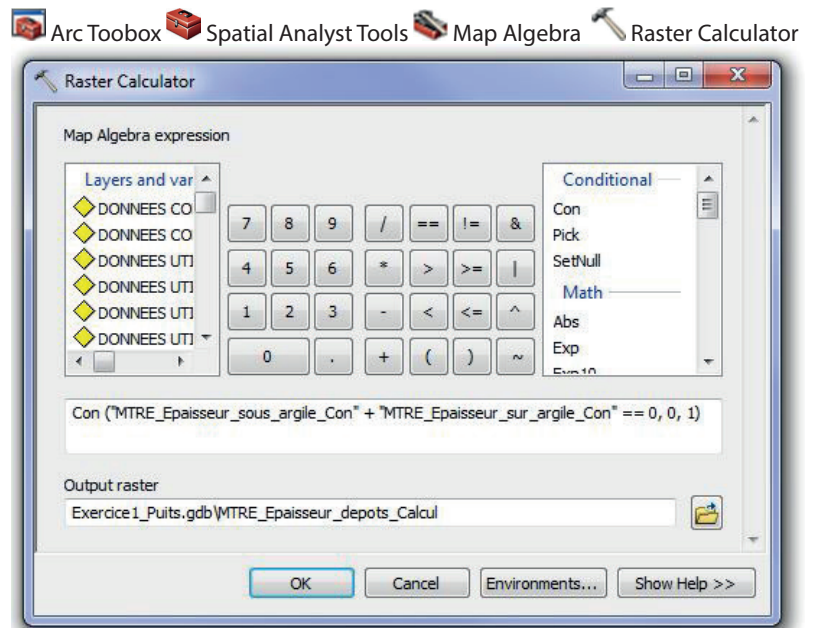
Ensuite, identifier les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_sur\_argile** (alias : *Épaisseur sur argile – MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

Les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_sur\_argile\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



Finalement, combiner les résultats des couches **MTRE\_Epaisseur\_sous\_argile\_Con** et **MTRE\_Epaisseur\_sur\_argile\_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

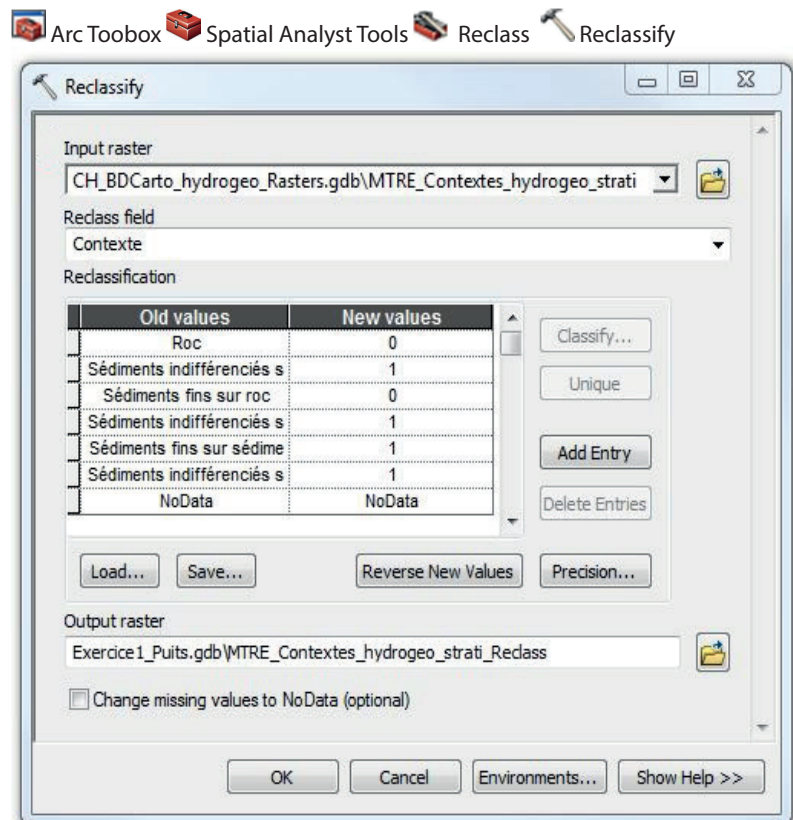
Les cellules de **MTRE\_Epaisseur\_depots\_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les dépôts meubles indifférenciés seraient suffisamment épais.




## CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati** (alias : *Contextes hydrogéol. strati. - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.


Les cellules de **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il y aurait des aquifères granulaires potentiels.

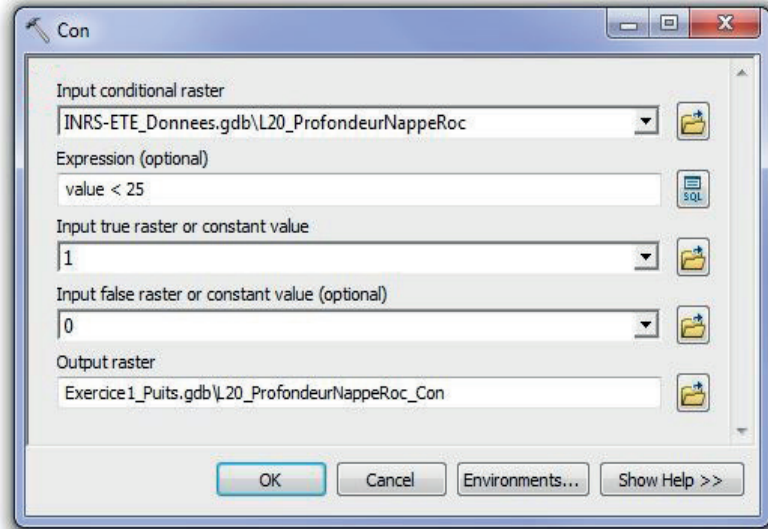


## PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE


Identifier les cellules de  **L20\_Profondeur\_NappeRoc** (alias : *Profondeur de la nappe dans le roc*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **L20\_Profondeur\_NappeRoc\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Conditional  Con

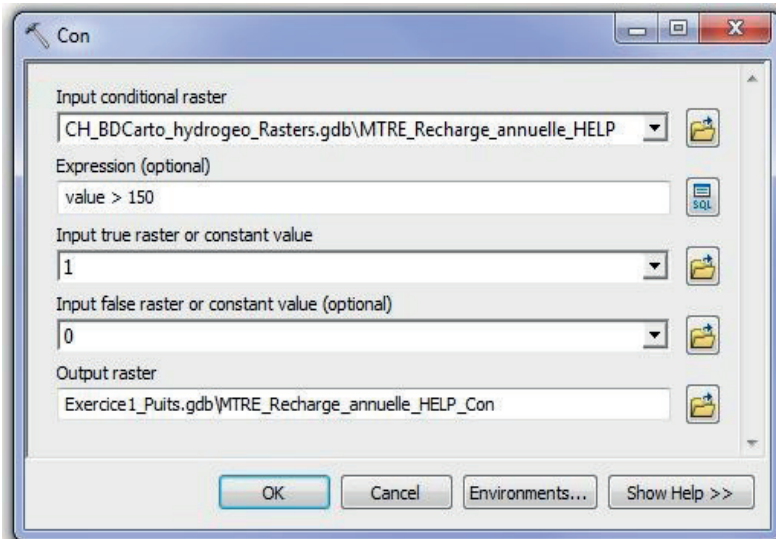


## RECHARGE ET RÉSURGENCE





Identifier les cellules de  **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP** (alias : *Recharge annuelle HELP - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.


Les cellules de  **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Conditional  Con

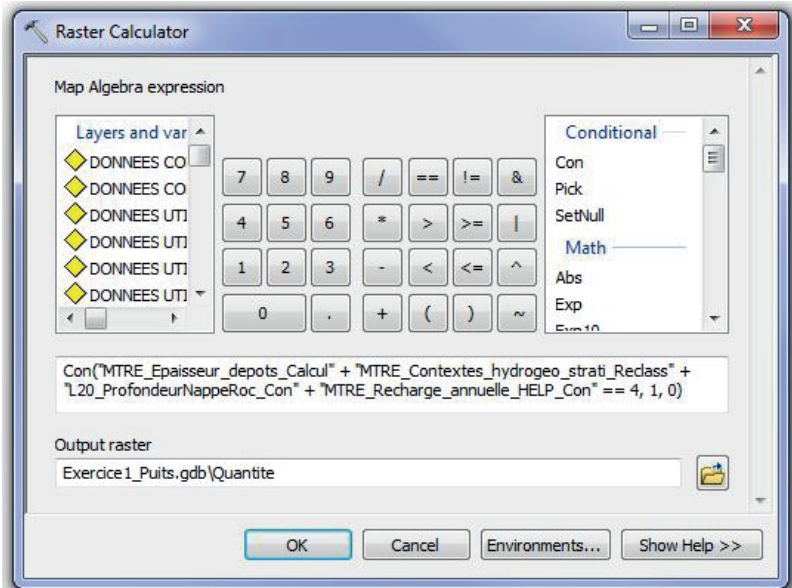


## BILAN

Combiner les résultats des couches  **MTRE\_Epaisseur\_depot\_Calcul**,  **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass**,  **L20\_Profondeur\_NappeRoc\_Con** et  **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Map Algebra  Raster Calculator





## 2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

### Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère peu vulnérable	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un aquifère à vulnérabilité élevée pourrait être considéré, mais il faudra accorder une attention particulière aux sources de contamination dans l'aire d'alimentation et l'eau prélevée devra potentiellement être traitée.</li> <li>Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat.</li> <li>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.</li> <li>Pour le projet Montérégie Est, l'indice DRASTIC n'a été calculé que pour l'aquifère rocheux.</li> <li>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.</li> <li>Bien que la vulnérabilité ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la vulnérabilité dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>
Toutes les conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>Les aquifères à nappe libre ont l'avantage de recevoir plus de recharge et l'eau y est typiquement de bonne qualité (si elle n'est pas affectée par les activités anthropiques).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'eau de l'aquifère captif est possiblement de moins bonne qualité car son temps de résidence peut être élevé, se chargeant ainsi en minéraux.</li> <li>Les aquifères libres sont plus vulnérables à la contamination provenant de la surface.</li> <li>Bien que les conditions de confinement ne soient évaluées que pour l'aquifère de roc fracturé, elles peuvent donner une idée relative des conditions de confinement dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>


### 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 DRASTIC	 MTRÉ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins</li> <li>Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 160</li> </ul>
Toutes les conditions de confinement	Conditions de confinement	 MTRÉ_Conditions_confinement	<i>Confinement roc - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les conditions de confinement</li> </ul>

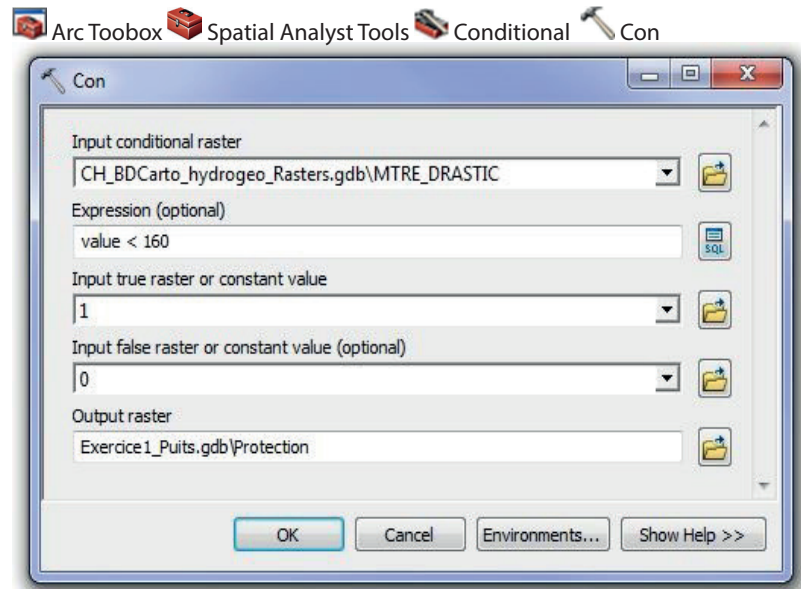


## Procédure étape par étape

### VULNÉRABILITÉ DRASTIC

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

Les cellules de  **Protection** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones relativement protégés de la contamination.



### CONDITIONS DE CONFINEMENT

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



### 3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet

#### Les paramètres d'analyse proposés


Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idéalement, l'eau doit être potable naturellement sans nécessiter de traitement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais certains traitements pourraient être considérés.</li> <li>Un trop grand nombre de problèmes d'ordre esthétique pourraient être inacceptables, car ils généreraient des coûts de traitement trop élevés.</li> <li>Les contaminants microbiologiques, les pesticides et les hydrocarbures sont dangereux, mais ne peuvent pas être considérés à l'échelle régionale puisque ce sont des contaminants locaux.</li> <li>Bien que l'appréciation sur la potabilité de l'eau ne soient déterminés que pour l'aquifère de roc fracturé et que les dépassements de CMA et d'OE soient évaluées majoritairement pour des puits dans le roc, ils peuvent donner une idée relative sur la qualité de l'eau dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>


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

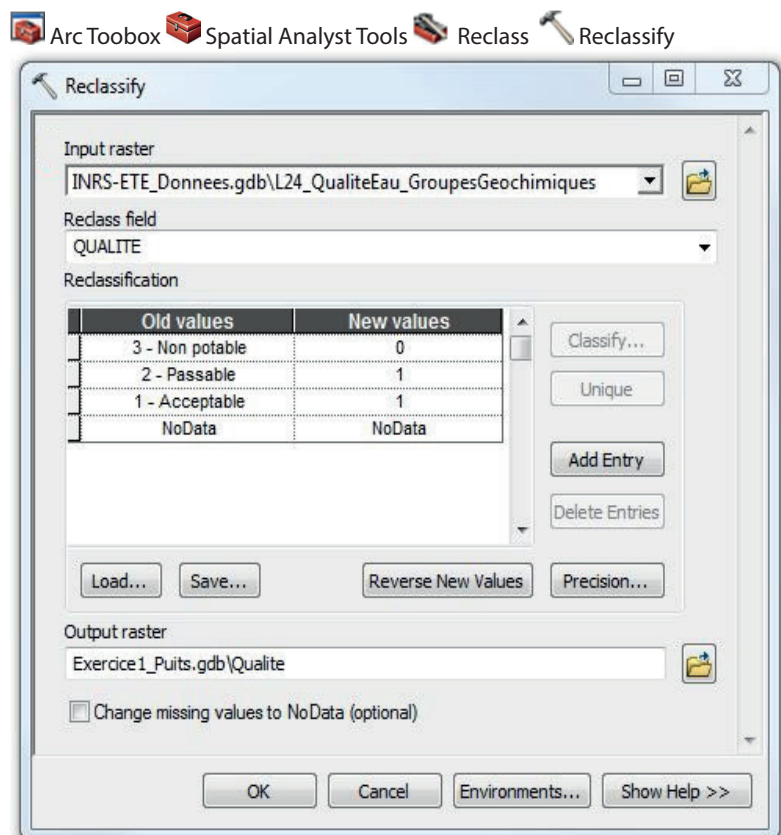
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité potable	Qualité de l'eau	L24_QualiteEau_GroupesGeochimiques	Groupes géochimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zone d'eau de qualité passable</li> <li>Zone d'eau de qualité acceptable</li> </ul>

#### Procédure étape par étape

##### QUALITÉ DE L'EAU

Identifier les cellules de  **L24\_QualiteEau\_GroupesGeochimiques** (alias: *Groupes géochimiques*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **Qualite** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones qui auraient une eau de qualité potentielle potable.




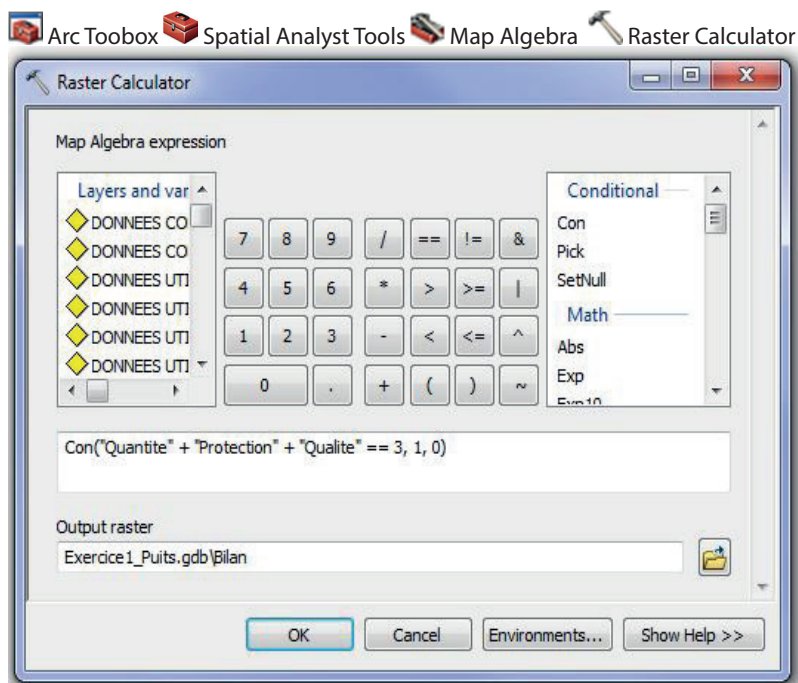
## 4. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

### Procédure étape par étape

Combiner les résultats des couches

 **Quantite**,  **Protection**, et  
 **Qualite** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de  **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères pourraient fournir de l'eau souterraine en quantité suffisante, qui seraient relativement protégés de la contamination et qui auraient une qualité d'eau potentiellement potable. À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux zones où un des critères n'est pas rencontré : il y aurait présence d'eau en quantité insuffisante, les aquifères seraient trop vulnérables à la contamination ou encore la qualité d'eau serait potentiellement non potable.




# 5. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles

## Les paramètres d'analyse proposés

Voir section 3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet



## 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 potable	Qualité de l'eau	 INRS_PtsDeControle_QualiteEauPotable	<i>Dépassements critères de potabilité</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucun dépassement de concentrations maximales acceptables (CMA)</li><li>• Dépassements d'objectifs esthétiques (OE) possibles</li></ul>




### Procédure étape par étape

#### QUALITÉ DE L'EAU


Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Puits avec depassement*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous – aussi disponible dans le fichier texte **Requête pour puits avec dépassement des CMA** dans le dossier  **Exercices**) :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1' AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 340 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.01 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 342 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 383 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.05 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 806 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1.5 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 451 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 10 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 543 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.019
```

Pour afficher les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Tous les puits*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous) pour n'afficher que les puits concernés par la campagne d'échantillonnage du PACES :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1'
```

Suivre ensuite la procédure suivante :

1. Sélectionner d'abord les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée. Dans la barre de menu de l'interface  ArcMap, ouvrez la fenêtre Select By Location du menu Selection (voir ci-contre).

1.1. Choisir la méthode de sélection select features from.

1.2. Sous Target layer(s), cocher la couche portant l'alias *Tous les puits*.

1.3. Sous Source layer, choisir la couche portant l'alias *Puits avec depassement*.

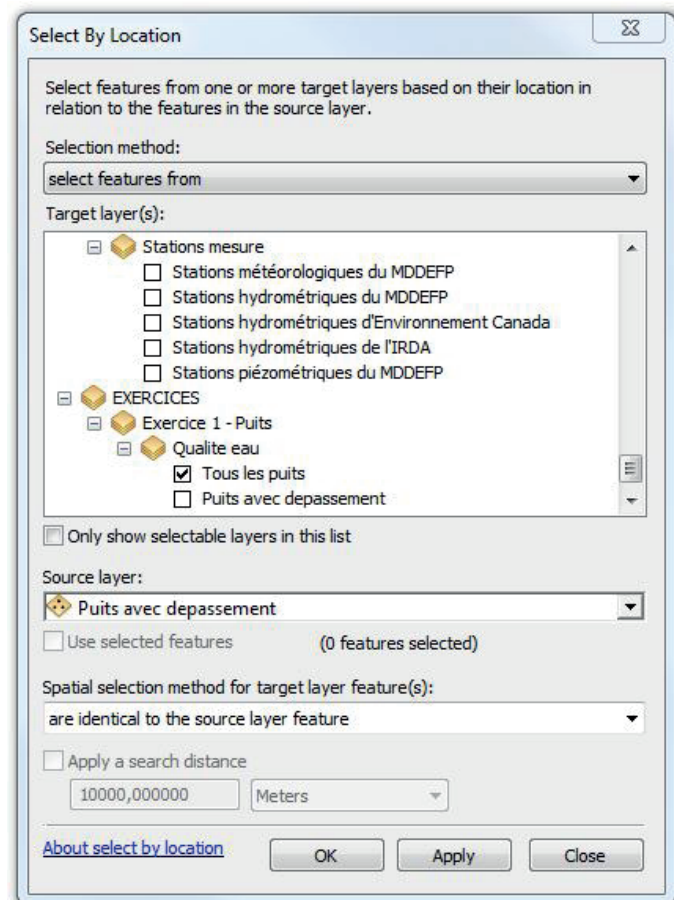
1.4. Sous Spatial selection method for target layer feature(s), choisir l'option are identical to the source layer feature.


1.5. Faire OK. Les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

2. Inverser la sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant Selection, puis Switch Selection. Les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

3. Créer une nouvelle couche à partir de cette sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant Selection, puis Create layer from selected features. La nouvelle couche devrait apparaître dans la table des matières du projet mxd.

4. Renommer l'alias de la nouvelle couche *Puits sans depassement*.






La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** serait probablement potable si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables.

## 6. 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel.</li> <li>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.</li> <li>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 des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>

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

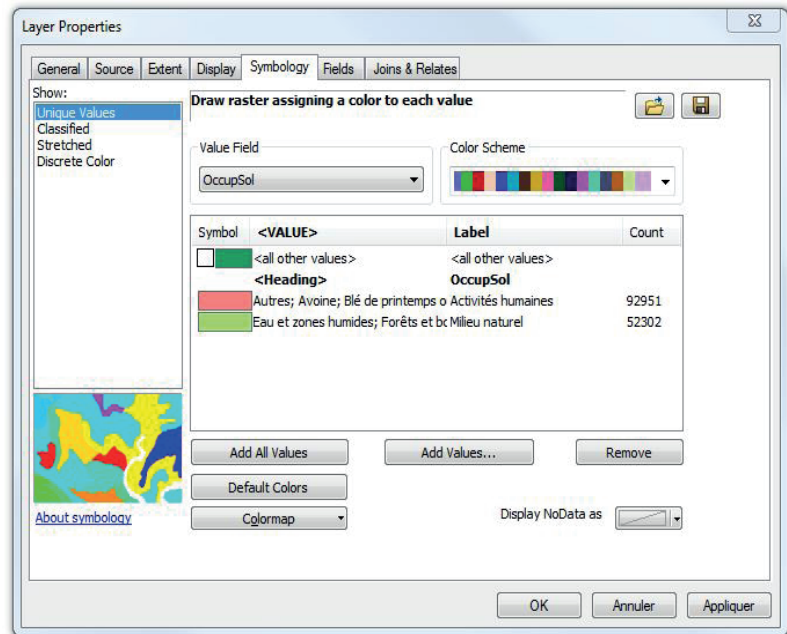
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> )	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie et profondeur de la nappe	<ul style="list-style-type: none"> <li> MTRE_Piezo_roc</li> <li> L07_OccupationDuSol_250x250m</li> <li> PPAT_AffectationsTerritoire_s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Piézométrie roc - MTE</i></li> <li><i>Occupation du sol</i></li> <li><i>Affectation du territoire</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau</li> </ul>



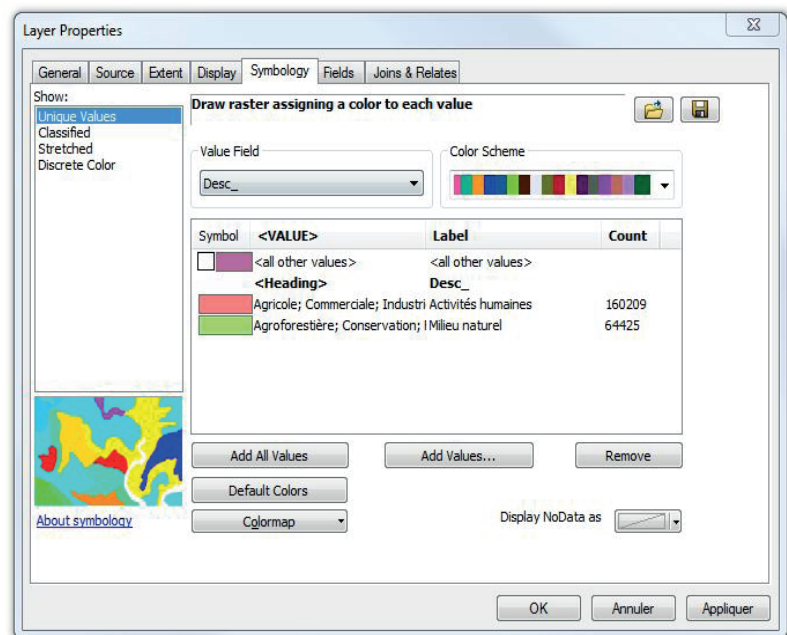
## Procédure étape par étape

### PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, ajouter à nouveau la couche **L07\_ OccupationDuSol\_250x250m** (alias: *Occupation du sol*) au projet mxd. Sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les types d'occupation correspondants à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones agricoles et urbaines). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Activités humaines**. Regrouper l'ensemble des autres valeurs des occupations et qui ne correspondent pas à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones forestières et humides), puis nommer l'étiquette de ce regroupement **Milieu naturel**.



Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, ajouter à nouveau la couche **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s** (alias: *Affectation du territoire*) au projet mxd. Sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les types d'affectation correspondants à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, industrielle, commerciale, résidentielle et urbaine urbaines – voir ci-contre). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Activités humaines**. Regrouper l'ensemble des autres valeurs des affectations et qui ne correspondent pas à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : conservation, forestière, agroforestière, récréative et publique), puis nommer l'étiquette de ce regroupement **Milieu naturel**.



Ensuite, dans le projet mxd, superposer ces deux couches à la couche de piézométrie **MTRE\_Piezo\_roc** (alias : *Piézométrie roc - MTE*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisés en aval d'un nombre significatif de cellules du regroupement **Activités humaines** seraient potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

# Préparer la présentation de vos résultats

---

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

Nom de votre territoire d'action :

En appliquant les critères hydrogéologiques fournis, décrivez le résultat obtenu sur votre territoire d'action (ex. : localisation, superficie, caractéristiques hydrogéologiques des zones sélectionnées)?

Avez-vous modifié les critères hydrogéologiques proposés par le cheminement d'expert? Si oui, pourquoi et de quelle manière? Reportez dans le tableau de la page suivante les critères hydrogéologiques utilisés.













Quels sont les problèmes de qualité d'eau que vous avez détectés? Quelle(s) conclusion(s) en tirez-vous?

Dans votre pratique professionnelle, quelles sont les autres informations que vous utiliseriez pour répondre à la question posée (ex. : distance aux noyaux urbains, occupation des sols, zonage agricole, affectations du territoire, informations sur des activités ponctuelles, etc.)?

Compte tenu de l'échelle des données hydrogéologiques actuelles, existent-ils des secteurs sur lesquels vous auriez besoin de données hydrogéologiques plus locales?

Dans votre pratique professionnelle, de quelle manière pourriez-vous assurer une protection et une gestion durable de l'eau souterraine sur les zones qui ressortent de votre analyse?

## Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_sous_argile  MTRE_Epaisseur_sur_argile	Épaisseur sous argile - MTE Épaisseur sur argile - MTE	
			Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	Contextes hydrogé. strati. - MTE	
			Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	Profondeur de la nappe dans le roc	
			Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	Recharge annuelle HELP - MTE	
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Vulnérabilité DRASTIC	 MTRE_DRASTIC	Indice DRASTIC - MTE	
			Conditions de confinement	 MTRE_Conditions_confinement	Confinement roc - MTE	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 L24_QualiteEau_GroupesGeochemiques	Groupes géochimiques	
			Qualité de l'eau	 INRS_PtsDeControle_QualiteEauPotable	Dépassements critères de potabilité	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination			Piézométrie et profondeur de la nappe	 MTRE_Piezo_roc  L07_OccupationDuSol_250x250m  PPAT_AffectationsTerritoire_s	Piézométrie roc - MTE Occupation du sol Affectation du territoire	





# Intégration des connaissances du milieu humain

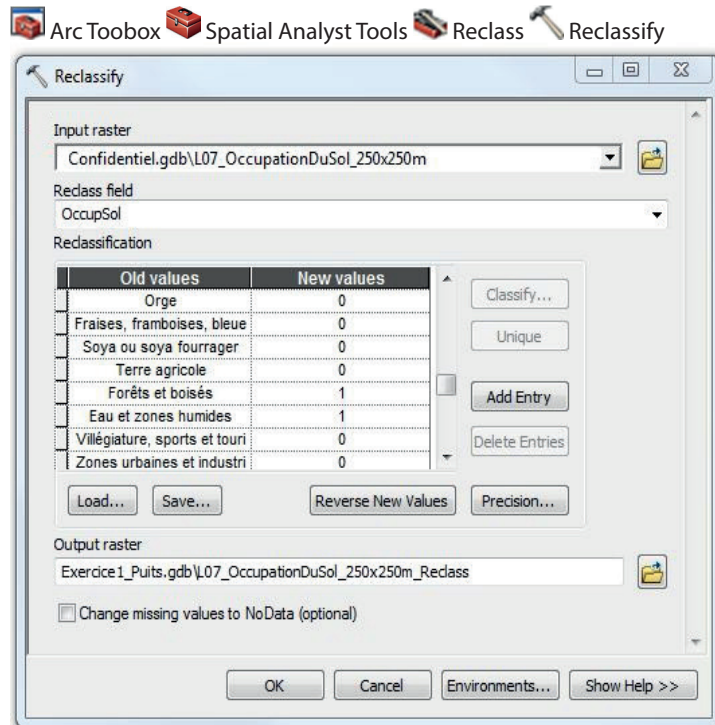
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à la recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine (ex. : l'emplacement du réseau d'aqueduc existant, la distance aux noyaux urbains, les propriétaires terriens, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter l'exercice en cours d'atelier, les informations sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire sont fournies avec les données du PACES. Les clés d'interprétation et les critères ne sont toutefois pas proposés par l'exemple d'un cheminement d'expert. Ils sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre un exemple d'opérations de géotraitement qu'il est possible de faire.

## Procédure étape par étape


### OCCUPATION DU SOL


Identifier les cellules de  **L07\_ OccupationDuSol\_250x250m** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

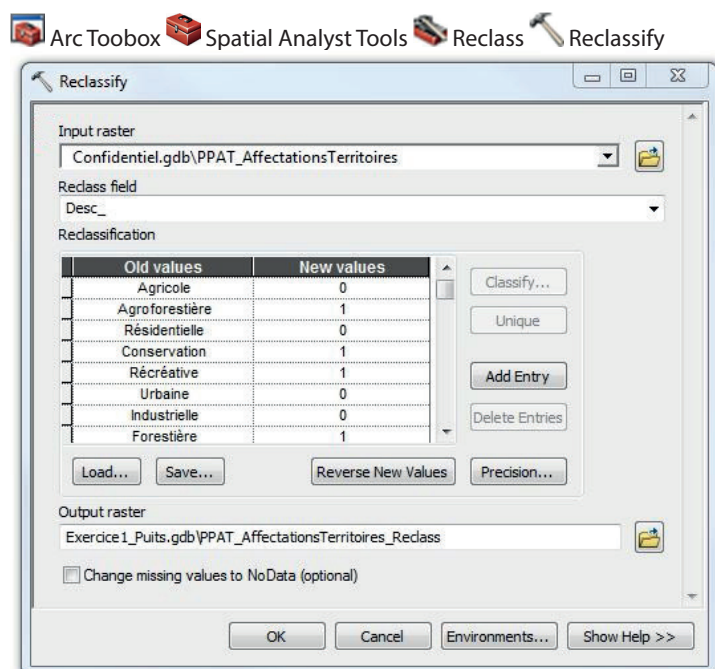
Les cellules de  **L07\_Occupation DuSol\_250x250m\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





### AFFECTATION DU TERRITOIRE


Identifier les cellules de  **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s** (alias : *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

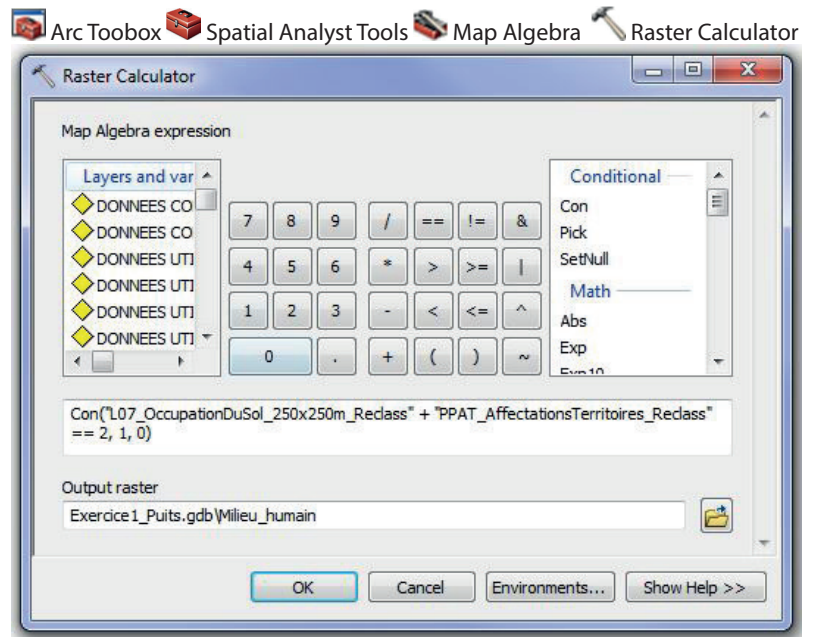
Les cellules de  **PPAT\_Affectations Territoire\_s\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





## BILAN


Combiner les résultats des couches  **L07\_OccupationDuSol\_250x250m\_Reclass** et  **PPAT\_AffectationsTerritoires\_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

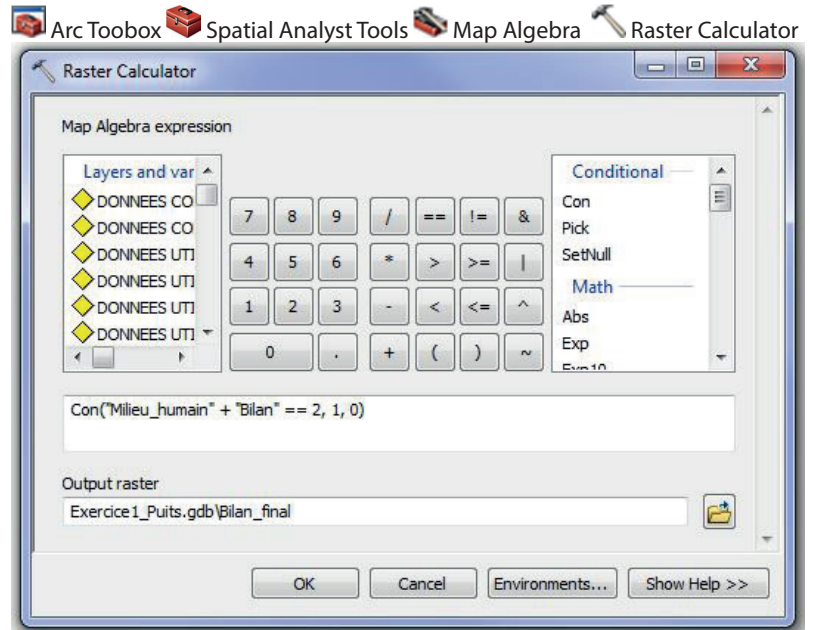
Les cellules de  **Milieu\_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



## BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches  **Milieu\_humain** et  **Bilan** en effectuant le calcul ci-contre pour localiser les zones où les aquifères pourraient fournir de l'eau souterraine en quantité suffisante, qui seraient relativement protégés de la contamination, qui auraient une qualité d'eau potentiellement potable, et où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

La couche  **Bilan\_final** constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert, en intégrant les connaissances disponibles du milieu humain.





Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir un des trois enjeux suivants 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?

L'exercice comprend trois activités distinctes :

### **Activité 1 – Remue-méninge sur les notions hydrogéologiques utiles aux enjeux d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de réfléchir au cheminement d'analyse que vous pourriez appliquer sur votre territoire pour répondre à l'enjeu ciblé. Voici quelques questions pour vous aider dans votre réflexion :

- *Selon vous, qu'est-ce que l'on cherche?*
- *Quelles sont les caractéristiques des aquifères que nous devrions rechercher?*
- *Quels sont les critères d'analyse?*
- *Quelles sont les informations hydrogéologiques que l'on devrait utiliser?*

Pour réaliser cette activité, vous serez divisés en trois sous-groupes de dix participants maximum. Vous serez accompagnés par un animateur du RQES qui mènera les discussions et sollicitera vos réponses. Un expert en hydrogéologie sera également présent pour répondre à vos questions d'expertise scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninge.

Vos réponses seront inscrites par l'animateur sur une grande feuille blanche qui sera ensuite affichée dans le local informatique. Ainsi, vous pourrez bénéficier des résultats des remue-méninges des autres sous-groupes qui répondent aux deux autres enjeux.

Une démarche d'un expert en hydrogéologie vous sera ensuite proposée. Elle est décrite en détail dans le cahier du participant. Un survol de cette démarche vous sera présenté, avec des explications sur la procédure de géotraitement. C'est cette démarche que vous appliquerez lors de la prochaine activité dans le local informatique. Nous vous prions de garder vos commentaires sur cette démarche pour la fin de la journée, car ils pourront enrichir tous les participants et pas seulement votre sous-groupe de travail.

### **Activité 2 – 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 binôme dans le local informatique, à l'aide du logiciel ArcGIS. Vous devez appliquer sur votre territoire d'action la démarche présentée à l'activité précédente et décrite dans le cahier du participant. Les animateurs et les experts seront présents en tout temps et pourront répondre à vos questions techniques de géomatique ou qui portent sur l'hydrogéologie.

Si vous terminez l'activité avant le temps alloué, nous vous demandons soit de modifier certains critères d'analyse et d'évaluer leur sensibilité sur votre résultat final, ou bien de travailler sur un deuxième enjeu.

Il est important de remplir le questionnaire final pour la présentation de vos résultats, car celui-ci servira lors de l'activité suivante.

### **Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de partager vos résultats avec tous les participants et d'échanger avec les experts en hydrogéologie.

Au moins une équipe par enjeu sera invitée à discuter de leurs résultats en se basant sur le questionnaire final présent dans le cahier des participants. Les résultats cartographiques seront affichés à l'écran afin que tous puissent les voir.

## Question 2

---

**Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?**

# Les résultats du remue-méninges avec les participants

---

CE QUE L'ON CHERCHE

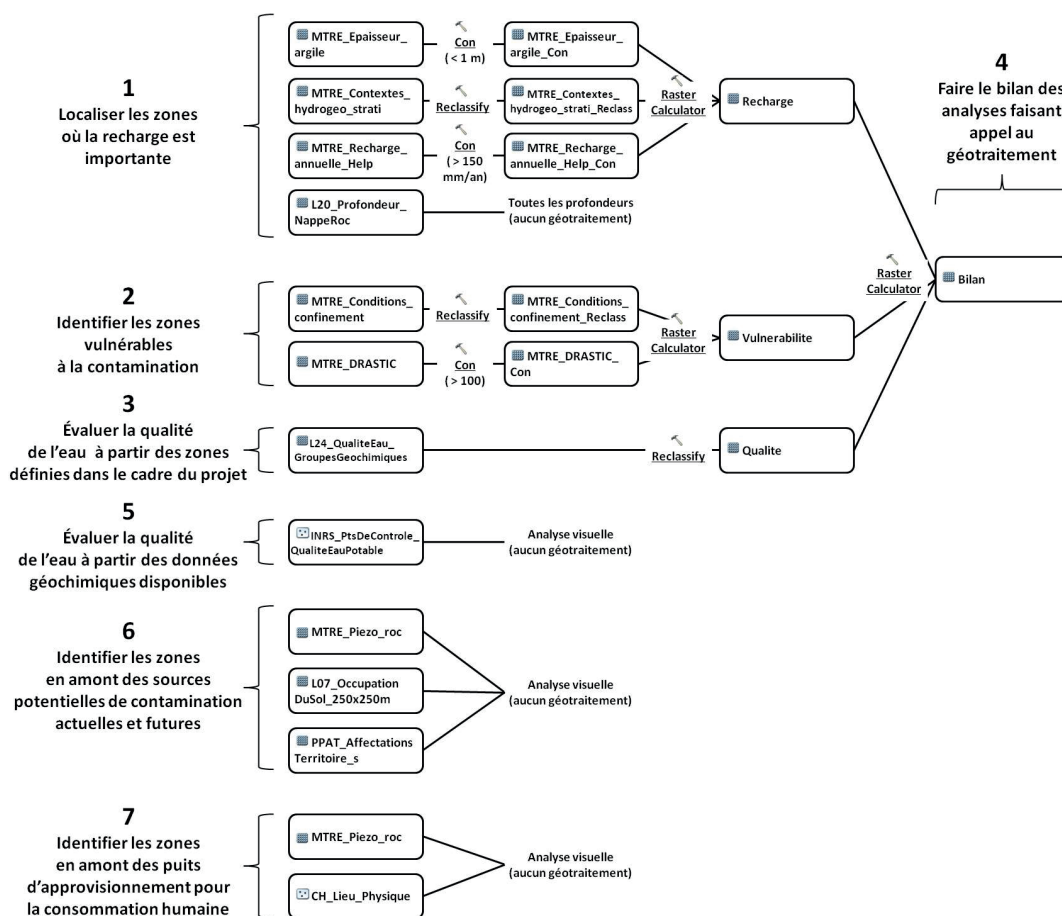
LES CRITÈRES D'ANALYSE

# Synthèse du cheminement d'expert

## Ce qui est recherché

1. Localiser les zones où la recharge est importante
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination
3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet
4. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement
5. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles
6. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures
7. 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltreront et atteignent ces aquifères.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'épaisseur des sédiments fins constituant les aquitards devrait être considérée, car, par exemple, une couverture d'argile de moins de 5 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants.</li> </ul>
Taux de recharge annuelle important	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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. Bien que la recharge ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la recharge dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> <li>Bien que la recharge ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la recharge dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux, ce qui est exclu par le critère précédent.</li> </ul>
Toutes profondeurs de la nappe d'eau souterraine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car bien que la profondeur de la nappe influe sur la rapidité à laquelle les précipitations atteindront la nappe, ce paramètre n'a pas vraiment d'impact sur le taux de recharge annuel.</li> </ul>	

## 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	Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_argile	<i>Épaisseur argile – MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Épaisseur nulle ou faible : 0 à 1 m</li> </ul>
	Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	<i>Contextes hydrogéol. strati. – MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquifère rocheux seulement</li> <li>Aquifère granulaire potentiel et aquifère rocheux</li> </ul>
Taux de recharge annuelle important	Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	<i>Recharge annuelle HELP – MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge élevée : 150 à 250 mm/an</li> <li>Recharge préférentielle : 250 mm/an et plus</li> </ul>
Toutes profondeurs de la nappe d'eau souterraine	Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	<i>Profondeur de la nappe dans le roc</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes profondeurs</li> </ul>

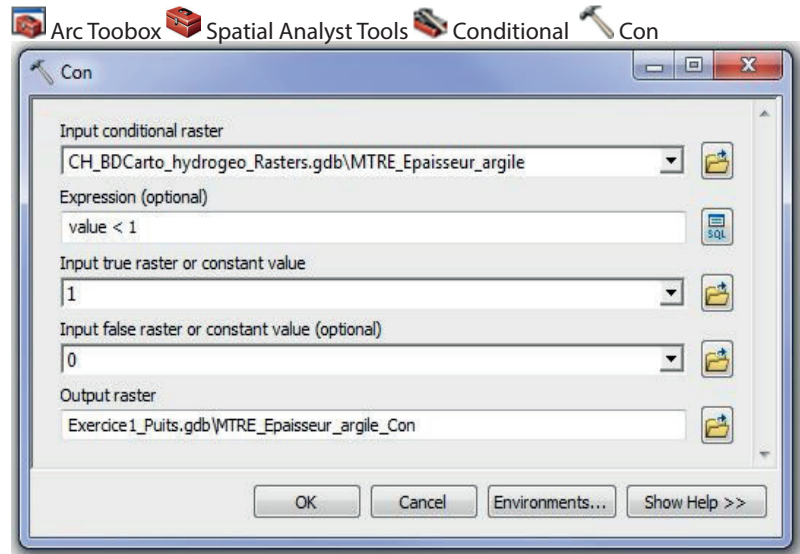


## Procédure étape par étape

### ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Identifier les cellules de **MTRE\_Epaisseur\_argile** (alias : *Épaisseur argile - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

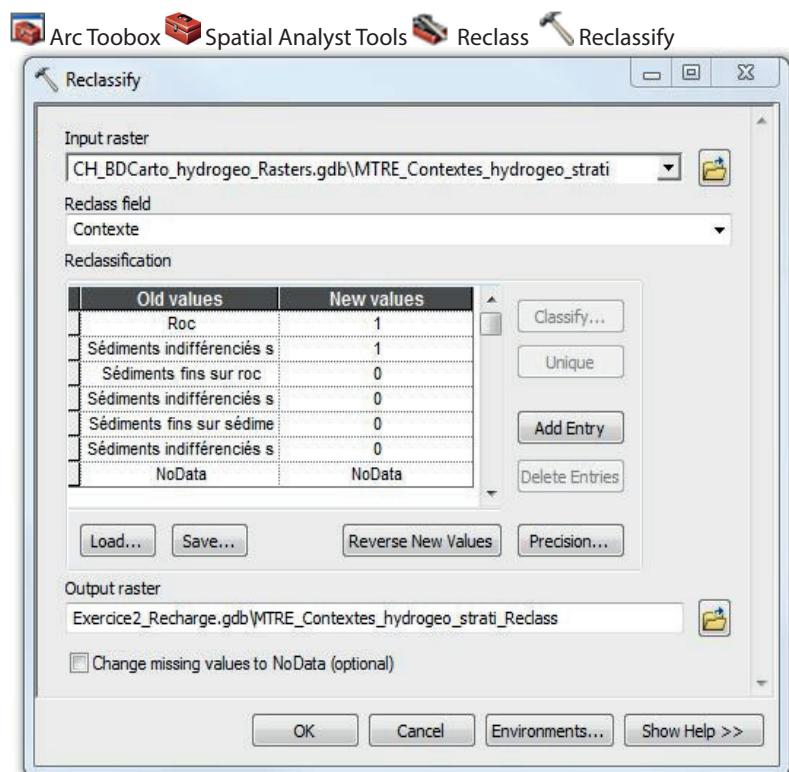
Les cellules de **MTRE\_Epaisseur\_argile\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



### CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati** (alias : *Contextes hydrogé. strati. - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

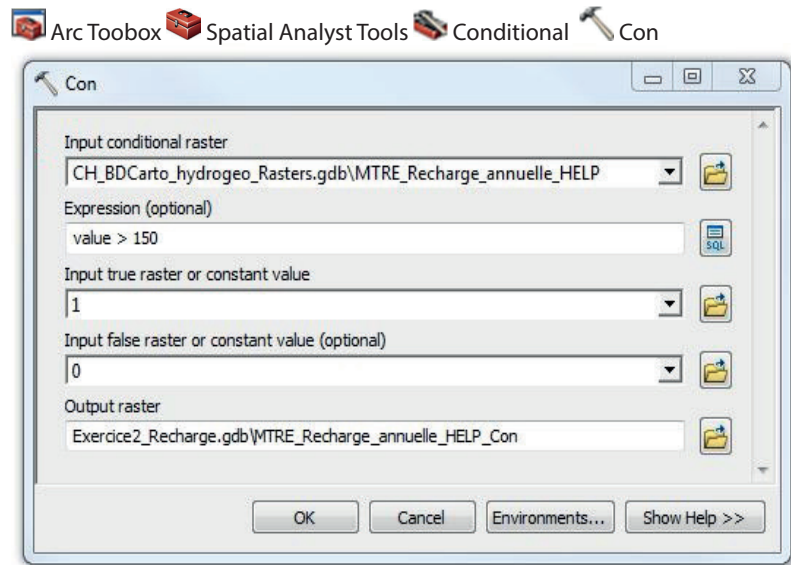
Les cellules de **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



## RECHARGE ET RÉSURGENCE

Identifier les cellules de **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP** (alias : *Recharge annuelle\_HELP - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



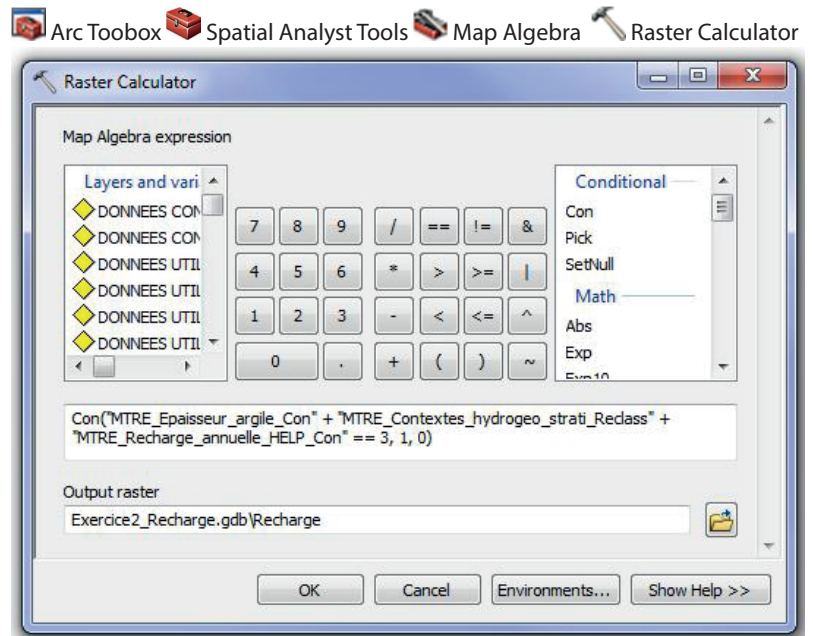
## PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

Aucune analyse à faire puisque toutes les profondeurs de la nappe d'eau souterraine sont considérées dans les critères.

## BILAN

Combiner les résultats des couches **MTRE\_Epaisseur\_argile\_Con**, **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass** et **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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 à nappe libre	<ul style="list-style-type: none"> <li>La recharge est de moyenne à élevée dans les nappes libres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puisque les nappes captives et semi-captives sont moins susceptibles d'être affectées par une contamination provenant de la surface, elles ont moins besoin d'être protégées.</li> <li>Bien que les conditions de confinement ne soient déterminées que pour l'aquifère de roc fracturé, si ce dernier est à nappe libre, les aquifères de dépôts meubles sus-jacents sont forcément à nappe libre.</li> </ul>
Aquifère vulnérable	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>Bien que la vulnérabilité ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la vulnérabilité des aquifères de dépôts meubles sus-jacents lorsque l'aquifère de roc fracturé est en condition de nappe libre.</li> </ul>

### 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 à nappe libre	Conditions de confinement	 MTRE_Conditions_confinement	<i>Confinement roc - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nappe libre</li> </ul>
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité DRASTIC	 MTRE_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 160</li> <li>Vulnérabilité élevée: indice de 160 ou plus</li> </ul>

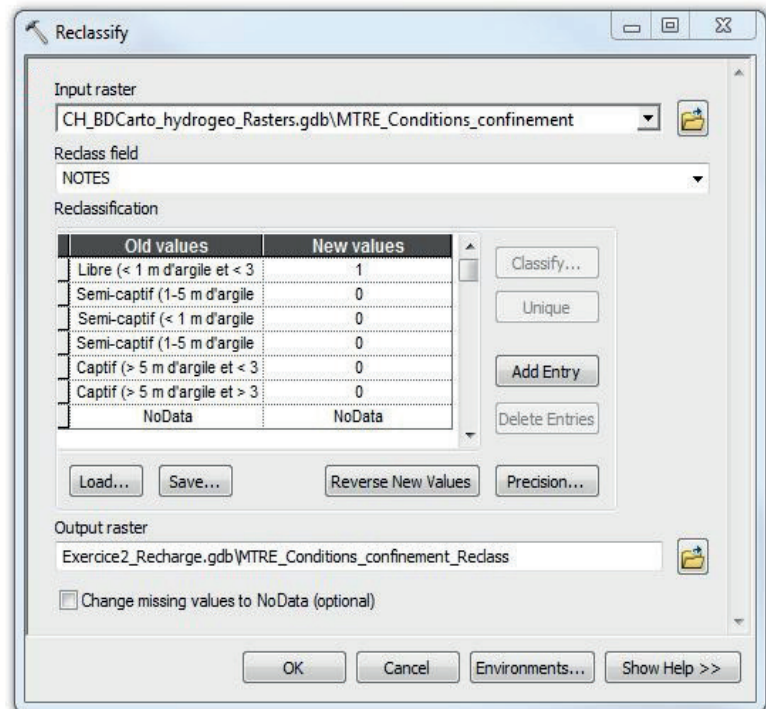
## Procédure étape par étape

### CONDITIONS DE CONFINEMENT


Identifier les cellules de  **MTRE\_Conditions\_confinement** (alias : *Confinement roc - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **MTRE\_Conditions\_confinement\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

 Arc Toobox  Spatial Analyst Tools  Reclass  Reclassify

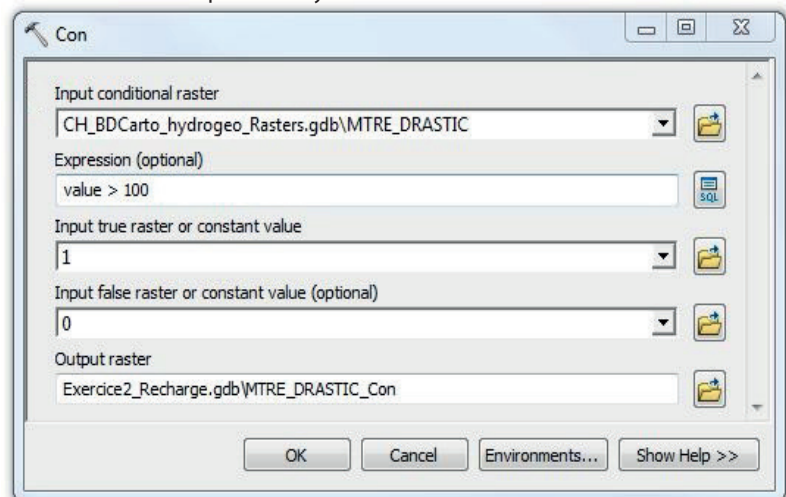


### VULNÉRABILITÉ DRASTIC

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

Les cellules de  **MTRE\_DRASTIC\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

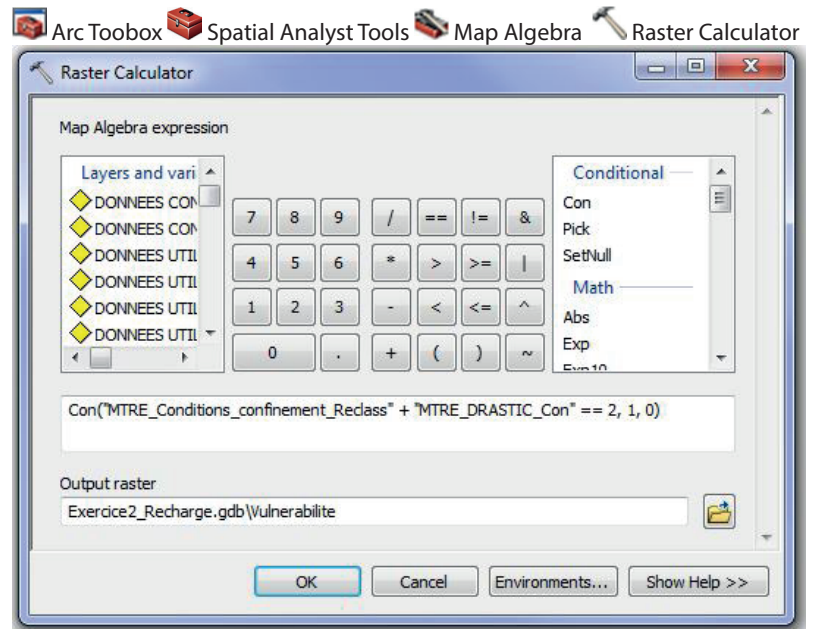
 Arc Toobox  Spatial Analyst Tools  Conditional  Con



## BILAN

Combiner les résultats des couches **MTRE\_Conditions\_confinement\_Reclass** et **MTRE\_DRASTIC\_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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



### 3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet

#### Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité potable	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'eau doit être de bonne qualité pour considérer sa protection. La protection d'une eau de mauvaise qualité naturelle n'est pas prioritaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quelques problèmes d'ordre esthétique peuvent être acceptables.</li> <li>Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais pourraient tout de même être considérés si des traitements efficaces et peu coûteux existent.</li> <li>Bien que l'appréciation sur la potabilité de l'eau ne soient déterminés que pour l'aquifère de roc fracturé et que les dépassements de CMA et d'OE soient évaluées majoritairement pour des puits dans le roc, ils peuvent donner une idée relative sur la qualité de l'eau dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>

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

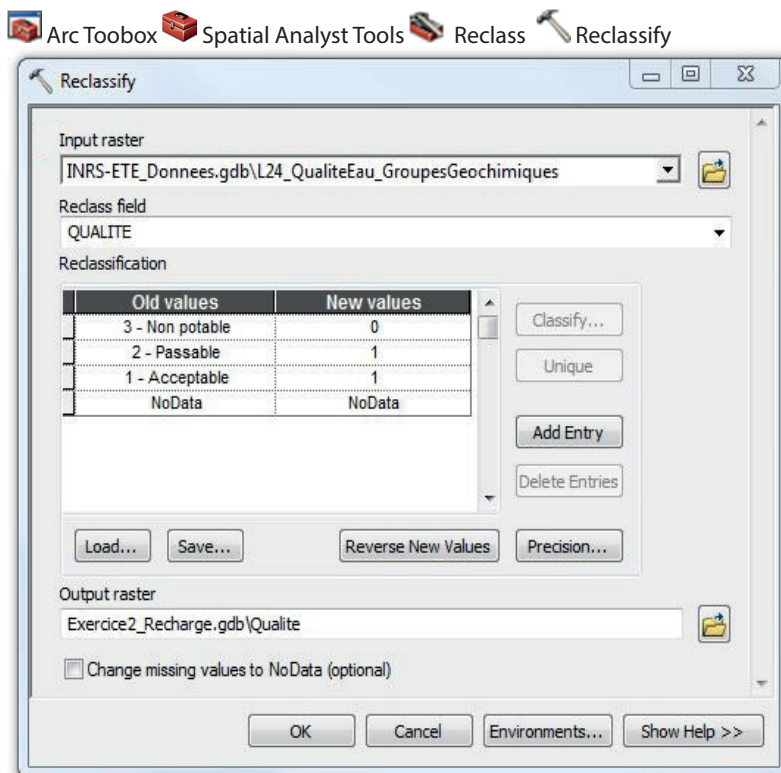
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de bonne qualité	Qualité de l'eau	L24_QualiteEau_GroupesGeochimiques	Groupes géochimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zone d'eau de qualité passable</li> <li>Zone d'eau de qualité acceptable</li> </ul>

#### Procédure étape par étape

##### QUALITÉ DE L'EAU




Identifier les cellules de **L24\_QualiteEau\_GroupesGeochimiques** (alias: *Groupes géochimiques*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.


Les cellules de **Qualite** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères auraient une eau potentiellement de bonne qualité.

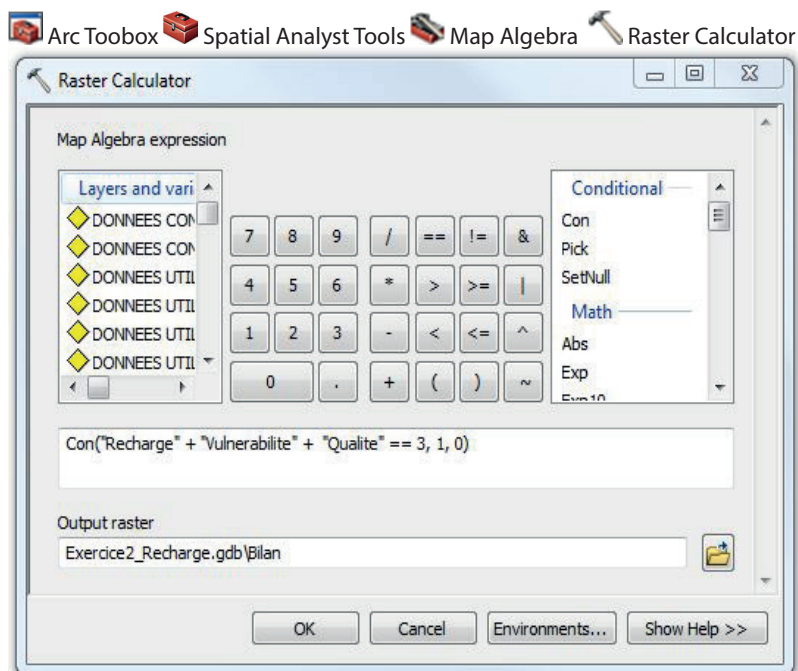


## 4. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

### Procédure étape par étape

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

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




# 5. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles

## Les paramètres d'analyse proposés

Voir section 3. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet



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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de bonne qualité	Qualité de l'eau	 INRS_PtsDeControle_QualiteEauPotable	<i>Dépassements critères de potabilité</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucun dépassement de concentrations maximales acceptables (CMA)</li><li>• Dépassements d'objectifs esthétiques (OE) possibles</li></ul>




### Procédure étape par étape

#### QUALITÉ DE L'EAU

Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Puits avec depassement*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous – aussi disponible dans le fichier texte **Requête pour puits avec dépassement des CMA** dans le dossier  **Exercices**) :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1' AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 340 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.01 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 342 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 383 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.05 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 806 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1.5 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 451 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 10 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 543 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.019
```

Pour afficher les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Tous les puits*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous) pour n'afficher que les puits concernés par la campagne d'échantillonnage du PACES :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1'
```



Suivre ensuite la procédure suivante :

1. Sélectionner d'abord les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée. Dans la barre de menu de l'interface [ArcMap](#), ouvrez la fenêtre [Select By Location](#) du menu [Selection](#) (voir ci-contre).

1.1. Choisir la méthode de sélection [select features from](#).

1.2. Sous [Target layer\(s\)](#), cocher la couche portant l'alias *Tous les puits*.

1.3. Sous [Source layer](#), choisir la couche portant l'alias *Puits avec depassement*.

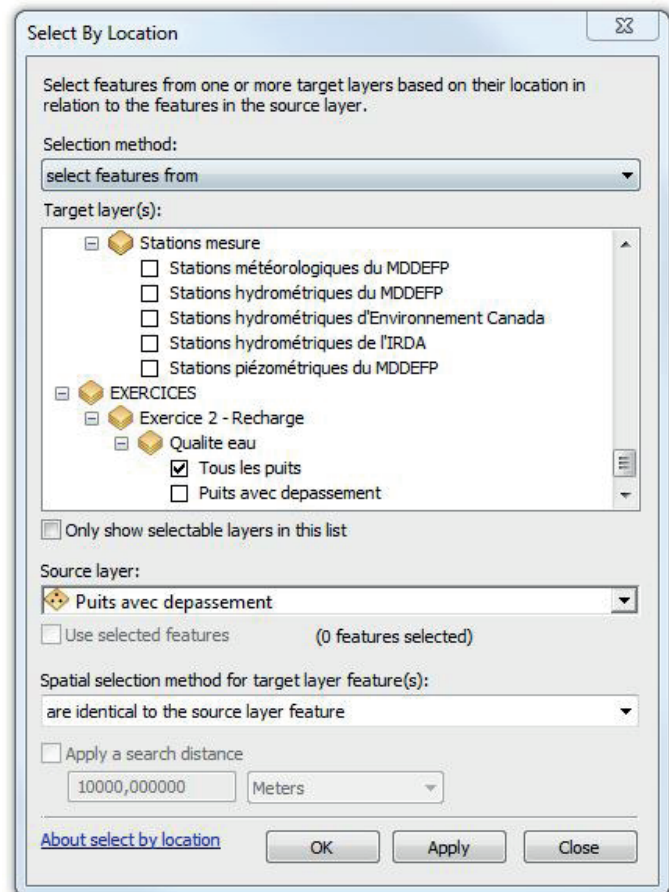
1.4. Sous [Spatial selection method for target layer feature\(s\)](#), choisir l'option [are identical to the source layer feature](#).


1.5. Faire **OK**. Les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

2. Inverser la sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant [Selection](#), puis [Switch Selection](#). Les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

3. Créer une nouvelle couche à partir de cette sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant [Selection](#), puis [Create layer from selected features](#). La nouvelle couche devrait apparaître dans la table des matières du projet mxd.

4. Renommer l'alias de la nouvelle couche *Puits sans depassement*.






La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** serait potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables.

## 6. 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afin de prévenir la contamination, la zone de recharge à protéger doit être située en amont des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont de la zone à protéger et qualifier leur impact potentiel.</li> <li>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 des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>

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

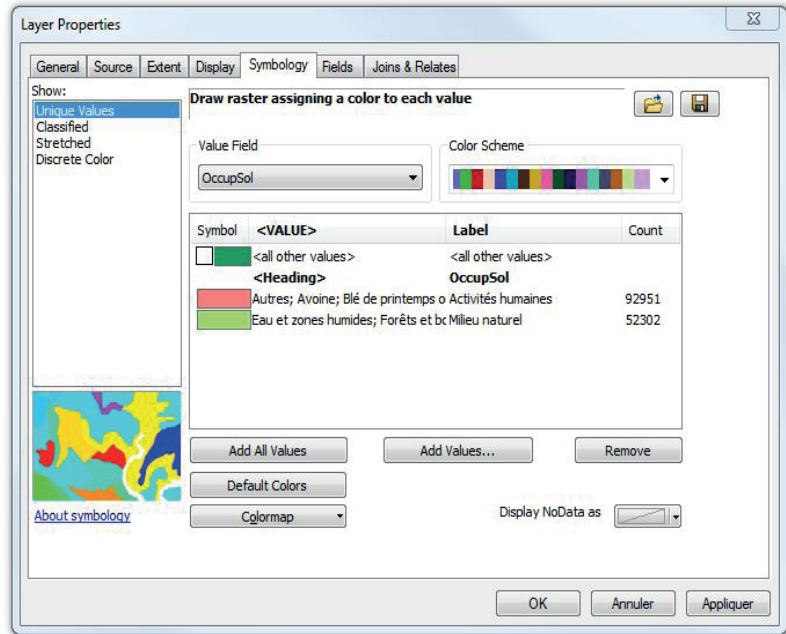
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> )	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie et profondeur de la nappe	<ul style="list-style-type: none"> <li> MTRE_Piezo_roc</li> <li> L07_OccupationDuSol_250x250m</li> <li> PPAT_AffectationsTerritoire_s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Piézométrie roc - MTE</i></li> <li><i>Occupation du sol</i></li> <li><i>Affectation du territoire</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau</li> </ul>




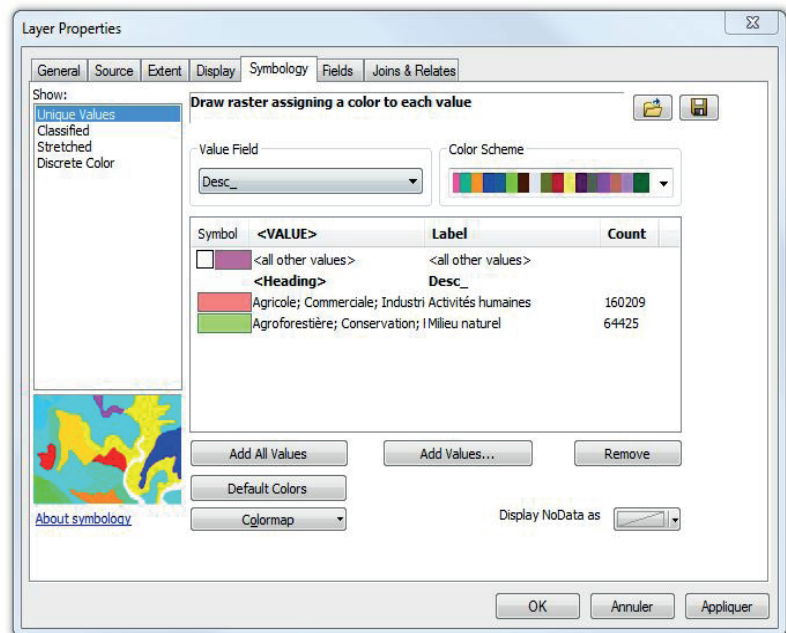
## Procédure étape par étape



### PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, ajouter à nouveau la couche  **L07\_ OccupationDuSol\_250x250m** (alias: *Occupation du sol*) au projet mxd. Sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties, regrouper les types d'occupation correspondants à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones agricoles et urbaines). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Activités humaines**. Regrouper l'ensemble des autres valeurs des occupations et qui ne correspondent pas à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones forestières et humides), puis nommer l'étiquette de ce regroupement **Milieu naturel**.



Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, ajouter à nouveau la couche  **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s** (alias: *Affectation du territoire*) au projet mxd. Sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties, regrouper les types d'affectation correspondants à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, industrielle, commerciale, résidentielle et urbaine urbaines – voir ci-contre). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Activités humaines**. Regrouper l'ensemble des autres valeurs des affectations et qui ne correspondent pas à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : conservation, forestière, agroforestière, récréative et publique), puis nommer l'étiquette de ce regroupement **Milieu naturel**.





Ensuite, dans le projet mxd, superposer ces deux couches à la couche de piézométrie  **MTRE\_Piezo\_roc** (alias : *Piézométrie roc - MTE*). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisés en aval d'un nombre significatif de cellules du regroupement **Activités humaines** seraient potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

## 7. Identifier les zones en amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaines

### Les paramètres d’analyse proposés

Paramètres d’analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afin de favoriser la protection de zones de recharge d’aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d’approvisionnement, les zones protégées doivent être situées en amont des puits d’alimentation en eau potable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> </ul>




### 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 puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie et profondeur de la nappe	<ul style="list-style-type: none"> <li> MTRE_Piezo_roc</li> <li> CH_Lieu_physique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Piézométrie roc - MTE</i></li> <li><i>Lieux physiques</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En amont des puits d’alimentation</li> </ul>



### Procédure étape par étape

#### PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

La couche  **CH\_Lieu\_physique** contient les puits d’alimentation individuels et collectifs provenant du Système d’information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC. Superposer celle-ci à la couche de piézométrie  **MTRE\_Piezo\_roc** (alias : *Piézométrie roc - MTE*), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante, les aquifères seraient vulnérables à la contamination et la qualité de l’eau serait bonne, 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 élevé si on y retrouve un nombre significatif de puits d’approvisionnement en aval de celles-ci.

# Préparer la présentation de vos résultats

---

## Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Nom de votre territoire d'action :

En appliquant les critères hydrogéologiques fournis, décrivez le résultat obtenu sur votre territoire d'action (ex. : localisation, superficie, caractéristiques hydrogéologiques des zones sélectionnées)?

Avez-vous modifié les critères hydrogéologiques proposés par le cheminement d'expert? Si oui, pourquoi et de quelle manière ? Reportez dans le tableau de la page suivante les critères hydrogéologiques utilisés.

Quels sont les problèmes de qualité d'eau que vous avez détectés? Quelle(s) conclusion(s) en tirez-vous?













Dans votre pratique professionnelle, quelles sont les autres informations que vous utiliseriez pour répondre à la question posée (ex. : milieux naturels d'intérêt, occupation des sols, zones de conservation, affectations du territoire, informations sur des activités ponctuelles, etc.)?

Compte tenu de l'échelle des données hydrogéologiques actuelles, existent-ils des secteurs sur lesquels vous auriez besoin de données hydrogéologiques plus locales?

Dans votre pratique professionnelle, de quelle manière pourriez-vous assurer une protection et une gestion durable de l'eau souterraine sur les zones qui ressortent de votre analyse?

## Votre cheminement sur votre territoire d'action

92


Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Localiser les zones où la recharge est importante			Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_argile	Épaisseur dépôts meubles - MTE
			Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	Contextes hydrogéo. strati. - MTE
			Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	Recharge annuelle HELP - MTE
			Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	Profondeur de la nappe dans le roc
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Conditions de confinement	 MTRE_Conditions_confinement	Confinement roc - MTE
			Vulnérabilité DRASTIC	 MTRE_DRASTIC	Indice DRASTIC - MTE
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 L24_QualiteEau_GroupesGeochemiques	Groupes géochimiques
			Qualité de l'eau	 INRS_PtsDe-Controle_QualiteEau-Potable	Dépassements critères de potabilité
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination et en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie et profondeur de la nappe	 MTRE_Piezo_roc  L07_OccupationDuSol_250x250m  PPAT_AffectationsTerritoire_s  CH_Lieu_physique	Piézométrie roc - MTE Occupation du sol Affectation du territoire Lieux physiques

# Intégration des connaissances du milieu humain

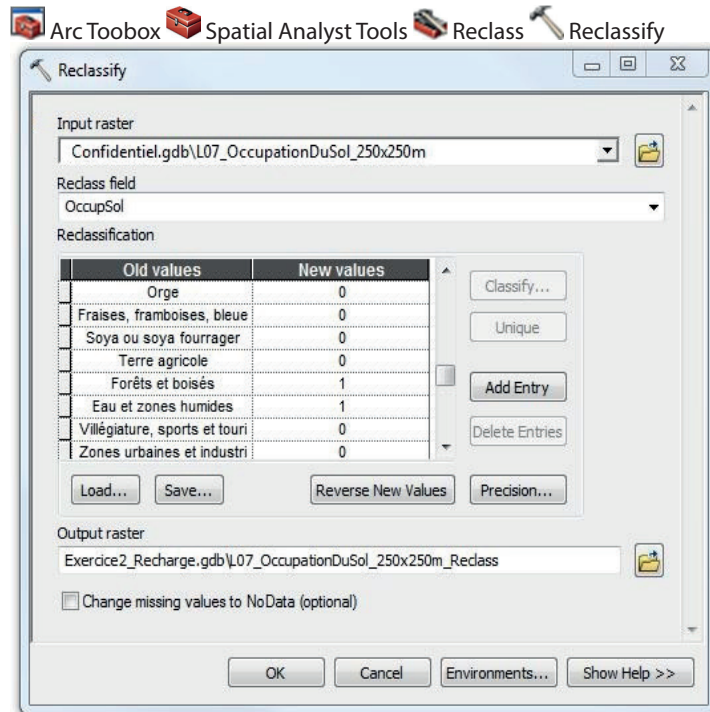
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones à protéger en priorité pour la recharge (ex. : zone de conservation, les propriétaires terriens, zonage agricole, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter l'exercice en cours d'atelier, les informations sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire sont fournies avec les données du PACES. Les clés d'interprétation et les critères ne sont toutefois pas proposés par l'exemple d'un cheminement d'expert. Ils sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre un exemple d'opérations de géotraitement qu'il est possible de faire.

## Procédure étape par étape


### OCCUPATION DU SOL


Identifier les cellules de  **L07\_OccupationDuSol\_250x250m** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

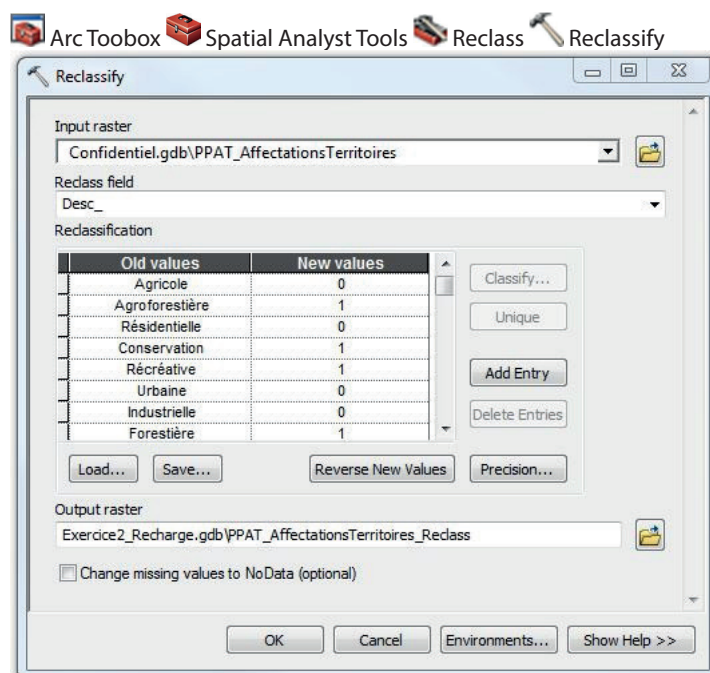
Les cellules de  **L07\_OccupationDuSol\_250x250m\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





### AFFECTATION DU TERRITOIRE


Identifier les cellules de  **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s** (alias : *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

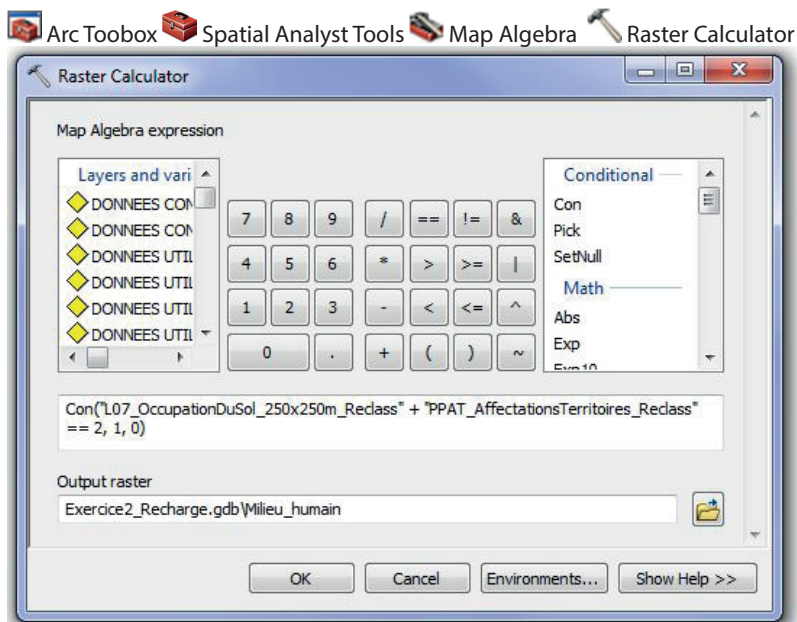
Les cellules de  **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





## BILAN


Combiner les résultats des couches  **L07\_OccupationDuSol\_250x250m\_Reclass** et  **PPAT\_AffectationsTerritoires\_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

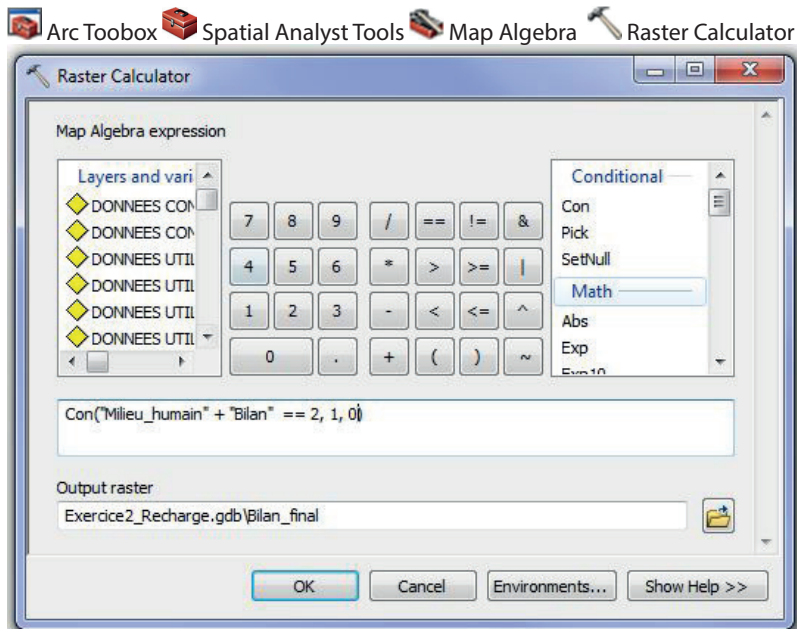
Les cellules de  **Milieu\_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



## BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches  **Milieu\_humain** et  **Bilan** en effectuant le calcul ci-contre pour localiser les zones où la recharge serait importante, où les aquifères seraient vulnérables à la contamination, où la qualité de l'eau serait bonne et où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

La couche  **Bilan\_final** constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert, en intégrant les connaissances disponibles du milieu humain.







Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir un des trois enjeux suivants 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?

L'exercice comprend trois activités distinctes :

### **Activité 1 – Remue-méninge sur les notions hydrogéologiques utiles aux enjeux d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de réfléchir au cheminement d'analyse que vous pourriez appliquer sur votre territoire pour répondre à l'enjeu ciblé. Voici quelques questions pour vous aider dans votre réflexion :

- *Selon vous, qu'est-ce que l'on cherche?*
- *Quelles sont les caractéristiques des aquifères que nous devrions rechercher?*
- *Quels sont les critères d'analyse?*
- *Quelles sont les informations hydrogéologiques que l'on devrait utiliser?*

Pour réaliser cette activité, vous serez divisés en trois sous-groupes de dix participants maximum. Vous serez accompagnés par un animateur du RQES qui mènera les discussions et sollicitera vos réponses. Un expert en hydrogéologie sera également présent pour répondre à vos questions d'expertise scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninge.

Vos réponses seront inscrites par l'animateur sur une grande feuille blanche qui sera ensuite affichée dans le local informatique. Ainsi, vous pourrez bénéficier des résultats des remue-méninges des autres sous-groupes qui répondent aux deux autres enjeux.

Une démarche d'un expert en hydrogéologie vous sera ensuite proposée. Elle est décrite en détail dans le cahier du participant. Un survol de cette démarche vous sera présenté, avec des explications sur la procédure de géotraitement. C'est cette démarche que vous appliquerez lors de la prochaine activité dans le local informatique. Nous vous prions de garder vos commentaires sur cette démarche pour la fin de la journée, car ils pourront enrichir tous les participants et pas seulement votre sous-groupe de travail.

### **Activité 2 – 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 binôme dans le local informatique, à l'aide du logiciel ArcGIS. Vous devez appliquer sur votre territoire d'action la démarche présentée à l'activité précédente et décrite dans le cahier du participant. Les animateurs et les experts seront présents en tout temps et pourront répondre à vos questions techniques de géomatique ou qui portent sur l'hydrogéologie.

Si vous terminez l'activité avant le temps alloué, nous vous demandons soit de modifier certains critères d'analyse et d'évaluer leur sensibilité sur votre résultat final, ou bien de travailler sur un deuxième enjeu.

Il est important de remplir le questionnaire final pour la présentation de vos résultats, car celui-ci servira lors de l'activité suivante.

### **Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement**

L'objectif de cette activité est de partager vos résultats avec tous les participants et d'échanger avec les experts en hydrogéologie.

Au moins une équipe par enjeu sera invitée à discuter de leurs résultats en se basant sur le questionnaire final présent dans le cahier des participants. Les résultats cartographiques seront affichés à l'écran afin que tous puissent les voir.

## Question 3

---

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

# Les résultats du remue-méninges avec les participants

---

CE QUE L'ON CHERCHE

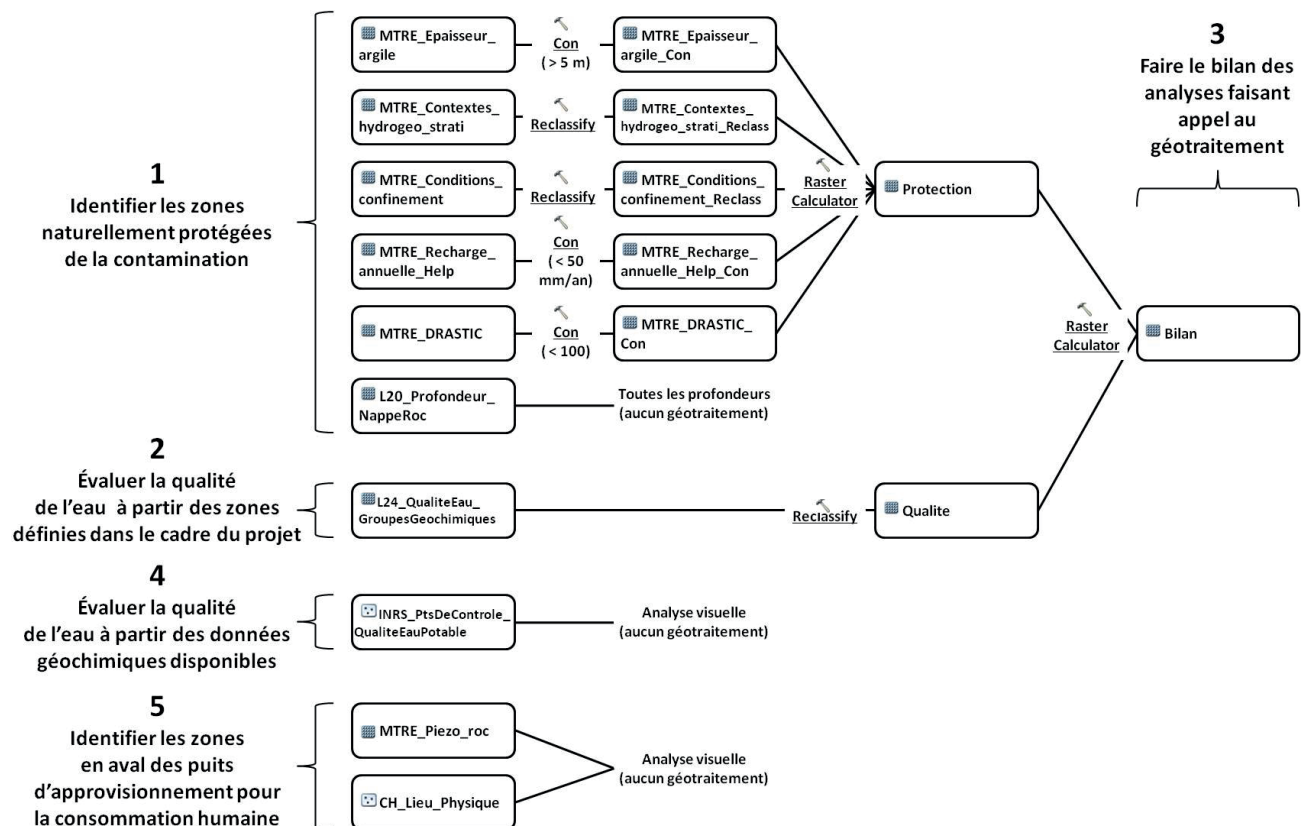
LES CRITÈRES D'ANALYSE

# Synthèse du cheminement d'expert

## Ce qui est recherché

1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination
2. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement
4. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles
5. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine

## 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et les protègent de la contamination pouvant provenir de la surface.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'épaisseur des sédiments fins constituant les aquitards devrait être considérée, car, par exemple, une couverture d'argile de moins de 5 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer de l'eau et des contaminants.</li> </ul>
Aquifère à nappe captive	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les nappes captives sont bien protégées de la contamination provenant de la surface.</li> <li>Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, comme dans le cas de la zone d'eau saumâtre au nord-ouest de la zone d'étude (2200 km<sup>2</sup>), ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les nappes captives ne sont pas protégées d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral.</li> <li>Les conditions de confinement ne sont déterminées que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'un aquifère de dépôts meubles en surface soit en conditions de nappe libre alors que l'aquifère de roc fracturé sous-jacent soit en conditions de nappe captive, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.</li> </ul>
Taux de recharge annuel faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain, sol à nu versus champ cultivé ou forêt).</li> <li>Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge.</li> <li>La recharge n'est évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'elle soit élevée pour un aquifère de dépôts meubles en surface alors qu'elle soit faible pour l'aquifère de roc fracturé sous-jacent, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.</li> </ul>
Vulnérabilité faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>La vulnérabilité n'est évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'elle soit élevée pour un aquifère de dépôts meubles en surface alors qu'elle soit faible pour l'aquifère de roc fracturé sous-jacent, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.</li> </ul>
Toutes profondeurs de la nappe d'eau souterraine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car bien que la profondeur de la nappe influence la vulnérabilité de l'aquifère, celle-ci est prise en compte dans le calcul de l'indice DRASTIC.</li> </ul>	

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

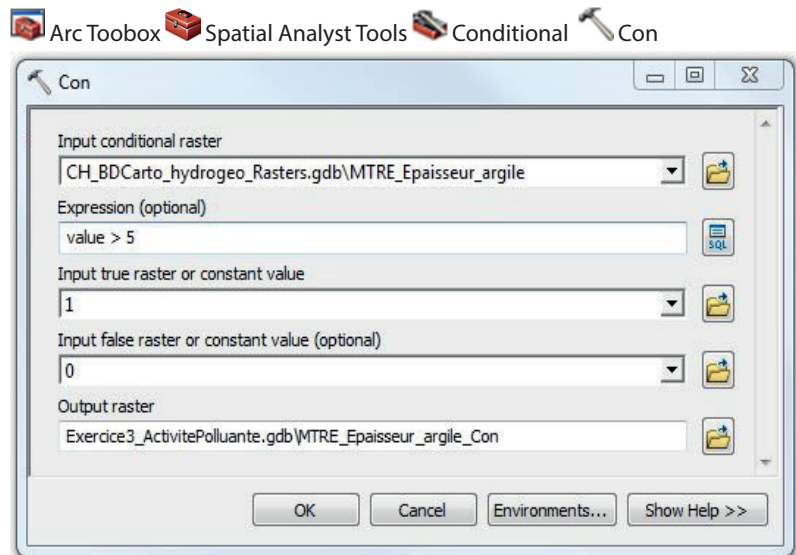
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> )	Critères
Présence d'un aquitard	Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_argile	<i>Épaisseur argile - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Épaisseur élevée : 5 m et plus</li> </ul>
	Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	<i>Contextes hydrogéol. strati. - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquifère de roc, recouvert par un <u>aquitard</u></li> <li>Aquifère granulaire potentiel et aquifère de roc, recouverts par un <u>aquitard</u></li> <li>Aquifère de roc recouvert par un <u>aquitard</u> et un aquifère granulaire potentiel superficiel</li> </ul>
Aquifère à nappe captive	Conditions de confinement	 MTRE_Conditions_confinement	<i>Confinement roc - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nappe captive</li> </ul>
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	<i>Recharge annuelle HELP - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recharge faible : 0 à 50 mm/an</li> </ul>
Vulnérabilité faible	Vulnérabilité DRASTIC	 MTRE_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - MTE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins</li> </ul>
Toutes profondeurs de la nappe d'eau souterraine	Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	<i>Profondeur de la nappe dans le roc</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes profondeurs</li> </ul>

## Procédure étape par étape


### ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Identifier les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_argile** (alias : *Épaisseur argile – MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

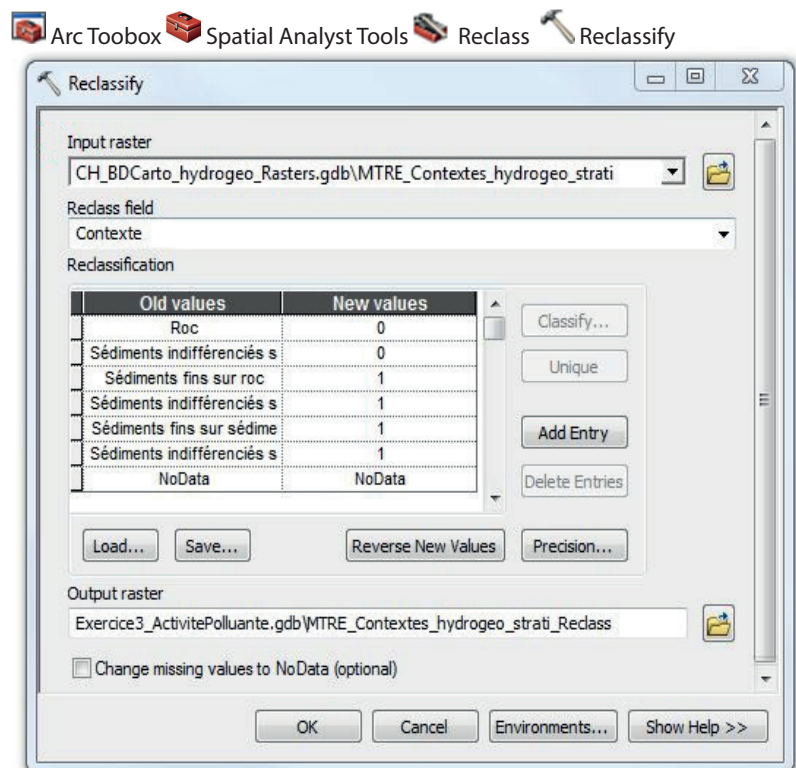
Les cellules de  **MTRE\_Epaisseur\_argile\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



### CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de  **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati** (alias : *Contextes hydrogé. strati. - MTE*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

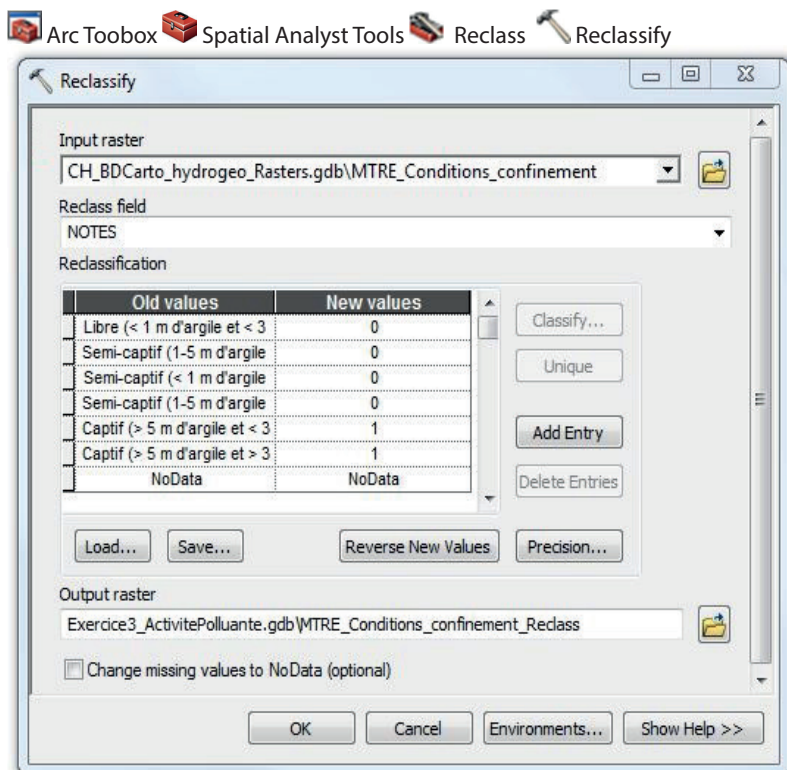




## CONDITIONS DE CONFINEMENT

Identifier les cellules de **MTRE\_Conditions\_confinement** (alias : Confinement roc - MTE) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

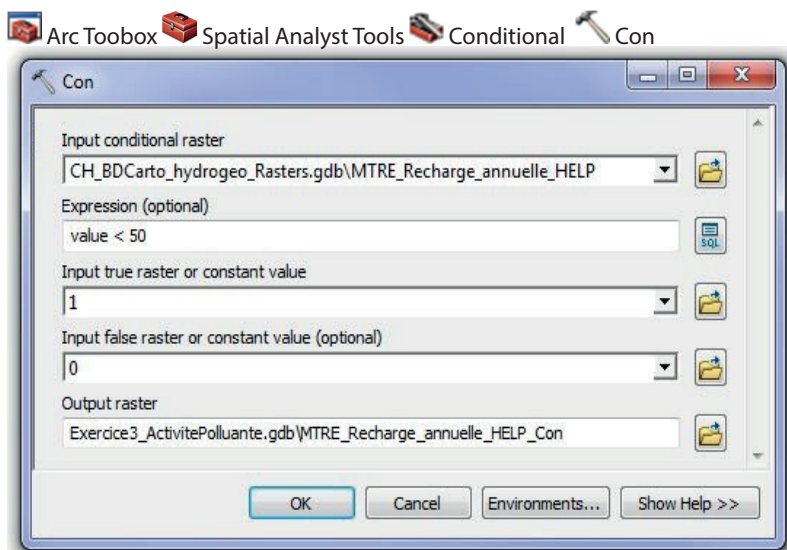
Les cellules de **MTRE\_Conditions\_confinement\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



## RECHARGE ET RÉSURGENCE

Identifier les cellules de **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP** (alias : Recharge annuelle HELP - MTE) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

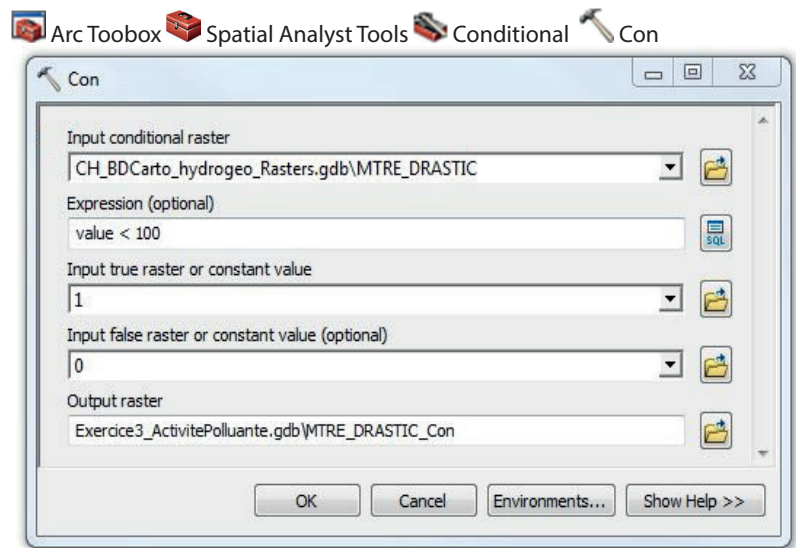
Les cellules de **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



## VULNÉRABILITÉ DRASTIC

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

Les cellules de **MTRE\_DRASTIC\_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



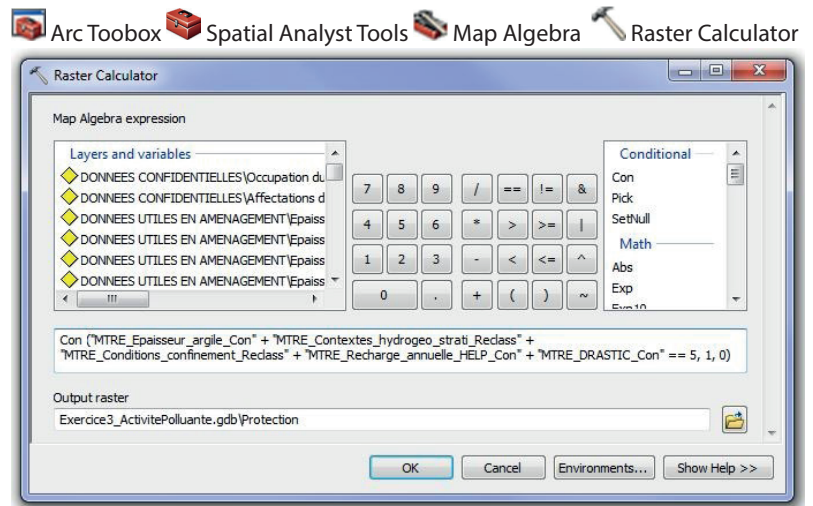
## PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

Aucune analyse à faire puisque toutes les profondeurs de la nappe d'eau souterraine sont considérées dans les critères.

## BILAN

Combiner les résultats des couches **MTRE\_Epaisseur\_argile\_Con**, **MTRE\_Contextes\_hydrogeo\_strati\_Reclass**, **MTRE\_Conditions\_confinement\_Reclass**, **MTRE\_Recharge\_annuelle\_HELP\_Con** et **MTRE\_DRASTIC\_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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



## 2. Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet

### Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de mauvaise qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il est plus grave de contaminer une eau de bonne qualité que si elle est non potable (ex. : saumâtre).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bien que la contamination d'une eau de mauvaise qualité soit possiblement moins grave, la contamination anthropique la dégradant davantage n'est pas souhaitable.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>Bien que l'appréciation sur la potabilité de l'eau ne soient déterminés que pour l'aquifère de roc fracturé et que les dépassements de CMA et d'OE soient évalués majoritairement pour des puits dans le roc, ils peuvent donner une idée relative sur la qualité de l'eau dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.</li> </ul>

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de mauvaise qualité	Qualité de l'eau	L24_QualiteEau_GroupesGeochimiques	Groupes géochimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zone d'eau saumâtre non potable</li> <li>Zone d'eau de qualité passable</li> </ul>

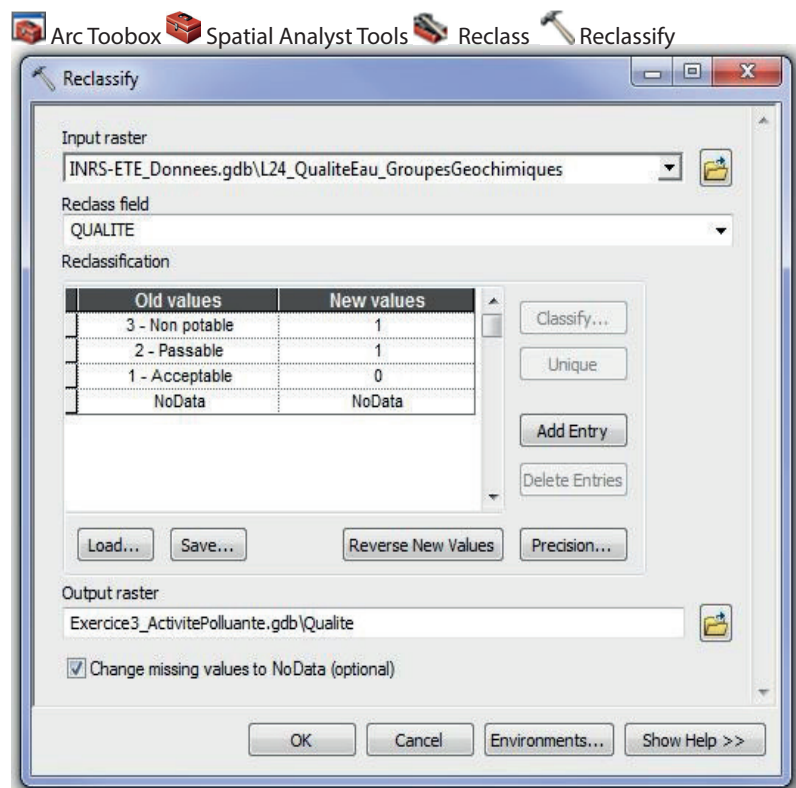


### Procédure étape par étape

#### QUALITÉ DE L'EAU



Identifier les cellules de **L24\_QualiteEau\_GroupesGeochimiques** (alias: *Groupes géochimiques*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.


Les cellules de **Qualite** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères auraient une eau potentiellement de mauvaise qualité.

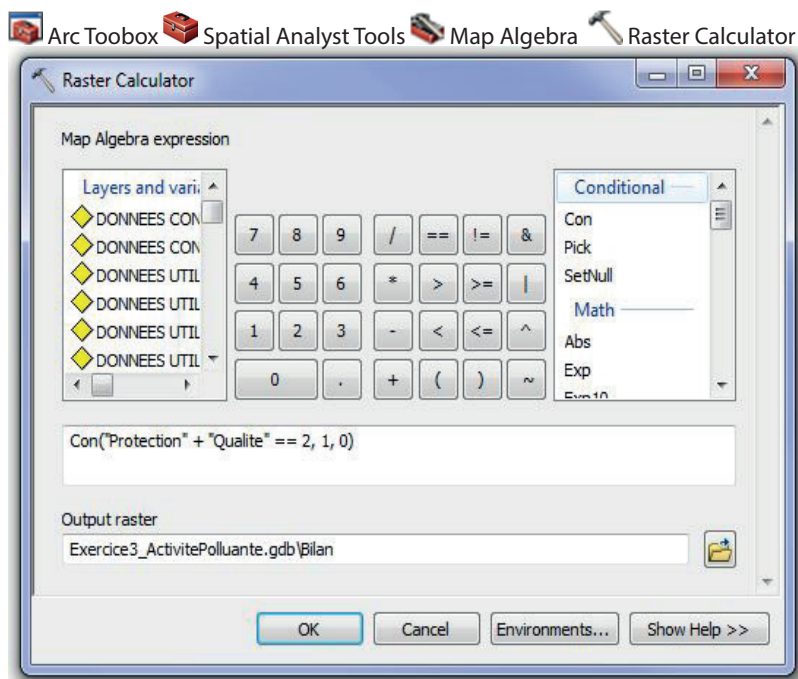


### 3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

#### Procédure étape par étape

Combiner les résultats des couches  **Protection** et  **Qualite** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de  **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères seraient protégés naturellement et qui auraient une eau potentiellement de mauvaise qualité. À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux zones où un des critères n'est pas rencontré : les aquifères ne seraient pas protégés naturellement ou auraient une eau potentiellement de bonne qualité.




## 4. Évaluer la qualité de l'eau à partir des données géochimiques disponibles

### Les paramètres d'analyse proposés

Voir section 2. *Évaluer la qualité de l'eau à partir des zones définies dans le cadre du projet*



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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> )	Critères
Eau de mauvaise qualité	Qualité de l'eau	 INRS_PtsDeControle_QualiteEauPotable	<i>Dépassements critères de potabilité</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>Dépassements de concentrations maximales acceptables (CMA)</li></ul>




### Procédure étape par étape

#### QUALITÉ DE L'EAU


Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Puits avec depassement*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous – aussi disponible dans le fichier texte **Requête pour puits avec dépassement des CMA** dans le dossier  **Exercices**) :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1' AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 340 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.01 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 342 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 383 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.05 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 806 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 1.5 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 451 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 10 OR L29_TableEchantillonEau_Resultats_elem_id = 543 AND L29_TableEchantillonEau_Resultats_res_stnd > 0.019
```

Pour afficher les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée, ajouter à nouveau au projet mxd la couche des résultats de qualité de l'eau  **INRS\_PtsDeControle\_QualiteEauPotable** (alias: *Dépassements critères de potabilité*), renommer son alias *Tous les puits*, puis faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (en copiant-collant le texte ci-dessous) pour n'afficher que les puits concernés par la campagne d'échantillonnage du PACES :

```
L29_TableSelectionDonnees_liv24 = '1'
```

Suivre ensuite la procédure suivante :

1. Sélectionner d'abord les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée. Dans la barre de menu de l'interface  ArcMap, ouvrez la fenêtre Select By Location du menu Selection (voir ci-contre).

1.1. Choisir la méthode de sélection select features from.

1.2. Sous Target layer(s), cocher la couche portant l'alias *Tous les puits*.

1.3. Sous Source layer, choisir la couche portant l'alias *Puits avec depassement*.


1.4. Sous Spatial selection method for target layer feature(s), choisir l'option are identical to the source layer feature.

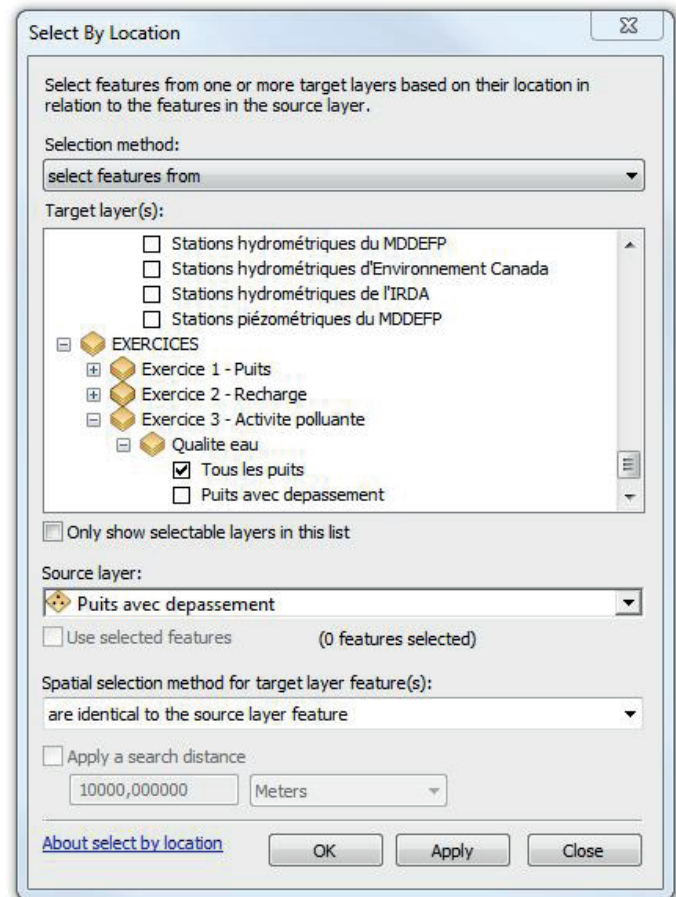
1.5. Faire **OK**. Les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

2. Inverser la sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant Selection, puis Switch Selection. Les puits pour lesquels aucune concentration maximale acceptable n'a été dépassée devraient maintenant être en surbrillance.

3. Créer une nouvelle couche à partir de cette sélection en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'alias de la couche *Tous les puits* dans la table des matières du projet mxd, en sélectionnant Selection, puis Create layer from selected features. La nouvelle couche devrait apparaître dans la table des matières du projet mxd.

4. Renommer l'alias de la nouvelle couche *Puits sans depassement*.

La gravité d'une contamination de l'eau diminue avec la diminution de la qualité de l'eau, bien que la contamination de l'eau ne soit en aucun cas souhaitable. La gravité serait potentiellement élevée si on ne retrouve dans les zones de  **Bilan** seulement des puits ayant une eau de bonne qualité, c'est-à-dire sans dépassement de concentrations maximales acceptables.





## 5. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine

### Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afin de prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, l'activité potentiellement polluante doit être située en aval des puits d'alimentation en eau potable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> </ul>




### 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 et profondeur de la nappe	<ul style="list-style-type: none"> <li> MTRE_Piezo_roc</li> <li> CH_Lieu_physique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Piézométrie roc - MTE</i></li> <li><i>Lieux physiques</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En aval des puits d'alimentation</li> </ul>



### Procédure étape par étape

#### PIÉZOMÉTRIE ET PROFONDEUR DE LA NAPPE

La couche  **CH\_Lieu\_physique** contient les puits d'alimentation individuels et collectifs provenant du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC. Superposer celle-ci à la couche de piézométrie  **MTRE\_Piezo\_roc** (alias : *Piézométrie roc - MTE*), puis visualiser les puits d'approvisionnement en aval des zones où les aquifères sont protégés naturellement et où la qualité de l'eau est mauvaise, tels que définis par la couche  **Bilan**.

La gravité d'une contamination serait potentiellement élevée si on retrouve un nombre significatif de puits d'approvisionnement en aval des cellules contiguës ayant une valeur de 1 dans la couche  **Bilan**.

# Préparer la présentation de vos résultats

---

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

Nom de votre territoire d'action :

En appliquant les critères hydrogéologiques fournis, décrivez le résultat obtenu sur votre territoire d'action (ex. : localisation, superficie, caractéristiques hydrogéologiques des zones sélectionnées)?

Avez-vous modifié les critères hydrogéologiques proposés par le cheminement d'expert? Si oui, pourquoi et de quelle manière ? Reportez dans le tableau de la page suivante les critères hydrogéologiques utilisés.

Quels sont les problèmes de qualité d'eau que vous avez détectés ? Quelle(s) conclusion(s) en tirez-vous?











Dans votre pratique professionnelle, quelles sont les autres informations que vous utiliseriez pour répondre à la question posée (ex. : occupation des sols, affectations du territoire, informations sur des activités ponctuelles, etc.)?

Compte tenu de l'échelle des données hydrogéologiques actuelles, existent-ils des secteurs sur lesquels vous auriez besoin de données hydrogéologiques plus locales?

Dans votre pratique professionnelle, de quelle manière pourriez-vous diriger le développement des activités polluantes sur les zones qui ressortent de votre analyse?



## Votre cheminement sur votre territoire d'action


Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description ( <i>Alias</i> ) Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination			Épaisseur des dépôts meubles	 MTRE_Epaisseur_argile	<i>Épaisseur argile - MTE</i>
			Contextes hydrogéologiques	 MTRE_Contextes_hydrogeo_strati	<i>Contextes hydrogéo. strati. - MTE</i>
			Conditions de confinement	 MTRE_Conditions_confinement	<i>Confinement roc - MTE</i>
			Recharge et résurgence	 MTRE_Recharge_annuelle_HELP	<i>Recharge annuelle HELP - MTE</i>
			Vulnérabilité DRASTIC	 MTRE_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - MTE</i>
			Piézométrie et profondeur de la nappe	 L20_Profondeur_NappeRoc	<i>Profondeur de la nappe dans le roc</i>
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 L24_QualiteEau_GroupesGeochimiques	<i>Groupes géochimiques</i>
			Qualité de l'eau	 INRS_PtsDe-Controle_QualiteEau-Potable	<i>Dépassements critères de potabilité</i>
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie et profondeur de la nappe	 MTRE_Piezo_roc  CH_Lieu_physique	<i>Piézométrie roc - MTE Lieux physiques</i>

# Intégration des connaissances du milieu humain

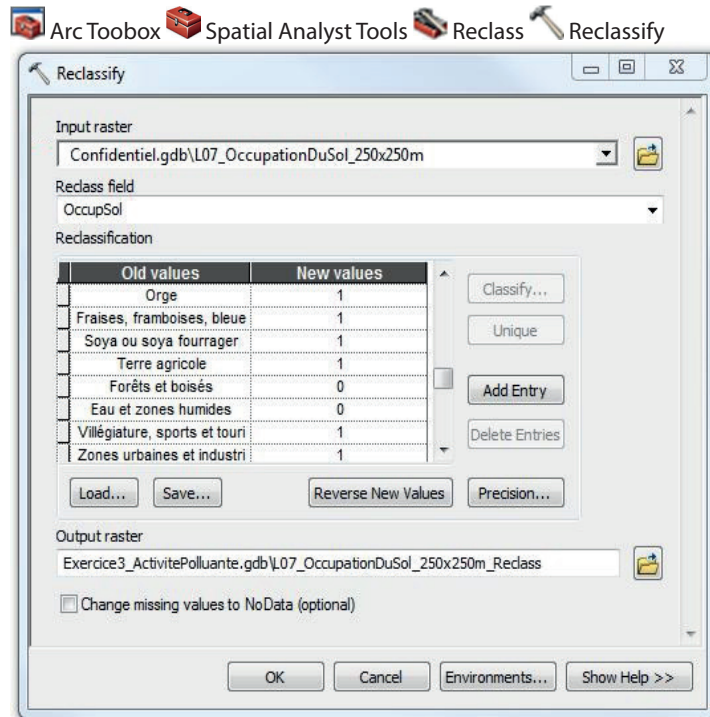
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones où implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines (ex. : les propriétaires terriens, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, les activités polluantes déjà existantes, etc.). Pour compléter l'exercice en cours d'atelier, les informations sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire sont fournies avec les données du PACES. Les clés d'interprétation et les critères ne sont toutefois pas proposés par l'exemple d'un cheminement d'expert. Ils sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre un exemple d'opérations de géotraitement qu'il est possible de faire.

## Procédure étape par étape


### OCCUPATION DU SOL


Identifier les cellules de  **L07\_ OccupationDuSol\_250x250m** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

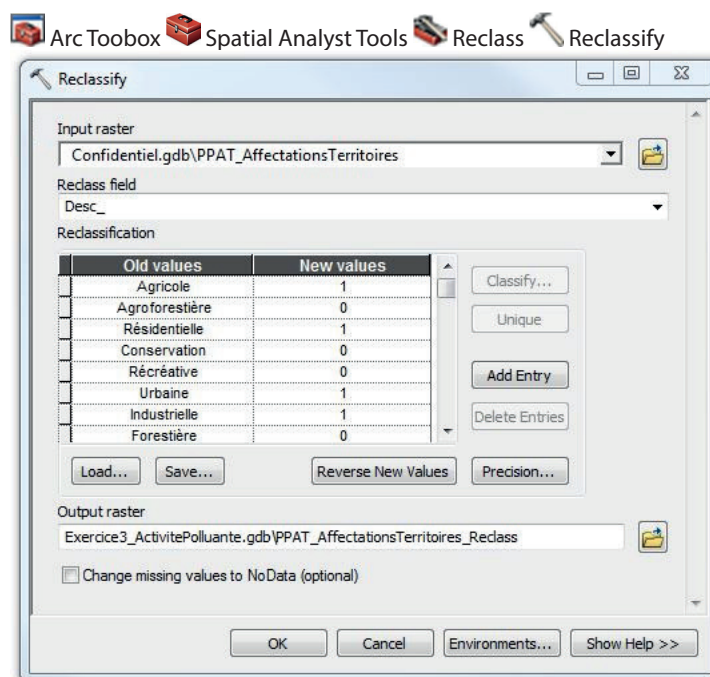
Les cellules de  **L07\_Occupation DuSol\_250x250m\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



### AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de  **PPAT\_ AffectationsTerritoire\_s** (alias : *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

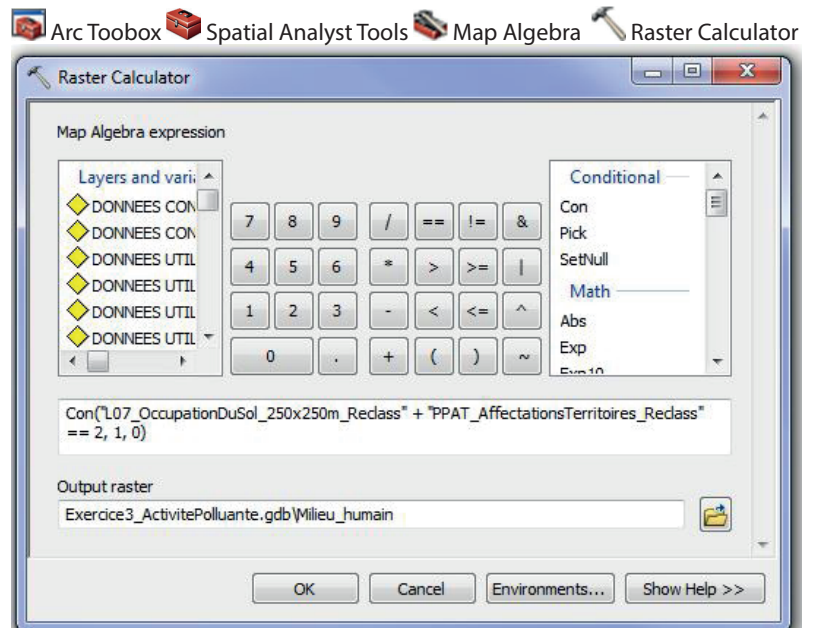
Les cellules de  **PPAT\_ Affectations Territoire\_s\_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



## BILAN

Combiner les résultats des couches **L07\_OccupationDuSol\_250x250m\_Reclass** et **PPAT\_AffectationsTerritoire\_s\_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

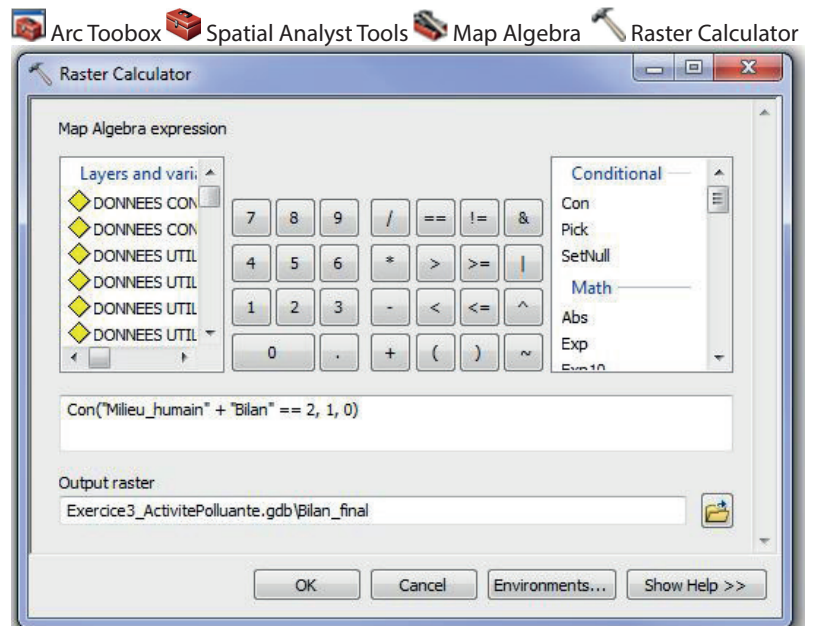
Les cellules de **Milieu\_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



## BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches **Milieu\_humain** et **Bilan** en effectuant le calcul ci-contre pour localiser les zones où l'aquifère serait naturellement protégé de la contamination, où la qualité de l'eau serait potentiellement mauvaise, et où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

La couche **Bilan\_final** constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert, en intégrant les connaissances du milieu humain.



## Mes notes personnelles

---



## L'équipe de réalisation du projet en Montérégie Est dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) :

Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE)  
Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada (CGC)  
Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska)  
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

## Les partenaires du projet PACES en Montérégie Est :

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC)  
Agence géomatique montréalaise  
Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu  
Corporation de bassin versant de la baie Missisquoi  
Conférence régionale des élus de la Montérégie Est (CRÉ Montérégie Est)  
MRC Pierre-De Saurel  
MRC Marguerite-d'Youville  
MRC Acton  
MRC Les Maskoutains  
MRC La Haute-Yamaska  
MRC Le Haut-Richelieu  
MRC Brome-Missisquoi  
Fédération de l'Union des producteurs agricoles (UPA) de la Montérégie (secteur Saint-Hyacinthe)  
Direction régionale Montérégie Est du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)  
Conseil régional de l'environnement de la Montérégie

## Les collaborateurs du projet PACES en Montérégie Est :

Université Laval  
École Polytechnique de Montréal  
Agriculture et Agroalimentaire Canada  
Centre d'Expertise hydrique du Québec  
Géologie Québec - Ministère des Ressources  
United States Geological Survey (USGS)  
MRC La Vallée-du-Richelieu  
MRC Rouville  
MRC Drummond  
MRC Le Val-Saint-François  
MRC Memphrémagog  
MRC Roussillon  
MRC Les Jardins-de-Napierville

## Les partenaires du projet *Protéger et gérer les eaux souterraines* :

