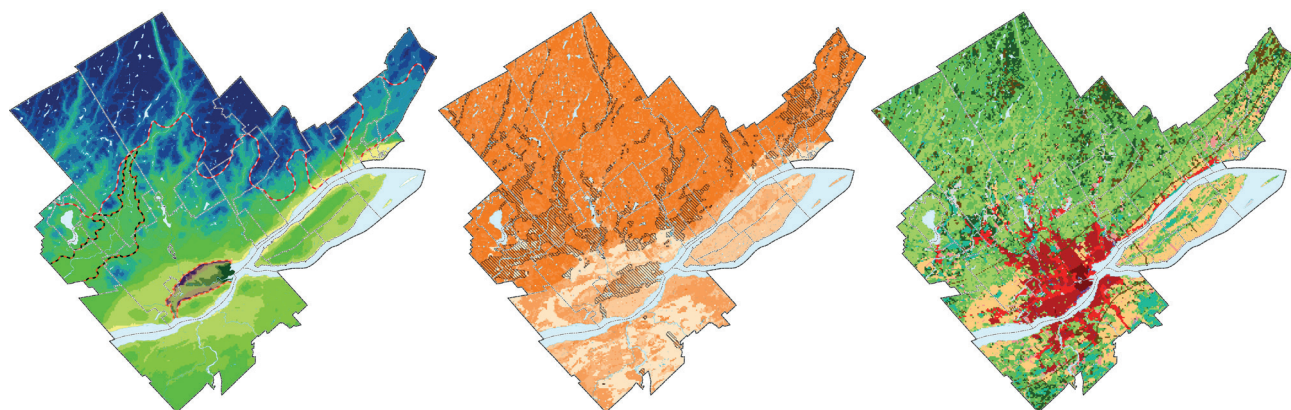


2^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec

CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'Université Laval
et l'Université du Québec à Trois-Rivières

Avril 2016



Ce 2^e atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (PACES-CMQ) 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), les chercheurs du Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Marie-Catherine Talbot Poulin, professionnelle de recherche, équipe de recherche du PACES-CMQ, Université Laval
- Guillaume Comeau, professionnel de recherche, équipe de recherche du PACES-CMQ, Université Laval (maintenant chez SNC-Lavalin inc.)
- René Therrien, professeur, coordonnateur du PACES-CMQ, Université Laval
- Yohann Tremblay, professionnel de recherche, équipe de recherche du PACES-CMQ, Université Laval et 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-CMQ et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

Talbot Poulin, M.C., Comeau, G., Tremblay, Y., Therrien, R., Nadeau, M.M., Lemieux, J.M., Molson, J., Fortier, R., Therrien, P., Lamarche, L., Donati-Daoust, F., Bérubé, S. 2013. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, Rapport final. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, mars 2013, 172 pages, 19 annexes, 28 cartes.

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-CMQ. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J. et Talbot Poulin, M.C. 2014. 1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'Université Laval, la CMQ et 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. et Gagné, S. 2016. 2e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'Université Laval et l'UQTR pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

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.

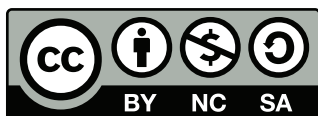
Pour en savoir plus : rques.ca

Le Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval

La géologie et le génie géologique s'intéressent à l'histoire et l'évolution de la Terre pour comprendre et prédire les processus naturels. La compréhension de ces processus naturels est essentielle pour découvrir et exploiter les ressources en métaux, minéraux et matériaux industriels, eaux souterraines et hydrocarbures si importants pour le bien-être de notre société. La connaissance de ces processus naturels permet de guider la société vers une utilisation rationnelle de la masse continentale et des fonds océaniques. Elle offre les outils qui servent à prévoir les risques naturels (glissements de terrain, tremblements de terre, volcanisme) qui peuvent mettre en danger la vie et les biens de la société.

La mission du département est d'offrir aux étudiantes et étudiants des programmes de qualité, qui les prépareront adéquatement au marché du travail. Les membres du Département de géologie et de génie géologique sont également fortement impliqués en recherche.

Pour en savoir plus : www.ggl.ulaval.ca



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.

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	4
Votre équipe de formation	5
Résumé du projet Paces-CMQ	6
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	7
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
2. Présentation des données géospatiales	15
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 l'Université Laval	19
Les données à diffusion restreintes	20
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
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	34
Confinement	36
Piézométrie	38
Recharge	40
Vulnérabilité	42
Qualité de l'eau	44
Les autres résultats du PACES	46
4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines	49
Question 1 Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	51
Les résultats du remue-méninge avec les participants	53
Synthèse du cheminement d'expert	54
Préparer la présentation de vos résultats	64
Question 2 Protection des zones de recharge	69
Les résultats du remue-méninge avec les participants	71
Synthèse du cheminement d'expert	72
Préparer la présentation de vos résultats	84
Question 3 Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	89
Les résultats du remue-méninge avec les participants	91
Synthèse du cheminement d'expert	92
Préparer la présentation de vos résultats	105

Le déroulement de l'atelier

Objectifs

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

Les activités	Les sections du cahier
1. Quelques notions de base en hydrogéologie <i>(activité de groupe - présentation magistrale)</i>	Partie 1, p. 7 à 13
2. Présentation des données géospatiales <i>(activité de groupe - présentation magistrale)</i>	Partie 2, p. 15 à 30
3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action <i>(activité en binôme - exercices en laboratoire de géomatique)</i> Lire les données hydrogéologiques géospatiales de votre territoire d'action et chercher à les comprendre grâce au cahier du participant et aux experts en hydrogéologie	Partie 3, p. 31 à 47
4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines Après avoir choisi une question de travail, analyser les données hydrogéologiques de votre territoire d'action en vue de protéger les eaux souterraines grâce à un exemple d'une démarche d'un expert en hydrogéologie	Partie 4, p. 49 à 104
4.1 Remue-méninges et présentation de la démarche d'un expert en hydrogéologie <i>(activité en sous-groupe - échanges avec les experts en hydrogéologie)</i>	
4.2 Application de la démarche sur mon territoire d'action <i>(activité en binôme - exercice en laboratoire de géomatique)</i>	
4.3 Présentation des résultats des participants <i>(activité de groupe - présentation par les participants)</i>	

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

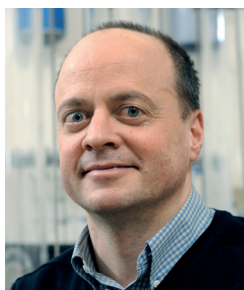


Anne-Marie Decelles
M.A. Développement régional
Agente de transfert du RQES
Département des sciences de
l'environnement, Université du
Québec à Trois-Rivières
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7
819-376-5011 poste 3238
Anne-Marie.Decelles1@uqtr.ca



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 Therrien
Ing., Ph.D. Hydrogéologie
Professeur
Département de géologie et de
génie géologique
Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-2131 poste 5400
Rene.Therrien@ggl.ulaval.ca



Marie-Catherine Talbot Poulin
Ing., M.Sc. Hydrogéologie
Professionnelle de recherche
Département de géologie et de
génie géologique, Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-2131 poste 12630
marie-catherine.talbot-poulin@ggl.
ulaval.ca



Guillaume Comeau
Ing., M.Sc. Hydrogéologie
Chargé de projet
Environnement et eau
SNC-Lavalin inc.
5500 boul. des Galeries, Bureau 200
Québec (Qc) G2K 2E2
418-621-5500 poste 42968
Guillaume.Comeau@snclavalin.com

Résumé du PACES-CMQ

Le PACES-CMQ dresse le portrait régional de la ressource en eau souterraine sur le territoire municipalisé de la CMQ et permet ainsi de pallier au manque d'information sur cette ressource. Les territoires municipalisés de l'Agglomération de Québec, la Ville de Lévis et les MRC de La Jacques-Cartier, de L'Île-d'Orléans et de La Côte-de-Beaupré sont représentés, pour une superficie de 3 663 km² et une population d'environ 760 000 habitants.

Les objectifs généraux de ce projet sont :

- Établir la connaissance sur les ressources en eau souterraine de la région d'étude;
- Léguer des infrastructures de surveillance dans la région pour suivre l'évolution de la qualité et de la quantité des ressources en eau souterraine;
- Former du personnel hautement qualifié et bonifier la compréhension des contextes hydrogéologiques par des projets de recherche d'étudiants de 2e et 3e cycles;
- Contribuer à utiliser de façon durable les ressources en eau souterraine dans une région urbanisée, à la fois pour l'exploitation de l'eau et pour l'énergie géothermique.

Le projet détaille le milieu naturel et humain du territoire, présente les contextes géologiques et hydrogéologiques et évalue les réserves et les utilisations de la ressource en eau souterraine. Ces analyses sont représentées à l'aide de 28 cartes régionales. Une base de données hydrogéologiques régionale a été mise sur pied grâce à la cueillette d'information existante et la réalisation de travaux de terrain supplémentaires. L'ensemble de ces résultats vise à permettre la mise en place des pratiques d'exploitation durable de la ressource en eau souterraine sur le territoire de la CMQ.

Le projet s'est déroulé sur trois ans, soit d'avril 2010 à mars 2013. La démarche générale du projet a compris trois phases :

Phase I : Collecte des données existantes (2010-2011);

Phase II : Travaux de terrain (2011-2012);

Phase III : Synthèse et transfert des connaissances (2012-2013).

Le projet a été réalisé par le Département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval, en collaboration avec la CMQ et d'autres partenaires régionaux. Le projet a principalement été financé par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). La liste suivante détaille l'ensemble des partenaires ayant aussi participé au financement du projet, de même qu'à sa réalisation :

- Université Laval;
- Communauté métropolitaine de Québec;
- Ville de Québec;
- Ville de Lévis;
- Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures;
- MRC de La Côte-de-Beaupré;
- MRC de L'Île-d'Orléans
- MRC de La Jacques-Cartier;
- Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency;
- Organisme des bassins versants de la Capitale;
- Organisme des bassins versants de la Côte-du-Sud;
- Conseil de bassin de la rivière Etchemin;
- Corporation du bassin de la Jacques-Cartier.

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. 8 à 10)

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

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 au confinement discontinu

Aquifère qui peut être confiné ou non confiné localement. L'aquitard qui le superpose est discontinu dans l'espace, laissant ainsi des « fenêtres » par lesquelles l'eau peut s'infiltrer.

Aquifère confiné

Aquifère isolé de l'atmosphère par un aquitard. Il contient une nappe captive. Il n'est pas directement rechargé par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégé des contaminants provenant directement de la surface.

Aquifère de roc fracturé

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

Aquifère granulaire

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

Aquifère non confiné

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

Aquifère semi-confiné

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

Aquitard

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

Argile

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

Eau souterraine

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

Fracture

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

Gradient hydraulique

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

Gravier

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

Nappe (ou nappe phréatique)

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

Nappe captive

Nappe d'eau souterraine limitée au-dessus par une unité géologique imperméable. Elle est soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui fait que lorsqu'un forage perce cette couche, le niveau de l'eau monte dans le tubage, et parfois dépasse le niveau du sol (puits artésien jaillissant). Elle n'est pas directement rechargée par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégée des contaminants provenant directement de la surface.

Nappe libre

Nappe d'eau souterraine située la plus près de la surface des terrains, qui n'est pas couverte par une unité géologique imperméable. Elle est en contact avec l'atmosphère à travers la zone non saturée des terrains. Elle peut être directement rechargée par l'infiltration verticale et est généralement plus vulnérable à la contamination.

Nappe semi-captive

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

Niveau piézométrique

Hauteur atteinte par l'**eau souterraine** dans un puits pour atteindre l'équilibre avec la pression atmosphérique; généralement exprimée par rapport au niveau moyen de la mer. L'**eau souterraine** s'écoule d'un point où le **niveau piézométrique** est le plus élevé vers un point où il est le plus bas. Voir **charge hydraulique**.

Objectifs esthétiques (OE)

Recommandation pour des paramètres physiques ou chimiques ayant un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût, etc.), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine (publiés par Santé Canada). Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs.

Pore

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

Porosité

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

Potentiel aquifère

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

Propriétés (ou paramètres) hydrauliques

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

Recharge

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

Résurgence

Émergence en surface de l'eau, au terme de son parcours dans l'aquifère, lorsque le niveau piézométrique de la nappe dépasse le niveau de la surface du sol. Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire largement étendues (ex. : cours d'eau, lacs et milieux humides), et sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis (source).

Sable

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

Silt

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

Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

Surface piézométrique

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

Temps de résidence

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

Till

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

Vulnérabilité

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

Zone non saturée

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

Zone saturée

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

Zone vadose

Voir zone non saturée.

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

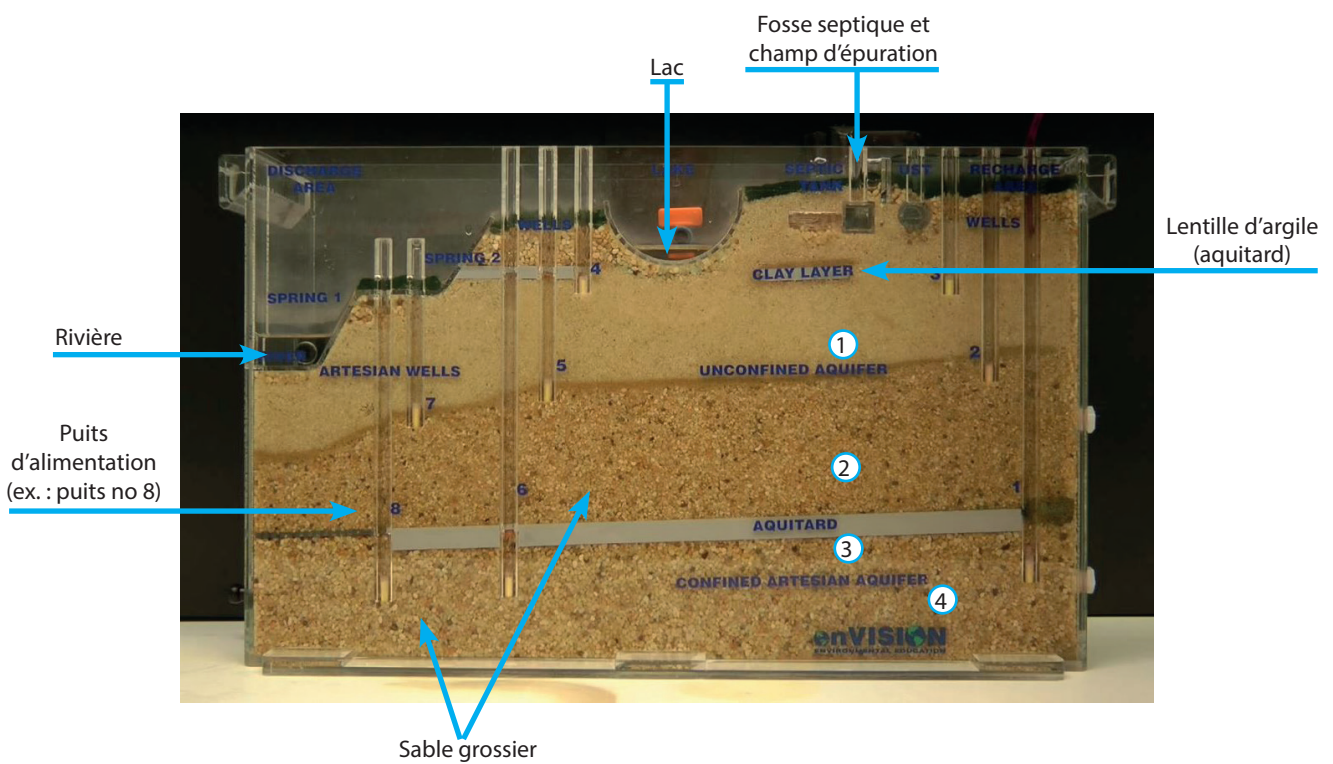
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un **aquifère** d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des **aquifères** 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 :

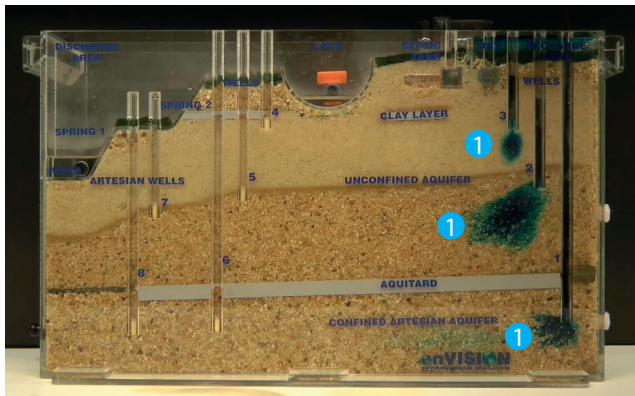
- ① Couche de **sable fin** dans la partie supérieure d'un **aquifère non confiné**, dans le premier tiers près de la surface,
- ② Couche de **sable grossier** dans la partie inférieure d'un **aquifère non confiné**, dans le deuxième tiers au centre,
- ③ Couche imperméable représentant un **aquitard**, qui pourrait être de l'**argile**,
- ④ Couche de **sable grossier** dans un **aquifère confiné**, 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

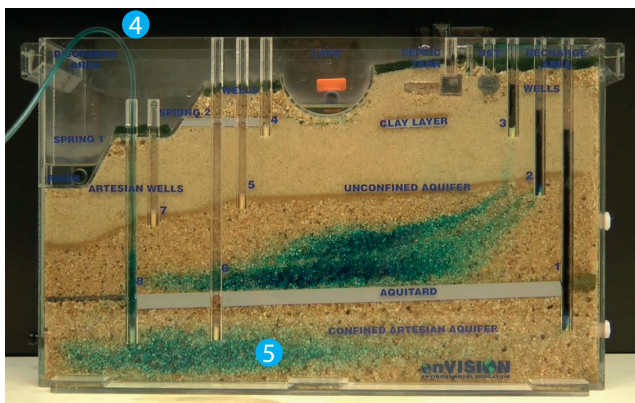


L'écoulement de l'eau souterraine

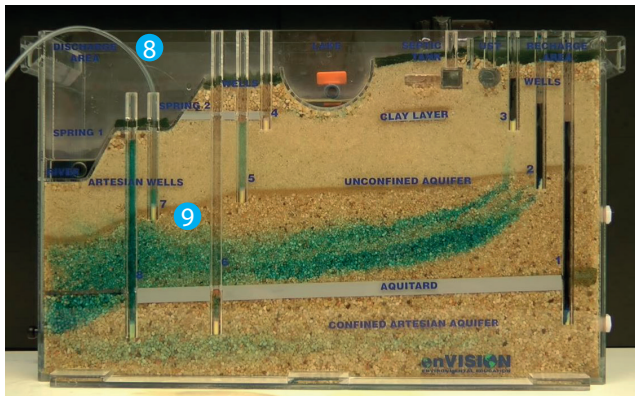
1 Injection d'un «traceur» (colorant alimentaire) par trois puits pour visualiser l'écoulement de l'eau dans les aquifères. L'eau remplit les pores (espaces vides) entre les grains.



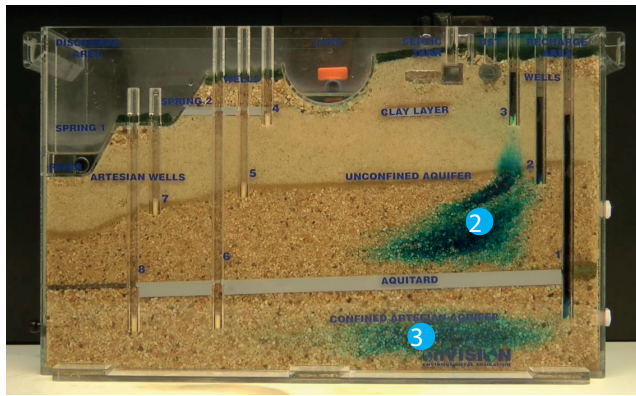
4 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. 5 L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère confiné inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



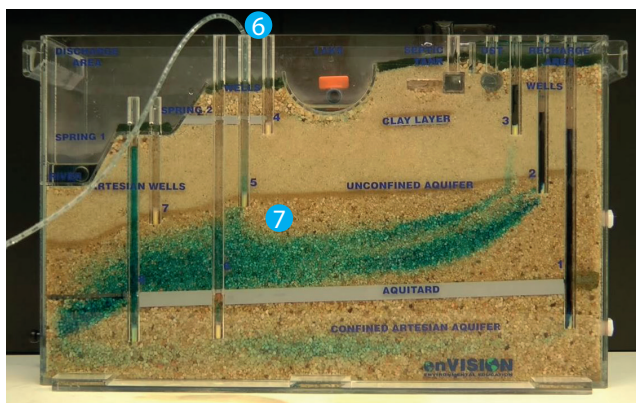
8 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°7. 9 Il y a aussi un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



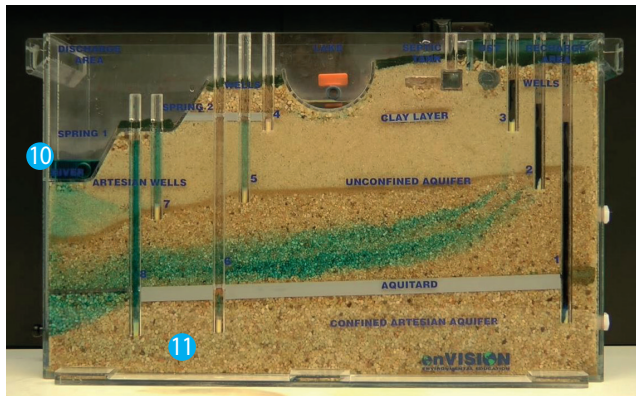
2 L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère non confiné se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. 3 L'eau de l'aquifère confiné inférieur ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard (en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



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.

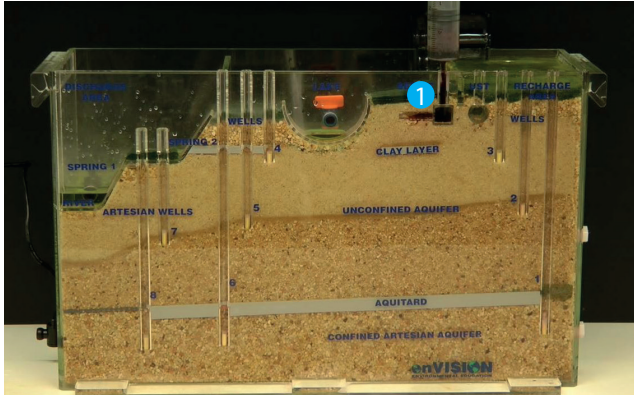


10 L'eau souterraine fait ultimement résurgence dans la rivière, située en aval, qui devient colorée. 11 L'eau de l'aquifère confiné de sable grossier s'est presque totalement renouvelée (indiqué par la perte de coloration).

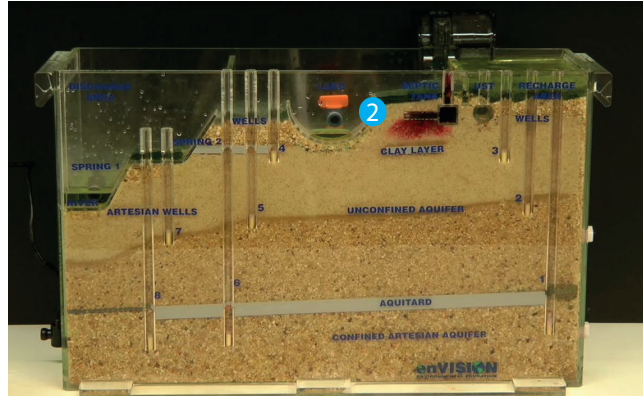


La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

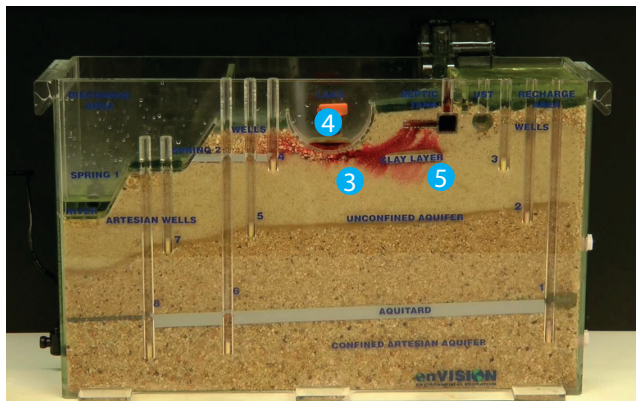
1 Injection d'un «contaminant» (colorant alimentaire) dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



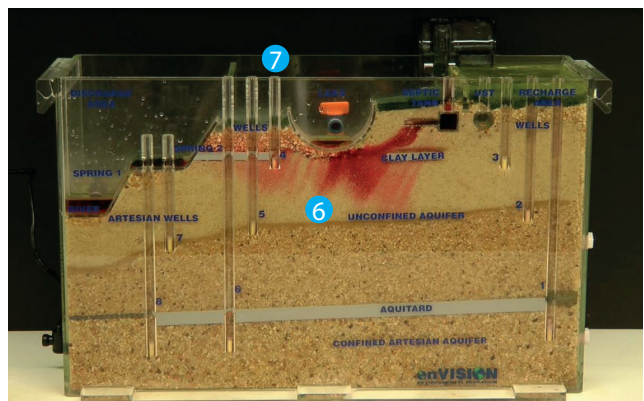
2 Depuis le champ d'épuration, le contaminant migre vers le bas dans la couche de sable fin de l'aquifère non confiné.



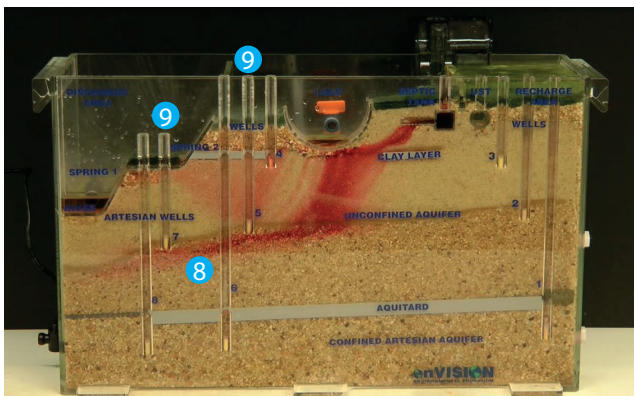
3 Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. 4 De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. 5 La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



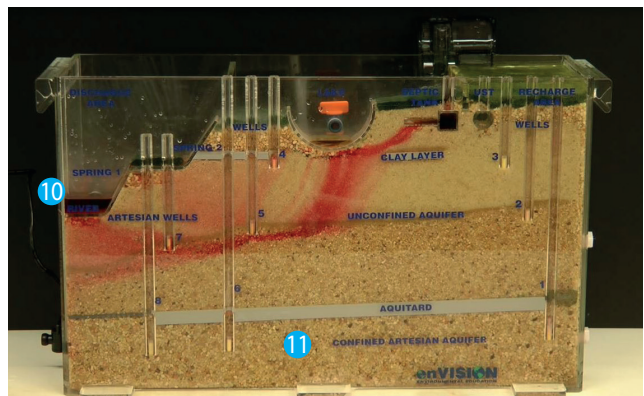
6 Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. 7 Le puits no 4 est maintenant contaminé.



8 En atteignant la couche de sable plus grossier à la base de l'aquifère non confiné, 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 confiné 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. 17)

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 appréciable des données diffusées par le MDDELCC et l'Université Laval n'appartient pas à ces deux organismes. Les droits d'utilisation et de diffusion sont autorisés en vertu des diverses licences, ententes et conventions signées entre le MDDELCC, l'Université Laval 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 et l'Université Laval 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 et l'Université Laval 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-CMQ ont été préparées pour représenter des conditions régionales à l'échelle 1/100 000. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement. Par conséquent, les résultats du projet ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale.

La plupart des analyses hydrogéologiques réalisées dans le cadre de ce projet sont basées sur des méthodes de traitement impliquant des généralisations et une importante simplification de la complexité du milieu naturel.

Les données de base utilisées (ex. : puits, forages, affleurements rocheux) ont une répartition non uniforme sur le territoire. L'incertitude des analyses hydrogéologiques augmente dans les secteurs où il y a peu de données.

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : rapports de consultants, bases de données ministérielles, système d'information hydrogéologique SIH) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du SIH et sont jugées de moins bonne qualité, tant au niveau des mesures géologiques et hydrogéologiques que des localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés.

Les valeurs de certaines données et les analyses en découlant (ex. : piézométrie, recharge, qualité de l'eau) pourraient varier temporellement (jours, saisons, années, changements climatiques).

Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les contaminants bactériologiques, les pesticides et les contaminants organiques (hydrocarbures) n'ont pas été mesurés dans le cadre de l'étude, car ils correspondent généralement à des problématiques locales.

L'architecture et les propriétés des dépôts meubles sont bien définies à l'exception des complexes deltaïques et fluvioglaciaires des rivières Jacques-Cartier, Montmorency et Sainte-Anne. Pour ces aquifères, il n'a pas été possible d'apporter plus de précision sur la localisation des unités de silt semi-confinant ou confinant qui peuvent avoir des implications sur les processus d'écoulement de l'eau souterraine et sur la plupart des autres aspects touchant l'hydrogéologie.

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). L'utilisateur doit préalablement demander un identifiant et un mot de passe à l'adresse 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_PACES_I-II.gdb** : contient les données matricielles

- Des **Layer files** dans le dossier **MDDELCC_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 **MDDELCC_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.

Arborescence des bases de données du MDDELCC

- MDDELCC
 - MDDELCC_LYR
 - MDDELCC_Métadonnées
 - CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb
 - CMQ_Activites_anthropiques
 - CMQ_Contextes_hydrostrati
 - CMQ_DRASTIC
 - CMQ_Epaisseur_aquiferes
 - CMQ_Epaisseur_depots_meubles
 - CMQ_Pente_degrees
 - CMQ_Piezo_DeltaProtoStL
 - CMQ_Piezo_profondeur_roc
 - CMQ_Piezo_Roc
 - CMQ_Recharge_annuelle
 - CMQ_Topographie_roc
 - CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 - CMQ_Indice_Confinement_Granul
 - CMQ_Indice_Confinement_Roc
 - CMQ_Limite_Interpol_strati
 - CMQ_Limite_Piezo
 - CMQ_Recharge_aquif_granul
 - CMQ_Recharge_ZoneMeteo
 - CMQ_Zone_etude
 - UtilisationEauMRC_CMQ_point
 - UtilisationEauMUN_CMQ_point
 - CH_BDTerrain.gdb
 - CH_Essais
 - CH_Geochimie
 - CH_Lieu_physique
 - CH_Niveau_eau
 - CH_TB_ESSAIS_Essais
 - CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses
 - CH_TB_LIEUPHYS_Crepine
 - CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite
 - CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie
 - CH_TB_LIEUPHYS_Venue_Eau
 - CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau

Les données de l'Université Laval

Des données additionnelles non diffusées par le MDDELCC, mais dont l'Université Laval détient les droits à titre de producteur du projet PACES-CMQ, peuvent être diffusées librement.



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **ULAVAL** :
 - **CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb** : contient les données vectorielles de points, de lignes et de polygones
 - **CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb** : contient les données matricielles
- Des **Layer files** dans le dossier **CMQ_ULAVAL_LYR**
- Des **métadonnées** pour chaque couche dans le fichier **CMQ_ULAVAL_Metadonnees.pdf**
- Les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du PACES-**CMQ** dans le dossier **CMQ_ULAVAL_Coupes_PDF**

Arborescence de la base de données de l'Université Laval




- [-] ULAVAL
 - [+] CMQ_ULAVAL_Coupes_PDF
 - [+] CMQ_ULAVAL_LYR
 - [-] CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
 - [+] CMQ_17_HF1_Code
 - [+] CMQ_17_HF1_Epaiss
 - [+] CMQ_17_HF2_Code
 - [+] CMQ_17_HF2_Epaiss
 - [+] CMQ_17_HF3_Code
 - [+] CMQ_17_HF3_Epaiss
 - [+] CMQ_17_HF4_Code
 - [+] CMQ_17_HF4_Epaiss
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_A
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_C
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_D
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_I
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_R
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_S
 - [+] CMQ_22_DRASTIC_T
 - [+] CMQ_28_Evapotransp
 - [+] CMQ_28_RuissHypoderm
 - [+] CMQ_28_RuissSurf
 - [+] CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Hor
 - [+] CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Ver
 - [+] CMQ_29_Pot_Geoth_Ouvert
 - [-] CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
 - [+] CMQ_13_Failles
 - [+] CMQ_13_GeologieRoc
 - [+] CMQ_14_TracesCoupesHydroStrati
 - [+] CMQ_23_BaseMilitaire_Valcartier
 - [+] CMQ_23_SitesContamines
 - [+] CMQ_24_25_PuitsGeochimie
 - [+] CMQ_27_BassinsVersants_StationsHydro
 - [+] CMQ_27_StationsHydro
 - [+] CMQ_27_StationsMeteo
 - [+] CMQ_27_StationsSuiviPiezo

Les données à diffusion restreintes




Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données sont mises à votre disposition, telles que les limites administratives, l'hydrographie, les voies de communication et la topographie. 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** ni de **métadonnées** pour les données confidentielles

Les données converties

Afin de faciliter le **géotraitement** des **données géospatiales** lors des exercices, certaines **couches** ont été converties depuis un **format** vectoriel de polygones  vers un **format** matriciel . Le **géotraitement** de **couches** vectorielles exige un temps de calcul qui peut être considérable lorsque les couches contiennent de nombreuses entités. Le **géotraitement** de **couches** matricielles est beaucoup plus rapide à l'aide des outils de la boîte à outils  Spatial Analyst.



Vos données pour cet atelier

- La géodatabase  **Donnees_Converties_CMQ.gdb** dans le dossier  **Exercices**
 - Les **couches** libres de diffusion  **CMQ_Indice_Confinement_Granul** et  **CMQ_Indice_Confinement_Roc**
 - Les **couches** confidentielles  **CMQ_07_OccupationSol** et  **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (peuvent être diffusées sous leur forme matricielle, car modifiée de leur forme originale en vectorielle)

Retrouver les informations hydrogéologiques
































Par géodatabase

22

Les couches d'information géospatiale 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	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_TB_LIEUPHYS_Venue_eau	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	s.o.	
	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_Essais	Essais hydrauliques	s.o.	
	CH_TB_ESSAIS_Essais	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_Geochimie	Géochimie	s.o.	
	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	<i>id.</i>	s.o.	
	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb	CMQ_Zone_etude	Zone d'étude - CMQ	s.o.
CMQ_Limite_interpol_strati		Épaisseur dépôts limite - CMQ	Épaisseur des dépôts meubles	
CMQ_Indice_Confinement_Granul		Confinement dépôts - CMQ	Confinement	X
CMQ_Indice_Confinement_Roc		Confinement roc - CMQ	Confinement	X
CMQ_Limite_Piezo		Piezométrie limites - CMQ	Piezométrie	
CMQ_Recharge_ZoneMeteo		Recharge zones météo - CMQ	Recharge	
CMQ_Recharge_aquif_granul		Recharge aquif. dépôts - CMQ	Recharge	
UtilisationEauMRC_CMQ_point		Utilisation eau-MRC - CMQ	Utilisation de l'eau souterraine	
UtilisationEauMUN_CMQ_point		Utilisation eau-MUN - CMQ	Utilisation de l'eau souterraine	
CMQ_Epaisseur_depots_meubles		Épaisseur dépôts meubles - CMQ	Épaisseur des dépôts meubles	X
CMQ_Epaisseur_aquiferes		Épaisseur aquifères - CMQ	Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	X
CMQ_Piezo_DeltaProtoStL		Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ	Piezométrie	X
CMQ_Piezo_Roc		Piezométrie roc - CMQ	Piezométrie	X
CMQ_Piezo_profondeur_roc		Piézo. profondeur roc - CMQ	Piezométrie	
CMQ_Recharge_annuelle		Recharge annuelle - CMQ	Recharge	X
CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES-II.gdb	CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	Vulnérabilité DRASTIC	X
	CMQ_Pente_degrees	Pente (degrés) - CMQ	Pente	
	CMQ_Topographie_roc	Topographie roc - CMQ	Topographie du roc	
	CMQ_Contextes_hydrostrati	Contextes hydrostratigraphiques - CMQ	Contextes hydrostratigraphiques	
	CMQ_Activites_anthropiques	Activités anthropiques - CMQ	Activités potentiellement polluantes	

* 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 géodatabase






























Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb	 CMQ_13_Failles	Failles	Géologie du roc	
	 CMQ_13_GeologieRoc	Géologie simplifiée du roc	Géologie du roc	
	 CMQ_14_TracesCoupesHydroStrati	Coupes hydrostratigraphiques	Coupes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_23_BaseMilitaire_Valcartier	Base militaire Valcartier	Base militaire Valcartier	
	 CMQ_23_SitesContamines	Sites contaminés	Sites contaminés	
	 CMQ_24_25_PuitsGeochemie	Puits qualité de l'eau	Puits qualité de l'eau	
	 CMQ_27_StationsHydro	Stations hydro	Stations hydro	
	 CMQ_27_BassinsVersants_StationsHydro	Bassins versants de stations hydro	Bassins versants de stations hydro	
	 CMQ_27_StationsMeteo	Stations météo	Stations météo	
	 CMQ_27_StationsSuiviPiezo	Stations piézo	Stations piézo	
CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb	 CMQ_17_HF1_Code	Hydrofaciès 1 - Code	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF1_Epaiss	Hydrofaciès 1 - Épaisseur	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF2_Code	Hydrofaciès 2 - Code	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF2_Epaiss	Hydrofaciès 2 - Épaisseur	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF3_Code	Hydrofaciès 3 - Code	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF3_Epaiss	Hydrofaciès 3 - Épaisseur	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF4_Code	Hydrofaciès 4 - Code	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_17_HF4_Epaiss	Hydrofaciès 4 - Épaisseur	Contextes hydrostratigraphiques	
	 CMQ_22_DRASTIC_D	Cote D	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_R	Cote R	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_A	Cote A	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_S	Cote S	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_T	Cote T	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_I	Cote I	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_22_DRASTIC_C	Cote C	Vulnérabilité DRASTIC	
	 CMQ_28_Evapotransp	Évapotranspiration	Bilan hydrique	
	 CMQ_28_RuissHypoderm	Ruissellement hypodermique	Bilan hydrique	
	 CMQ_28_RuissSurf	Ruissellement de surface	Bilan hydrique	
	 CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Hor	Système en boucles fermées horizontales	Géothermie	
	 CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Ver	Système en boucles fermées horizontales	Géothermie	
 CMQ_29_Pot_Geoth_Ouvert	Système en boucles ouvertes	Géothermie	X	

* 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	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
		 CMQ_Limite_interpol_strati	Épaisseur dépôts limite - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	X	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	Épaisseur aquifères - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
	X	 CMQ_Indice_Confinement_Granul	Confinement dépôts - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Confinement	X	 CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement roc - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 CMQ_Piezo_DeltaProtoStL	Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
Piézométrie	X	 CMQ_Piezo_Roc	Piézométrie roc - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
		 CMQ_Piezo_profondeur_roc	Piézo, profondeur roc - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
		 CMQ_Limite_Piezo	Piezométrie limites - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 CMQ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
		 CMQ_Recharge_ZoneMeteo	Recharge zones météo - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Recharge		 CMQ_Recharge_aquif_granul	Recharge aquif. dépôts - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
Vulnérabilité DRASTIC		 CMQ_22_DRASTIC_D	Cote D	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_R	Cote R	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_A	Cote A	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_S	Cote S	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_T	Cote T	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_I	Cote I	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_22_DRASTIC_C	Cote C	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
Qualité de l'eau	X	 CMQ_24_25_PuitsGeochimie	Puits qualité de l'eau	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
Pente		 CMQ_Pente_degrees	Pente (degrés) - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
		 CMQ_13_Failles	Failles	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
Géologie du roc		 CMQ_13_GeologieRoc	Géologie simplifiée du roc	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		 CMQ_Topographie_roc	Topographie roc - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
Coupes hydrostratigraphiques		 CMQ_14_TracesCoupesHydroStrati	Coupes hydrostratigraphiques	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		 CMQ_Contextes_hydrostrati	Contextes hydrostratigraphiques - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-I.gdb
Contextes hydrostratigraphiques		 CMQ_17_HF1_Code	Hydrofaciès 1 - Code	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		 CMQ_17_HF1_Epais	Hydrofaciès 1 - Épaisseur	CMQ_ULAVAL_Rasters.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
Contextes hydrostratigraphiques (suite)		CMQ_17_HF2_Code	Hydrofaciès 2 - Code	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_17_HF2_Epais	Hydrofaciès 2 - Épaisseur	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_17_HF3_Code	Hydrofaciès 3 - Code	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_17_HF3_Epais	Hydrofaciès 3 - Épaisseur	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_17_HF4_Code	Hydrofaciès 4 - Code	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_17_HF4_Epais	Hydrofaciès 4 - Épaisseur	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
Activités potentiellement polluantes		CMQ_Activites_anthropiques	Activités anthropiques - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb
		CMQ_23_BaseMilitaire_Valcartier	Base militaire Valcartier	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		CMQ_23_SitesContamines	Sites contaminés	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
Utilisation de l'eau souterraine		UtilisationEauMRC_CMQ_point	Utilisation eau-MRC - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		UtilisationEauMUN_CMQ_point	Utilisation eau-MUN - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Stations de mesure		CMQ_27_StationsHydro	Stations hydro	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		CMQ_27_BassinsVersants_StationsHydro	Bassins versants de stations hydro	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		CMQ_27_StationsMeteo	Stations météo	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		CMQ_27_StationsSuiviPiezo	Stations piézo	CMQ_ULAVAL_Vecteurs.gdb
		CMQ_28_Evapotransp	Évapotranspiration	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
Bilan hydrique		CMQ_28_RuissHypoderm	Ruissellement hypodermique	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_28_RuissSurf	Ruissellement de surface	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
Géothermie		CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Hor	Système en boucles fermées horizontales	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_29_Pot_Geoth_Ferme_Ver	Système en boucles fermées horizontales	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_29_Pot_Geoth_Ouvert	Système en boucles ouvertes	CMQ_ULAVAL_Rasters.gdb
		CMQ_Zone_etude	Zone d'étude - CMQ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	CH_BDTerrain.gdb
s.o.		CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Venue_eau	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

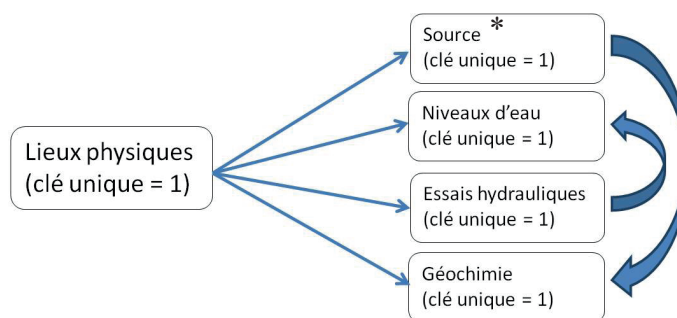
* Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement et nécessaires pour réaliser les exercices en cours d'atelier

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.

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).



* Il n'y a pas d'information concernant les sources pour le PACES-CMQ, cette couche n'existe donc pas pour ce projet.

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_ Lieu_physique	<i>Lieux physiques</i>	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_Crepine	Caractéristiques physiques de la crépine. La crépine est la partie perforée du tubage permettant à l'eau souterraine de pénétrer dans le puits. Elle sert aussi de filtre pour empêcher les particules fines d'entrer dans le puits.
			CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Description des matériaux géologiques (dépôts meubles ou roc) observés.
			CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique du lieu physique attribuée par le projet du PACES.
			CH_TB_LIEUPHYS_Venue_eau	Renseignements sur la profondeur des fractures produisant de l'eau.
CH_ Niveau_eau	<i>Niveau d'eau</i>	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_Essais	<i>Essais hydrauliques</i>	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	<i>Géochimie</i>	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**, dans l'interface  ArcMap, le **projet mx**  **AtelierB_CMQ.mxd** a été préparé.

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 coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur contenues dans le dossier  **CMQ_ULAVAL_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**  **CMQ_14_TracesCoupesHydroStrati** (alias : Coupes stratigraphiques).



Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

-  **PACES - CMQ**
 -  Zone d'étude - CMQ
 -  **DONNEES PONCTUELLES**
 -  Lieux physiques
 -  Niveau d'eau
 -  Essais hydrauliques
 -  Géochimie
 -  **DONNEES CONFIDENTIELLES**
 -  Limites administratives
 -  Voies de communication
 -  Hydrographie
 -  Topographie
 -  **DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT**
 -  Epaisseur depots meubles
 -  Epaisseur aquiferes depots meubles
 -  Confinement
 -  Piezometrie
 -  Recharge
 -  Vulnerabilite DRASTIC
 -  Qualite eau
 -  **AUTRES DONNEES**
 -  Pente sol
 -  Geologie roc
 -  Coupes hydrostratigraphiques
 -  Topographie roc
 -  Contextes hydrostratigraphiques
 -  Activites potentiellement polluantes
 -  Utilisation eau
 -  Stations mesure
 -  Bilan hydrique
 -  Geothermie
 -  **EXERCICES**
 -  **Donnees converties**
 -  Confinement dépôts - CMQ
 -  Confinement roc - CMQ
 -  Occupation du sol
 -  Affectations du territoire
 -  Exercice 1 - Puits
 -  Exercice 2 - Recharge
 -  Exercice 3 - Activite polluante

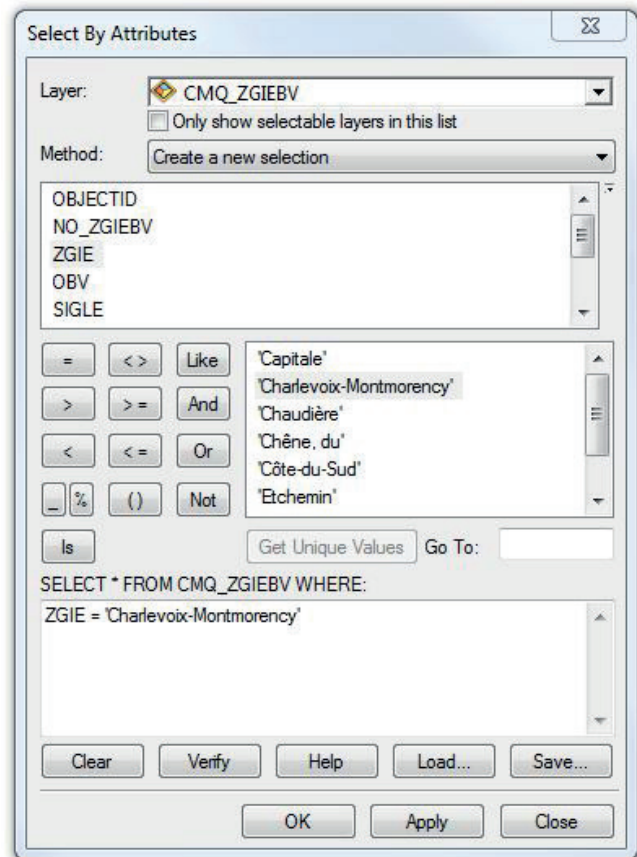


Préparez vos données : découpage de votre territoire

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 l'OBV Charlevoix-Montmorency.



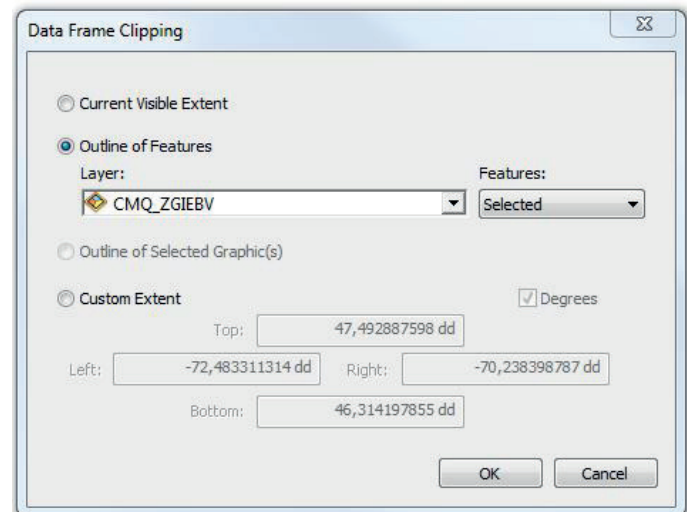
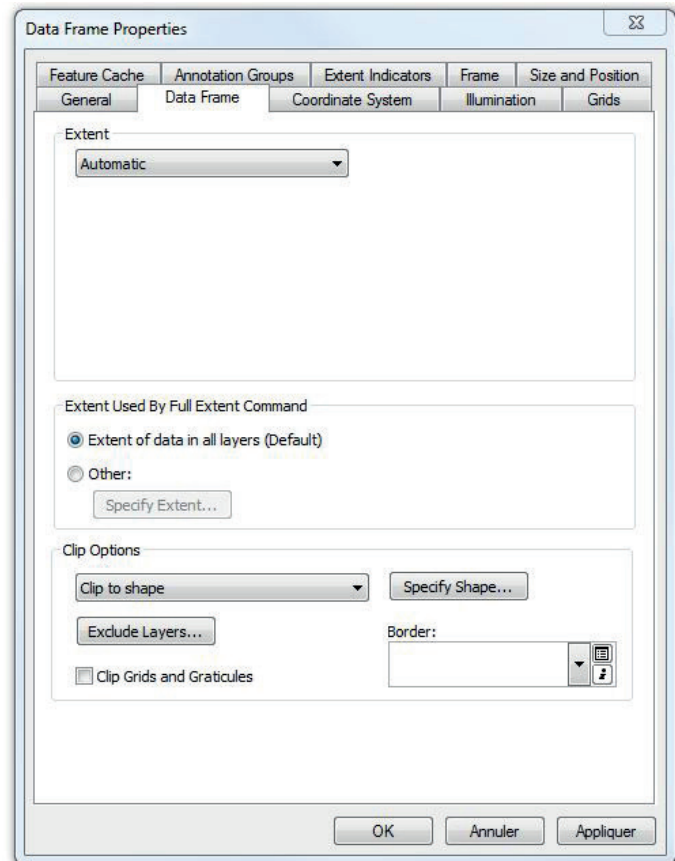


Préparez vos données : découpage de votre territoire

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-CMQ** 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 l'OBV Charlevoix-Montmorency.



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 de géomatique, 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.) reposant sur la roche en place. Leur épaisseur est estimée en interpolant les données ponctuelles (provenant de forages, levés géophysiques, affleurements rocheux) pour lesquelles de l'information concernant la profondeur du socle rocheux sous les dépôts meubles est disponible. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend en grande partie de la densité des données disponibles à proximité.

Atelier A, cahier du participant, pp. 30, 50 et 70

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CMQ</i>	Estimation de l'épaisseur des dépôts meubles en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 0 - 3	Épaisseur nulle ou faible 0 à 3 m	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'aquifère de dépôts meubles possible • Pas de couche imperméable (aquitard) qui protège les aquifères • Aquifère de roc fracturé toujours présent
 3 - 6  6 - 9  9 - 12	Épaisseur moyenne 3 à 12 m	<ul style="list-style-type: none"> • Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier) • Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de silt et d'argile) • Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 12 - 15  15 - 20	Épaisseur élevée 12 à 20 m	<ul style="list-style-type: none"> • Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 10 m de sable ou gravier) • Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de silt et d'argile) • Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 20 - 30  30 - 40  40 - 50  50 - 75	Épaisseur très élevée 20 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> • Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 20 m de sable ou gravier) • Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de silt et d'argile) • Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action



Épaisseur des aquifères de dépôts meubles

Description









Un **aquifère** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre son pompage. Les **fractures** du socle rocheux permettent une circulation d'**eau souterraine** parfois suffisante pour son captage. Le pompage de débits plus importants est souvent possible dans les sédiments grossiers (**sables** et **graviers**). La délimitation des **aquifères** de **dépôts meubles** d'intérêt régional a été déterminée grâce à la localisation et l'épaisseur des couches de **sable** ou de **gravier** situées sous le niveau piézométrique. Dans le cas de l'**aquifère** contenu dans le socle rocheux, il couvre l'ensemble du territoire.

Atelier A, cahier du participant, pp. 32, 52 et 72

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_Epaisseur_aquiferes	Épaisseur aquifères - CMQ	Estimation de l'épaisseur (en mètres) des aquifères de dépôts meubles	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende :		
Épaisseur des aquifères de dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 <5	Épaisseur nulle ou faible 0 à 5 m	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'aquifère situé dans les dépôts meubles Aquifère de roc fracturé toujours présent
 5 - 10	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel limité situé dans les dépôts meubles <ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée possible Vulnérabilité élevée possible Variations importantes possibles du niveau de la nappe Eau souterraine faiblement minéralisée, de bonne qualité probable Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 10 - 15  15 - 20	Épaisseur élevée 10 à 20 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel élevé situé dans les dépôts meubles <ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée possible Vulnérabilité élevée possible Variations importantes possibles du niveau de la nappe Eau souterraine faiblement minéralisée, de bonne qualité probable Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 20 - 30  30 - 40  40 - 50  50 - 60	Épaisseur très élevée 20 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel très élevé situé dans les dépôts meubles <ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée possible Vulnérabilité élevée possible Variations importantes possibles du niveau de la nappe Eau souterraine faiblement minéralisée, de bonne qualité probable Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères de dépôts meubles** au potentiel élevé ou très élevé sur mon territoire ?

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

Comment pourraient possiblement être qualifiés les paramètres hydrogéologiques des **aquifères de dépôts meubles** (**recharge**, **vulnérabilité**, niveau de la **nappe**, qualité de l'eau)? Quelles informations sont manquantes pour le confirmer ?

Les autres observations sur mon territoire d'action





Confinement

Description





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

Atelier A, cahier du participant, pp. 34, 54 et 74

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_Indice_Confinement_Granul	Confinement dépôts - CMQ	Conditions de confinement des aquifères de dépôts meubles de plus de cinq mètres d'épaisseur selon trois différents niveaux: libre , confiné ou semi-confiné	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb
 CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement roc - CMQ	Confinement des aquifères de roc fracturé selon quatre différents niveaux : libre , confiné , discontinu ou semi-confiné	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Degrés de confinement	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Confiné	Aquifère confiné	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge faible • Vulnérabilité faible • Variations du niveau de la nappe faibles* • Eau souterraine possiblement très minéralisée, de qualité potentielle douteuse**
 Semi-confiné	Aquifère semi-confiné	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge faible à moyenne • Vulnérabilité faible à moyenne • Variations de niveau de la nappe moyennes* • Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle moyenne à douteuse**
 Libre	Aquifère non confiné	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge moyenne à élevée • Vulnérabilité moyenne à élevée • Variations de niveau de la nappe moyennes à élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de qualité probablement bonne**
 Discontinu	Aquifère au confinement discontinu	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge variable localement, faible à élevée • Vulnérabilité variable localement, faible à élevée • Variations du niveau de la nappe variable localement, faibles à élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement à modérément minéralisée, de bonne qualité probable**

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

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



Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères confinés** sur mon territoire ? Y a-t-il un lien avec la topographie et si oui, pourquoi ?

Où se situent les **aquifères non confinés** sur mon territoire ? Y a-t-il un lien avec la topographie et si oui, pourquoi ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie

Description

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

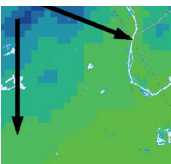
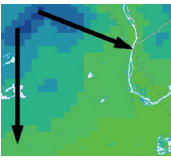

Atelier A, cahier du participant, pp. 36, 56 et 76

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
CMQ_Piezo_DeltaProtoStL	Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ	Estimation de l'élévation de la piézométrie (en mètres par rapport au niveau moyen de la mer) de l' aquifère de dépôts meubles du delta du Proto-Saint-Laurent	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb
CMQ_Piezo_Roc	Piezométrie roc - CMQ	Estimation de l'élévation de la piézométrie (en mètres par rapport au niveau moyen de la mer) des aquifères de roc fracturé	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Niveau piézométrique (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
	Élévation de la piézométrie et direction d'écoulement de l' eau souterraine	<ul style="list-style-type: none"> Élévation de la piézométrie par rapport au niveau moyen de la mer (différent de la profondeur) Écoulement de l'eau souterraine depuis les élévations piézométriques plus élevées (amont) vers les plus faibles (aval) Direction d'écoulement généralement vers les cours d'eau Surface piézométrique souvent semblable à la topographie, mais adoucie (plus plane) Renouvellement en eau des aquifères provient de l'écoulement souterrain depuis l'amont et de la recharge depuis la surface Contamination potentielle depuis l'amont
	Forte pente de la surface piézométrique	<ul style="list-style-type: none"> Écoulement souterrain rapide si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée (ex. : composé de sable et de gravier) Temps de résidence court de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de qualité probablement bonne, de bonne qualité probable, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée
	Faible pente de la surface piézométrique	<ul style="list-style-type: none"> Écoulement souterrain lent si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible (ex. : composé de silt et d'argile) Temps de résidence long de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible Eau souterraine possiblement fortement minéralisée, de qualité possible douteuse, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible



Questions d'interprétation

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

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

Sur mon territoire, où se situent les zones où la nappe d'eau souterraine est profonde. Inversement, où se situent les zones où il pourrait y avoir résurgence d'eau souterraine ?

Les autres observations sur mon territoire d'action



Recharge

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. 38, 58 et 78

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle</i> - CMQ	Estimation de la recharge du premier aquifère rencontré en millimètres par an (estimée pour les aquifères de roc fracturé, à moins qu'un aquifère de dépôts meubles ne soit présent)	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Recharge (mm/an)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 < 100	Recharge nulle ou faible 0 à 100 mm/an	<ul style="list-style-type: none">Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surfaceRenouvellement de l'eau souterraine très lentVulnérabilité probablement faibleEau souterraine possiblement très minéralisée, de qualité potentielle douteuse
 100 - 200	Recharge moyenne 100 à 200 mm/an	<ul style="list-style-type: none">Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surfaceRenouvellement de l'eau souterraine peu rapideVulnérabilité probablement moyenneEau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle moyenne
 200 - 300  300 - 400	Recharge élevée 200 à 400 mm/an	<ul style="list-style-type: none">Présence probable de dépôts meubles perméables en surfaceRenouvellement de l'eau souterraine rapideVulnérabilité probablement moyenne à élevéeEau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
 400 - 500  500 - 600	Recharge très élevée 400 mm/an et plus	<ul style="list-style-type: none">Présence probable de dépôts meubles très perméables en surface, ou affleurement rocheuxRenouvellement de l'eau souterraine très rapideVulnérabilité probablement élevéeEau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle



Questions d'interprétation

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

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

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. 40, 60 et 80

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	Indice de vulnérabilité DRASTIC des eaux souterraines appliqué pour les aquifères rocheux, à moins qu'un aquifère de dépôt meuble ne soit présent	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 23 - 79  80 - 99	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	<ul style="list-style-type: none"> Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> (D) Profondeur de la nappe élevée (R) Recharge faible (A) Aquifère peu perméable (S) Sol en surface peu perméable (T) Forte pente du sol (I) Zone vadose peu perméable (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral
 100 - 119  120 - 139  140 - 159  160 - 179	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	<ul style="list-style-type: none"> Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> (D) Profondeur de la nappe moyenne (R) Recharge moyenne (A) Aquifère modérément perméable (S) Sol en surface modérément perméable (T) Pente du sol moyenne (I) Zone vadose modérément perméable (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral
 180 - 199  200 - 226	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	<ul style="list-style-type: none"> Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> (D) Profondeur de la nappe faible (R) Recharge élevée (A) Aquifère très perméable (S) Sol en surface très perméable (T) Faible pente du sol (I) Zone vadose très perméable (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral

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



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** ?



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. 42, 62 et 82

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CMQ_24_25_PuitsGeochimie	<i>Puits qualité de l'eau</i>	Observations des données géochimiques (échantillons d'eau récoltés dans le cadre du PACES)	 CMQ_Raster.gdb

Interprétation générale des couches d'informations

Légende : Dépassement des critères de qualité de l'eau	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Aquifère fracturé (F)	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA)	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de qualité douteuse• Non potable• Risque pour la santé
 Aquifère granulaire (G)		
 Aquifère inconnu (I)	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE)	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de qualité moyenne• Potable• Avec désagrément esthétique (couleur, odeur, goût), mais sans danger pour la santé
<ul style="list-style-type: none">• Sans dépassement	Aucun dépassement	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de bonne qualité• Potable• Sans désagrément esthétique et risque pour la santé



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 souvent dépassés sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Les autres résultats du PACES

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

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
Géologie quaternaire	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.
Géologie simplifiée du roc	Distribution spatiale des différentes formations rocheuses et des principales failles et autres caractéristiques structurales.	Lorsque les réseaux de fractures dans les roches sont suffisamment interconnectés, la formation géologique constitue un aquifère et des puits peuvent y être aménagés pour exploiter la ressource.	L'aquifère de roc fracturé couvre l'ensemble de la zone d'étude. L'eau souterraine peut y résider suffisamment longtemps pour dissoudre une partie des minéraux contenus dans la roche, affectant ainsi à la baisse la qualité de l'eau souterraine..
Coupes stratigraphiques	Représentation verticale de la distribution spatiale des unités géologiques retrouvées en profondeur, afin d'en apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur.	Permet de distinguer les hydrofaciès qui correspondent à des unités géologiques aux propriétés hydrauliques similaires.	Permet localiser les milieux desquelles l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des milieux qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).
Topographie du roc	Variation de l'altitude du toit du socle rocheux.	La topographie du roc sert, entre autres, à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peut s'accumuler une grande quantité de dépôts meubles.	Potentiel aquifère intéressant si les sédiments accumulés dans les dépressions du roc sont grossiers (sables et graviers).
Contextes hydrostratigraphiques	Généralisation des empilements d'hydrofaciès de dépôts meubles sur le roc.	Servent d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques pouvant être rencontrées dans un secteur.	On retrouve dix contextes hydrostratigraphiques différents sur le territoire de la CMQ.
Propriétés hydrauliques	Paramètres permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité, conductivité hydraulique).	Permet de déterminer le caractère aquifère ou aquitard du milieu.	La perméabilité diminue généralement avec la profondeur dans le roc, car la fracturation du roc devient moins en moins importante avec la profondeur.
Activités potentiellement polluantes	Densité des activités potentiellement polluantes, pondérée par le poids de l'impact de ces activités.	Fait ressortir les tendances régionales de la pression que ces activités pourraient exercer sur la qualité de l'eau souterraine.	Les activités polluantes devraient être évitées le plus possible dans les zones de recharge et de vulnérabilité élevée.
Utilisation de l'eau souterraine	Volumes d'eau souterraine prélevés annuellement pour chaque municipalité par les utilisations résidentielle et industrielle/commerciale/institutionnelle (ICI), en excluant l'utilisation agricole.	Utile pour la gestion durable de l'eau souterraine et pour estimer les besoins futurs.	Les interventions pour l'augmentation des prélèvements et la protection de l'eau souterraine devraient refléter l'utilisation de la ressource.
Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	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.
Bilan hydrique	Répartition spatiale de l'évapotranspiration, du ruissellement de surface, du ruissellement hypodermique et de la recharge.	Lorsqu'on connaît les valeurs de précipitation, d'évapotranspiration et de ruissellement, on peut déduire la recharge.	Connaître les bilans de chacun des réservoirs du cycle de l'eau permet de mieux gérer la ressource.
Potentiel géothermique	Potentiel géothermique pour les systèmes en boucles fermées horizontales, en boucles fermées verticales et en boucles ouvertes.	Permet d'estimer la quantité d'énergie thermique du sous-sol qu'il est possible d'exploiter pour des fins de chauffage ou de climatisation.	Au Québec, les seules technologies géothermiques utilisées actuellement sont celles de basses à très basses températures.

4

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

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 ?

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.

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

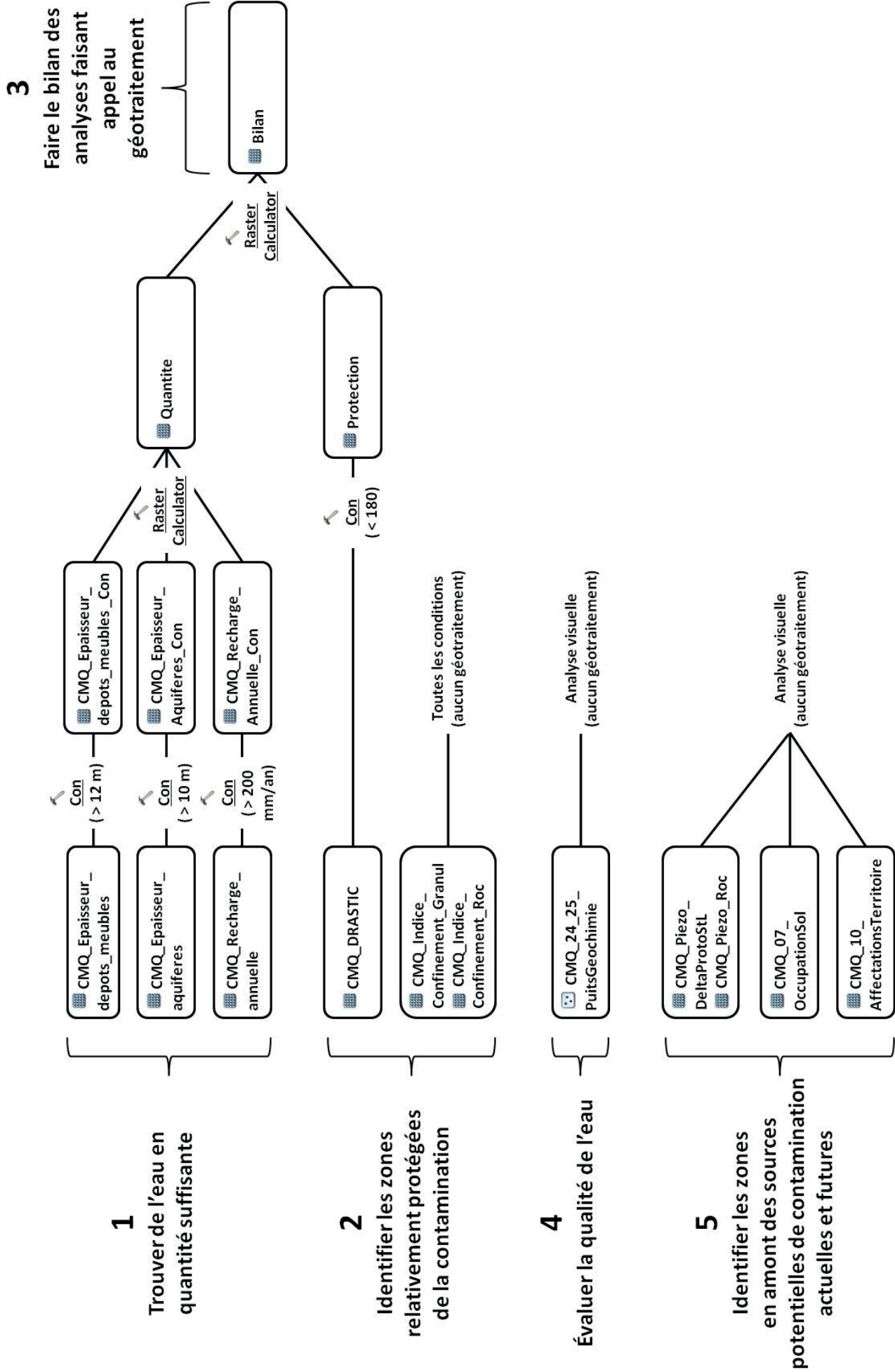
Question

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

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles






1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères granulaires ont généralement une conductivité hydraulique assez élevée pour permettre le pompage d'un débit adéquat pour alimenter un réseau d'aqueduc. Les aquifères de roc fracturé ont souvent une conductivité hydraulique relativement faible qui permet difficilement le pompage d'un débit supérieur à celui nécessaire pour alimenter une résidence isolée. 	<ul style="list-style-type: none"> Contrairement à l'aquifère de roc fracturé que l'on retrouve partout sur le territoire, les aquifères granulaires sont plus rares. Une épaisseur de dépôts meubles minimale est nécessaire, car le pompage induit un cône de dépression dans le niveau de la nappe. Une épaisseur trop faible, combinée à un pompage relativement important, peut résulter en un assèchement du puits.
Recharge élevée	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la quantité de personnes à alimenter sera élevée, plus la recharge dans l'aire d'alimentation du puits devra être élevée. La superficie de l'aire d'alimentation d'un puits dépend du débit pompé : plus le débit est important, plus la superficie de l'aire d'alimentation sera grande.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur élevée : 12 à 20 m Épaisseur très élevée : 20 m et plus
	Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	<i>Épaisseur aquifères - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur élevée : 10 à 20 m Épaisseur très élevée : 20 m et plus
Recharge élevée	Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée : 200 à 400 mm/an Recharge très élevée : 400 mm/an et plus



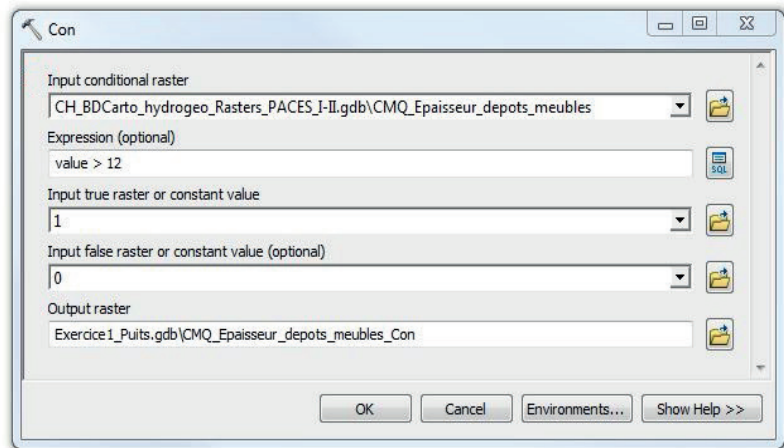
Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Identifier les cellules de **CMQ_Epaisseur_depots_meubles** (*alias* : *Épaisseur dépôts meubles - CMQ*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con

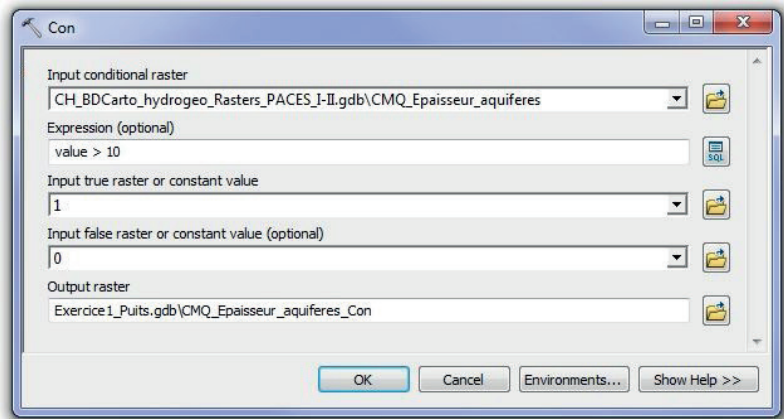


ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES


Identifier les cellules de **CMQ_Epaisseur_aquifère** (*alias* : *Épaisseur aquifères - CMQ*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

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

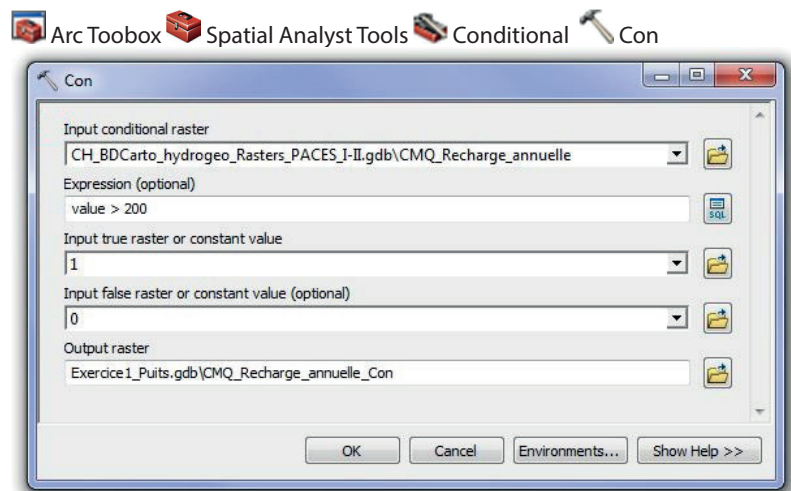
Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con






RECHARGE


Identifier les cellules de  **CMQ_Recharge_annuelle** (alias : Recharge annuelle - CMQ) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

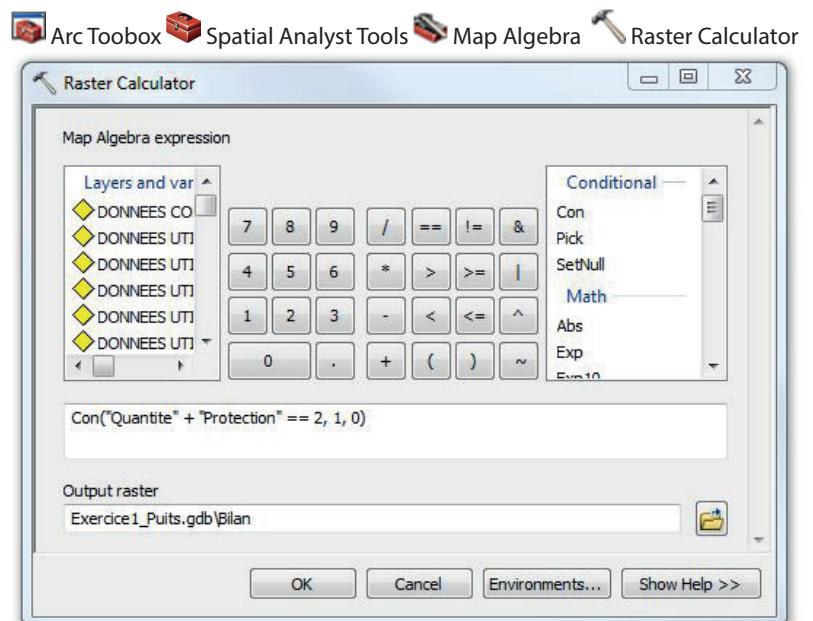
Les cellules de  **CMQ_Recharge_annuelle_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN

Combiner les résultats des couches  **CMQ_Epaisseur_depots_meubles_Con**,  **CMQ_Epaisseur_aquifère_Con** et  **CMQ_Recharge_annuelle_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.






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"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Un aquifère à vulnérabilité élevée pourrait être considéré, mais il faudra accorder une attention rigoureuse aux sources de contamination dans l'aire d'alimentation et l'eau prélevée devra potentiellement être traitée. Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration depuis la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.
Toutes les conditions de confinement	<ul style="list-style-type: none"> Il peut être plus avantageux d'exploiter un aquifère confiné, car grâce à l'aquitard sus-jacent, il est protégé de la contamination provenant de la surface. Les aquifères non confinés ont l'avantage de recevoir plus de recharge et l'eau y est typiquement de bonne qualité 	<ul style="list-style-type: none"> L'eau de l'aquifère confiné est possiblement de moins bonne qualité, car son temps de résidence peut être élevé, se chargeant ainsi en minéraux. Aussi, sa recharge est plus faible. Les aquifères non confinés sont plus vulnérables à la contamination provenant de la surface.


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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180
Toutes les conditions de confinement	Confinement	 CMQ_Index_Confinement_Granul  CMQ_Index_Confinement_Roc	<i>Confinement dépôts - CMQ</i> <i>Confinement roc - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tous les degrés de confinement

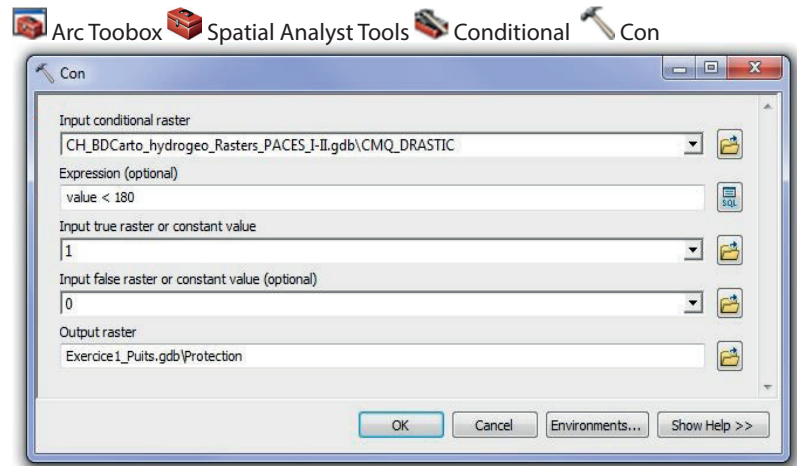


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ DRASTIC

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

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






CONDITIONS DE CONFINEMENT

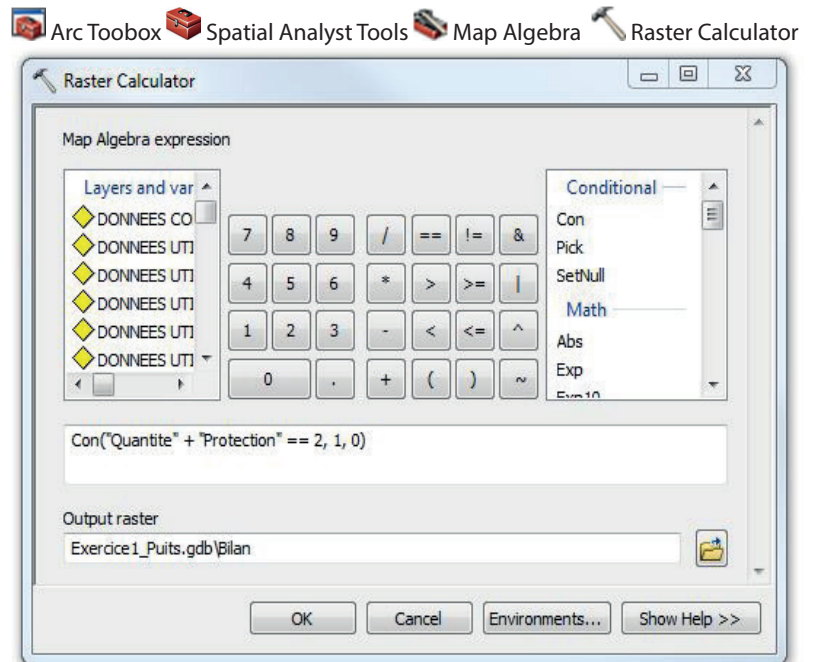
Aucune analyse à faire puisque toutes les conditions de confinement sont considérées par les critères.

3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

Combiner les résultats des couches  **Quantite** et  **Protection** 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 et qui seraient relativement protégés de la contamination. 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 ou les aquifères seraient trop vulnérables à la contamination.




4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité moyenne à bonne	<ul style="list-style-type: none">Idéalement, l'eau doit être potable naturellement sans nécessiter de traitement.	<ul style="list-style-type: none">Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais certains traitements pourraient être considérés.Un trop grand nombre de problèmes d'ordre esthétique pourraient être inacceptables, car ils généreraient des coûts de traitement trop élevés.Les contaminants microbiologiques, les pesticides et les hydrocarbures sont dangereux, mais ne peuvent pas être considérés à l'échelle régionale puisque ce sont des contaminants locaux.


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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité moyenne à bonne	Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_PuitsGeochimie	<i>Puits qualité de l'eau</i>	<ul style="list-style-type: none">Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifèreEau souterraine de qualité moyenne : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère (mais aucun dépassement de CMA)




Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d > 1 OR Fluorures > 1.5
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :


```
Sulfures_t > 0.05 OR Al_d > 0.1 OR Cl_d > 250 OR Fe_d > 0.3 OR Mn_d > 0.05 OR Na_d > 200 OR pH < 6.5 OR pH > 8.5 OR MDT_estime > 500 OR Durete_t > 200
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels aucun dépassement de concentration maximale acceptable et d'objectif esthétique n'a été observé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d <= 1 AND Fluorures <= 1.5 AND Sulfures_t <= 0.05 AND Al_d <= 0.1 AND Cl_d <= 250 AND Fe_d <= 0.3 AND Mn_d <= 0.05 AND Na_d <= 200 AND pH >= 6.5 AND pH <= 8.5 AND (MDT_estime <= 500 OR MDT_estime IS Null) AND (Durete_t <= 200 OR Durete_t IS Null)
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables et d'objectifs esthétiques. La qualité est potentiellement moyenne si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'objectifs esthétiques, mais sans dépassements de concentrations maximales acceptables.

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel. La piézométrie régionale, qui détermine le sens d'écoulement de l'eau souterraine, a ses limites. Dans le cas d'un puits, une étude hydrogéologique locale devrait être réalisée pour bien délimiter son aire d'alimentation et identifier les menaces qui existent à l'intérieur de ce territoire.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	<ul style="list-style-type: none"> CMQ_Piezo_DeltaProtoStL CMQ_Piezo_Roc CMQ_07_OccupationSol CMQ_10_AffectationsTerritoire 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ</i> <i>Piézométrie roc - CMQ</i> <i>Occupation du sol</i> <i>Affectations du territoire</i> 	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche **CMQ_07_OccupationSol** (*alias* : *Occupation du sol*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole et milieu urbanisé moyennement dense, dense et très dense). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (*alias* : *Affectations du territoire*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des affectations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, industrielle, militaire et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie **CMQ_Piezo_DeltaProtoStL** (*alias* : *Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ*) et **CMQ_Piezo_Roc** (*alias* : *Piézométrie roc - CMQ*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements Contamination potentielle sont 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 (<i>Alias</i>)	Critères
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CMQ	
			Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	Épaisseur aquifères - CMQ	
			Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - CMQ	
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	
			Confinement	 CMQ_Indice_Confinement_Granul  CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement dépôts - CMQ Confinement roc - CMQ	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_PuitsGeo-chimie	Puits qualité de l'eau	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination			Piézométrie	 CMQ_Piezo_DeltaProtoStL  CMQ_Piezo_Roc  CMQ_07_OccupationSol  CMQ_10_AffectationsTerritoire	Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ Piézométrie roc - CMQ Occupation du sol Affectations du territoire	

Intégration des connaissances du milieu humain

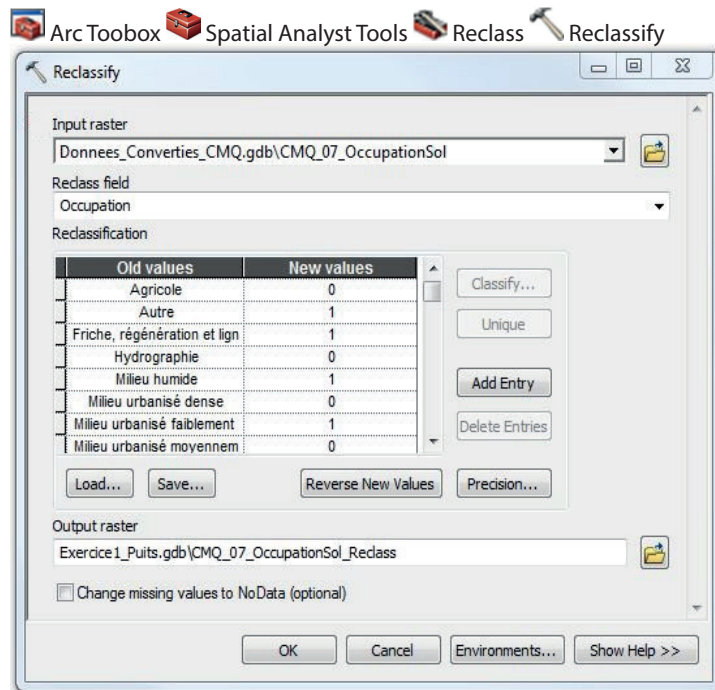
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à la recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine (ex. : l'emplacement du réseau d'aqueduc existant, la distance aux noyaux urbains, les propriétaires terriens, l'occupation du sol, l'affectation 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 **CMQ_07_OccupationSol** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

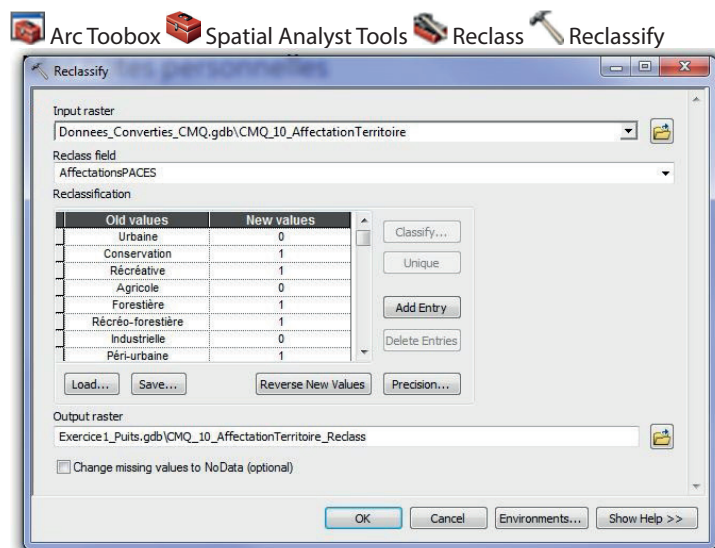
Les cellules de **CMQ_07_OccupationSol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE



Identifier les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (alias : *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.


Les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

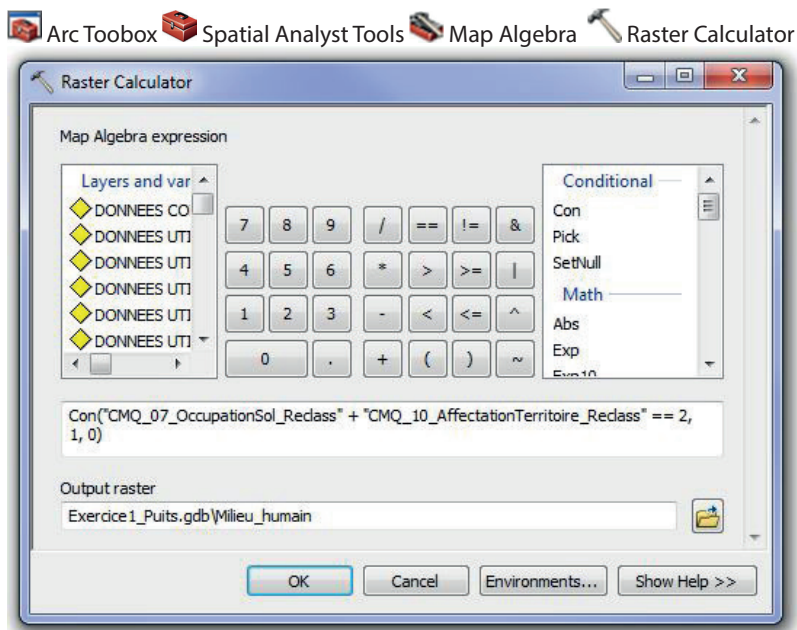


BILAN



Combiner les résultats des couches


 **CMQ_07_OccupationSol_Reclass** et
 **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Recl**
en effectuant le calcul ci-contre.

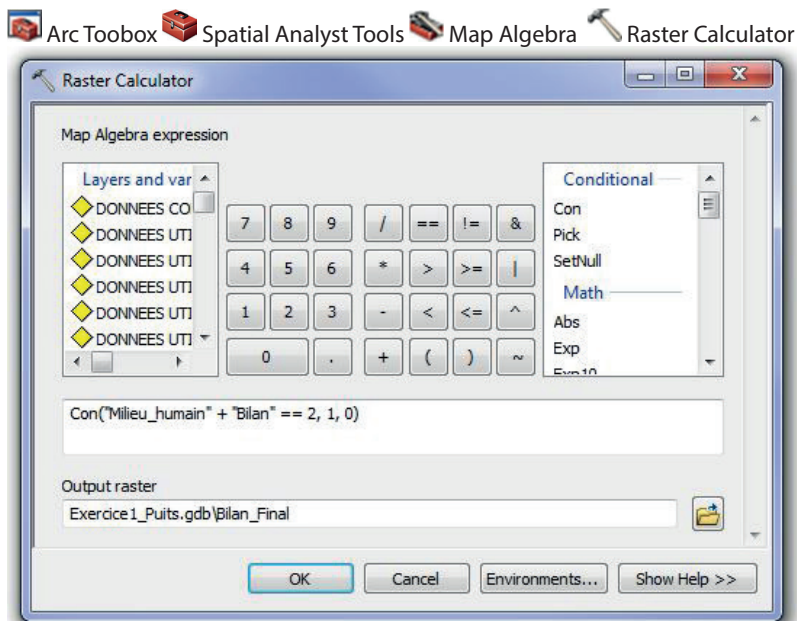
Les cellules de  **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



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.



Question 2

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

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.

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

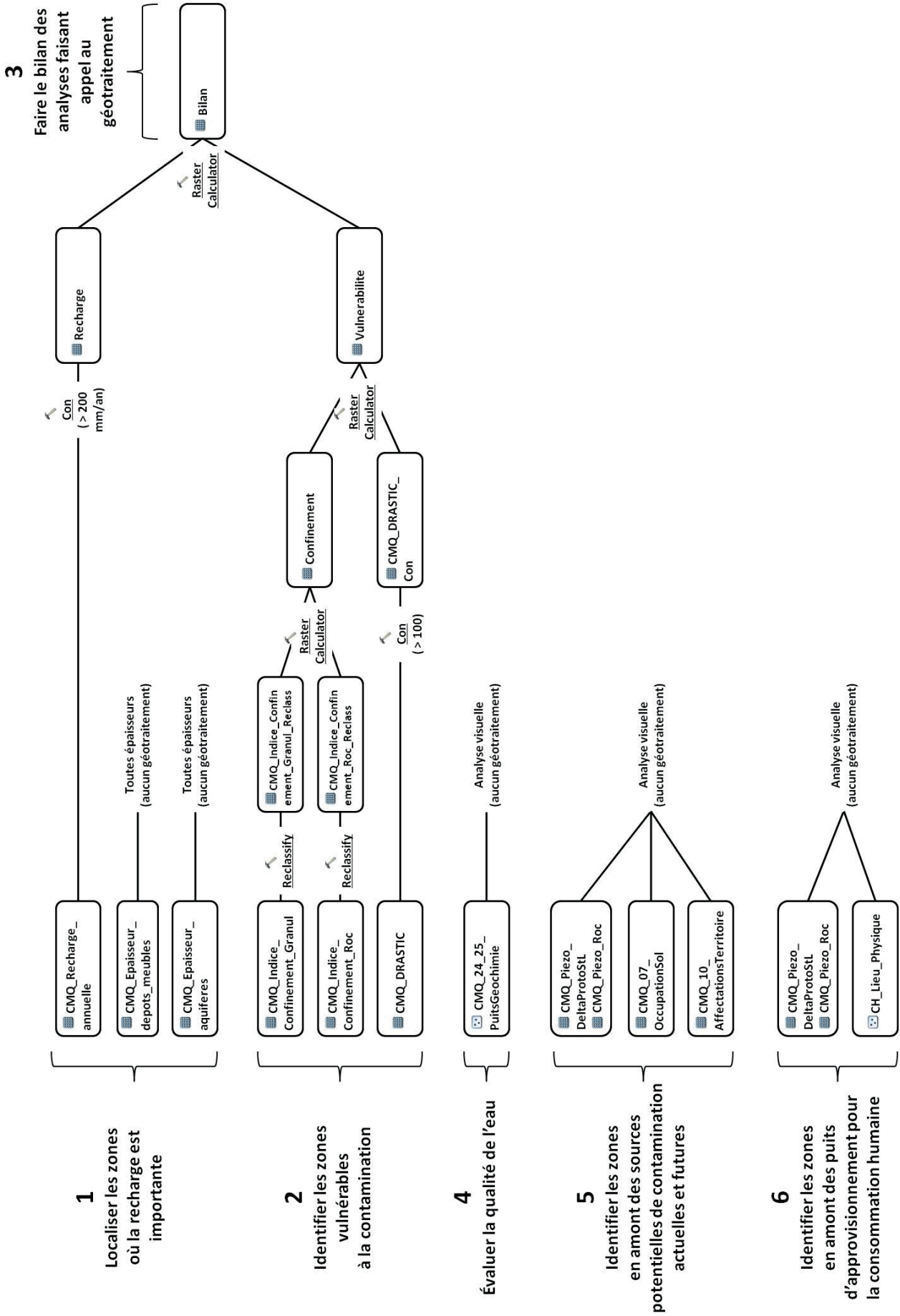
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles






1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Taux de recharge annuelle important	<ul style="list-style-type: none"> Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection. 	<ul style="list-style-type: none"> Le taux de recharge peut changer d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques ou des modifications de l'occupation du sol. Il restera toutefois dans le même ordre de grandeur. La recharge varie au cours de l'année. Elle est la plus faible, voire nulle, en hiver, lorsqu'il y a peu de précipitations liquides et que le sol est gelé, et la plus élevée au printemps, lors de la fonte des neiges.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard. 	
Toutes épaisseurs des aquifères de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car la présence de dépôts meubles perméables est prise en compte dans le calcul de la recharge. L'aquifère de roc fracturé peut aussi recevoir une recharge élevée lorsque le roc est affleurant ou près de la surface. 	


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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Taux de recharge annuelle important	Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée: 200 à 400 mm/an Recharge très élevée : 400 mm/ an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs
Toutes épaisseurs des aquifères de dépôts meubles	Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	<i>Épaisseur aquifères - CMQ</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs

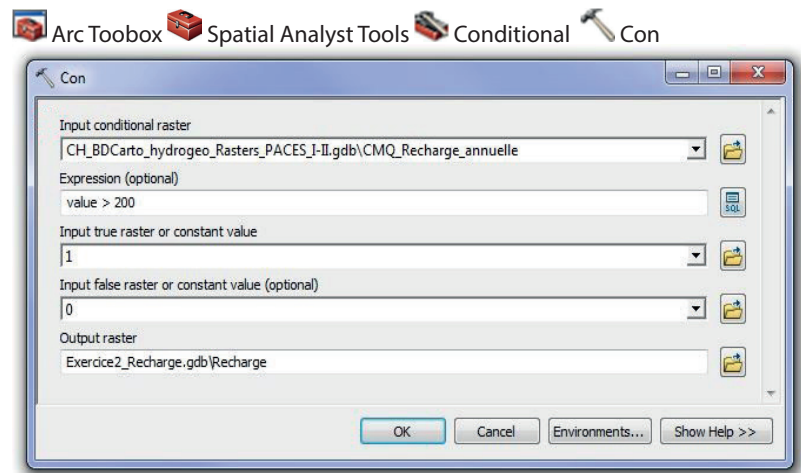


Procédure étape par étape

RECHARGE

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

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



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES DÉPÔTS MEUBLES




Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs des aquifères de dépôts meubles sont considérées dans les critères.

2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés


Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère non confiné	<ul style="list-style-type: none"> La recharge est de moyenne à élevée dans les aquifères non confinés. 	<ul style="list-style-type: none"> Puisque les aquifères confinés et semi-confinés sont moins susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, il est moins prioritaire de les protéger.
Aquifère vulnérable	<ul style="list-style-type: none"> 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. Les aquifères non confinés sont plus vulnérables. 	<ul style="list-style-type: none"> Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquifère non confiné	Confinement	 CMQ_Indice_Confinement_Granul	Confinement dépôts - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Libre (que l'aquifère de roc soit libre ou non)
		 CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement roc - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Libre ou discontinu (où il n'y a pas d'aquifère granulaire)
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180 Vulnérabilité élevée: indice de 180 ou plus

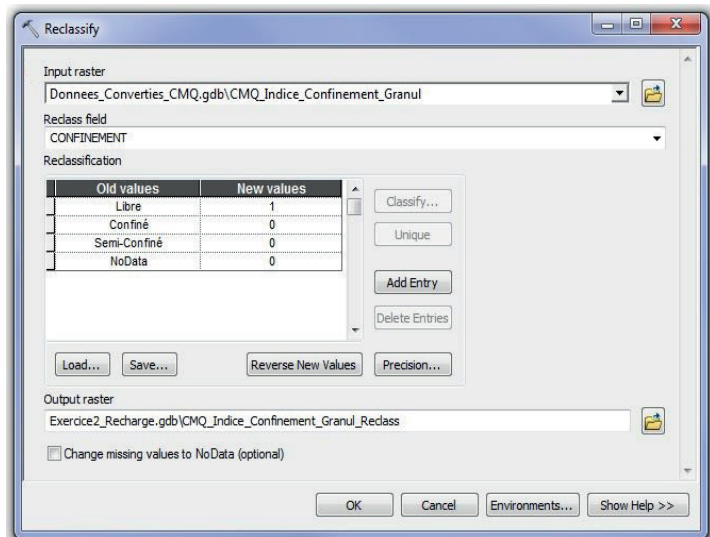
Procédure étape par étape

CONFINEMENT

Identifier les cellules de  **CMQ_Indice_Confinement_Granul** (alias : Confinement dépôts - CMQ) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.


Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Reclass  Reclassify

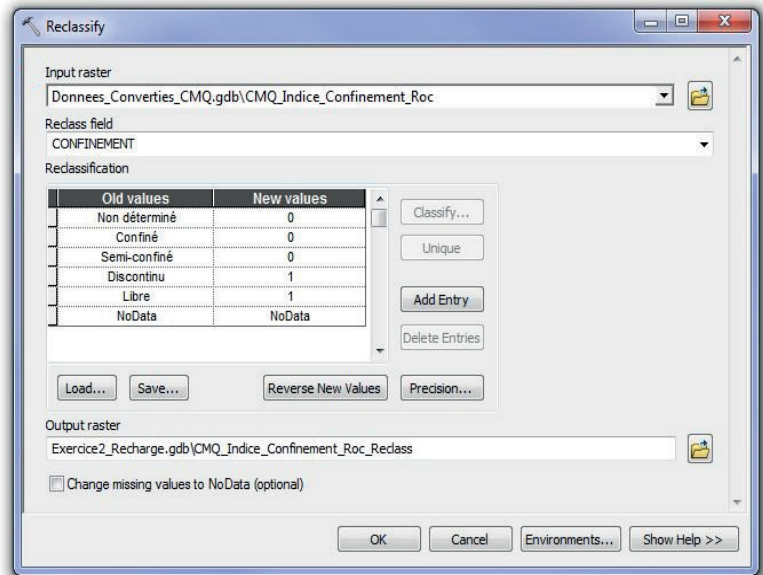



Procédure étape par étape

CONFINEMENT

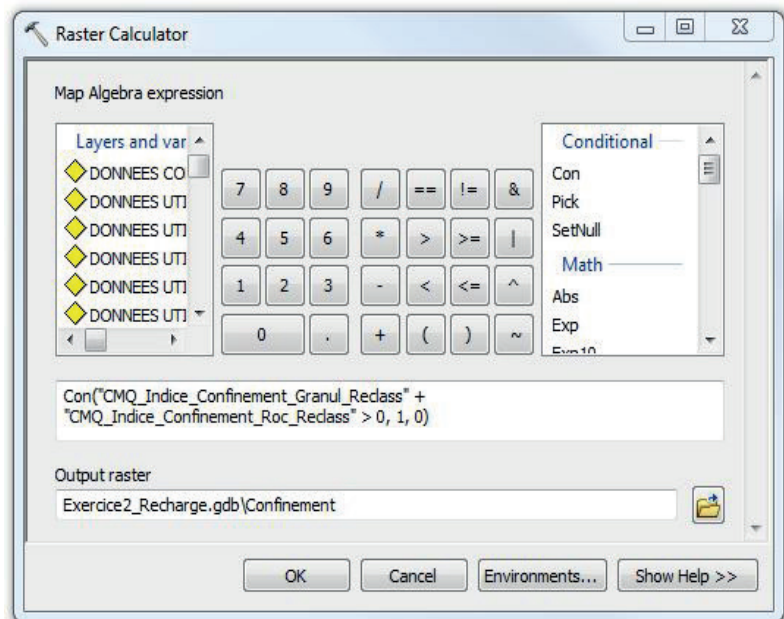
Identifier les cellules de  **CMQ_Indice_Confinement_Roc** (alias : *Confinement roc - CMQ*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

 Arc Toobox  Spatial Analyst Tools  Reclass  Reclassify



Combiner les couches  **CMQ_Indice_Confinement_Granul_Reclass** et  **CMQ_Indice_Confinement_Roc_Reclass** en effectuant l'opération ci-contre.

 Arc Toobox  Spatial Analyst Tools  Map Algebra  Raster Calculator



Les cellules de  **Confinement** ayant une valeur de 1 correspondent aux endroits où :

- 1) le premier aquifère rencontré en profondeur est libre, c'est-à-dire là où les aquifères granulaires sont libres, que l'aquifère de roc soit libre ou non, ou
- 2) les endroits où il n'y a pas d'aquifère granulaire et que l'aquifère de roc est libre.

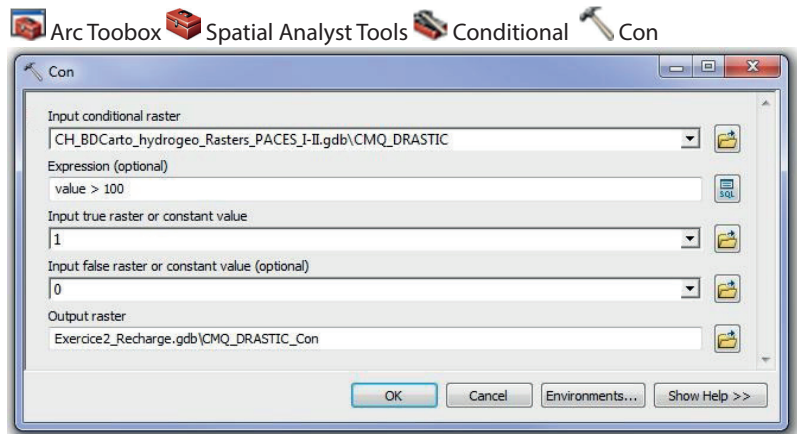
À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux endroits où :

- 1) le premier aquifère rencontré en profondeur est confiné, c'est-à-dire là où les aquifères granulaires sont confinés, ou
- 2) les endroits où il n'y a pas d'aquifère granulaire et que l'aquifère de roc est confiné. Notons qu'il n'est pas possible d'avoir un aquifère de roc libre sous un aquifère granulaire confiné.

VULNÉRABILITÉ DRASTIC

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

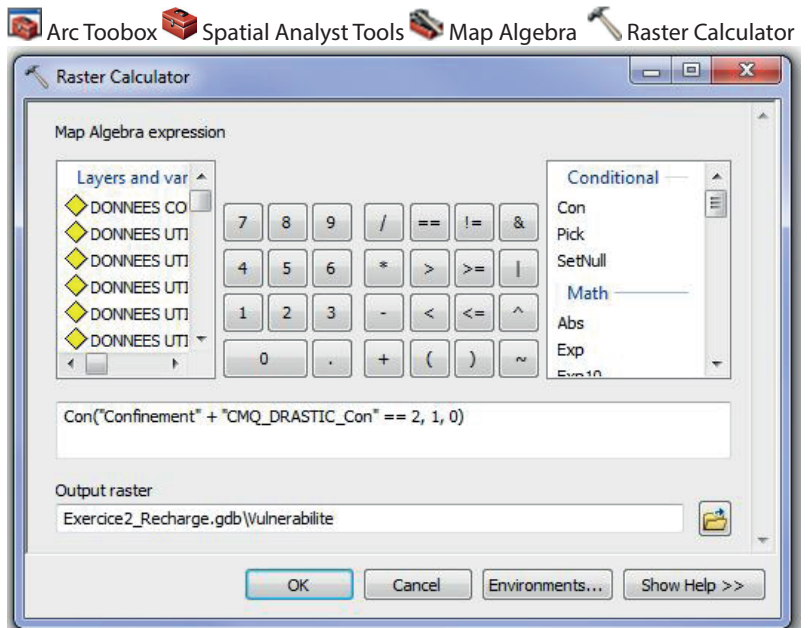
Les cellules de **CMQ_DRASTIC_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN



Combiner les résultats des couches **Confinement** et **CMQ_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.

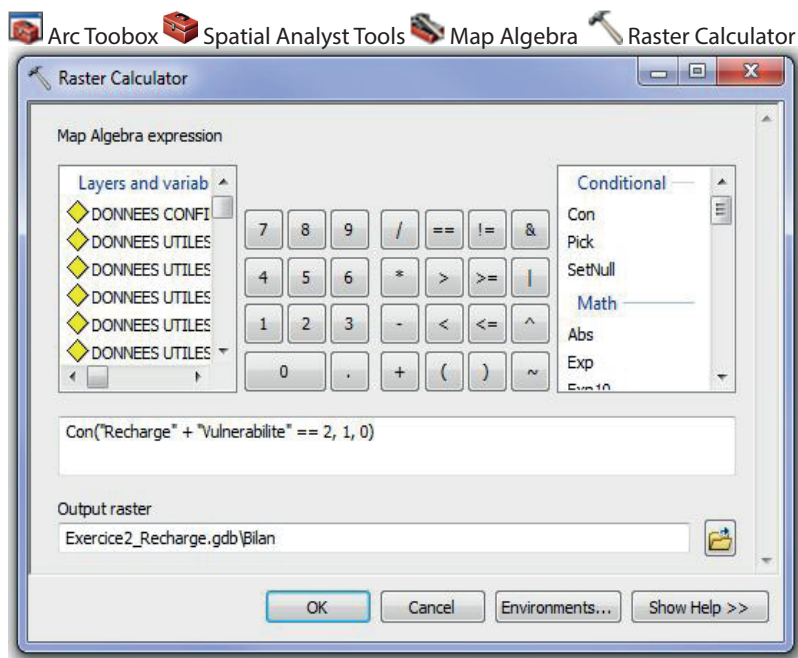


3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

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

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




4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité moyenne à bonne	<ul style="list-style-type: none">L'eau doit être de bonne qualité naturelle pour considérer sa protection. La protection d'une eau de qualité naturelle douteuse n'est pas prioritaire.	<ul style="list-style-type: none">Quelques problèmes d'ordre esthétique peuvent être acceptables.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.


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 moyenne à bonne	Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_PuitsGeochemie	<i>Puits qualité de l'eau</i>	<ul style="list-style-type: none">Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifèreEau souterraine de qualité moyenne : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère (mais aucun dépassement de CMA)




Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochemie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d > 1 OR Fluorures > 1.5
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochemie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :


```
Sulfures_t > 0.05 OR Al_d > 0.1 OR Cl_d > 250 OR Fe_d > 0.3 OR Mn_d > 0.05 OR Na_d > 200 OR pH < 6.5 OR pH > 8.5 OR MDT_estime > 500  
OR Durete_t > 200
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels aucun dépassement de concentration maximale acceptable et d'objectif esthétique n'a été observé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochemie** (*alias : Puits qualité de l'eau*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d <= 1 AND Fluorures <= 1.5 AND Sulfures_t <= 0.05 AND Al_d <= 0.1 AND Cl_d <= 250 AND Fe_d <= 0.3 AND Mn_d <= 0.05 AND Na_d <= 200 AND pH >= 6.5 AND pH <= 8.5 AND (MDT_estime <= 500 OR MDT_estime IS Null) AND (Durete_t <= 200 OR Durete_t IS Null)
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de concentrations maximales acceptables et d'objectifs esthétiques. La qualité est potentiellement moyenne si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'objectifs esthétiques, mais sans dépassements de concentrations maximales acceptables.

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel.

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	<ul style="list-style-type: none"> CMQ_Piezo_DeltaProtoStL CMQ_Piezo_Roc CMQ_07_OccupationSol CMQ_10_AffectationsTerritoire 	<ul style="list-style-type: none"> Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ Piézométrie roc - CMQ Occupation du sol Affectations du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche **CMQ_07_OccupationSol** (*alias* : *Occupation du sol*), sous l'onglet *Symbology* de la fenêtre *Layer Properties*, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole et milieu urbanisé moyennement dense, dense et très dense). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (*alias* : *Affectations du territoire*), sous l'onglet *Symbology* de la fenêtre *Layer Properties*, regrouper les valeurs des affectations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, industrielle, militaire et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie **CMQ_Piezo_DeltaProtoStL** (*alias* : *Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ*) et **CMQ_Piezo_Roc** (*alias* : *Piézométrie roc - CMQ*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements Contamination potentielle sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> Afin de favoriser la protection de zones de recharge d'aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, les zones protégées pourraient être situées en amont des puits d'alimentation en eau potable. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés, et plus l'intérêt de protéger la zone de recharge de l'aquifère exploité est élevé. Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	<ul style="list-style-type: none"> CMQ_Piezo_DeltaProtoStL CMQ_Piezo_Roc CH_Lieu_physique 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ</i> <i>Piézométrie roc - CMQ</i> <i>Lieux physiques</i> 	<ul style="list-style-type: none"> En amont des puits d'alimentation



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour afficher les puits d'alimentation individuels et collectifs, dans la couche **CH_Lieu_physique** (*alias : Lieux physiques*), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Type_Util_Eau = 'agriculture (général)' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable domestique' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable municipal' OR Type_Util_Eau = 'commerce' OR Type_Util_Eau = 'institution (école, ...)'
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier **Exercices**.

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie **CMQ_Piezo_DeltaProtoStL** (*alias : Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ*) et **CMQ_Piezo_Roc** (*alias : Piézométrie roc - CMQ*), puis visualiser les puits d'approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères vulnérables, tels que définis par la couche **Bilan**.

L'intérêt de protéger les zones de recharge correspondant aux cellules contigües ayant une valeur de 1 dans la couche **Bilan** serait potentiellement élevé si on y retrouve un nombre significatif de puits d'approvisionnement en aval de celles-ci.

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

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
Localiser les zones où la recharge est importante			Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - CMQ	
			Épaisseur des dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CMQ	
			Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	Épaisseur aquifères - CMQ	
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Confinement	 CMQ_Indice_Confinement_Granul  CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement dépôts - CMQ Confinement roc - CMQ	
			Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	Indice DRASTIC - CMQ	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_Puits-Geochemie	Puits qualité de l'eau	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination			Piézométrie	 CMQ_Piezo_Delta-ProtoStL	Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ	
				 CMQ_Piezo_Roc	Piézométrie roc - CMQ	
				 CMQ_07_OccupationSol	Occupation du sol	
				 CMQ_10_AffectationsTerritoire	Affectations du territoire	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 CMQ_Piezo_Delta-ProtoStL	Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ	
				 CMQ_Piezo_Roc	Piézométrie roc - CMQ	
				 CH_Lieu_physique	Lieux physiques	

Intégration des connaissances du milieu humain

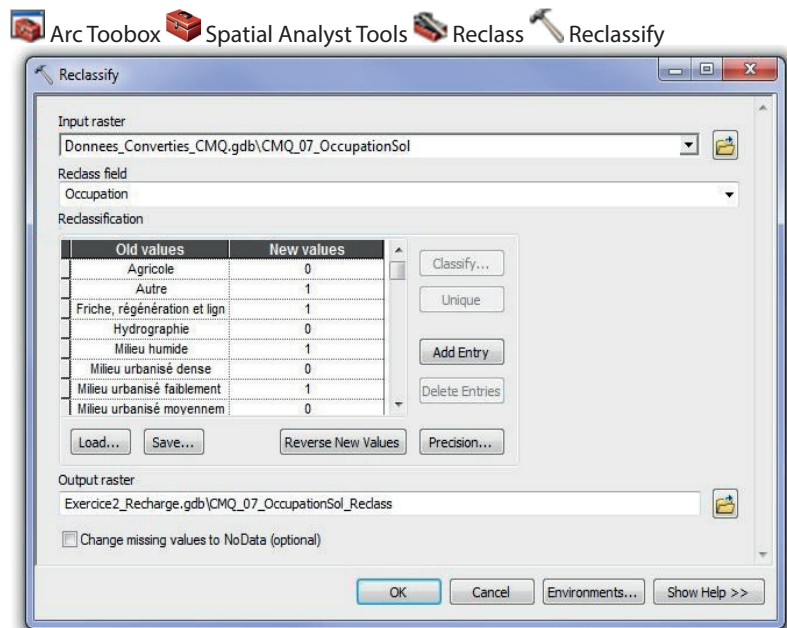
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones à protéger en priorité pour la recharge (ex. : zone de conservation, les propriétaires terriens, zonage agricole, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter 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 **CMQ_07_OccupationSol** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

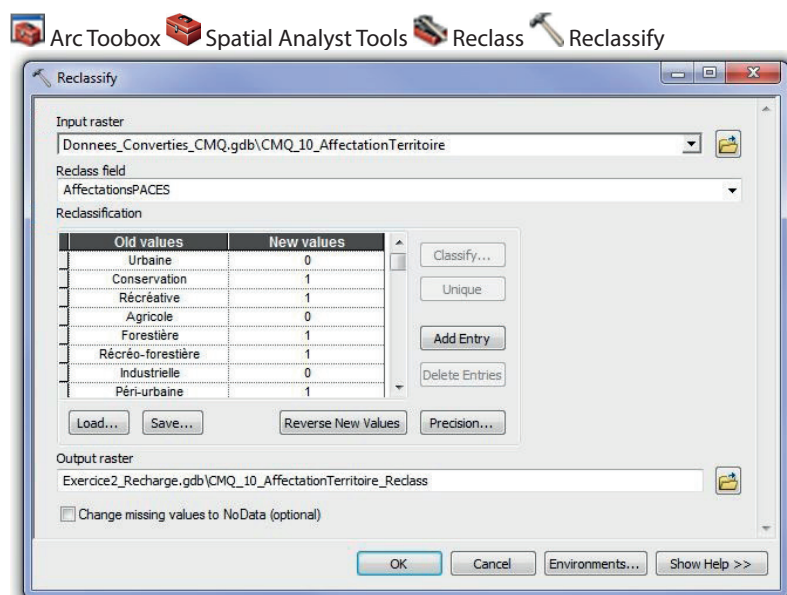
Les cellules de **CMQ_07_OccupationSol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE



Identifier les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (alias : *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.


Les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

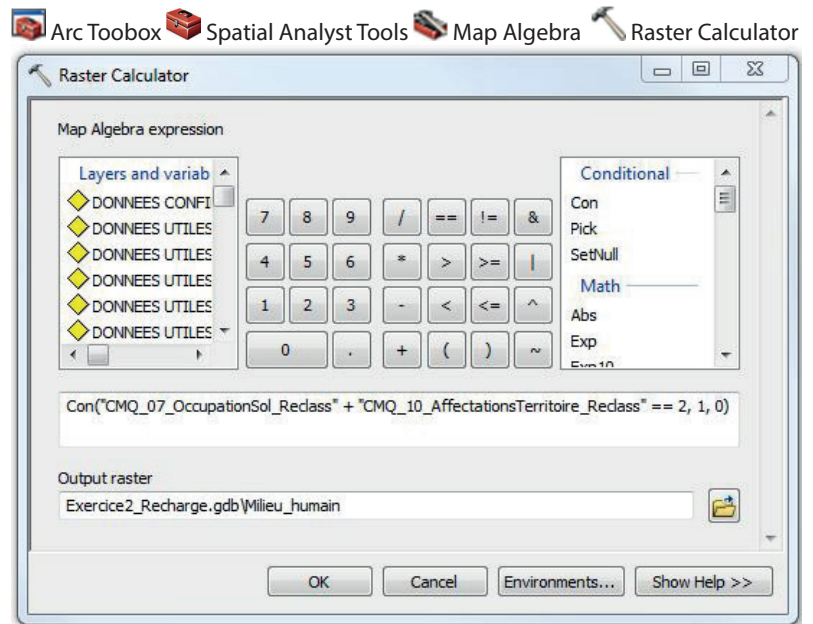


BILAN



Combiner les résultats des couches


 **CMQ_07_OccupationSol_Reclass**
et  **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Reclass**
Reclass en effectuant le calcul ci-contre.

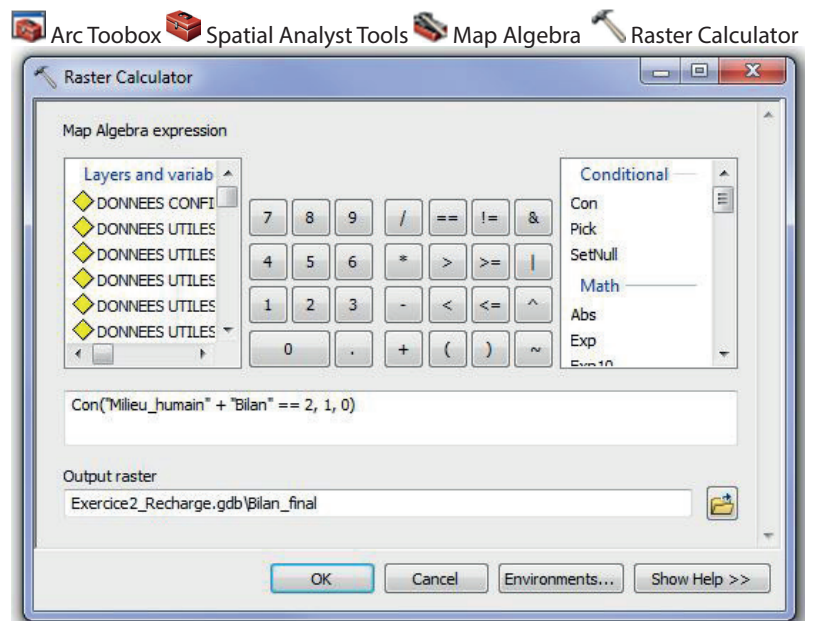
Les cellules de  **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



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.



Question 3

Où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité 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.

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

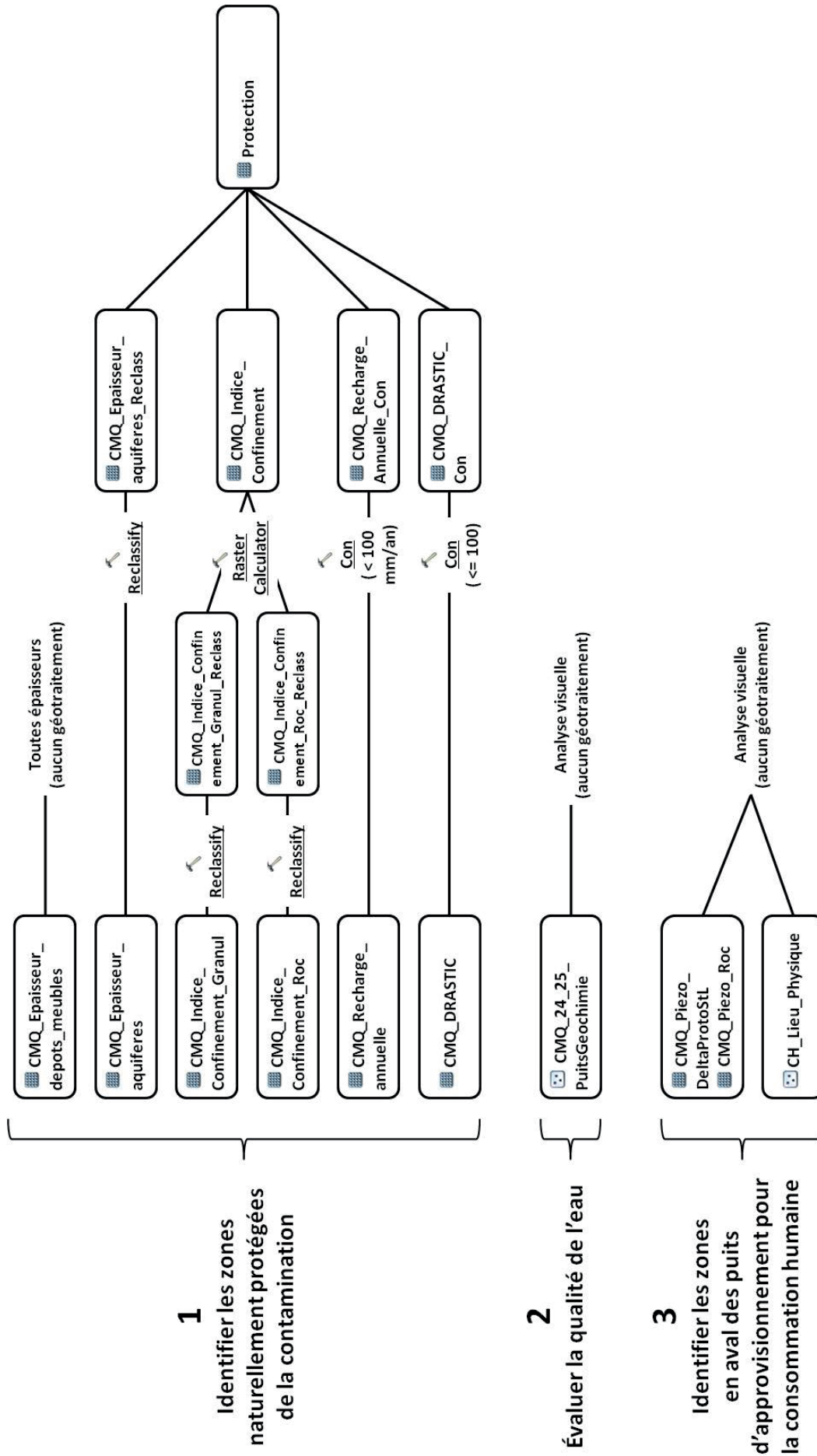
Question

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

Ce qui est recherché

1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination
2. Évaluer la qualité de l'eau
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement 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
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard. 	
Pas d'aquifère de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères de dépôts meubles ont une conductivité hydraulique élevée et sont souvent très vulnérables face à une contamination provenant de la surface s'ils ne sont pas protégés par un aquitard. Le territoire contient relativement peu d'aquifères de dépôts meubles. Ces derniers peuvent avoir une valeur économique importante puisqu'ils constituent des réserves d'eau considérables. Il est donc important de les protéger de la contamination. 	<ul style="list-style-type: none"> L'aquifère de roc fracturé peut aussi être vulnérable, mais généralement dans une moindre mesure que pour les dépôts meubles, car sa conductivité hydraulique est plus faible.
Aquifère confiné	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères confinés sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle. 	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères confinés ne sont pas protégés d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral.
Taux de recharge annuel faible	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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). Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge.
Vulnérabilité faible	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.

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


Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs
Pas d'aquifère de dépôts meubles	Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	Épaisseur aquifères - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur faible : 0 à 5 m
Aquifère confiné	Confinement	 CMQ_Indice_Confinement_Granul	Confinement dépôts - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Confiné
		 CMQ_Indice_Confinement_Roc	Confinement roc - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Confiné
Vulnérabilité faible	Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	Confinement roc - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Recharge faible : 0 à 100 mm/an
Taux de recharge annuel faible	Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	Recharge annuelle - CMQ	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins

Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES


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

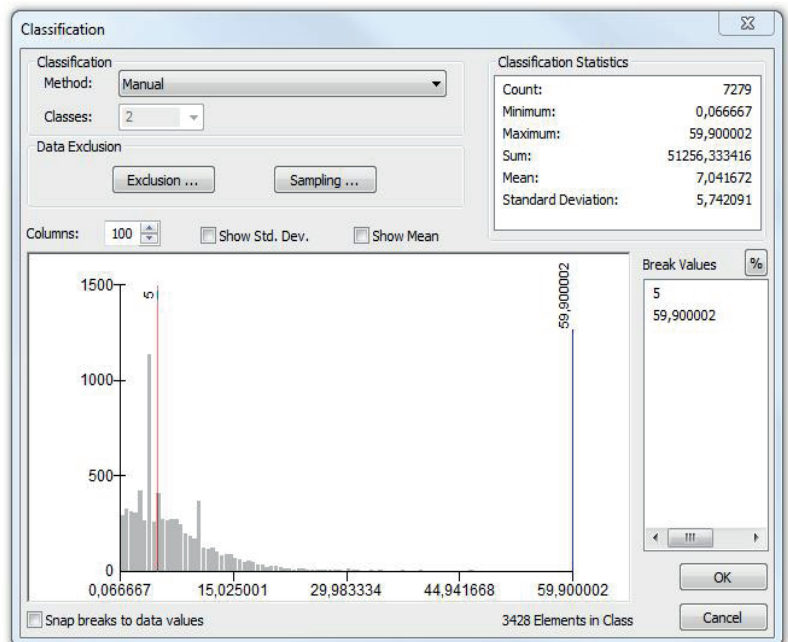
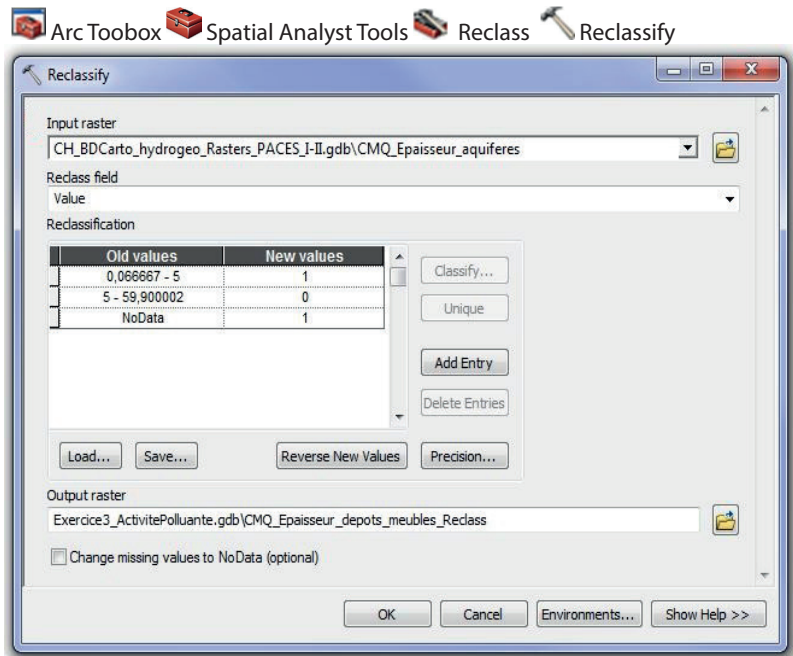
ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Identifier les cellules de  **CMQ_Epaisseur_aquifère** (*alias* : *Épaisseur dépôts meubles - CMQ*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

En cliquant sur **Classify**, la fenêtre **Classification** s'affiche. Modifier le nombre de classes à 2 et entrer le nombre 5 comme premier **Break Values**, comme dans l'exemple ci-contre.

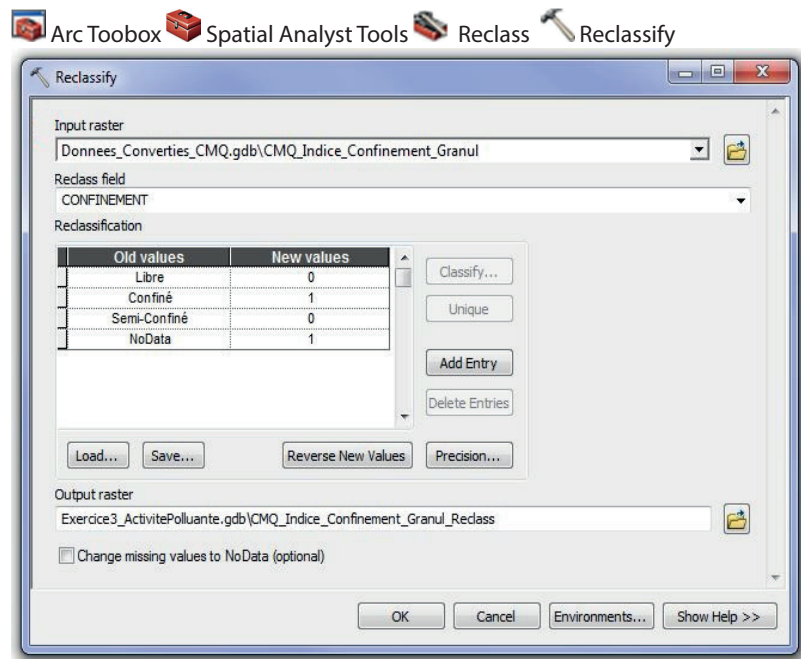
Les cellules de  **CMQ_Epaisseur_aquifère_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



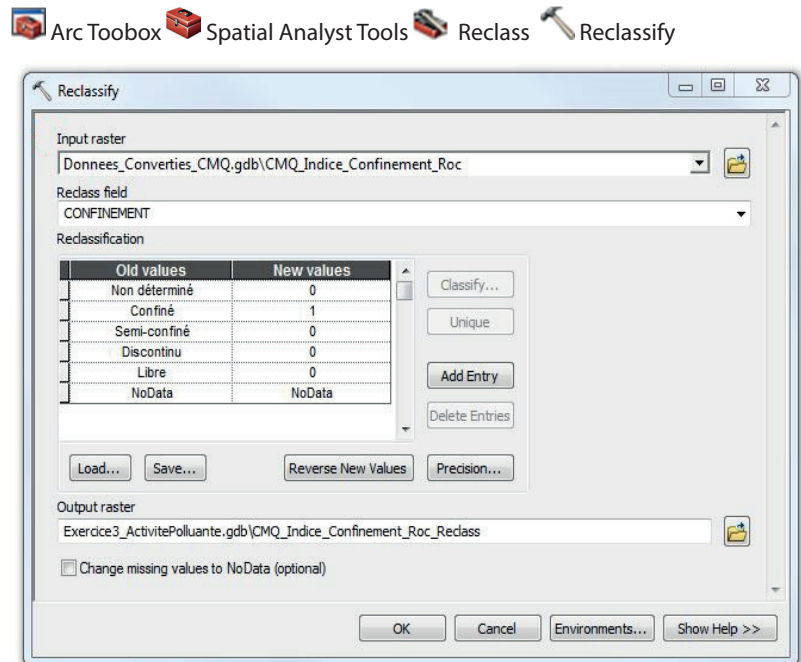
CONFINEMENT

Identifier les cellules de **CMQ_Index_Confinement_Granul** (alias : Confinement dépôts - CMQ) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).



Identifier les cellules de **CMQ_Index_Confinement_Roc** (alias : Confinement roc - CMQ) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.



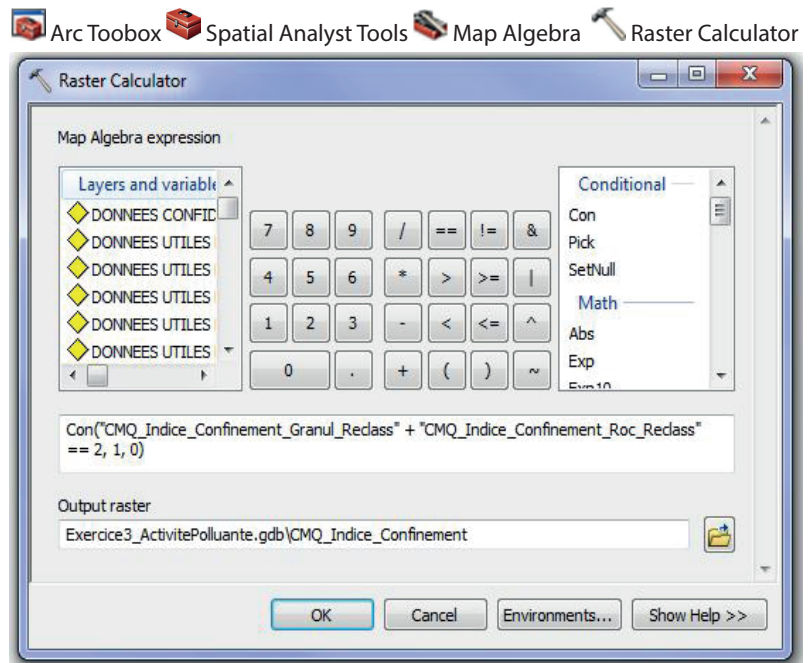
Combiner les couches **CMQ_Indice_Confinement_Granul_Reclass** et **CMQ_Indice_Confinement_Roc_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de **CMQ_Indice_Confinement** ayant une valeur de 1 correspondent aux endroits où le premier aquifère rencontré en profondeur est confiné, c'est-à-dire là où :

- 1) les aquifères granulaires sont confinés, ou
- 2) les endroits où il n'y a pas d'aquifère granulaire et que l'aquifère de roc est confiné.

À l'inverse, les cellules ayant une valeur de 0 correspondent aux endroits où :

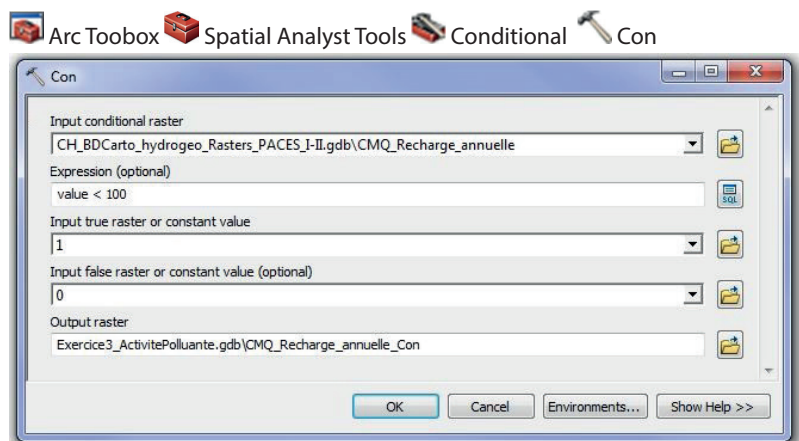
- 1) le premier aquifère rencontré en profondeur est libre, c'est-à-dire là où les aquifères granulaires sont libres, que l'aquifère de roc sous-jacent soit libre ou confiné, ou
- 2) les endroits où il n'y a pas d'aquifère granulaire et que l'aquifère de roc est libre. Notons qu'un aquifère de roc sous un aquifère granulaire confiné est automatiquement confiné.




RECHARGE

Identifier les cellules de **CMQ_Recharge_annuelle** (*alias* : *Recharge annuelle - CMQ*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

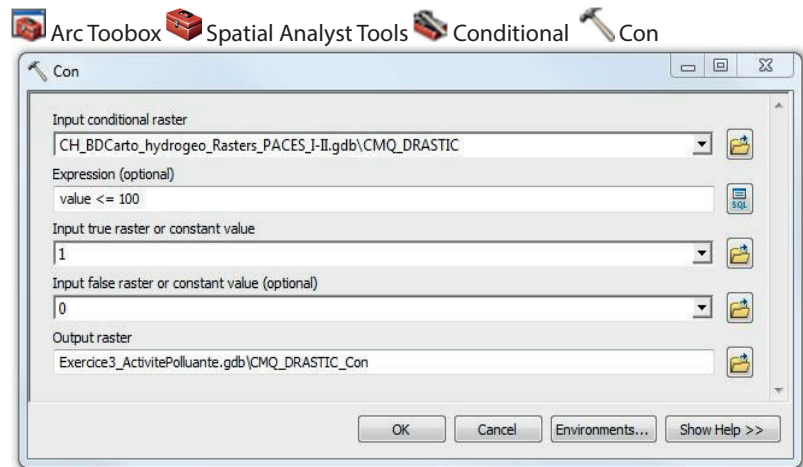
Les cellules de **CMQ_Recharge_annuelle_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.







VULNÉRABILITÉ DRASTIC


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

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



BILAN

Combiner les résultats des couches  **CMQ_Epaisseur_aquifère_Reclass**,  **CMQ_Indice_Confinement**,  **CMQ_Recharge_annuelle_Con** et  **CMQ_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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Toutes les qualités de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> La gravité de la contamination d'une eau de bonne qualité naturelle est très élevée. La contamination d'une eau de qualité naturelle douteuse est possiblement moins grave, mais la contamination anthropique la dégradant davantage n'est pas souhaitable. 	<ul style="list-style-type: none"> La qualité naturelle de l'aquifère en aval de l'activité à implanter doit être caractérisée au préalable pour déterminer les causes d'une contamination, le cas échéant. Un suivi de la qualité de l'eau de l'aquifère en aval de l'activité via des puits de surveillance devrait être effectué suite à l'implantation de l'activité pour suivre l'évolution de la qualité de l'eau souterraine.


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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes les qualités de l'eau	Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_PuitsGeochimie	Puits qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de bonne qualité (aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination très élevée Eau souterraine de qualité moyenne (au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination élevée Eau souterraine de qualité douteuse (au moins un dépassement de CMA dans l'aquifère) : gravité de contamination modérée




Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU


Pour afficher les puits pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (alias : Puits qualité de l'eau), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d > 1 OR Fluorures > 1.5
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (alias : Puits qualité de l'eau), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :


```
Sulfures_t > 0.05 OR Al_d > 0.1 OR Cl_d > 250 OR Fe_d > 0.3 OR Mn_d > 0.05 OR Na_d > 200 OR pH < 6.5 OR pH > 8.5 OR MDT_estime > 500 OR Durete_t > 200
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

Pour afficher les puits pour lesquels aucun dépassement de concentration maximale acceptable et d'objectif esthétique n'a été observé, dans la couche  **CMQ_24_25_PuitsGeochimie** (alias : Puits qualité de l'eau), faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Ba_d <= 1 AND Fluorures <= 1.5 AND Sulfures_t <= 0.05 AND Al_d <= 0.1 AND Cl_d <= 250 AND Fe_d <= 0.3 AND Mn_d <= 0.05 AND Na_d <= 200 AND pH >= 6.5 AND pH <= 8.5 AND (MDT_estime <= 500 OR MDT_estime IS Null) AND (Durete_t <= 200 OR Durete_t IS Null)
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**.

La gravité d'une contamination potentielle des aquifères des zones de  **Protection** est potentiellement très élevée si on n'y retrouve que des puits ayant une eau de bonne qualité. Si on y retrouve au moins un puits ayant une eau de qualité moyenne, la gravité d'une contamination est potentiellement élevée. Si on y retrouve au moins un puits ayant une eau de qualité douteuse, la gravité d'une contamination est potentiellement modérée.

3. 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"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés. Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d’approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d’aqueduc devrait être effectué, car la contamination d’un seul de ces puits risque d’affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité.

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	<ul style="list-style-type: none"> CMQ_Piezo_DeltaProtoStL CMQ_Piezo_Roc CH_Lieu_physique 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ</i> <i>Piézométrie roc - CMQ</i> <i>Lieux physiques</i> 	<ul style="list-style-type: none"> En aval des puits d’alimentation



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour afficher les puits d’alimentation individuels et collectifs, dans la couche **CH_Lieu_physique** (*alias : Lieux physiques*), faire la requête suivante sous l’onglet **Definition Query** de la fenêtre **Layer Properties** :

```
Type_Util_Eau = 'agriculture (général)' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable domestique' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable municipal' OR Type_Util_Eau = 'commerce' OR Type_Util_Eau = 'institution (école, ...)'
```

La requête peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier **Exercices**.

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie **CMQ_Piezo_DeltaProtoStL** (*alias : Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ*) et **CMQ_Piezo_Roc** (*alias : Piézométrie roc - CMQ*), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où les aquifères sont protégés naturellement, tels que définis par la couche **Protection**.

La gravité d’une contamination potentielle des aquifères des zones protégées représentées par des cellules contigües ayant une valeur de 1 dans la couche **Protection** serait potentiellement élevée si y on retrouve en aval un nombre significatif de puits d’approvisionnement.

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	 CMQ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CMQ</i>
			Épaisseur des aquifères de dépôts meubles	 CMQ_Epaisseur_aquiferes	<i>Épaisseur aquifères - CMQ</i>
			Confinement	 CMQ_Indice_Confinement_Granul  CMQ_Indice_Confinement_Roc	<i>Confinement dépôts - CMQ</i> <i>Confinement roc - CMQ</i>
			Recharge	 CMQ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - CMQ</i>
			Vulnérabilité DRASTIC	 CMQ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - CMQ</i>
Évaluer la qualité de l'eau		Qualité de l'eau	 CMQ_24_25_Puits-Geochemie	<i>Puits qualité de l'eau</i>	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 CMQ_Piezo_Delta-ProtoStL  CMQ_Piezo_Roc  CH_Lieu_physique	<i>Piézo. Delta-Proto St-Laurent - CMQ</i> <i>Piézométrie roc - CMQ</i> <i>Lieux physiques</i>

Intégration des connaissances du milieu humain

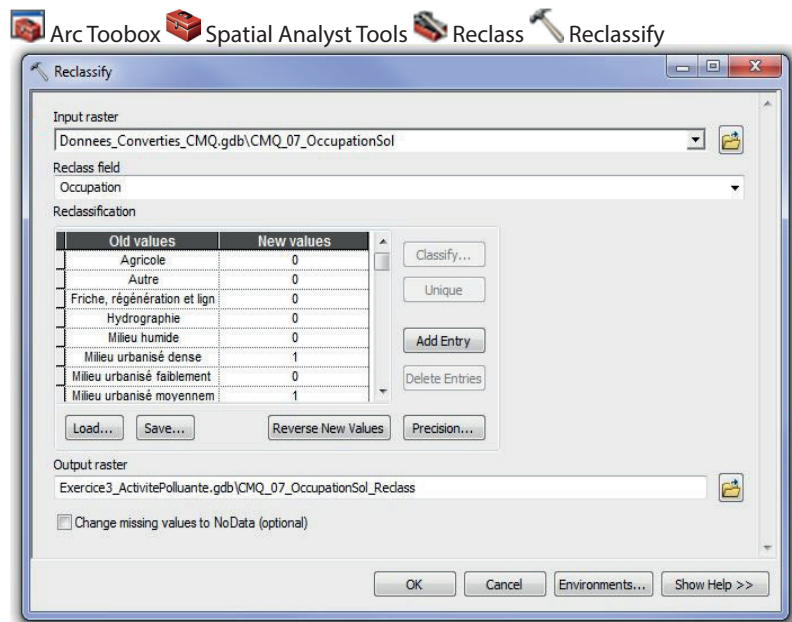
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones où implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines (ex. : les propriétaires terriens, l'occupation du sol, 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 **LCMQ_07_OccupationSol** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

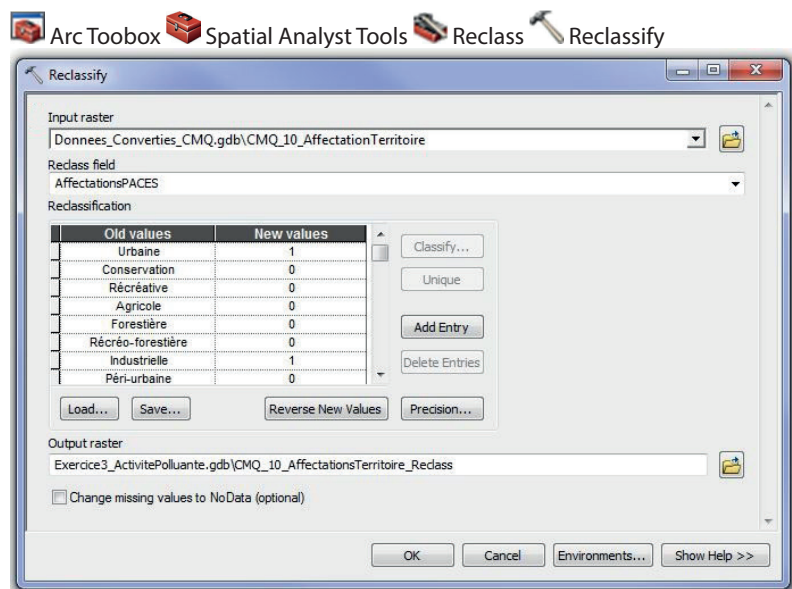
Les cellules de **CMQ_07_OccupationSol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





AFFECTATION DU TERRITOIRE


Identifier les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire** (alias: *Affectation du territoire*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

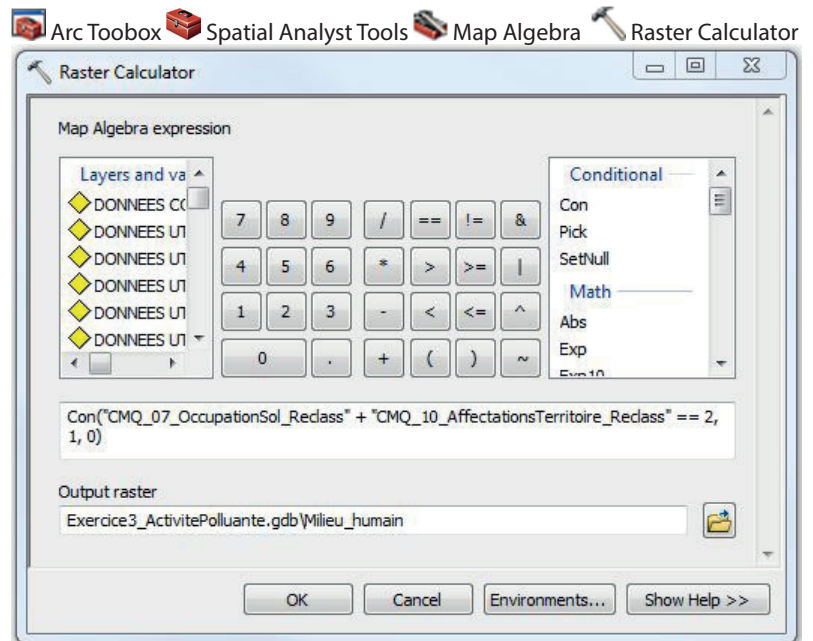
Les cellules de **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.





BILAN


Combiner les couches  **CMQ_07_OccupationSol_Reclass** et  **CMQ_10_AffectationsTerritoire_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

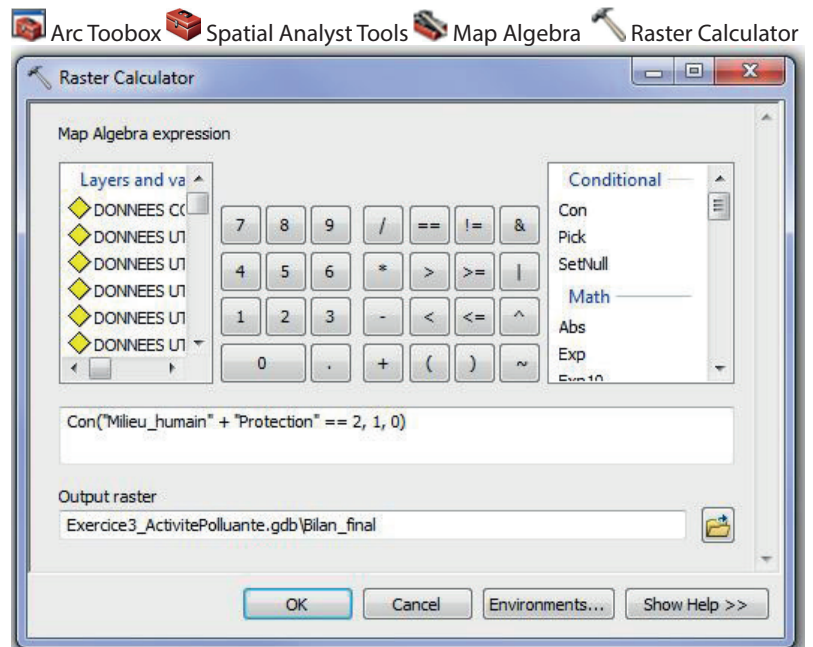
Les cellules de  **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches  **Milieu_humain** et  **Protection** 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.



Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec :

- Université Laval
- Communauté métropolitaine de Québec
- Ville de Québec
- Ville de Lévis
- Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures
- MRC de La Côte-de-Beaupré
- MRC de L'Île-d'Orléan
- MRC de La Jacques-Cartier
- Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency
- Organisme des bassins versants de la Capitale
- Organisme des bassins versants de la Côte-du-Sud
- Conseil de bassin de la rivière Etchemin
- Corporation du bassin de la Jacques-Cartier

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

