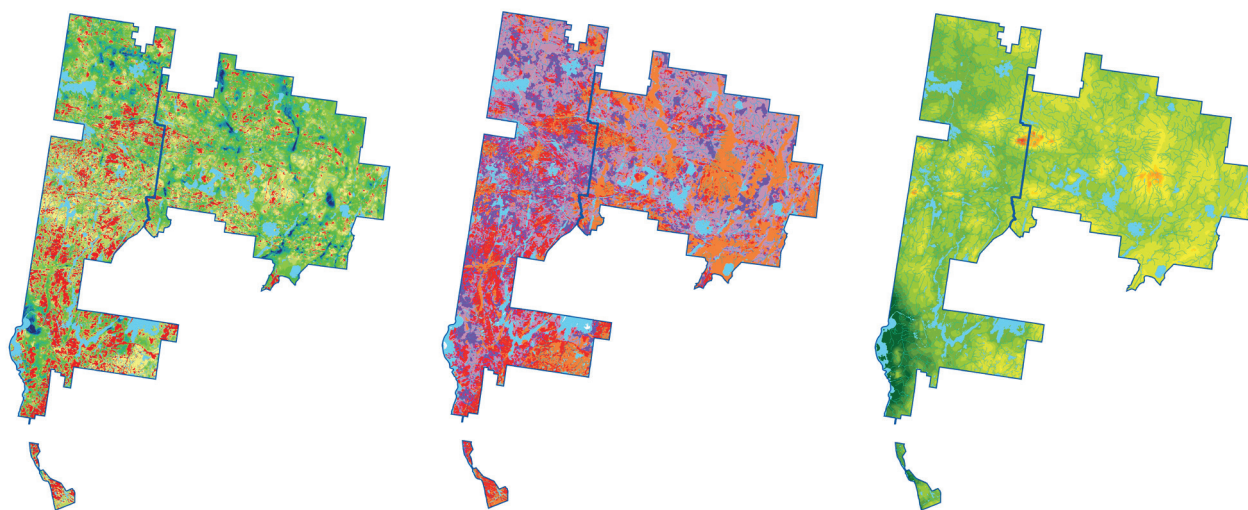


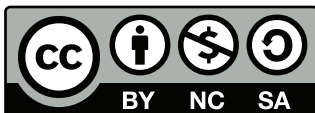
3^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue

CAHIER DU PARTICIPANT



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

Septembre 2016



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.

Ce 3^e atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) de l'Abitibi-Témiscamingue, partie 1 (AT1) et partie 2 (AT2), 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 Groupe de recherche sur l'eau souterraine (GRES) de l'UQAT et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Vincent Cloutier, professeur, UQAT, coordonnateur du PACES
- Éric Rosa, professeur sous octroi, UQAT, équipe de recherche du PACES
- Simon Nadeau, professionnel de recherche, UQAT, équipe de recherche du PACES
- Yohann Tremblay, agent de transfert, RQES, organisateur et animateur de l'atelier de transfert
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert, RQES, organisatrice et animatrice de l'atelier
- Sylvain Gagné, agent de transfert, RQES, animateur de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conceptrice de l'atelier de transfert de connaissances

Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient des rapports finaux du PACES de l'Abitibi-Témiscamingue et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

Cloutier, V., Blanchette, D., Dallaire, P.-L., Nadeau, S., Rosa, E., et Roy, M. 2013. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (partie 1). Rapport final déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Rapport de recherche P001. Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 135 p., 26 annexes, 25 cartes thématiques (1:100 000).

Cloutier, V., Rosa, E., Nadeau, S., Dallaire, P.-L., Blanchette, D., et Roy, M., 2015. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (partie 2). Rapport final déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Rapport de recherche P002.R3. Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 313 p., 15 annexes, 24 cartes thématiques (1:100 000).

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 1^{er} atelier de transfert des connaissances résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES-AT1. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Cloutier, V., Rosa, E., Ferlatte, M., Pitre, O., Blanchette, D., Dallaire, P.L., Nadeau, S. et Roy, M. 2014. 1^{er} atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du PACES de l'Abitibi-Témiscamingue, cahier du participant. Document préparé par le RQES, le GRES de l'UQAT, la SESAT 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. 2^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'UQAT 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 : rqes.ca

Le Groupe de recherche sur l'eau souterraine (GRES) de l'UQAT

Le GRES est une unité de recherche de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue. Sa mission est d'accroître les connaissances relatives à l'eau souterraine et de contribuer à assurer la pérennité de cette importante ressource. Le GRES travaille en étroite collaboration avec les acteurs du milieu et les gestionnaires du territoire afin de répondre aux préoccupations régionales. Les travaux du GRES et de ses partenaires ont permis de développer de plus amples connaissances sur les eskers et les eaux souterraines d'une région-pilote, la MRC d'Abitibi. Aujourd'hui ses travaux s'orientent principalement autour du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du MDDELCC, du développement d'activités de recherche portant sur la ressource en eau souterraine, ainsi que de la formation de personnel hautement qualifié dans le domaine des eaux souterraines.

Pour en savoir plus : www.gres.uqat.ca

Résumé des PACES de l'Abitibi-Témiscamingue

Les PACES-AT1 et AT2 dressent un portrait synthèse de la ressource en eau souterraine sur le territoire municipalisé de la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue, couvrant une superficie de 19 549 km², et pour laquelle l'eau souterraine comble environ 73 % des besoins en eau potable de la population. L'étude a été réalisée par le Groupe de recherche sur l'eau souterraine de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, en collaboration avec le milieu régional et le Groupe de recherche interuniversitaire sur les eaux souterraines dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Les objectifs généraux des PACES-AT1 et AT2 sont :

- Dresser un portrait de la qualité et de la quantité de la ressource en eau souterraine du territoire municipalisé de l'Abitibi-Témiscamingue, afin de développer un niveau de connaissances adéquat pour soutenir la gestion et les efforts de protection de cette ressource;
- Intégrer les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire dans l'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine dans le but d'accroître leur participation dans la mise en oeuvre d'une gestion durable de cette ressource.

Les objectifs spécifiques des projets sont :

- Établir la connaissance sur les ressources en eau souterraine dans la zone d'étude par la production de tous les livrables spécifiés par les PACES, de concert avec le GRIES afin d'en assurer l'uniformité méthodologique;
- Évaluer quantitativement le potentiel aquifère des formations granulaires et du socle rocheux fracturé sur le territoire;
- Apporter des éléments de réponse aux préoccupations de la population et des acteurs de l'eau en ce qui concerne l'incidence des activités anthropiques sur la qualité et la quantité de la ressource en eau souterraine;
- Léguer des infrastructures de surveillance dans la région qui permettront de suivre l'évolution de la qualité et de la quantité de ressources en eau souterraine;
- Fournir les connaissances et outils nécessaires à la mise sur pied de recommandations visant à mieux gérer et protéger la ressource, à éviter les conflits d'usage entre utilisateurs d'eau souterraine et, également, entre les utilisateurs des eskers;
- Former du personnel hautement qualifié et des étudiants aux cycles supérieurs.

Afin de dresser un portrait de la ressource en eau souterraine de la région, la démarche de réalisation s'y rattachant s'est déclinée en trois phases :

- Collecte des données existantes : réalisation d'une base de données géoréférencées; production de plusieurs livrables présentés sous forme de cartes et d'analyses; réalisation d'un modèle hydrogéologique conceptuel de la zone d'étude;
- Travaux de terrain : planification et réalisation de travaux de terrain;
- Synthèse et transfert : intégration et analyse des données; production d'un rapport hydrogéologique final visant le transfert des connaissances aux gestionnaires du territoire.

La réalisation des deux projets PACES en Abitibi-Témiscamingue est le résultat d'un partenariat essentiel avec la Conférence régionale des élus de l'Abitibi-Témiscamingue, la MRC d'Abitibi, la MRC d'Abitibi-Ouest, la MRC de La Vallée-de-l'Or, la MRC de Témiscamingue, la Ville de Rouyn-Noranda, l'Organisme de bassin versant Abitibi-Jamésie, l'Organisme de bassin versant du Témiscamingue et la Société de l'eau souterraine Abitibi-Témiscamingue. La réalisation des PACES a également bénéficié d'une collaboration entre des équipes de recherche basées dans différentes universités québécoises réunies au sein du Groupe de recherche interuniversitaire sur les eaux souterraines (GRIES).

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	8
Votre équipe de formation	9
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	11
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	12
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	15
Les éléments de la maquette hydrogéologique	15
L'écoulement de l'eau souterraine	16
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	17
2. Présentation des données géospatiales	19
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	20
Les limites générales des données	20
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	21
Les bases de données en format géodatabase	22
Les données du MDDELCC	22
Les données de l'UQAT	23
Les données confidentielles	24
Les données ponctuelles de base	25
Retrouver les informations hydrogéologiques	26
Par géotadabase	26
Par notion hydrogéologique	28
Le projet mxd pour cet atelier	30
Préparer vos données pour les exercices	31
3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action	33
Épaisseur des dépôts meubles	34
Épaisseur de la couche d'argile	36
Épaisseur des aquifères granulaires	38
Conditions d'écoulement de la nappe	40
Piézométrie régionale	42
Recharge et résurgence	44
Vulnérabilité de l'eau souterraine	46
Qualité de l'eau	48
Les autres résultats du PACES	50

4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines **53**

Question 1 : Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine **55**

Les résultats du remue-méninge avec les participants	57
Synthèse du cheminement d'expert	58
1. Trouver de l'eau en quantité suffisante	60
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination	64
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	66
4. Évaluer la qualité de l'eau	67
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	68
Préparer la présentation de vos résultats	69
Intégration de connaissances du milieu humain	71

Question 2 : Protection des zones de recharge **75**

Les résultats du remue-méninge avec les participants	77
Synthèse du cheminement d'expert	78
1. Localiser les zones où la recharge est importante	80
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination	82
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	85
4. Évaluer la qualité de l'eau	86
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	87
6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	88
Préparer la présentation de vos résultats	89
Intégration de connaissances du milieu humain	91

Question 3 : Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante **95**

Les résultats du remue-méninge avec les participants	97
Synthèse du cheminement d'expert	98
1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination	100
2. Évaluer la qualité de l'eau	105
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	106
Préparer la présentation de vos résultats	107
Intégration de connaissances du milieu humain	109

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, 11 à 18
2. Présentation des données géospatiales <i>(activité de groupe - présentation magistrale)</i>	Partie 2, p. 19 à 32
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. 33 à 52
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. 53 à 111
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.rques@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



Vincent Cloutier
Ph.D. Hydrogéologie
Professeur
Institut de recherche en mines
et en environnement, Université
du Québec en Abitibi-Témiscamingue
341, Principale Nord, bureau 6053
Amos (Qc) J9T 2L8
819-732-8809 poste 8228
Vincent.Cloutier@uqat.ca



Éric Rosa
Ph.D. Hydrogéologie
Professeur sous octroi
Institut de recherche en mines
et en environnement, Université
du Québec en Abitibi-Témiscamingue
341, Principale Nord, bureau 6033
Amos (Qc) J9T 2L8
819-732-8809 poste 8229
Eric.Rosa@uqat.ca



Simon Nadeau
M. Géographie
Agent de recherche
Institut de recherche en mines
et en environnement, Université
du Québec en Abitibi-Témiscamingue
341, Principale Nord, bureau 6031
Amos (Qc) J9T 2L8
819-732-8809 poste 8323
Simon.Nadeau@uqat.ca

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. 12 à 14)

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

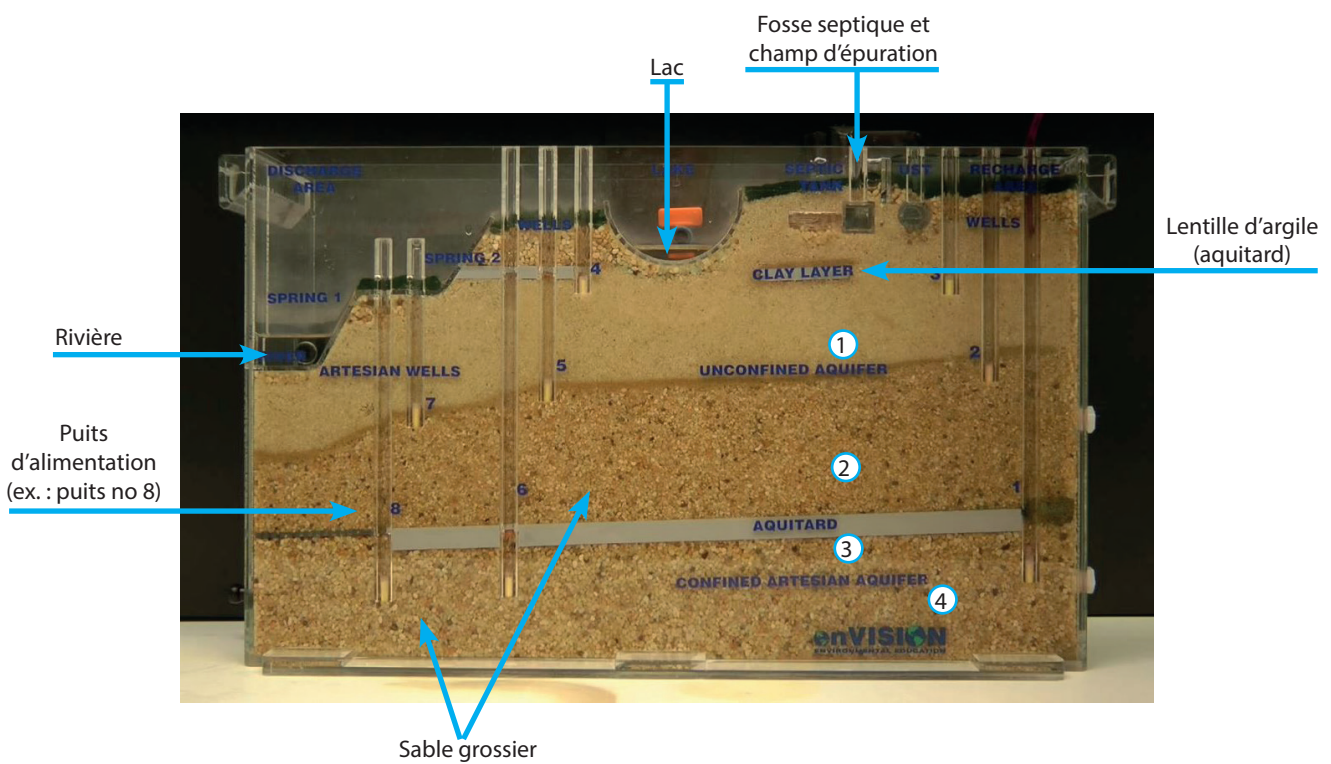
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un **aquifère** d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des **aquifères**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

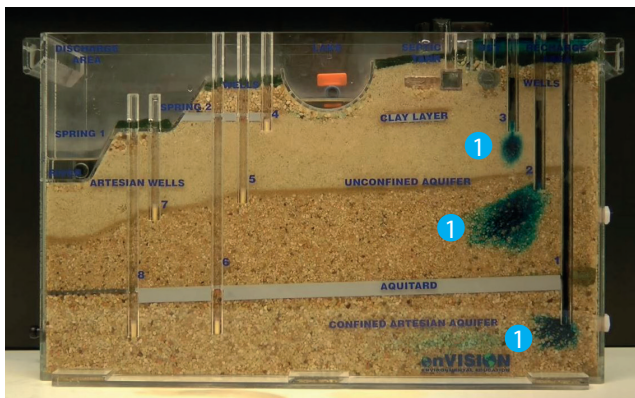
- ① Couche de **sable fin** dans la partie supérieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le premier tiers près de la surface,
- ② Couche de **sable grossier** dans la partie inférieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le deuxième tiers au centre,
- ③ Couche imperméable représentant un **aquitard**,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

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

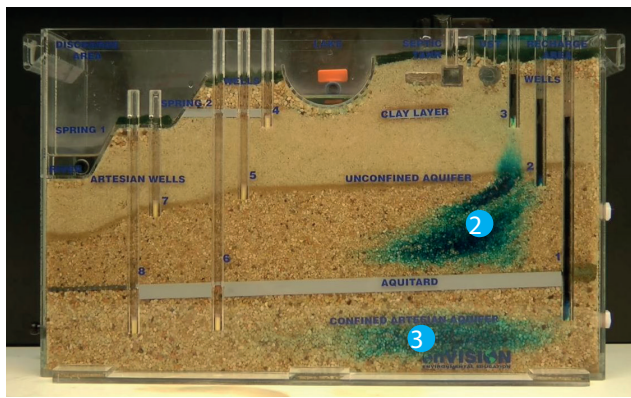


L'écoulement de l'eau souterraine

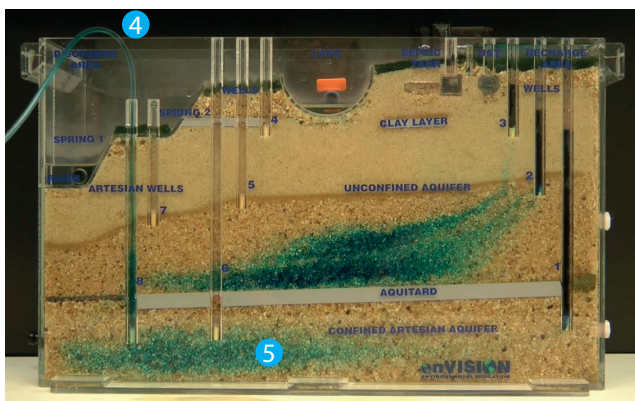
1 Injection d'un «traceur» (colorant alimentaire) par trois puits pour visualiser l'écoulement de l'eau dans les aquifères. L'eau remplit les pores (espaces vides) entre les grains.



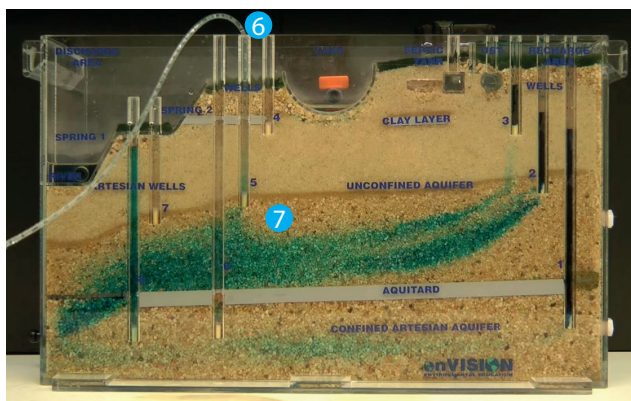
2 L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère à nappe libre se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. 3 L'eau de l'aquifère à nappe captive inférieur ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard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



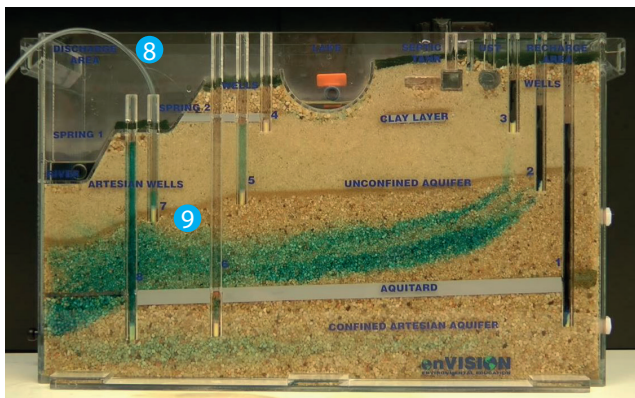
4 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. 5 L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère à nappe captive inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



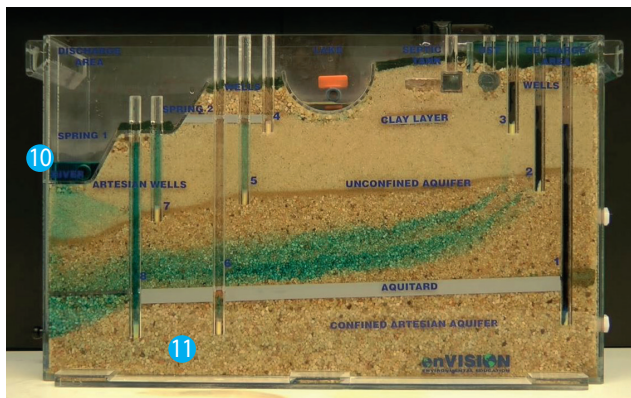
6 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°5. 7 Il y a un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



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.

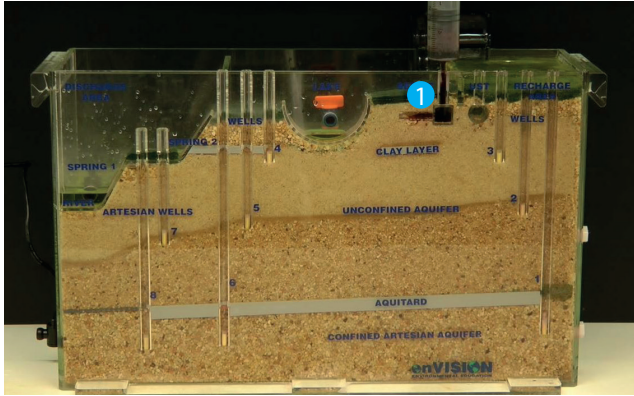


10 L'eau souterraine fait ultimement résurgence dans la rivière, située en aval, qui devient colorée. 11 L'eau de l'aquifère à nappe captive s'est presque totalement renouvelée (indiqué par la perte de coloration).

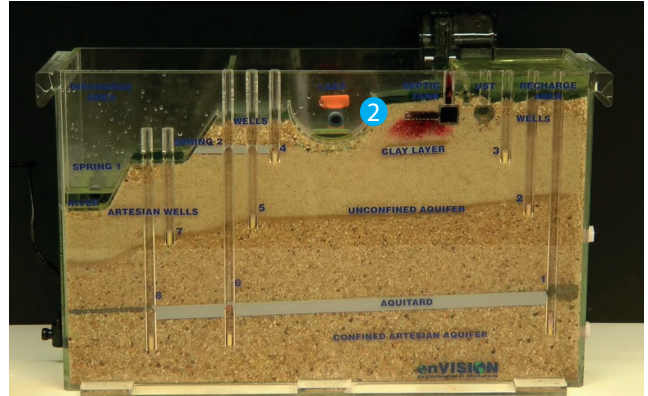


La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

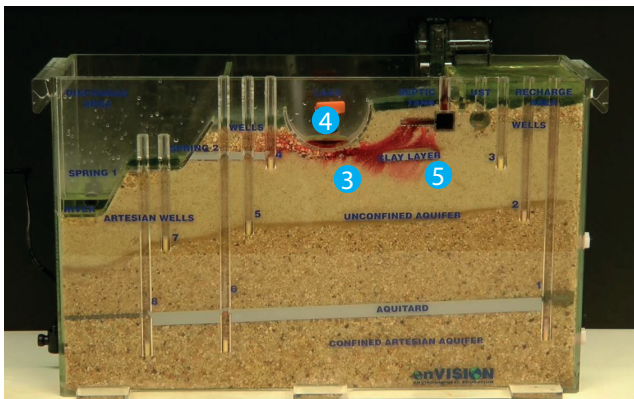
1 Injection d'un «contaminant» (colorant alimentaire) dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



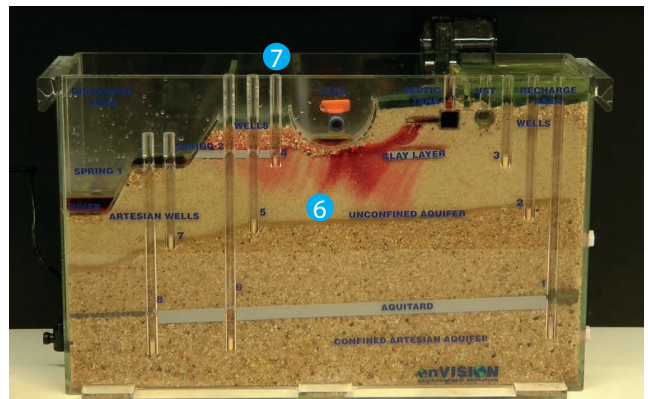
2 Depuis le champ d'épuration, le contaminant migre vers le bas dans la couche de sable fin de l'aquifère à nappe libre.



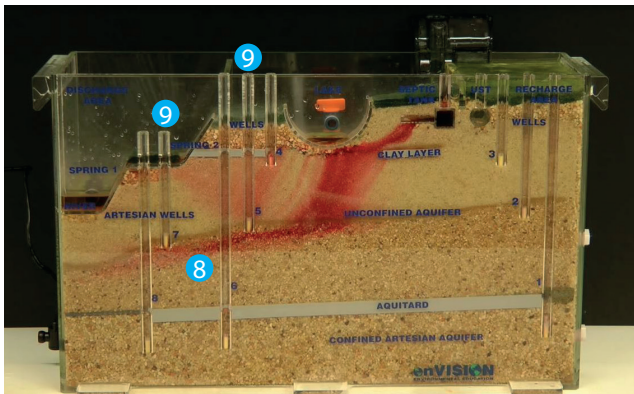
3 Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. 4 De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. 5 La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



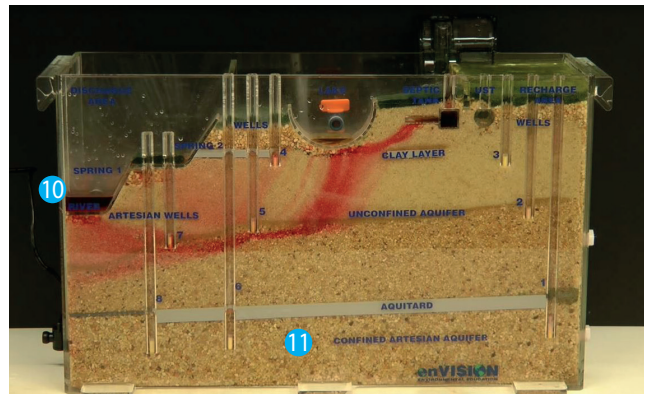
6 Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. 7 Le puits no 4 est maintenant contaminé.



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



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



2

Présentation des données géospatiales



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **orange** sont définis dans le glossaire des termes utilisés en géomatique (p. 21)

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 des 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'UQAT 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'UQAT et les 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'UQAT 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'UQAT 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 des PACES de l'Abitibi-Témiscamingue 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.

La rugosité importante du socle rocheux du territoire de l'Abitibi-Témiscamingue s'exprime par des variations constantes entre des zones d'affleurement du socle rocheux et d'accumulation de dépôts meubles. Il est fréquent d'observer des variations d'épaisseur des dépôts meubles sur seulement une centaine de mètres de distance (taille des pixels des cartes). Les constats issus de l'analyse de l'architecture des dépôts meubles sont considérés réalistes à l'échelle régionale, mais sont potentiellement erronés lorsqu'étudiés à l'échelle locale.

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 Programme d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines 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 les PACES. Certaines données sont exclues de par leur caractère confidentiel. Toutefois, la plupart des données résultantes des analyses hydrogéologiques des PACES et nécessaires pour traiter des enjeux d'aménagement sont incluses.

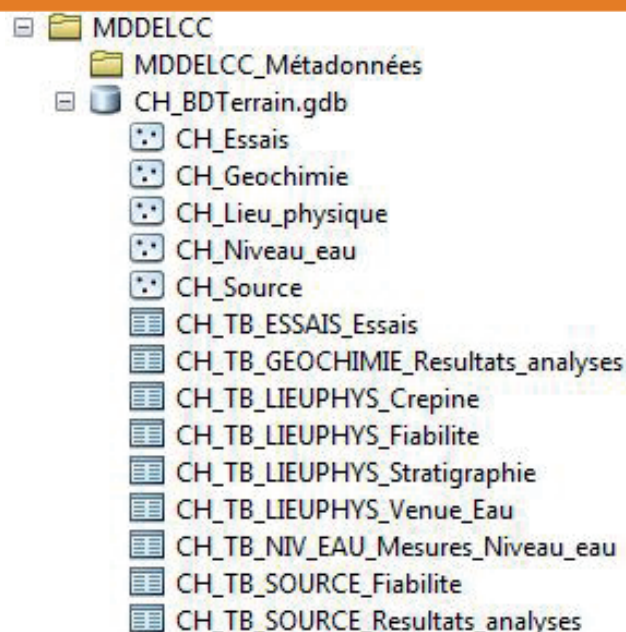
Le MDDELCC diffuse les données des PACES-AT1 et AT2 séparément alors que les données qui sont utilisées dans le cadre de cet atelier combinent les deux PACES. Parmi les données diffusées par le MDDELCC, seules les données ponctuelles de base (forages, puits, niveaux d'eau, analyses géochimiques, etc.) ayant servi à réaliser les analyses hydrogéologiques sont utilisées pour cet atelier.



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **MDDELCC** :
 - **CH_BDTerrain.gdb** : contient les données ponctuelles de base et les **tables relationnelles**
- Des **métadonnées** en **format html** 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.

Arborescence de la base de données du MDDELCC



Les données de l'UQAT

Des données additionnelles non diffusées par le MDDELCC, mais dont l'UQAT détient les droits à titre de producteur des PACES de l'Abitibi-Témiscamingue, peuvent être diffusées librement.

Toutes les données correspondantes aux résultats des analyses hydrogéologiques utilisées dans le cadre de cet atelier sont fournies par l'UQAT.



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **UQAT** :
 - **UQAT.gdb** : contient les données des résultats des analyses hydrogéologiques en **format** vectoriel de points, de lignes et de polygones, ainsi qu'en **format** matriciel.
- Les **métadonnées** peuvent être consultées dans **ArcMap** en ouvrant la fenêtre **View item description**, ou dans **ArcCatalog** sous l'onglet **Description**.
- Les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du PACES dans le dossier **UQAT_Coupes_PDF**

Arborescence de la base de données de l'UQAT

- UQAT
 - UQAT_Coupes_PDF
 - UQAT.gdb
 - Contexte_hydrogeologique
 - Coupes_stratigraphiques_AT1
 - Coupes_stratigraphiques_AT2
 - Densite_AAPP
 - Densite_AAPP_75e_percentile
 - DRASTIC
 - Echantillon_eau_souterraine_AT1
 - Echantillon_eau_souterraine_AT2
 - Epaisseur_argile
 - Epaisseur_Depot_Meuble
 - Epaisseur_granulaire_confine
 - Epaisseur_granulaire_libre
 - Pente_sol_AT1
 - Pente_sol_AT2
 - Piezometrie
 - Recharge
 - Recharge_preferentielle
 - Sations_hydro_AT1
 - Sations_hydro_AT2
 - Sations_meteo_AT1
 - Sations_meteo_AT2
 - Sations_piezo_AT1
 - Sations_piezo_AT2
 - Sequences_stratigraphiques
 - Sources_diffuses
 - Sources_ponctuelles
 - Terrains_contaminés_AT1
 - Terrains_contaminés_AT2
 - Topographie_roc
 - Type_eau
 - Utilisation_eau_MRC
 - Utilisation_eau_souterraine_MRC
 - Zones_etude_AT1_AT2

Les données confidentielles

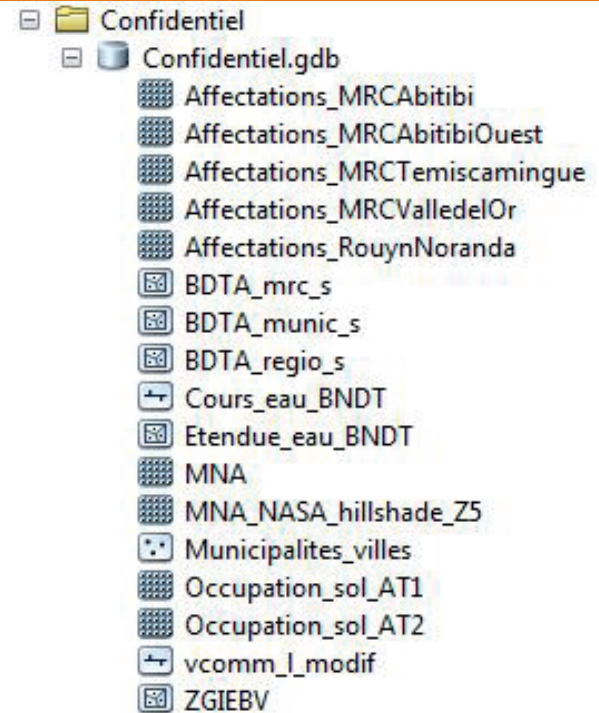
Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données sont mises à votre disposition, telles que les limites administratives, l'hydrographie, les voies de communication, la topographie, l'occupation du sol et l'affectation du territoire. Elles sont toutefois protégées par 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**
- Les **métadonnées** peuvent être consultées dans **ArcMap** en ouvrant la fenêtre View item description, ou dans **ArcCatalog** sous l'onglet Description.

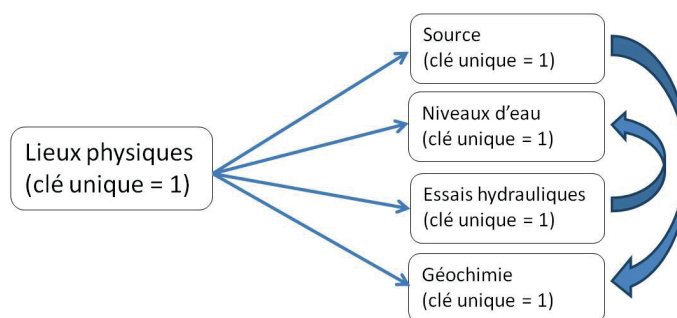
Arborescence de la base de données confidentielles



Les données ponctuelles de base

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 de base, des tables relationnelles de données non géoréférencées sont disponibles. C'est dans ces tables, par exemple, que l'on retrouve les valeurs de niveau d'eau des points de la couche **CH_Niveau_eau** (alias: 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).

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_Lieu_physique	Lieux physiques	Lieux d'observation (puits, forages, piézomètres, sondages géophysiques, carrières, sablières, etc.) des caractéristiques du sous-sol et/ou de l'eau souterraine répertoriés dans le cadre du PACES.	CH_TB_LIEUPHYS_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	Niveau d'eau	Lieux physiques où un ou plusieurs niveaux d'eau ont été mesurés.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau par rapport à la surface du sol
CH_Essais	Essais hydrauliques	Lieux physiques où un ou plusieurs essais hydrauliques ont été réalisés.	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique.
CH_Geochimie	Géochimie	Lieux physiques où un ou plusieurs échantillons d'eau souterraine ont été prélevés.	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.
CH_Source	Source	Sources (résurgences naturelles) d'eau souterraine répertoriées dans le cadre du PACES.	CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant des sources.
			CH_TB_SOURCE_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique de la source attribuée par le projet du PACES.





















Retrouver les informations hydrogéologiques

Par géodatabase

Les couches d'information géospatiale par géodatabase			Utilité*	
Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	
CH_BDTerrain.gdb	 CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Venue_eau	id.	s.o.	
	 CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	s.o.	
	 CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	s.o.	
	 CH_Essais	Essais hydrauliques	s.o.	
	 CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	s.o.	
	 CH_Geochimie	Géochimie	s.o.	
	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	s.o.	
	 CH_Source	Source	s.o.	
	 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	id.	s.o.	
	 CH_TB_SOURCE_Fiabilite	id.	s.o.	
	UQAT.gdb	 Zones_etude_AT1_AT2	Zone d'étude - AT1 et AT2	s.o.
		 Epaisseur_Depot_Meuble	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles
		 Epaisseur_argile	Épaisseur de la couche d'argile	Épaisseur de la couche d'argile
 Epaisseur_granulaire_confine		Épaisseur granulaire saturé confiné	Épaisseur des aquifères granulaires	
 Epaisseur_granulaire_libre		Épaisseur granulaire saturé libre	Épaisseur des aquifères granulaires	
 Sequences_stratigraphiques		Conditions d'écoulement de la nappe	Épaisseur des aquifères granulaires	
 Piezometrie		Pézométrie régionale	Conditions d'écoulement de la nappe	
 Recharge		Recharge distribuée	Pézométrie régionale	
 Recharge_preferentielle		Recharge préférentielle	Recharge et résurgence	
 Sources_ponctuelles		Sources ponctuelles	Recharge et résurgence	
 Sources_diffuses		Sources diffuses	Recharge et résurgence	
 DRASTIC		Indice DRASTIC	Recharge et résurgence	
 Echantillon_eau_souterraine_AT1		Divers	Vulnérabilité de l'eau souterraine	
 Echantillon_eau_souterraine_AT2		Divers	Qualité de l'eau	

* 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*
	 Pente_sol_AT1	Pente - AT1	Pente du sol	
	 Pente_sol_AT2	Pente - AT2	Pente du sol	
	 Coupes_stratigraphiques_AT1	Coupes stratigraphiques - AT1	Coupes stratigraphiques	
	 Coupes_stratigraphiques_AT1	Coupes stratigraphiques - AT2	Coupes stratigraphiques	
	 Topographie_roc	Topographie du roc	Topographie du roc	
	 Sequences_stratigraphiques	Architecture des dépôts meubles	Architecture des dépôts meubles	
	 Type_eau	Type d'eau souterraine	Type d'eau souterraine	
	 Utilisation_eau_MRC	Utilisation de l'eau souterraine par MRC	Utilisation de l'eau souterraine par MRC	
	 Terrains_contaminés_AT1	Terrains contaminés - AT1	Terrains contaminés - AT1	Activités anthropiques potentiellement polluantes
	 Terrains_contaminés_AT2	Terrains contaminés - AT2	Terrains contaminés - AT2	Activités anthropiques potentiellement polluantes
	 Densite_AAPP_75e_percentile	75e percentile pondération du risque	75e percentile pondération du risque	Activités anthropiques potentiellement polluantes
	 Densite_AAPP	Densité pondérée par le risque de pollution	Densité pondérée par le risque de pollution	Activités anthropiques potentiellement polluantes
	 Sations_hydro_AT1	Stations hydrométriques	Stations hydrométriques	Stations de mesure
	 Sations_hydro_AT2	Stations hydrométriques	Stations hydrométriques	Stations de mesure
	 Sations_meteo_AT1	Stations météorologiques	Stations météorologiques	Stations de mesure
	 Sations_meteo_AT2	Stations météorologiques	Stations météorologiques	Stations de mesure
	 Sations_piezo_AT1	Stations piézométriques	Stations piézométriques	Stations de mesure
	 Sations_piezo_AT2	Stations piézométriques	Stations piézométriques	Stations de mesure
	 Contexte_hydrogeologique	Contexte hydrogéologique	Contexte hydrogéologique	Contextes hydrogéologiques

* 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
		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
		CH_Source	Source	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_SOURCE_Fiabilite	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	CH_BDTerrain.gdb
		Zones_etude_AT1_AT2	Zone d'étude - AT1 et AT2	UQAT.gdb
Épaisseur des dépôts meubles	X	Epaisseur_Depot_Meuble	Épaisseur des dépôts meubles	UQAT.gdb
Épaisseur de la couche d'argile	X	Epaisseur_argile	Épaisseur de la couche d'argile	UQAT.gdb
Épaisseur des aquifères granulaires	X	Epaisseur_granulaire_confine	Épaisseur granulaire saturé confiné	UQAT.gdb
	X	Epaisseur_granulaire_libre	Épaisseur granulaire saturé libre	UQAT.gdb
Conditions d'écoulement de la nappe	X	Sequences_stratigraphiques	Conditions d'écoulement de la nappe	UQAT.gdb
Pézométrie régionale	X	Piezometrie	Pézométrie régionale	UQAT.gdb
	X	Recharge	Recharge distribuée	UQAT.gdb
	X	Recharge_preferentielle	Recharge préférentielle	UQAT.gdb
	X	Sources_ponctuelles	Sources ponctuelles	UQAT.gdb
	X	Sources_diffuses	Sources diffuses	UQAT.gdb
Vulnérabilité de l'eau souterraine	X	DRASTIC	Indice DRASTIC	UQAT.gdb
	X	Echantillon_eau_souterraine_AT1	Divers	UQAT.gdb
Qualité de l'eau	X	Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers	UQAT.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
Pente du sol	 	Pente_sol_AT1 Pente_sol_AT2	Pente - AT1 Pente - AT2	 UQAT.gdb  UQAT.gdb
Coupes stratigraphiques	 	Coupes_stratigraphiques_AT1 Coupes_stratigraphiques_AT2	Coupes stratigraphiques - AT1 Coupes stratigraphiques - AT2	 UQAT.gdb  UQAT.gdb
Topographie du roc		Topographie_roc	Topographie du roc	 UQAT.gdb
Architecture des dépôts meubles		Sequences_stratigraphiques	Architecture des dépôts meubles	 UQAT.gdb
Type d'eau souterraine		Type_eau	Type d'eau souterraine	 UQAT.gdb
Usage de la ressource		Utilisation_eau_MRC	Utilisation de l'eau souterraine par MRC	 UQAT.gdb
Activités anthropiques potentiellement polluantes		Terrains_contaminés_AT1	Terrains contaminés - AT1	 UQAT.gdb
		Terrains_contaminés_AT2	Terrains contaminés - AT2	 UQAT.gdb
		Densite_AAAPP_75e_percentile	75e percentile pondération du risque	 UQAT.gdb
		Densite_AAAPP	Densité pondérée par le risque de pollution	 UQAT.gdb
Stations de mesure		Sations_hydro_AT1	Stations hydrométriques	 UQAT.gdb
		Sations_hydro_AT2	Stations hydrométriques	 UQAT.gdb
		Sations_meteo_AT1	Stations météorologiques	 UQAT.gdb
		Sations_meteo_AT2	Stations météorologiques	 UQAT.gdb
		Sations_piezo_AT1	Stations piézométriques	 UQAT.gdb
Contextes hydrogéologiques		Sations_piezo_AT2	Stations piézométriques	 UQAT.gdb
		Contexte_hydrogeologique	Contexte hydrogéologique	

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

Le projet mxd pour cet atelier

Afin de faciliter l'utilisation des **données géospatiales**, dans l'interface  ArcMap, le **projet mxd**  **AtelierB_AT1-AT2.mxd** a été préparé.

Présentation générale

Relations avec les tables relationnelles

Les **tables relationnelles** sont déjà reliées aux couches de données ponctuelles de base 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  **UQAT_Coupes_PDF**. À l'aide de l'outil  Hyperlink de la barre d'outils Tools, cliquez sur la trace d'une coupe des **couches**  **Coupes_stratigraphiques_AT1** (*alias : Coupes stratigraphiques - AT1*) et  **Coupes_stratigraphiques_AT2** (*alias : Coupes stratigraphiques - AT2*).

Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

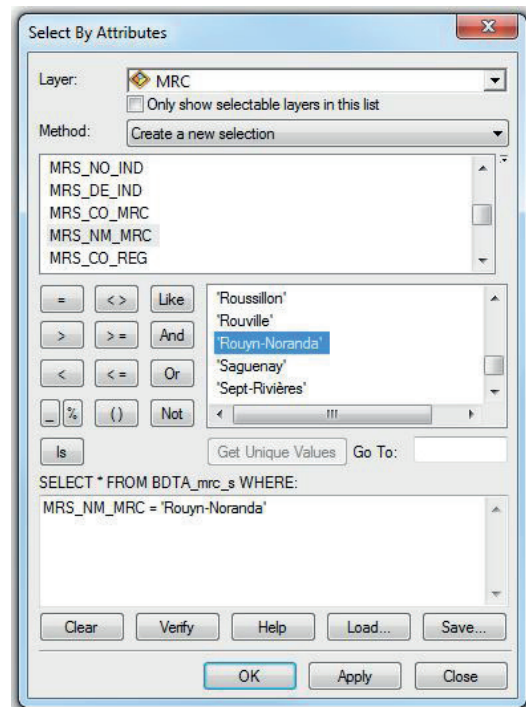
-   **PACES - Abitibi-Témiscamingue**
 -  Zones d'étude - AT1 et AT2
 -  DONNEES PONCTUELLES DE BASE
 -  Lieux physiques
 -  Niveau d'eau
 -  Essais hydrauliques
 -  Géochimie
 -  Sources
 -  DONNEES CONFIDENTIELLES
 -  Limites administratives
 -  Voies de communication
 -  Hydrographie
 -  Topographie
 -  Occupation du sol
 -  Affectation du territoire
 -  DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
 -  Épaisseur des dépôts meubles
 -  Épaisseur de la couche d'argile
 -  Épaisseur des aquifères granulaires
 -  Conditions d'écoulement de la nappe
 -  Pézométrie régionale
 -  Recharge et résurgence
 -  Vulnérabilité de l'eau souterraine
 -  Qualité eau
 -  AUTRES DONNEES
 -  Pente du sol
 -  Coupes stratigraphiques
 -  Topographie du roc
 -  Architecture des dépôts meubles
 -  Type d'eau souterraine
 -  Usage de la ressource
 -  Activités anthropiques potentiellement polluantes
 -  Stations de mesure
 -  Contexte hydrogéologique
 -  EXERCICES
 -  Exercice 1 - Puits
 -  Exercice 2 - Recharge
 -  Exercice 3 - Activité polluante



Préparez vos données : découpage de votre territoire

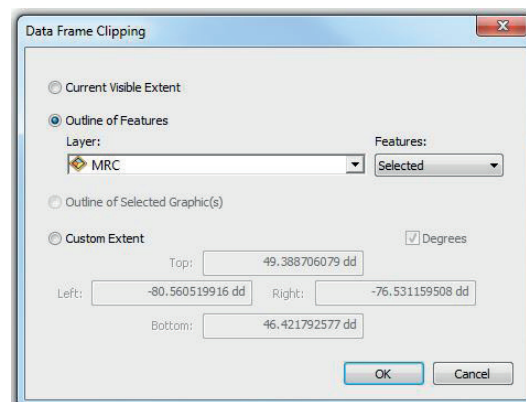
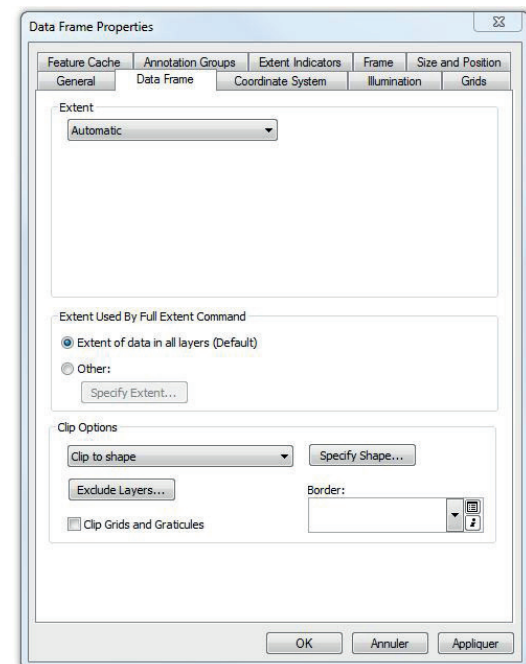
Sélectionnez votre territoire

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.



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-Abitibi-Témiscamingue 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 alors être affichables dans ArcMap.




La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la ville de Rouyn-Noranda.

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 à l'aide des données ponctuelles (forages et 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. 30-31, 46-47, 62-63 et 76-77

Couche de données géospatiales concernée

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Epaisseur_Depot_Meuble	Épaisseur des dépôts meubles	Estimation de l'épaisseur des dépôts meubles en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 UQAT.gdb

Interprétation générale de la couche d'information

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Affleurement rocheux	Épaisseur nulle	<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
]0-5]	Épaisseur faible 0 à 5 m	<ul style="list-style-type: none">• Pas d'aquifère de dépôts meubles possible• Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents (ex. : silt ou argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
]5-10] ]10-15]	Épaisseur moyenne 5 à 15 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 (ex. : silt ou argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
]15-20] ]20-25] ]25-30]	Épaisseur élevée 15 à 30 m	<ul style="list-style-type: none">• Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et épais (ex. : + de 15 m de sable ou gravier)• Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents (ex. : silt ou argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
]30-35] ]35-40] ]40-45] ]45-50] ]50-91]	Épaisseur très élevée 30 m et plus	<ul style="list-style-type: none">• Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et très épais (ex. : + de 30 m de sable ou gravier)• Couche imperméable (aquitard) possible si des sédiments fins sont présents (ex. : silt ou 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 et très élevé sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Où pourraient se situer les **aquitards** pouvant causer des conditions de **nappe captive** sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Les autres observations sur mon territoire d'action



Épaisseur de la couche d'argile

Description


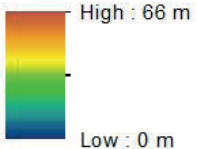
Un **aquitard** est une formation géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible **conductivité hydraulique**, dans laquelle l'**eau souterraine** s'écoule difficilement. Généralement, plus les particules d'un **dépôt meuble** sont fines (ex. : **argile** et **silt**), plus les **pores**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

Atelier A, cahier du participant, non inclus

Couche de données géospatiales concernée

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Epaisseur_argile	<i>Épaisseur de la couche d'argile</i>	Estimation de l'épaisseur de la couche d' argile en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 UQAT.gdb

Interprétation générale de la couche d'information

Légende :		
Épaisseur de la couche d'argile (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
	Épaisseur nulle 0 m	<ul style="list-style-type: none">Absence d'une couche imperméable (aquitard)Aquifères toujours en conditions de nappe libre
	Épaisseur non nulle plus de 0 m	<ul style="list-style-type: none">Présence d'une couche imperméable (aquitard)Aquifères sous-jacents en conditions de nappe captiveAquifères sus-jacents en conditions de nappe libre



Questions d'interprétation

Où pourraient se situer les **aquifères** en conditions de **nappe captive** sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Où pourraient se situer les **aquifères** en conditions de **nappe libre** sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Les autres observations sur mon territoire d'action





Épaisseur des aquifères granulaires

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**) que l'on nomme aussi «granulaire». La délimitation des **aquifères** granulaires 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, non inclus

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Epaisseur_granulaire_confine	<i>Épaisseur granulaire saturé confiné</i>	Estimation de l'épaisseur des aquifères granulaires en conditions de nappe captive en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 UQAT.gdb
 Epaisseur_granulaire_libre	<i>Épaisseur granulaire saturé libre</i>	Estimation de l'épaisseur des aquifères granulaires en conditions de nappe libre en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 UQAT.gdb

Interprétation générale des couches d'information

Légende : Épaisseur des aquifères granulaires (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 - Low : 0 m  - Low : 0 m	Épaisseur 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 sous les dépôts meubles
 - High : 15 m  - Low : 0 m	Épaisseur moyenne 5 à 15 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel limité situé dans les dépôts meubles Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 - High : 30 m  - Low : 0 m	Épaisseur élevée 15 à 30 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel élevé situé dans les dépôts meubles Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 - High : 72 m  - High : 66 m	Épaisseur très élevée 30 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère au potentiel très élevé situé dans les dépôts meubles Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères** granulaires au potentiel élevé ou très élevé sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Où se situent les **aquifères de roc fracturé** sur mon territoire ? Quelle(s) information(s) serai(en)t manquante(s) pour le confirmer?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Conditions d'écoulement de la nappe



Description

Les **aquifères** sont distingués en deux catégories selon les conditions d'écoulement de la **nappe d'eau souterraine** y percolant, soit (1) les **aquifères à nappe libre** et (2) les **aquifères à nappe captive**. La nature et l'architecture des **dépôts meubles** déterminent les conditions d'écoulement et le niveau de confinement.





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 la présence des **dépôts meubles** qui sont peu perméables à l'écoulement de l'eau (ex. : **silt** et **argile**).

Atelier A, cahier du participant, pp. 32-33, 48-49, 64-65 et 78-79

Couche de données géospatiales concernée

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Sequences stratigraphiques	Conditions d'écoulement de la nappe	Conditions et milieux d'écoulement de la nappe phréatique	 UQAT.gdb

Interprétation générale de la couche d'information

Légende : Milieux d'écoulement	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Roc fracturé  Sédiments granulaires sur roc fracturé	Conditions de nappe libre	<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**
 Argile et limon sur sédiments granulaires recouvrant le roc fracturé  Argile et limon sur roc fracturé	Conditions de nappe captive	<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**

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

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



Questions d'interprétation

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie régionale



Description

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

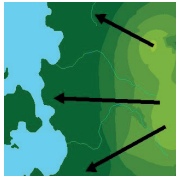
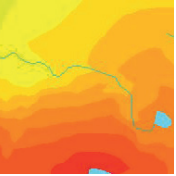

La **surface piézométrique** est interprétée en interpolant les données ponctuelles qui possèdent de l'information sur le niveau d'eau. Elle permet de connaître le sens de l'écoulement de l'**eau souterraine** dans l'**aquifère**, qui s'écoule des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie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

Atelier A, cahier du participant, pp. 34-35, 50-51, 66-67 et 80-81

Couche de données géospatiales concernée

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Piezometrie	<i>Pézométrie régionale</i>	Estimation de la piézométrie régionale en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 UQAT.gdb

Interprétation générale de la couche d'information

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 de la nappe)• Écoulement de l'eau souterraine depuis les élévations piézométriques plus élevées (amont) vers les plus faibles (aval)• Direction d'écoulement généralement vers les cours d'eau et les étendues d'eau• Surface piézométrique souvent semblable à la topographie, mais adoucie (plus plane)• Renouvellement en eau des aquifères provient de l'écoulement souterrain depuis l'amont et non seulement de la recharge 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. : dans le sable et gravier)• Temps de résidence court de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée• Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée
	Faible pente de la surface piézométrique	<ul style="list-style-type: none">• Écoulement souterrain lent si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible (ex. : dans le silt et l'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 de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quelles sont les conséquences potentielles de cette vitesse d'écoulement sur la qualité de mon eau souterraine ?

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Recharge et résurgence

Description









La **recharge** annuelle (en mm/an) représente la quantité d'eau qui alimente l'**aquifère** depuis l'infiltration des précipitations en surface. Les principaux paramètres qui influencent la **recharge** sont les précipitations, l'évapotranspiration, la pente et les propriétés hydrogéologiques du sol. Le taux de **recharge** influence généralement la géochimie de l'**eau souterraine** de même que les **niveaux piézométriques**.

Au Québec, on retrouve deux périodes importantes de **recharge**, soit la fonte printanière et la période automnale. Durant le reste de l'année, la **recharge** est plutôt ponctuelle suite à des événements importants de précipitation ou de fonte. Pour des précipitations similaires, des taux de **recharge** élevés sont généralement rencontrés dans les secteurs où la pente est faible et les dépôts meubles sont grossiers (**sable** et **gravier**) tandis que des taux de **recharge** faibles sont rencontrés dans les secteurs argileux.

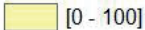






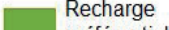


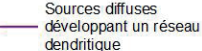
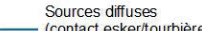
La **résurgence** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, sous forme de **source** ponctuelle ou dans les cours d'eau et les milieux humides. Les **résurgences** peuvent se produire lorsque le **niveau piézométrique** de la **nappe** d'un **aquifère** dépasse le niveau de la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

Atelier A, cahier du participant, pp. 36-37, 52-53, 68-69 et 82-83

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Recharge	<i>Recharge distribuée</i>	Estimation de la recharge en millimètres par an	 UQAT.gdb
 Recharge_preferentielle	<i>Recharge préférentielle</i>	Zones où les aquifères sont rechargés préférentiellement	 UQAT.gdb
 Sources_ponctuelles	<i>Sources ponctuelles</i>	Localisation de sources ponctuelles	 UQAT.gdb
 Sources_diffuses	<i>Sources diffuses</i>	Localisation de sources diffuses	 UQAT.gdb

Interprétation générale des couches d'information

Légende :	Signification	Information générale à tirer de la notion
Recharge (mm/an) ou résurgence		
 [0 - 100]	Recharge nulle ou faible 0 à 100 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surface Renouvellement de l'eau souterraine très lent Vulnérabilité probablement faible Eau souterraine possiblement très minéralisée, de qualité potentielle douteuse
]100 - 150]	Recharge moyenne 100 à 250 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surface Renouvellement de l'eau souterraine peu rapide Vulnérabilité probablement moyenne Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle moyenne
]150 - 200]		
]200 - 250]		
]250 - 300]	Recharge élevée et préférentielle 250 mm/an et plus	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles perméables en surface ou affleurement rocheux Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
]300 - 350]		
]350 - 400]		
 Recharge préférentielle		
 source	Résurgences	<ul style="list-style-type: none"> Mélange d'eau souterraine dans l'eau de surface Assure le débit de base des cours d'eau Cause parfois ou maintient les milieux humides
 source probable		
 Sources diffuses développant un réseau dendritique		
 Sources diffuses (contact esker/tourbière)		



Questions d'interprétation

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

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

Où sont situées préférentiellement les résurgences d'eau souterraine sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action



Vulnérabilité de l'eau souterraine

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. 38-39, 54-55, 70-71 et 84-85

Couche de données géospatiales concernée

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 DRASTIC	Indice DRASTIC	Indice de vulnérabilité DRASTIC des eaux souterraines	 UQAT.gdb

Interprétation générale de la couche d'information

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 85,1 - 114  65,1 - 85  45 - 65 (Faible)	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	<ul style="list-style-type: none"> • Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • 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
 146 - 175  131 - 145  115 - 130	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	<ul style="list-style-type: none"> • Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • 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
 176 - 222 (Élevé)	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	<ul style="list-style-type: none"> • Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • 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

* 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** ?

Les autres observations sur mon territoire d'action





Qualité de l'eau

Description










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

Atelier A, cahier du participant, pp. 86-89

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Echantillon_eau_souterraine_AT1	<i>Divers</i>	Observations des données géochimiques des échantillons d'eau récoltés dans le cadre du PACES-AT1	 UQAT.gdb
 Echantillon_eau_souterraine_AT2	<i>Divers</i>	Observations des données géochimiques des échantillons d'eau récoltés dans le cadre du PACES-AT2	 UQAT.gdb

Interprétation générale des couches d'information

Légende : Dépassement des critères de qualité de l'eau	Signification	Informations générales à tirer de la notion
<ul style="list-style-type: none">  Source  Puits dans les sédiments  Puits au roc  Puits dans un aquifère indéterminé 	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
<ul style="list-style-type: none">  Dépassement - Neige au sol  Dépassement - Eau de surface  Dépassement - Puits dans les sédiments  Dépassement - Puits au roc  Dépassement - Puits dans un aquifère indéterminé 	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"> • Site d'échantillonnage • Site d'échantillonnage de la neige au sol • Site d'échantillonnage de l'eau de surface • Site d'échantillonnage de l'eau souterraine 	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 **concentrations maximales acceptables** et 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
Physiographie et topographie de surface	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.
Pente du sol	Pente de la surface du sol exprimée en degrés.	La pente du sol influence le bilan hydrique, dont la recharge des aquifères, et la vulnérabilité.	Une pente forte signifie plus de ruissellement à la surface du sol, moins d'infiltration d'eau dans le sol pour recharger les aquifères et une vulnérabilité potentiellement plus faible.
Hydrographie	Distribution spatiale des cours d'eau (ruisseaux et rivières) et des étendues d'eau (lacs et réservoirs).	Les cours d'eau et les étendues 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 des bassins versants	Territoire délimité par les crêtes topographiques à l'intérieur duquel l'eau s'écoule vers le même exutoire.	Cette délimitation du territoire permet une gestion intégrée de l'eau de surface et de l'eau souterraine.	À l'échelle régionale, les bassins versants des eaux souterraines sont très semblables à ceux des eaux de surface.
Occupation du sol	Usages qui sont faits de la surface du territoire.	Une connaissance de l'occupation du sol est utile pour cibler les secteurs où les activités sont susceptibles d'exercer une pression sur la ressource en eaux souterraines et d'en modifier la qualité ou la quantité. L'occupation du sol influence aussi le cycle de l'eau.	Par exemple, en zone urbaine dense, le ruissellement de l'eau à la surface du terrain est généralement élevé, réduisant ainsi la recharge. Le risque de contamination des aquifères est plus élevé là où les activités humaines sont plus nombreuses.
Couverture végétale	L'ensemble des végétaux qui recouvrent le sol.	Les plantes jouent un rôle significatif sur le cycle de l'eau en réduisant le ruissellement de surface et en retournant une portion des précipitations vers l'atmosphère par évapotranspiration. Une part des précipitations est interceptée par le feuillage des plantes et est directement évaporée vers l'atmosphère. Aussi, les végétaux retirent une partie de l'eau contenue dans le sol et l'accumulent dans leurs tissus ou la retournent vers l'atmosphère par transpiration.	En zone de couvert forestier, l'évapotranspiration des plantes 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 du 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. À l'inverse, les dépôts meubles très perméables, comme le sable et le gravier, favorisent la recharge mais augmente la vulnérabilité.
Géologie du roc	Distribution spatiale des différentes formations rocheuses et des principales failles et autres caractéristiques structurales.	Lorsque les réseaux de fractures dans les roches sont suffisamment interconnectés, la formation géologique constitue un aquifère et des puits peuvent y être aménagés pour exploiter la ressource.	L'aquifère de roc fracturé couvre l'ensemble de la zone d'étude. L'eau souterraine peut y résider suffisamment longtemps pour dissoudre une partie des minéraux contenus dans la roche, affectant ainsi à la baisse la qualité de l'eau souterraine.
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 de localiser les milieux desquelles l'eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des milieux qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).
Topographie du roc	Variation de l'altitude du toit du socle rocheux.	La topographie du roc sert, entre autres, à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peut s'accumuler une grande quantité de dépôts meubles.	Potentiel aquifère intéressant si les sédiments accumulés dans les dépressions du roc sont grossiers (sables et graviers).
Architecture des dépôts meubles	Généralisation des séquences stratigraphiques, soit l'empilement des dépôts meubles sur le roc.	Servent d'indicateurs régionaux des conditions d'écoulement pouvant être rencontrées dans un secteur.	On retrouve quinze séquences stratigraphiques différentes en Abitibi-Témiscamingue.
Type d'eau souterraine	Représentation spatiale des faciès hydrogéochimiques associés aux échantillons d'eau souterraine sur la base des teneurs (en équivalents de charge par litre) de sept constituants majeurs (Ca, Mg, Na, K, HCO ₃ , Cl et SO ₄).	Permet de regrouper l'eau souterraine en type d'eau ayant une signature géochimique similaire.	Renseigne entre autres sur le temps de résidence de l'eau (âge de l'eau) dans les aquifères.
Usage de la ressource	Volumes d'eau souterraine prélevés annuellement pour chaque MRC en réseau et hors réseau, par les utilisations résidentielle, agricole et industrielle/commerciale/institutionnelle.	Utile pour la gestion durable de l'eau souterraine et pour estimer les besoins futurs.	Les interventions pour l'augmentation des prélèvements et la protection de l'eau souterraine devraient refléter l'utilisation de la ressource.
Activités anthropiques potentiellement polluantes	Densité des activités humaines potentiellement polluantes, pondérée par le poids de l'impact de ces activités.	Fait ressortir les tendances régionales de la pression que ces activités pourraient exercer sur la qualité de l'eau souterraine.	Les activités polluantes devraient être évitées le plus possible dans les zones de recharge et de vulnérabilité élevée.
Stations de mesure	Répartition spatiale des stations de mesures en continu pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie.	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.
Contextes hydrogéologiques	Synthèse hydrogéologique régionale permettant l'interprétation des conditions hydrogéologiques au sein de différents contextes propres à la zone d'étude.	Définit sur la base de regroupements de séquences stratigraphiques.	On retrouve sept contextes hydrogéologiques différentes en Abitibi-Témiscamingue.

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

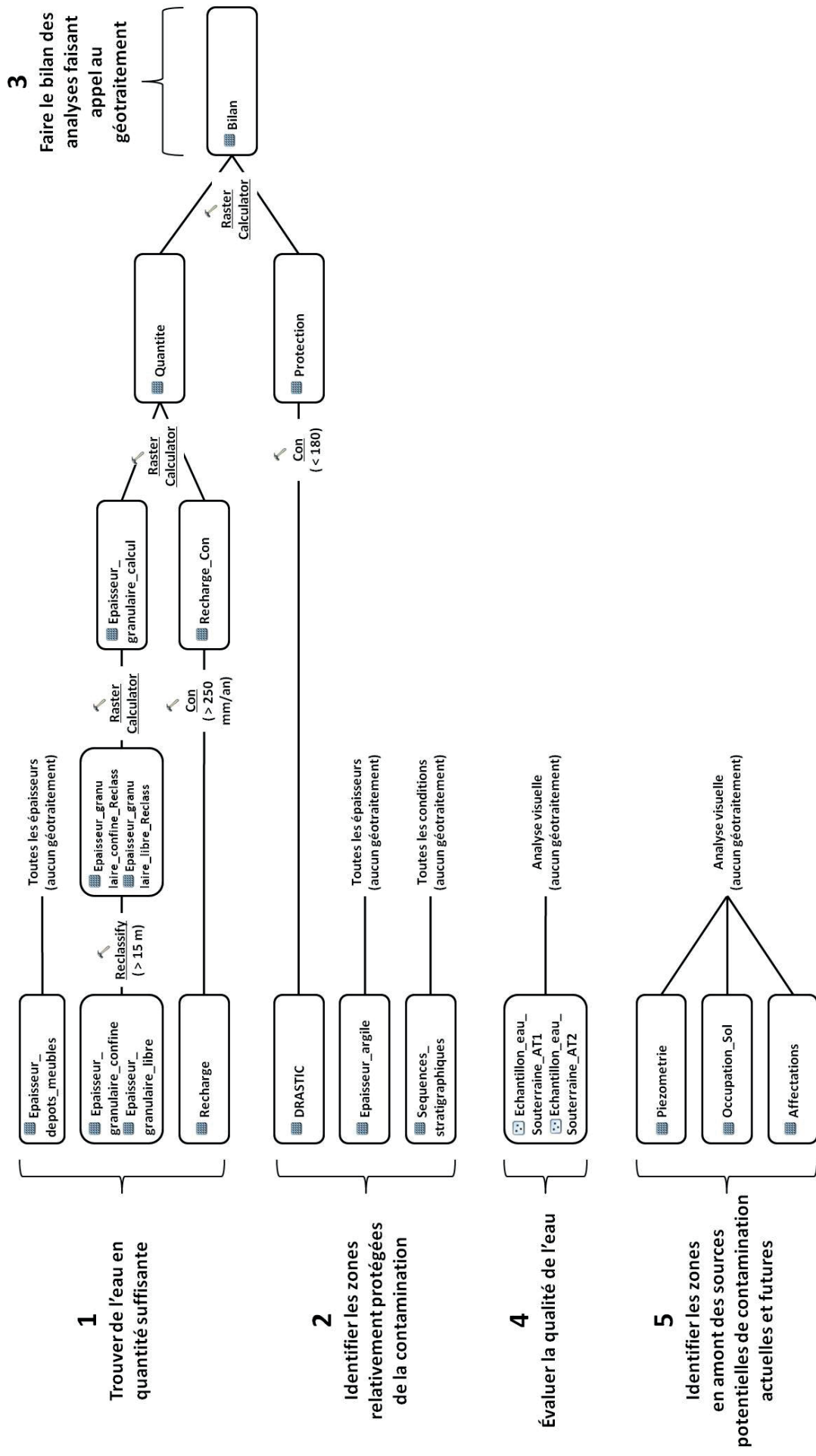
Question

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
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. 	
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 moins fréquents. 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
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 Epaisseur_depot_meuble	<i>Épaisseur des dépôts meubles</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les épaisseurs
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des aquifères granulaires	 Epaisseur_granulaire_confine  Epaisseur_granulaire_libre	<i>Épaisseur granulaire saturé confiné</i> <i>Épaisseur granulaire saturé libre</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur élevée : 15 à 30 m Épaisseur très élevée : 30 m et plus
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 Recharge	<i>Recharge distribuée</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée et préférentielle : 250 mm/an et plus

Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES GRANULAIRES

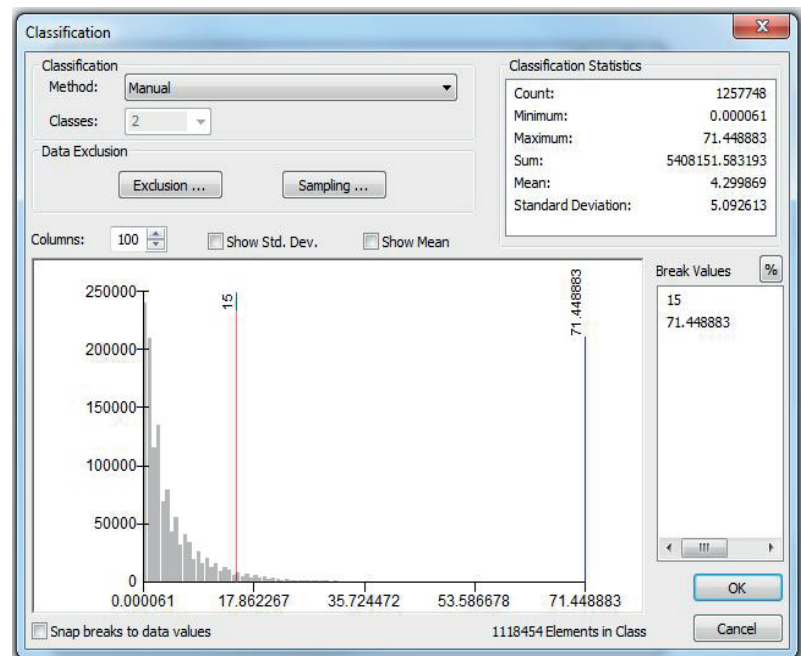
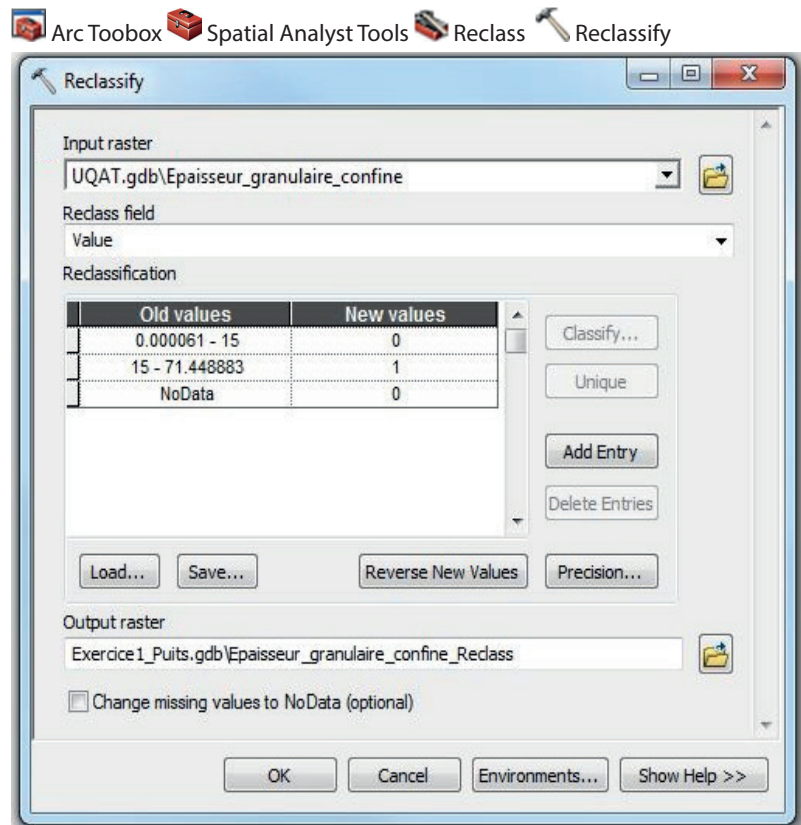
Identifier les cellules de **Épaisseur_granulaire_confine** (alias : *Épaisseur granulaire saturé confiné*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

En cliquant sur **Classify**, la fenêtre **Classification** s'affiche. Modifier le nombre de classes à 2 et entrer le nombre 15 comme premier **Break Values**, comme dans l'exemple ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est supérieure à 15.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est inférieure à 15 et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (**NoData**).

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

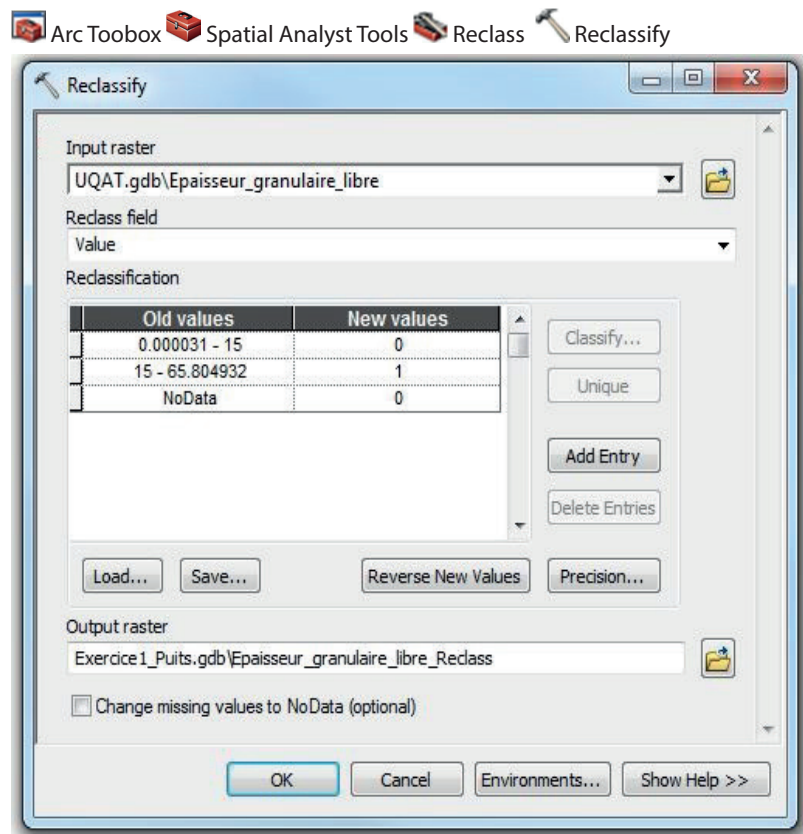


Identifier les cellules de **Épaisseur granulaire libre** (*alias : Épaisseur granulaire saturé libre*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est supérieure à 15.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est inférieure à 15 et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de **Épaisseur granulaire libre Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

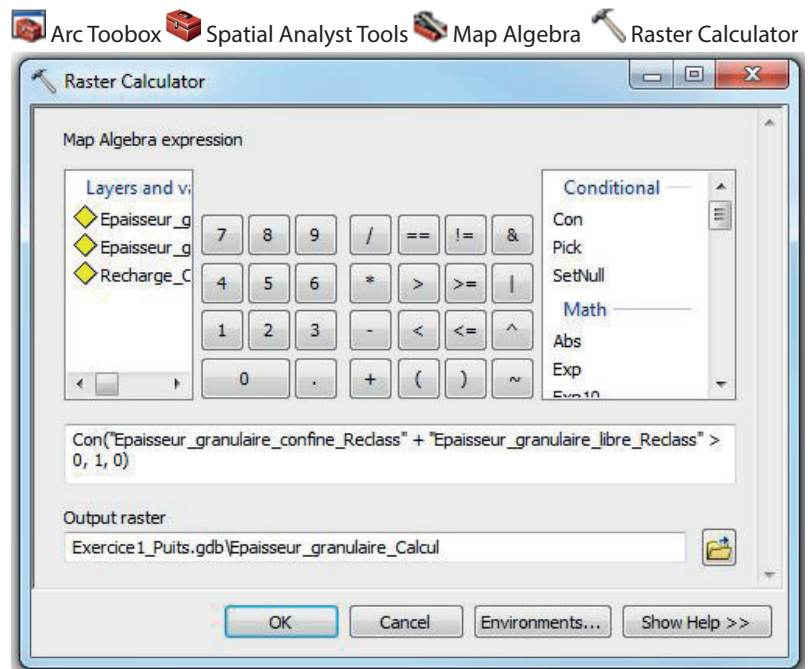


Combiner **Épaisseur granulaire confine Reclass** et **Épaisseur granulaire libre Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.


Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule.


Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

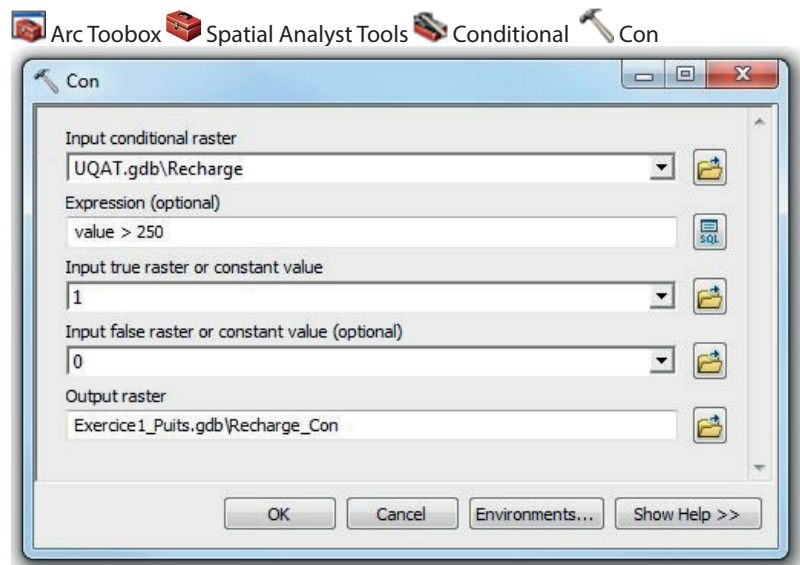
Les cellules de **Épaisseur granulaire Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il y a présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante.





RECHARGE ET RÉSURGENCE

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


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

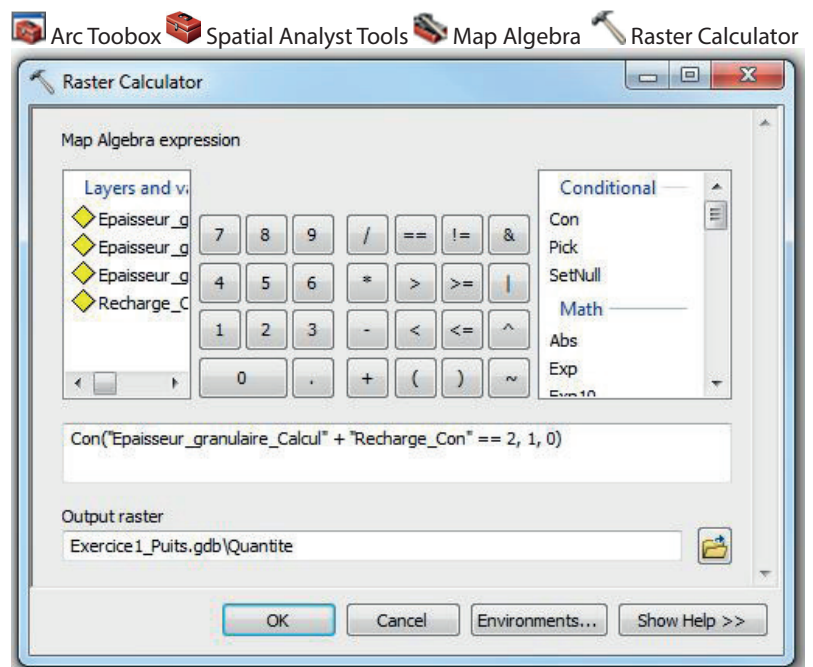


BILAN

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité de l'eau souterraine	 DRASTIC	<i>Indice DRASTIC</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180
Toutes les épaisseurs de la couche d'argile	Épaisseur de la couche d'argile	 Epaisseur_argile	<i>Épaisseur de la couche d'argile</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les épaisseurs
Toutes les conditions de confinement	Conditions d'écoulement de la nappe	 Sequences_stratigraphiques	<i>Conditions d'écoulement de la nappe</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les conditions de confinement

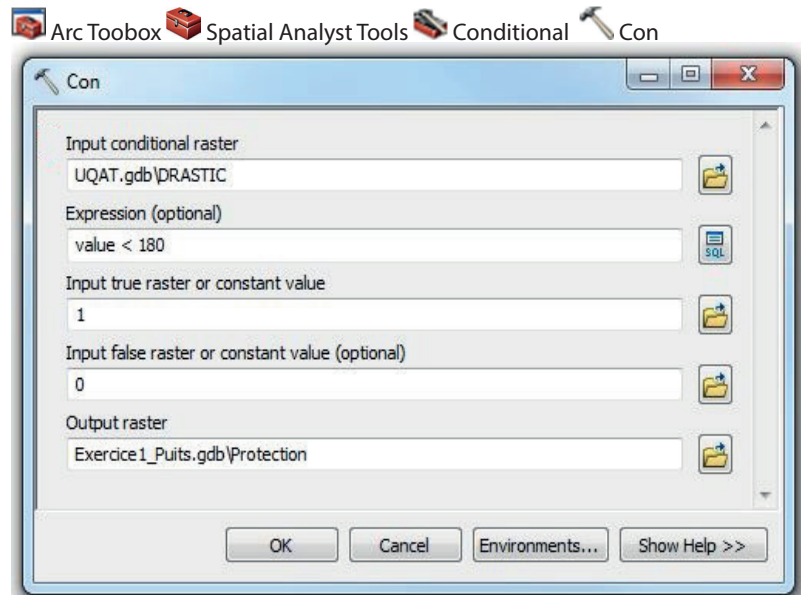


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

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

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



ÉPAISSEUR DE LA COUCHE D'ARGILE

Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de la couche d'argile sont considérées par les critères.

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE


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

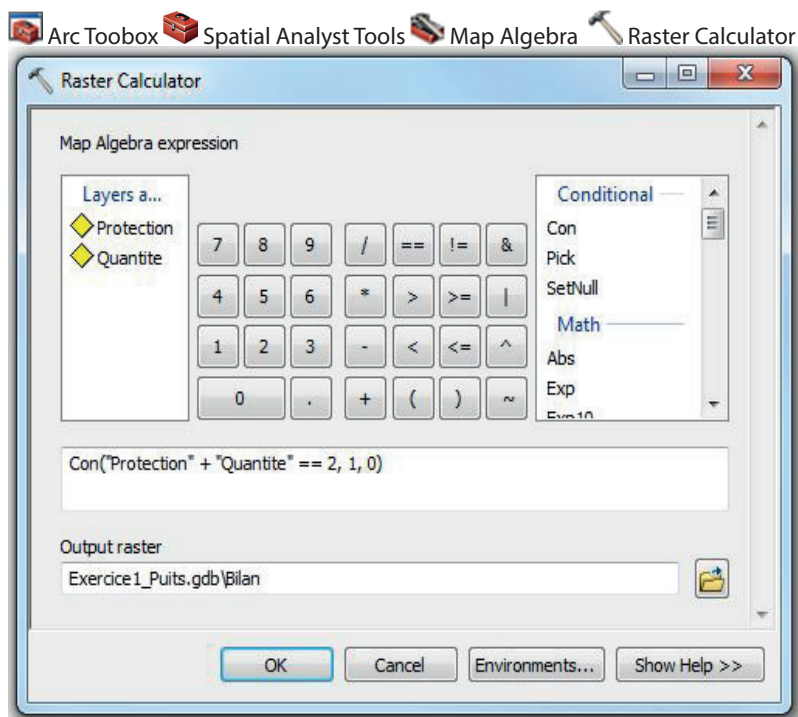
 **Protection** et

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de  **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères pourraient fournir de l'eau souterraine en quantité suffisante et qui seraient relativement protégées de la contamination.

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité 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 sont pas considérés à l'échelle régionale puisque ce sont des cas de contamination locaux.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité moyenne à bonne	Qualité de l'eau	<input checked="" type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT1	Divers	<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
		<input checked="" type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Les requêtes peuvent être copiées depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier **Exercices**.

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
As_ > 0.01 OR Ba > 1 OR Cd > 0.005 OR F > 1.5 OR U > 0.02
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
As_ > 0.01 OR F > 1.5 OR Pb > 0.01 OR Sb > 0.006 OR U > 0.02
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Al > 0.1 OR Cl > 250 OR Fe > 0.3 OR Mn > 0.05 OR Na > 200 OR SO4 > 500 OR MDT_est > 500 OR Sulfures > 0.05 OR Durete_est > 200 OR pH < 6.5 OR pH > 8.5
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Al > 0.1 OR Cl > 250 OR Fe > 0.3 OR Mn > 0.05 OR Na > 200 OR SO4 > 500 OR MDT > 500 OR Sulf > 0.05 OR Durete < 80 OR Durete > 100 OR pH_terrain < 6.5 OR pH_terrain > 8.5
```









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 régionale	 Piezometrie	<i>Pézométrie régionale</i>	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 Occupation_Sol_AT1	<i>Occupation du sol - AT1</i>	
		 Occupation_Sol_AT2	<i>Occupation du sol - AT2</i>	
		 Affectations_MRCValledelOr	<i>MRCValledelOr</i>	
		 Affectations_MRCAbitibi	<i>MRCAbitibi</i>	
		 Affectations_MRCAbitibiOuest	<i>MRCAbitibiOuest</i>	
		 Affectations_RouynNoranda	<i>RouynNoranda</i>	
		 Affectations_MRCTemiscamingue	<i>MRCTemiscamingue</i>	





Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, des couches d'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. : zone anthropique et zone agricole). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans les couches d'affectation 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 et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes à la couche de piézométrie  **Piezometrie** (*alias: Pézométrie régionale*). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

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 du sol, 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 Paramètre d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Al/As)	Critères
<p>Trouver de l'eau en quantité suffisante</p>		<p>Épaisseur des dépôts meubles</p>	<p>Épaisseur_depot_meuble</p>	<p>Épaisseur des dépôts meubles</p>	
<p>Identifier les zones relativement protégées de la contamination</p>	<p>Vulnérabilité de l'eau souterraine</p>	<p>Épaisseur des aquifères granulaires</p>	<p>Épaisseur_granulaire_confine Épaisseur_granulaire_libre</p>	<p>Épaisseur granulaire saturé confiné Épaisseur granulaire saturé libre</p>	
<p>Évaluer la qualité de l'eau</p>	<p>Qualité de l'eau</p>	<p>Recharge et résurgence</p>	<p>Recharge</p>	<p>Recharge distribuée</p>	
<p>Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination</p>	<p>Conditions d'écoulement de la nappe</p>	<p>Recharge et résurgence</p>	<p>Recharge</p>	<p>Recharge distribuée</p>	

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

 **Occupation_sol_AT1** et


 **Occupation_sol_AT2** qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

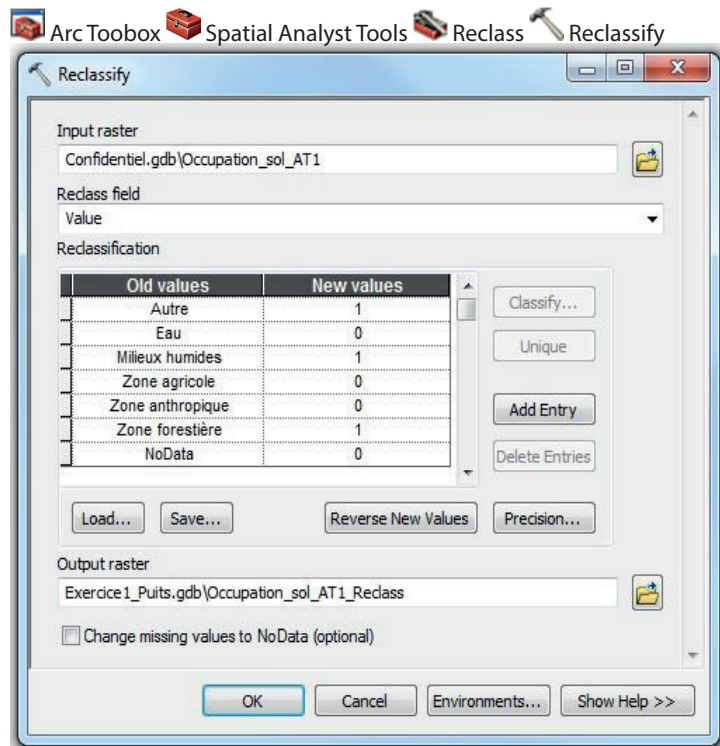
Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'occupation du sol correspond aux critères.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'occupation du sol ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de


 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.




Combiner

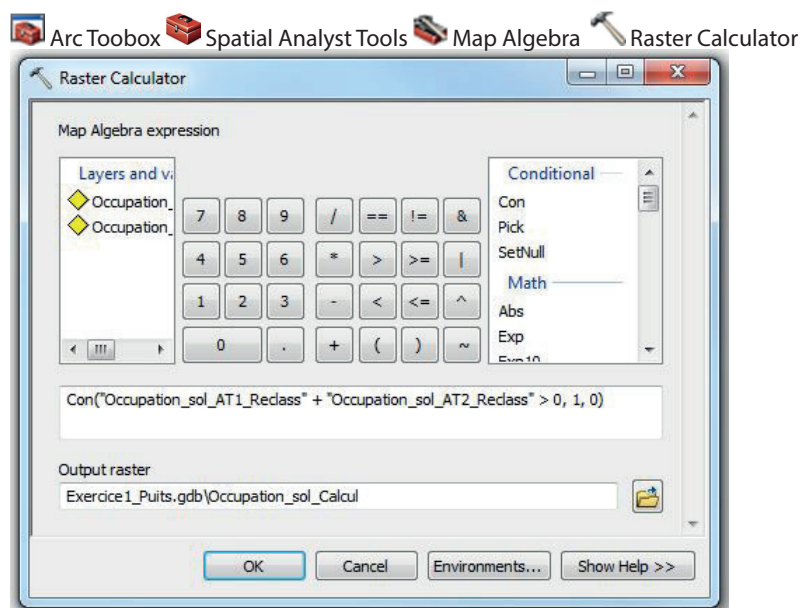
 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de

 **Occupation_sol_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon l'occupation du sol.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de

- **Affectations_MRCValledelOr,**
 - **Affectations_MRCAbitibi,**
 - **Affectations_MRCAbitibiOuest,**
 - **Affectations_RouynNoranda** et
 - **Affectations_MRCTemiscamingue**
- qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'affectation du territoire correspond aux critères.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'affectation du territoire ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de

- **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 - **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 - **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 - **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 - **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
- ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC Vallée-de-l'Or

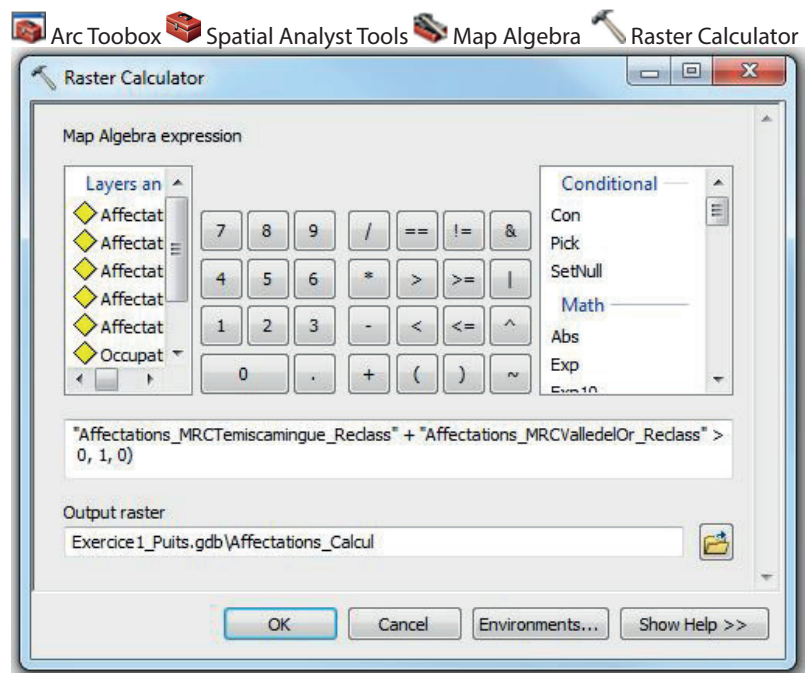
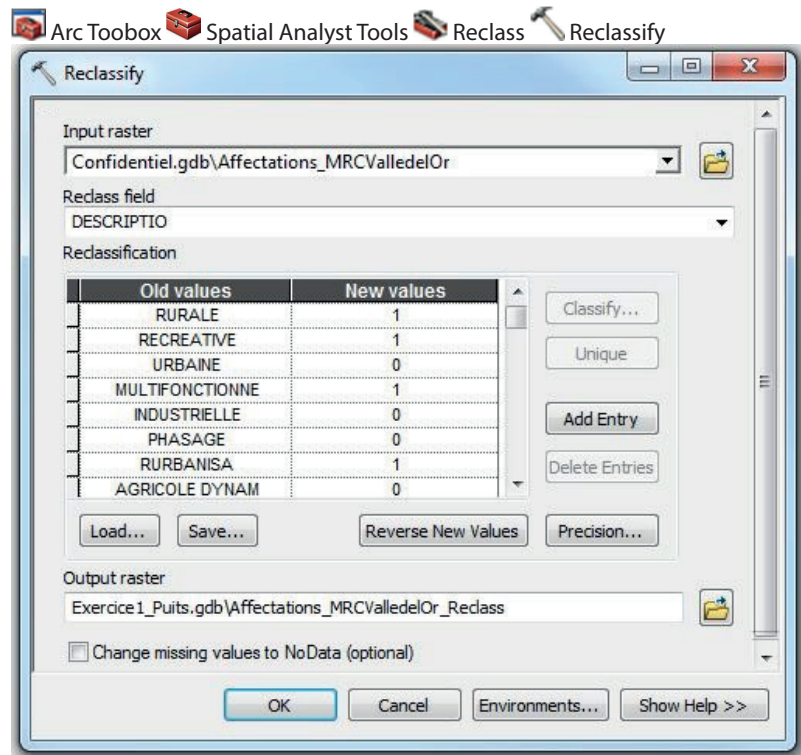
Combiner

- **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 - **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 - **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 - **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 - **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
- en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des cinq couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


- **Affectations_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon l'affectation du territoire.



BILAN


Combiner les résultats des couches

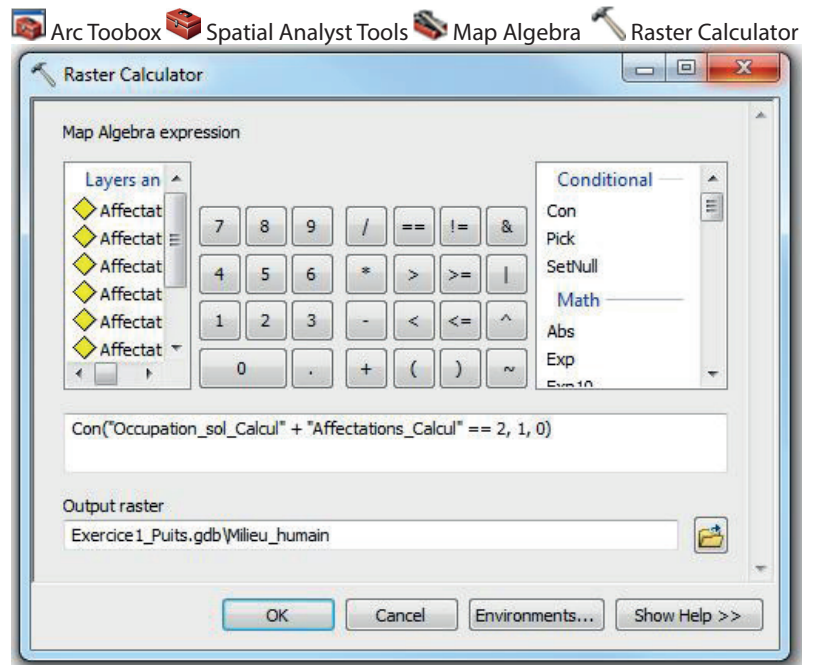
 **Occupation_sol_Calcul** et

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


 **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

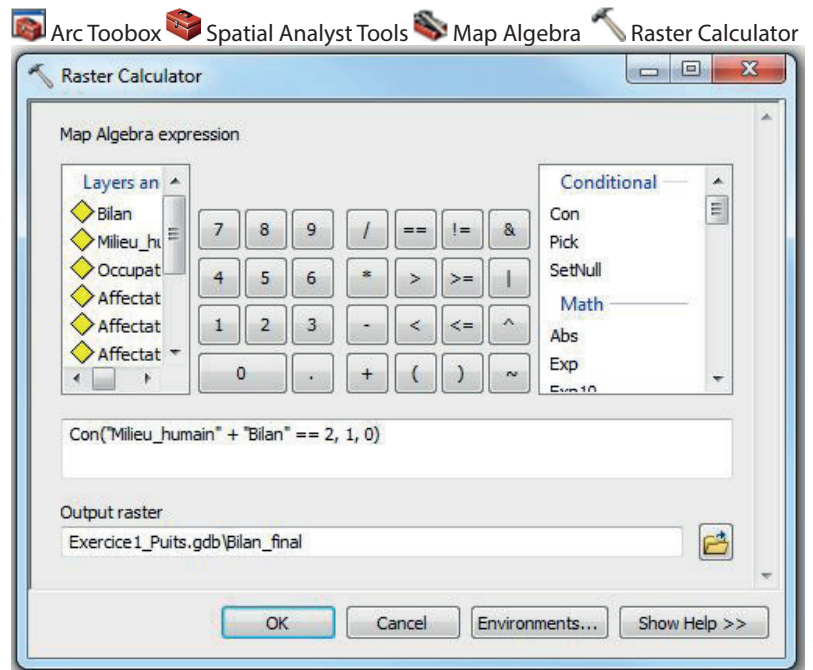
 **Milieu_humain** et

 **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.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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 géospaciales 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

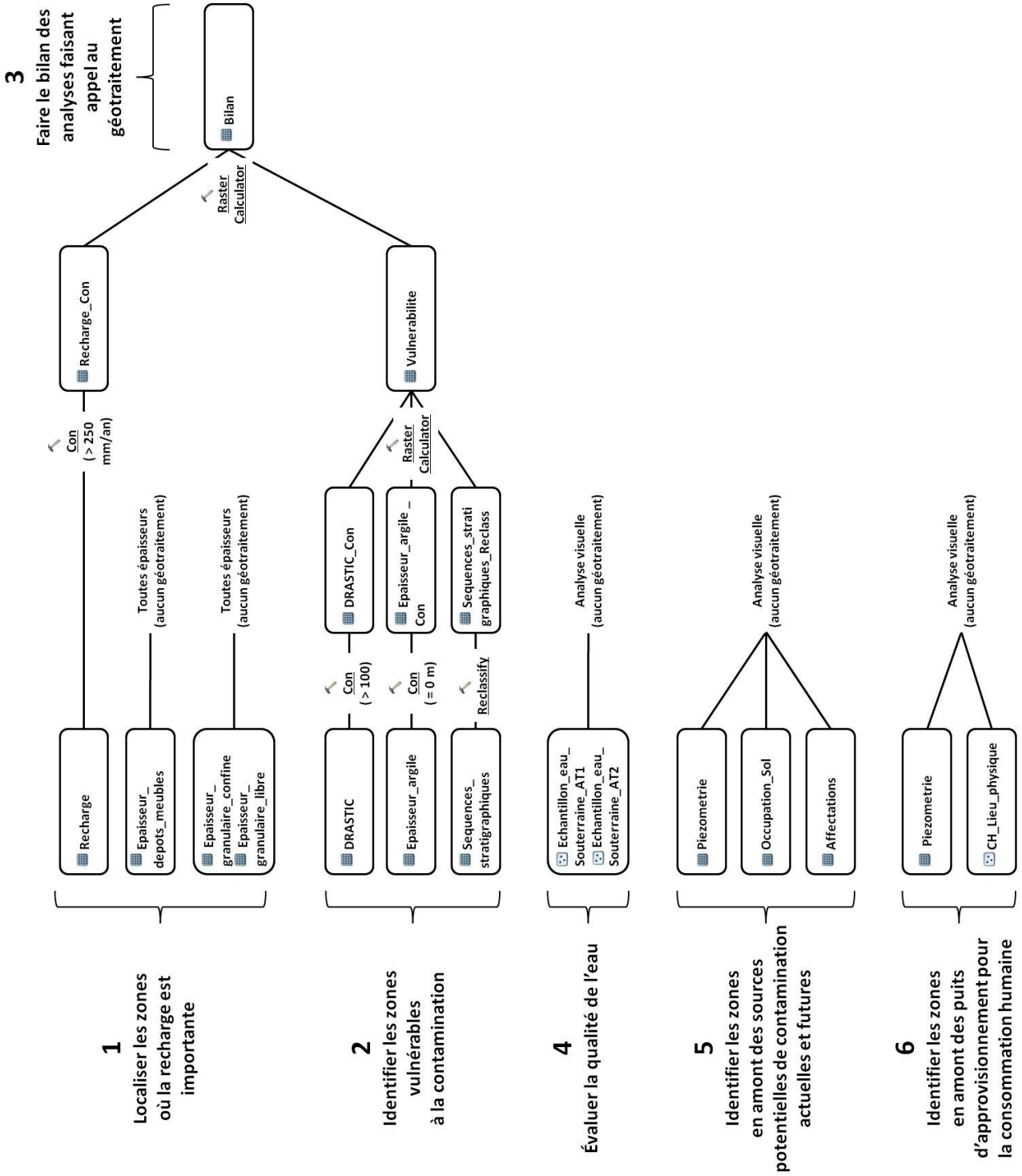
Question

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 granulaires	<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 et résurgence	 Recharge	<i>Recharge distribuée</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée et préférentielle : 250 mm/an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 Epaisseur_depot_meuble	<i>Épaisseur des dépôts meubles</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les épaisseurs
Toutes épaisseurs des aquifères granulaires	Épaisseur des aquifères granulaires	 Epaisseur_granulaire_confine  Epaisseur_granulaire_libre	<i>Épaisseur granulaire saturé confiné</i> <i>Épaisseur granulaire saturé libre</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les épaisseurs

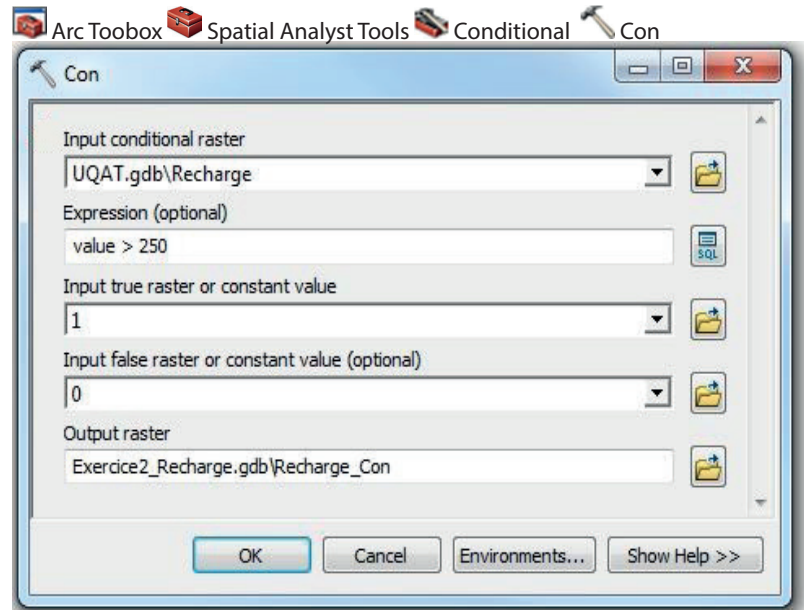


Procédure étape par étape

RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES GRANULAIRES




Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs des aquifères granulaires 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 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. 	<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.
Absence d'une couche imperméable	<ul style="list-style-type: none"> La présence d'un aquitard protège les aquifères sous-jacents de la contamination qui proviendrait de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Une faible épaisseur d'argile pourrait être considérée, car elle n'est pas totalement imperméable.
Aquifère à nappe libre	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe libre ne sont pas protégés par un aquitard de la contamination qui proviendrait de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> La recharge est de moyenne à élevée dans les aquifères à nappe libre.


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


Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité de l'eau souterraine	 DRASTIC	<i>Indice DRASTIC</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180 Vulnérabilité élevée: indice de 180 ou plus
Absence d'une couche imperméable	Épaisseur de la couche d'argile	 Epaisseur_argile	<i>Épaisseur de la couche d'argile</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur nulle : 0 m
Aquifère à nappe libre	Conditions d'écoulement de la nappe	 Sequences_stratigraphiques	<i>Conditions d'écoulement de la nappe</i>	<ul style="list-style-type: none"> Conditions de nappe libre

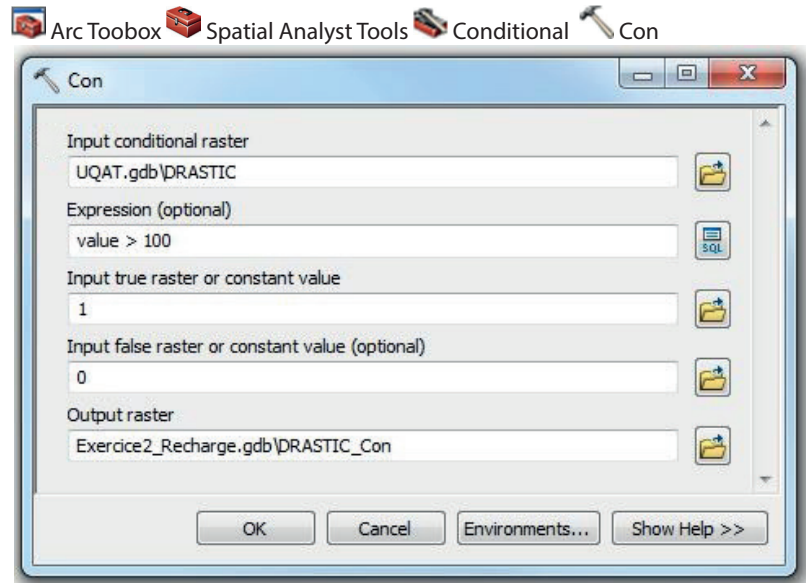


Procédure étape par étape


VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

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

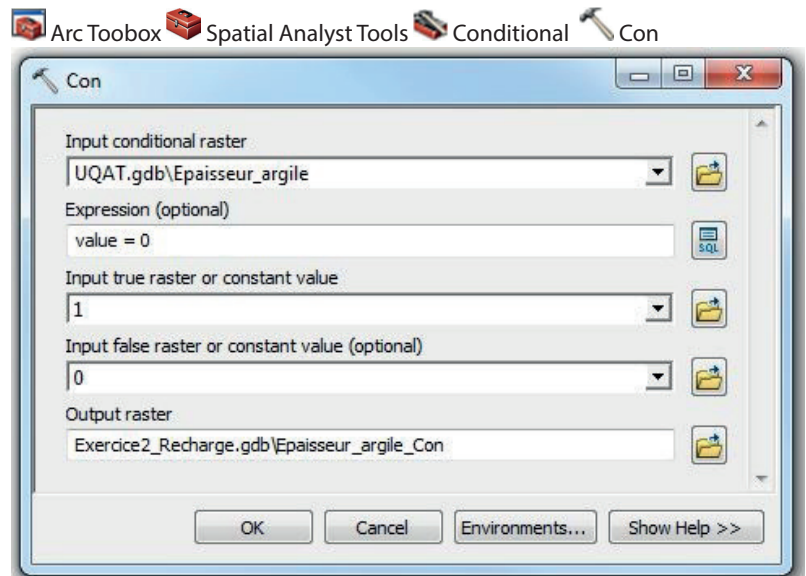
Les cellules de  **DRASTIC_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



ÉPAISSEUR DE LA COUCHE D'ARGILE

Identifier les cellules de  **Épaisseur_argile** (*alias: Épaisseur de la couche d'argile*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

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



CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE

Identifier les cellules de

Sequences_stratigraphiques

(alias : Conditions d'écoulement de la nappe) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est de 0, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13 et 14.

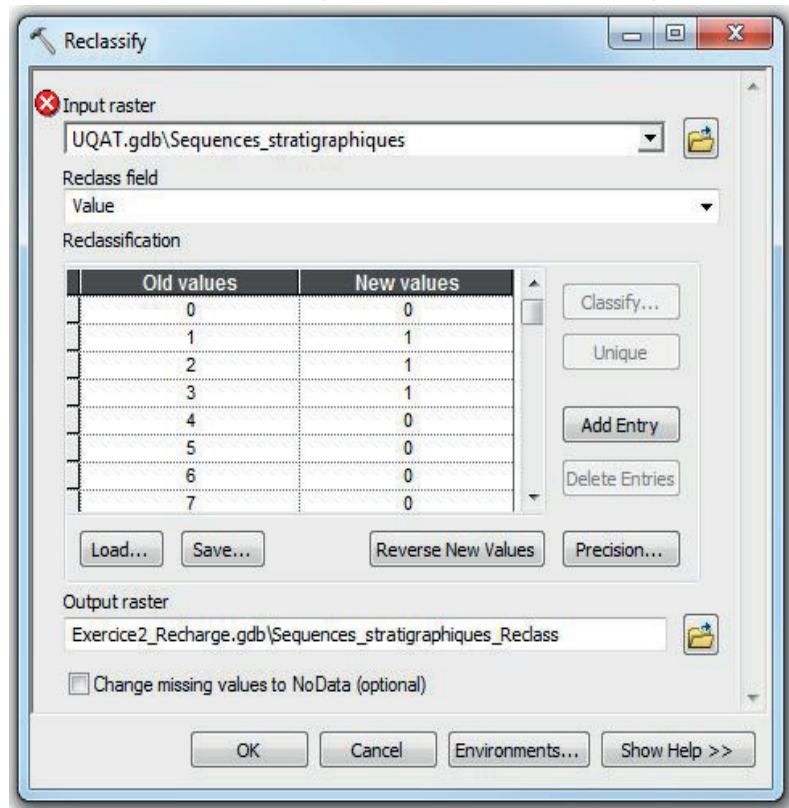
Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est de 1, 2, 3, 8, 11, 12 et 15.

Les cellules de

Sequences_stratigraphiques_Reclass

ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Reclass Reclassify



BILAN

Combiner les résultats des couches

DRASTIC_Con,


Epaisseur_argile_Con et

Sequences_stratigraphiques_Reclass en effectuant le calcul ci-contre.

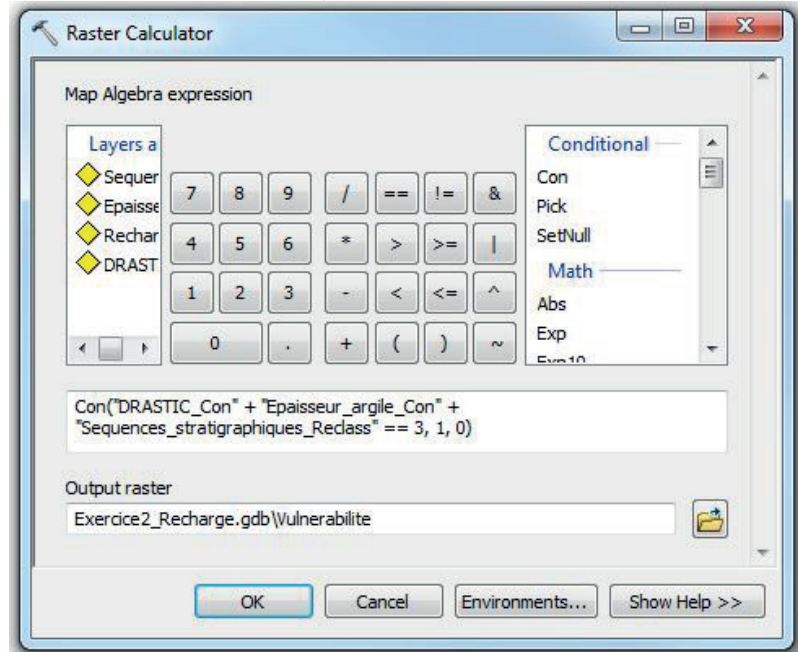
Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des trois couches est 3, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Map Algebra Raster Calculator




3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape


Combiner les résultats des couches

 **Recharge_Con** et

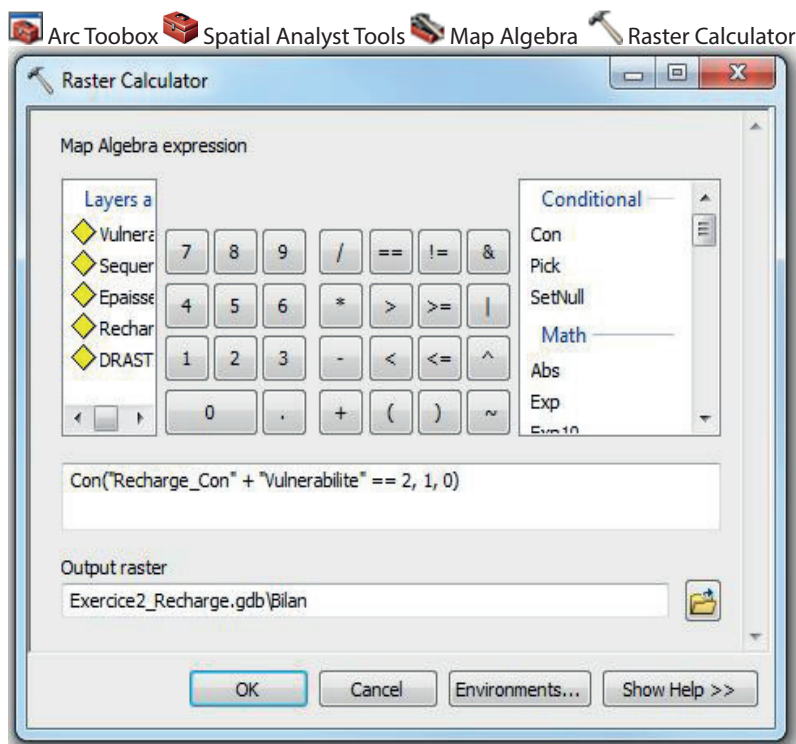
 **Vulnerabilite** en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de

 **Bilan** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères seraient vulnérables à la contamination.

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité 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 esthétiques 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	<input type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT1	Divers	<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
		<input type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Les requêtes peuvent être copiées depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier **Exercices**.

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
As_ > 0.01 OR Ba > 1 OR Cd > 0.005 OR F > 1.5 OR U > 0.02
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
As_ > 0.01 OR F > 1.5 OR Pb > 0.01 OR Sb > 0.006 OR U > 0.02
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Al > 0.1 OR Cl > 250 OR Fe > 0.3 OR Mn > 0.05 OR Na > 200 OR SO4 > 500 OR MDT_est > 500 OR Sulfures > 0.05 OR Durete_est > 200 OR pH < 6.5 OR pH > 8.5
```

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Al > 0.1 OR Cl > 250 OR Fe > 0.3 OR Mn > 0.05 OR Na > 200 OR SO4 > 500 OR MDT > 500 OR Sulf > 0.05 OR Durete < 80 OR Durete > 100 OR pH_terrain < 6.5 OR pH_terrain > 8.5
```









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.

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 régionale	 Piézométrie	<i>Pézométrie régionale</i>	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 Occupation_Sol_AT1	<i>Occupation du sol - AT1</i>	
		 Occupation_Sol_AT2	<i>Occupation du sol - AT2</i>	
		 Affectations_MRCValledelOr	<i>MRCValledelOr</i>	
		 Affectations_MRCAbitibi	<i>MRCAbitibi</i>	
		 Affectations_MRCAbitibiOuest	<i>MRCAbitibiOuest</i>	
		 Affectations_RouynNoranda	<i>RouynNoranda</i>	
		 Affectations_MRCTemiscamingue	<i>MRCTemiscamingue</i>	





Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, des couches d'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. : zone anthropique et zone agricole). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans les couches d'affectation 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 et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.



Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes à la couche de piézométrie  **Piezométrie** (*alias: Pézométrie régionale*). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

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 affecté, 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 (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie régionale	<ul style="list-style-type: none">  Piézometrie  CH_Lieu_physique 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Pézométrie régionale</i> <i>Lieux physiques</i> 	<ul style="list-style-type: none"> En amont des puits d’alimentation





Procédure étape par étape


PIÉZOMÉTRIE RÉGIONALE

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

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' OR
Type_Util_Eau = 'agriculture (élevage)' OR
Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau (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'
```

Superposer la couche ci-dessus à la couche  **Piezometrie** (*alias : Pézométrie régionale*), 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. : distance aux noyaux urbains, occupation du sol, 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 ?	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Localiser les zones où la recharge est importante	Recharge	Recharge	Recharge	Recharge distribuée
Identifier les zones vulnérables à la contamination	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur_Depot_Meuble	Épaisseur des dépôts meubles
	Épaisseur des aquifères granulaires	Épaisseur des aquifères granulaires	Épaisseur_granulaire_confine Épaisseur_granulaire_libre	Épaisseur granulaire saturé confiné Épaisseur granulaire saturé libre
Identifier les zones vulnérables à la contamination	Vulnérabilité de l'eau souterraine	Vulnérabilité de l'eau souterraine	DRASTIC	Indice DRASTIC
	Épaisseur de la couche d'argile	Épaisseur de la couche d'argile	Épaisseur_argile	Épaisseur de la couche d'argile
Évaluer la qualité de l'eau	Conditions d'écoulement de la nappe	Conditions d'écoulement de la nappe	Sequences_stratigraphiques	Conditions d'écoulement de la nappe
	Qualité de l'eau	Qualité de l'eau	Echantillon_eau_souterraine_AT1 Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers Divers
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination	Piezométrie régionale	Piezométrie régionale	Piezometrie	Piezométrie régionale
			Occupation_Sol_AT1 Occupation_Sol_AT2 Affectations_MRCValledeOr Affectations_MRCabitibi Affectations_MRCabitibiOuest Affectations_RouynNoranda Affectations_MRCTemiscamingue	Occupation du sol - AT1 Occupation du sol - AT2 MRCValledeOr MRCabitibi MRCabitibiOuest RouynNoranda MRCTemiscamingue
Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piezométrie	Piezométrie	Piezometrie CH_Lieu_physique	Piezométrie régionale 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

 **Occupation_sol_AT1** et

 **Occupation_sol_AT2** qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

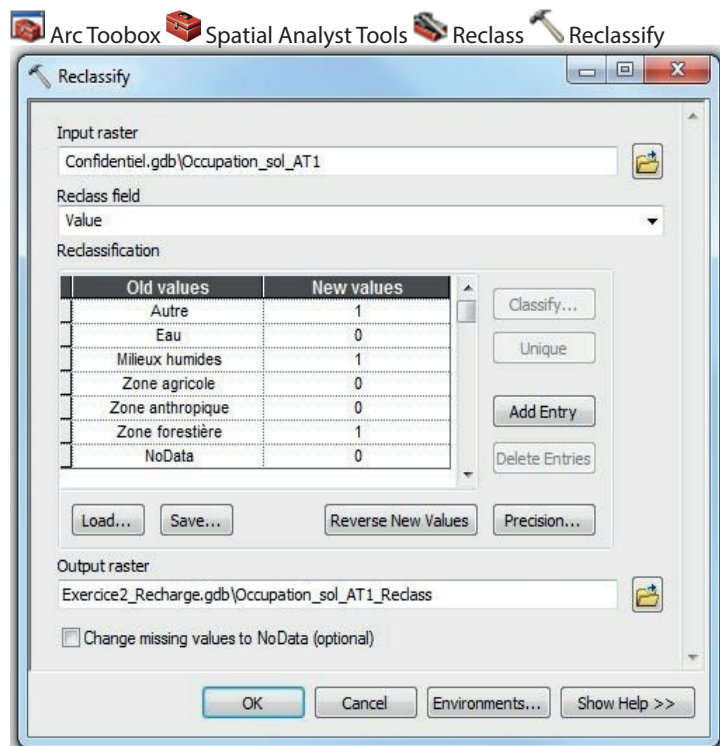
Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'occupation du sol correspond aux critères.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'occupation du sol ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de


 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.




Combiner

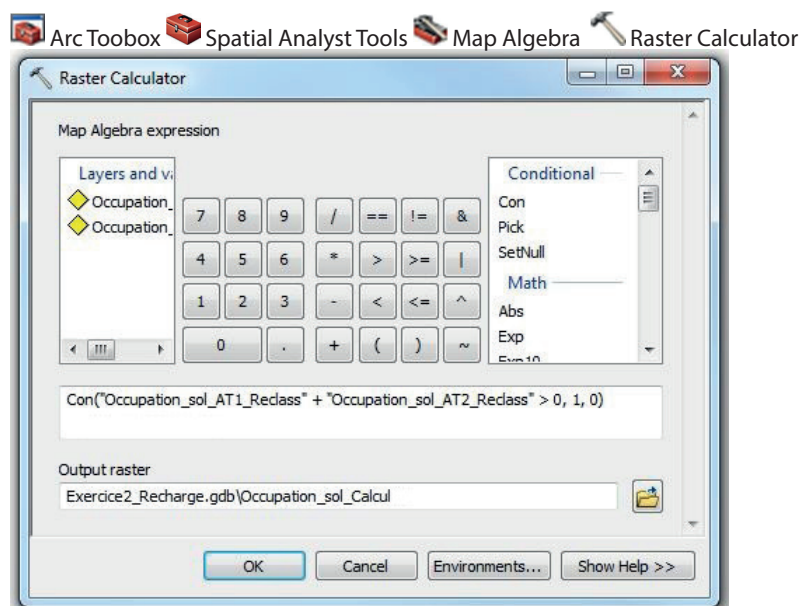
 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.






Les cellules de

 **Occupation_sol_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon l'occupation du sol.



AFFECTATION DU TERRITOIRE






Identifier les cellules de

 **Affectations_MRCValledelOr,**
 **Affectations_MRCAbitibi,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest,**
 **Affectations_RouynNoranda** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue**
 qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

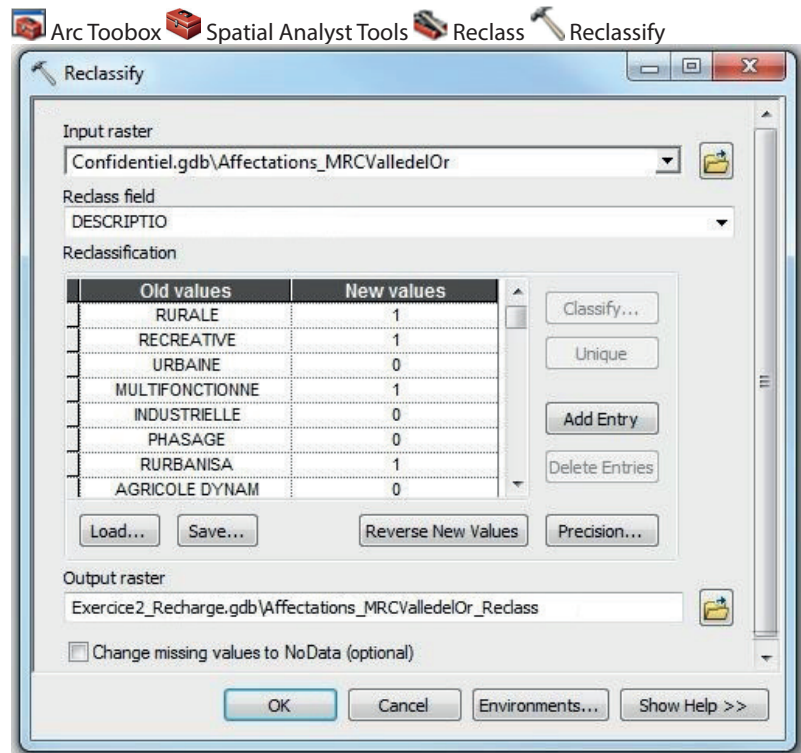
Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'affectation du territoire correspond aux critères.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'affectation du territoire ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).






Les cellules de

 **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
 ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC Vallée-de-l'Or




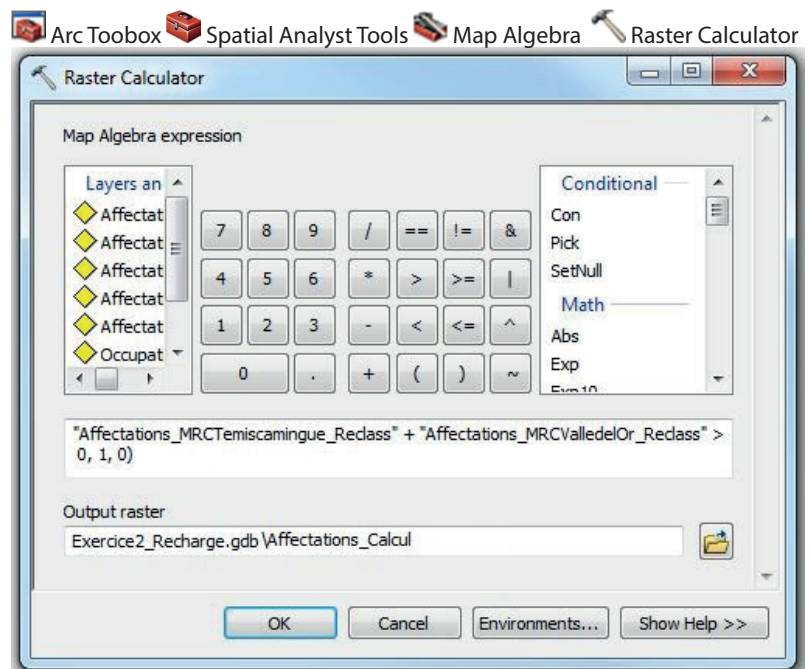
Combiner

 **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
 en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des cinq couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


 **Affectations_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon l'affectation du territoire.



BILAN


Combiner les résultats des couches

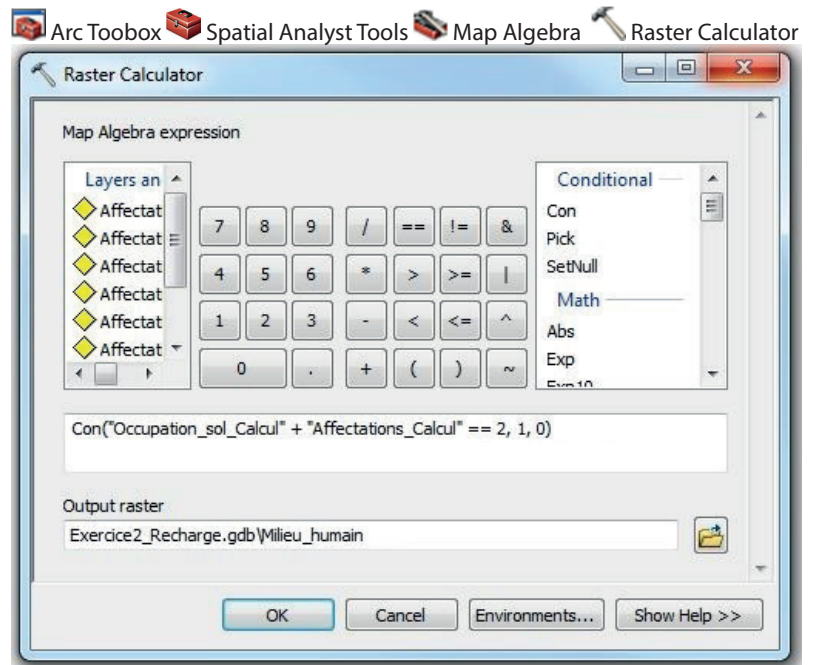
 **Occupation_sol_Calcul** et

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


 **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

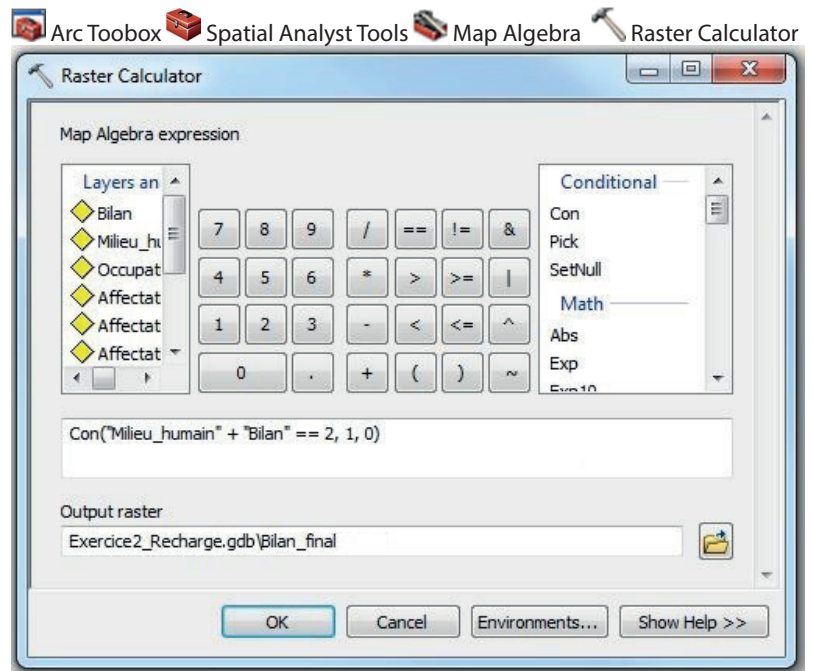
 **Milieu_humain** et

 **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.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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

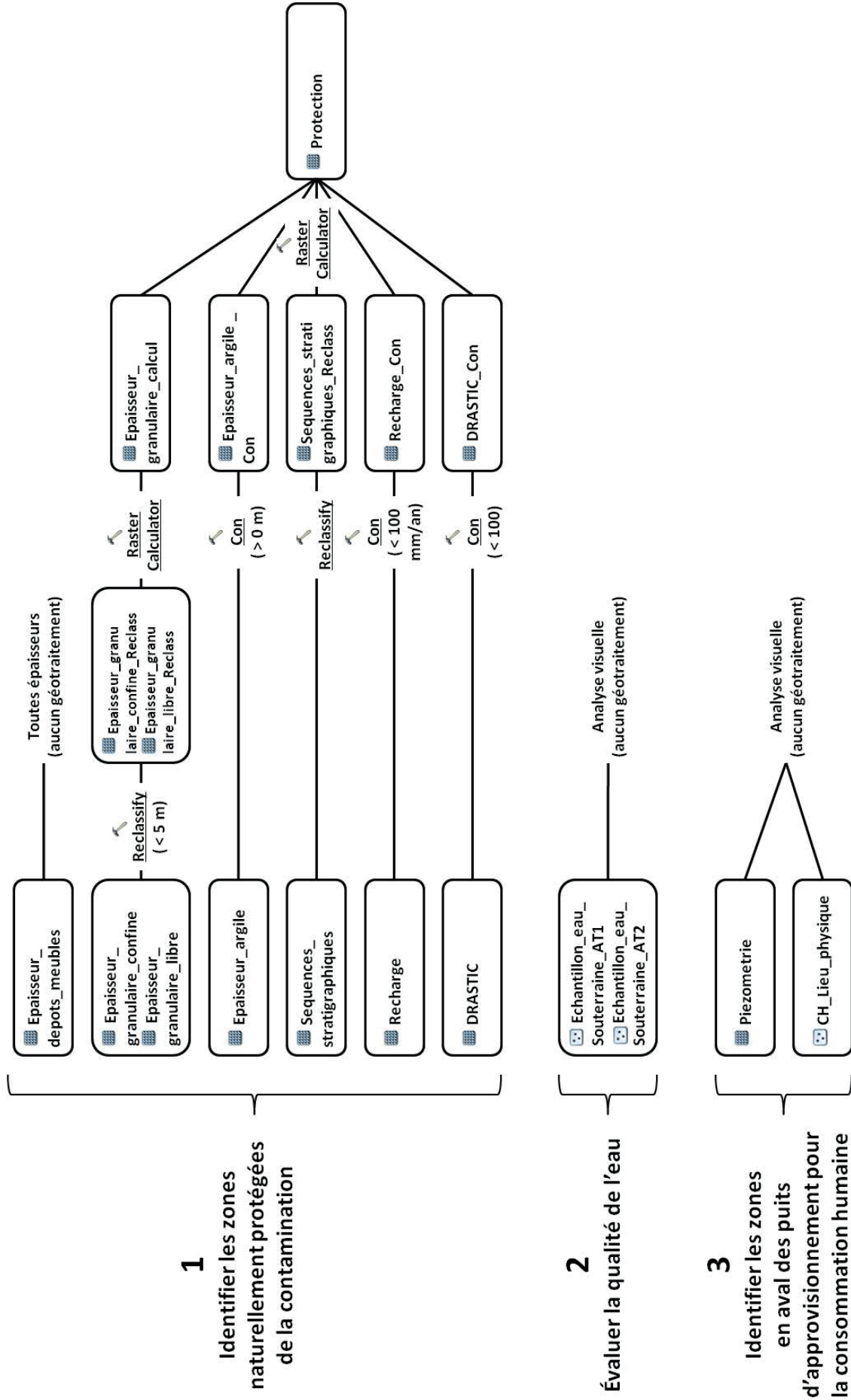
Question

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. 	
Absence d'aquifère granulaire	<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.
Présence d'une couche imperméable	<ul style="list-style-type: none"> La présence d'un aquitard protège les aquifères sous-jacents de la contamination qui proviendrait de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Une faible épaisseur d'argile pourrait être exclue, car elle n'est pas totalement imperméable.
Aquifère à nappe captive	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle. 	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive 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.

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


Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 Epaisseur_Depot_Meuble	<i>Épaisseur des dépôts meubles</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs
Absence d'aquifère granulaire	Épaisseur des aquifères granulaires	 Epaisseur_granulaire_confine  Epaisseur_granulaire_libre	<i>Épaisseur granulaire saturé confiné</i> <i>Épaisseur granulaire saturé libre</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur faible : 0 à 5 m
Présence d'une couche imperméable	Épaisseur de la couche d'argile	 Epaisseur_argile	<i>Épaisseur de la couche d'argile</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur non nulle : plus de 0 m
Aquifère à nappe captive	Conditions d'écoulement de la nappe	 Sequences_stratigraphiques	<i>Conditions d'écoulement de la nappe</i>	<ul style="list-style-type: none"> Conditions de nappe captive
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 Recharge	<i>Recharge distribuée</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge nulle ou faible : 0 à 100 mm/an
Vulnérabilité faible	Vulnérabilité de l'eau souterraine	 DRASTIC	<i>Indice DRASTIC</i>	<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 des dépôts meubles sont considérées par les critères.


ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES GRANULAIRES

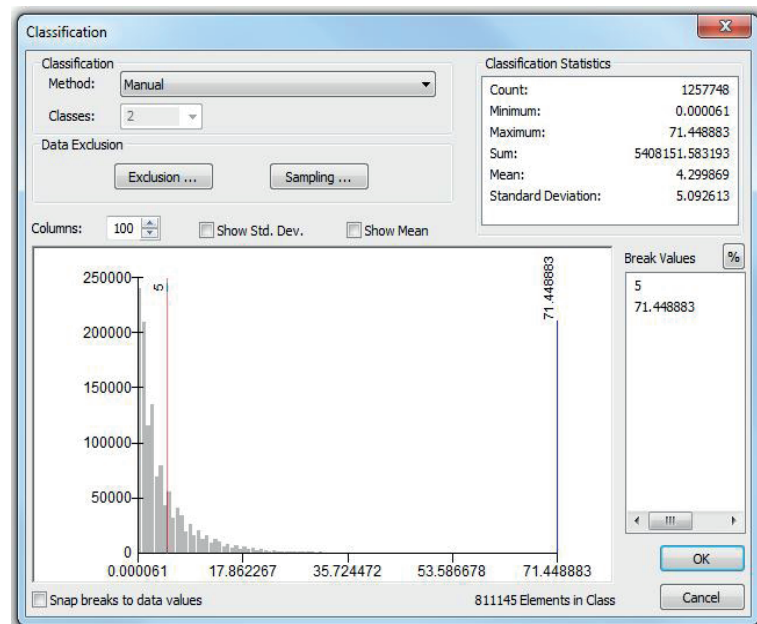
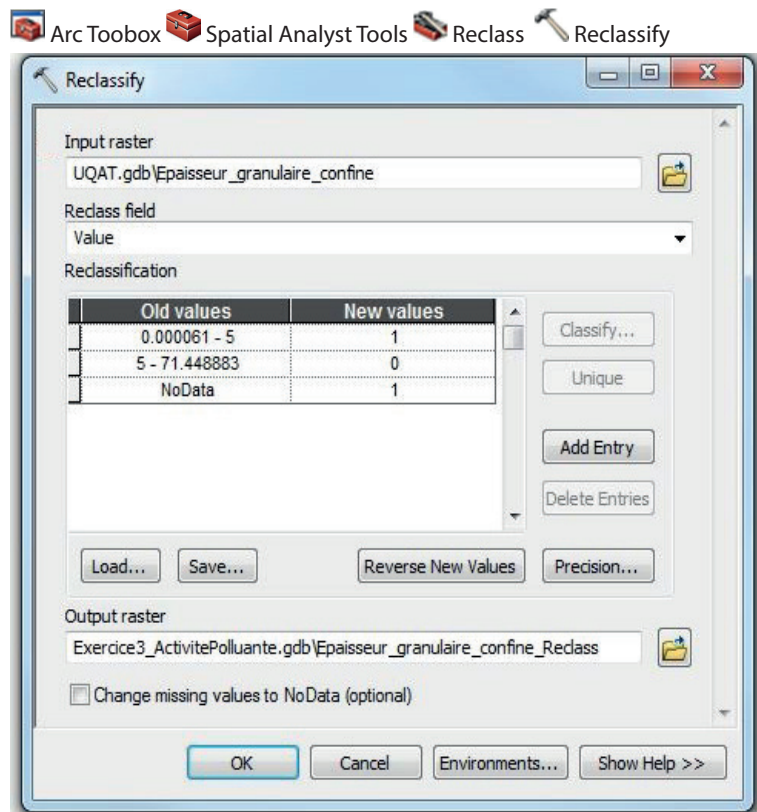
Identifier les cellules de  **Épaisseur_granulaire_confine** (*alias* : *Épaisseur granulaire saturé confiné*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

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.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est inférieure à 5 et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (**NoData**).

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est supérieure.

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

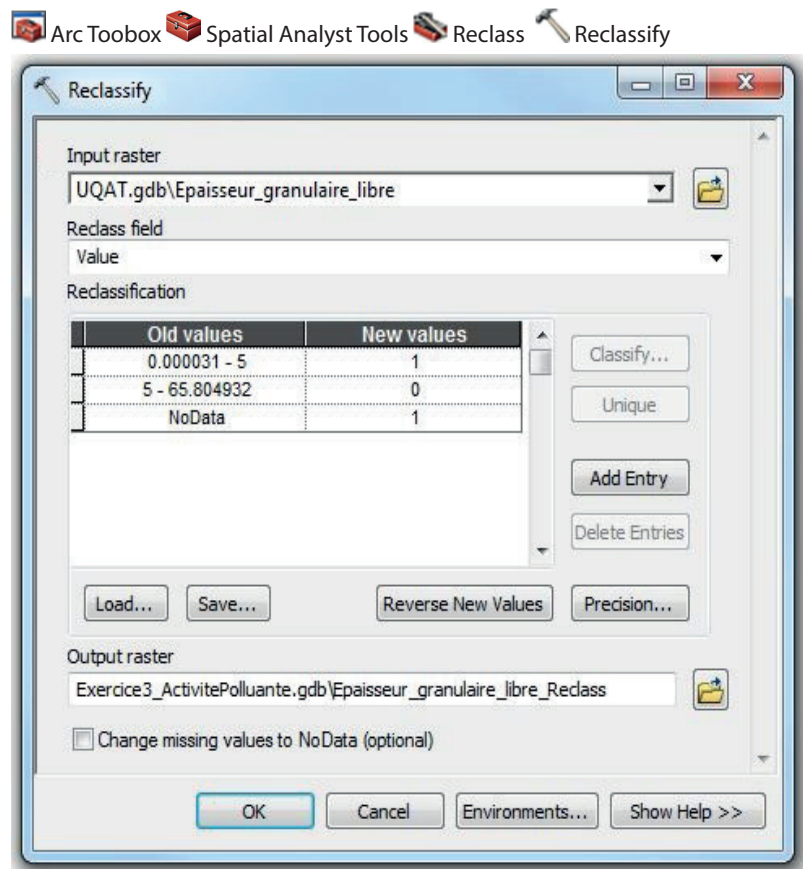


Identifier les cellules de **Épaisseur_granulaire_libre** (*alias : Épaisseur granulaire saturé libre*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est inférieure à 5 et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est supérieure.

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

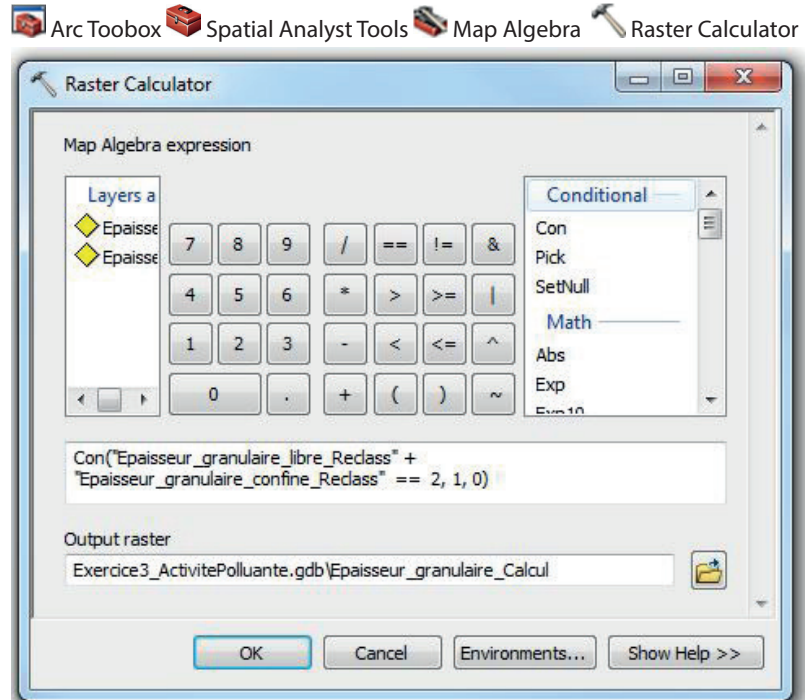


Combiner **Épaisseur_granulaire_confine_Reclass** et **Épaisseur_granulaire_libre_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de **Épaisseur_granulaire_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il y a absence d'aquifères granulaires.



ÉPAISSEUR DE LA COUCHE D'ARGILE

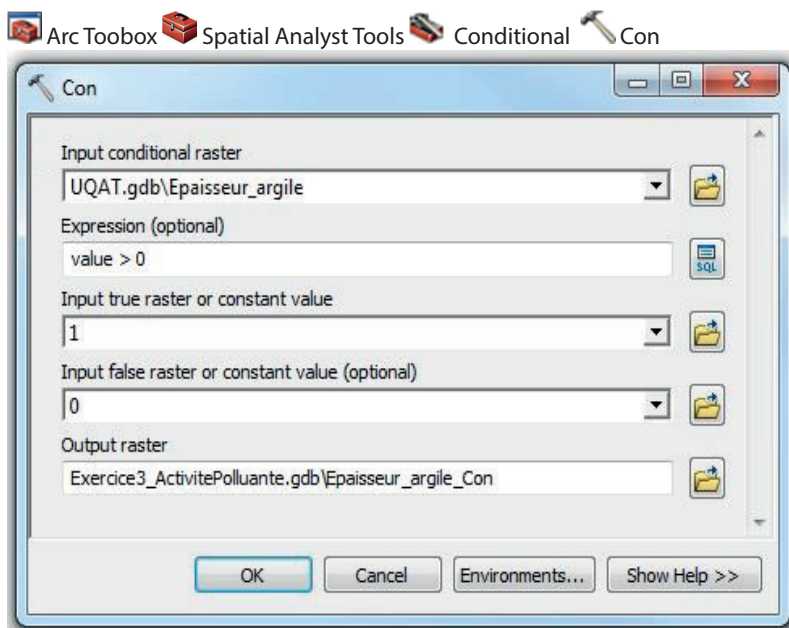
Identifier les cellules de

 **Épaisseur_argile**

(*alias : Épaisseur de la couche d'argile*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de

 **Épaisseur_argile_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE

Identifier les cellules de


 **Sequences_stratigraphiques**

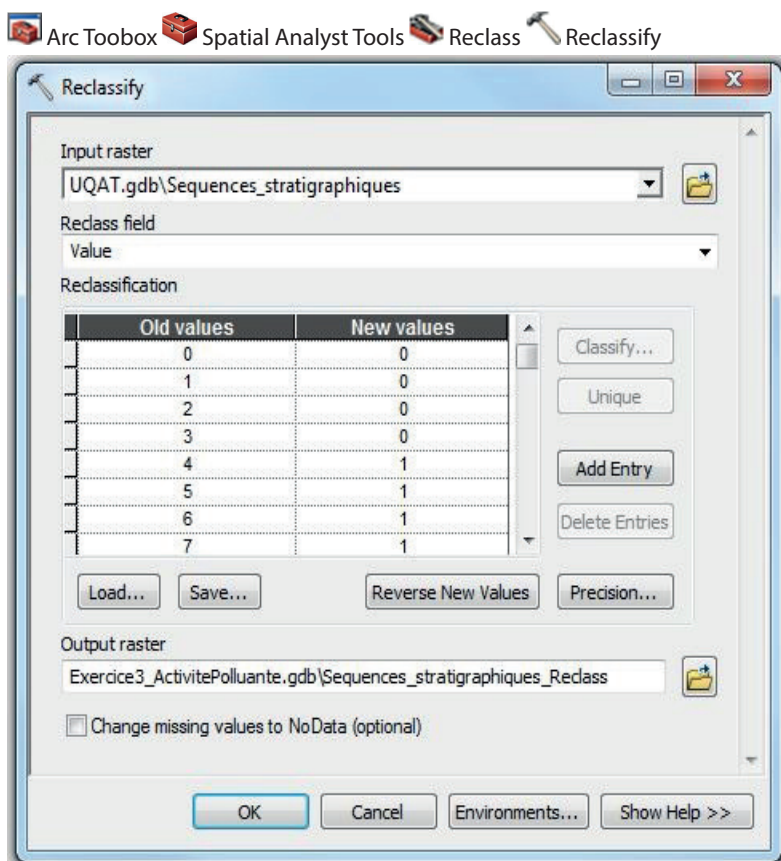
(*alias : Conditions d'écoulement de la nappe*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'ancienne valeur est de 0, 1, 2, 3, 8, 11, 12 et 15.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'ancienne valeur est de 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13 et 14.

Les cellules de

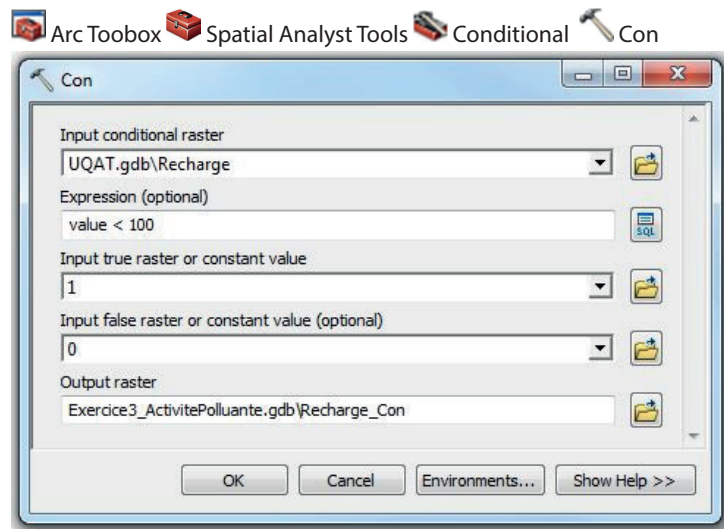
 **Sequences_stratigraphiques_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

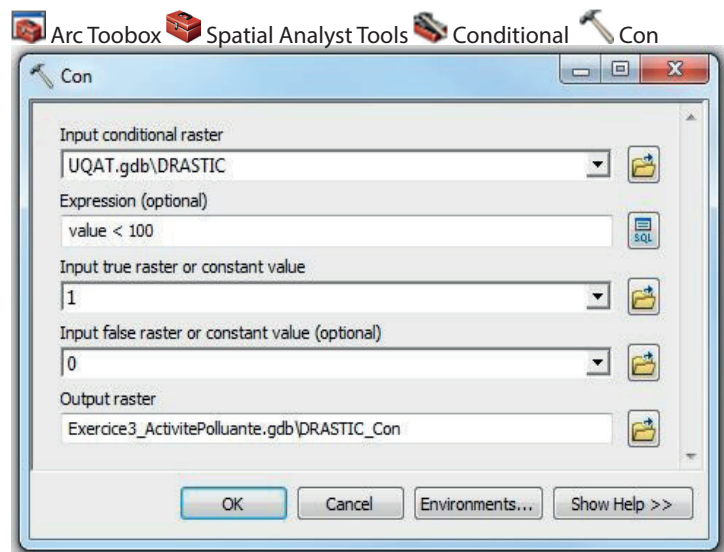
Les cellules de **Recharge_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

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

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

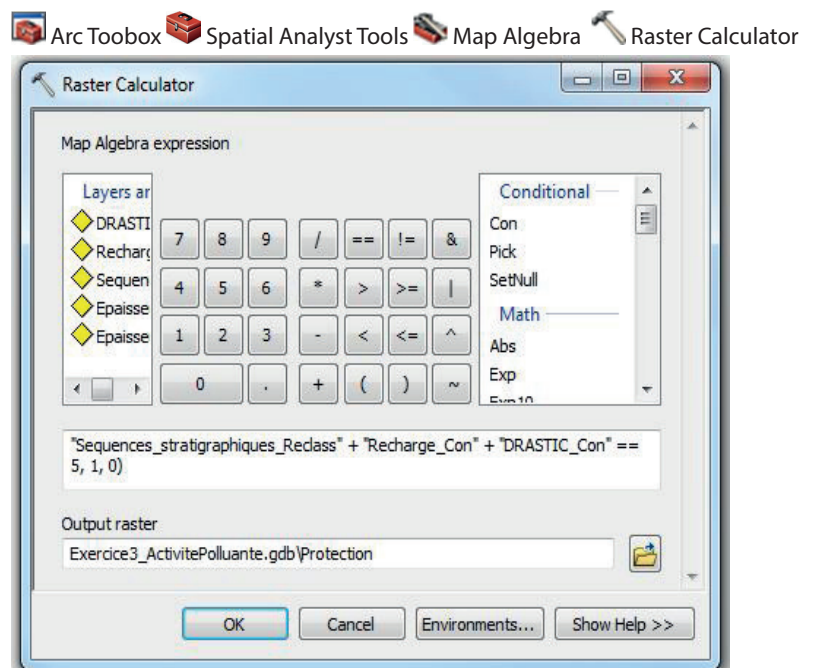


BILAN

Combiner les résultats des couches **Épaisseur_granulaire_Calcul**, **Épaisseur_argile_Con**, **Sequences_stratigraphiques_Reclass**, **Recharge_Con** et **DRASTIC_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des cinq couches est 5, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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	<input type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT1 <input type="checkbox"/> Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers Divers	<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

Les requêtes peuvent être copiées depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier **Exercices**.

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

$As_ > 0.01 \text{ OR } Ba > 1 \text{ OR } Cd > 0.005 \text{ OR } F > 1.5 \text{ OR } U > 0.02$

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

$As_ > 0.01 \text{ OR } F > 1.5 \text{ OR } Pb > 0.01 \text{ OR } Sb > 0.006 \text{ OR } U > 0.02$

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT1** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

$Al > 0.1 \text{ OR } Cl > 250 \text{ OR } Fe > 0.3 \text{ OR } Mn > 0.05 \text{ OR } Na > 200 \text{ OR } SO4 > 500 \text{ OR } MDT_est > 500 \text{ OR } Sulfures > 0.05 \text{ OR } Durete_est > 200 \text{ OR } pH < 6.5 \text{ OR } pH > 8.5$

Pour n'afficher que les puits de la couche **Echantillon_eau_souterraine_AT2** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

$Al > 0.1 \text{ OR } Cl > 250 \text{ OR } Fe > 0.3 \text{ OR } Mn > 0.05 \text{ OR } Na > 200 \text{ OR } SO4 > 500 \text{ OR } MDT > 500 \text{ OR } Sulf > 0.05 \text{ OR } Durete < 80 \text{ OR } Durete > 100 \text{ OR } pH_terrain < 6.5 \text{ OR } pH_terrain > 8.5$

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 régionale	<ul style="list-style-type: none"> Piezometrie CH_Lieu_physique 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Pézométrie régionale</i> <i>Lieux physiques</i> 	<ul style="list-style-type: none"> En aval des puits d’alimentation



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

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

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' OR
Type_Util_Eau = 'agriculture (élevage)' OR
Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau (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'
```

Superposer la couche ci-dessus à la couche **Piezometrie** (*alias : Pézométrie régionale*), 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 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. : distance aux noyaux urbains, occupation du sol, 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 géospaciales	
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	Épaisseur_Depot_Meuble	Épaisseur des dépôts meubles
	Épaisseur des aquifères granulaires	Épaisseur des aquifères granulaires	Épaisseur_granulaire_confine Épaisseur_granulaire_libre	Épaisseur granulaire saturé confiné Épaisseur granulaire saturé libre
	Épaisseur de la couche d'argile	Épaisseur de la couche d'argile	Épaisseur_argile	Épaisseur de la couche d'argile
	Conditions d'écoulement de la nappe	Conditions d'écoulement de la nappe	Sequences_stratigraphiques	Conditions d'écoulement de la nappe
Évaluer la qualité de l'eau	Recharge et résurgence	Recharge et résurgence	Recharge	Recharge distribuée
	Vulnérabilité de l'eau souterraine	Vulnérabilité de l'eau souterraine	DRASTIC	Index DRASTIC
	Qualité de l'eau	Qualité de l'eau	Echantillon_eau_souterraine_AT1 Echantillon_eau_souterraine_AT2	Divers Divers
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piezométrie régionale	Piezométrie régionale	Piezometrie CH_Lieu_physique	Pézométrie régionale 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 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

 **Occupation_sol_AT1** et

 **Occupation_sol_AT2** qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

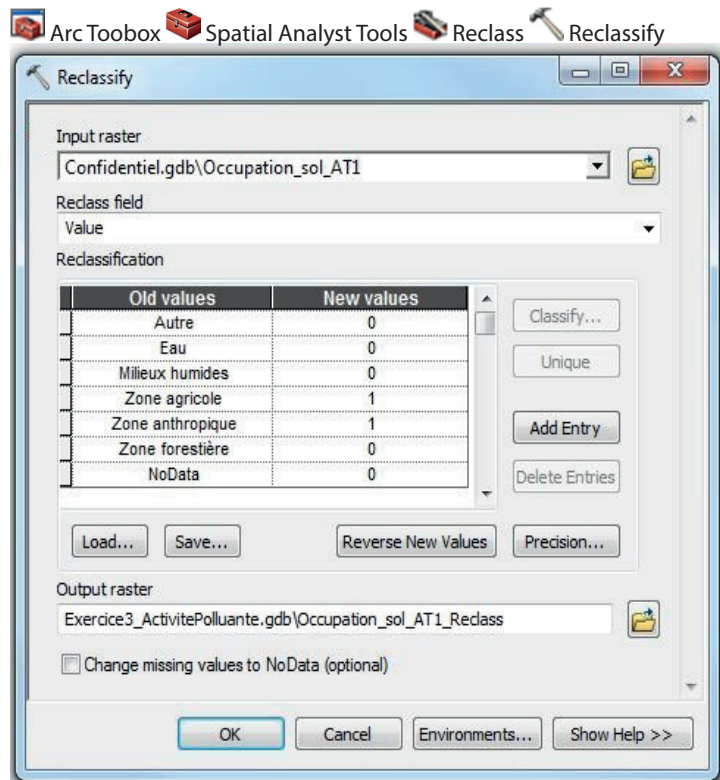
Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'occupation du sol correspond aux critères.

Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'occupation du sol ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de


 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.




Combiner

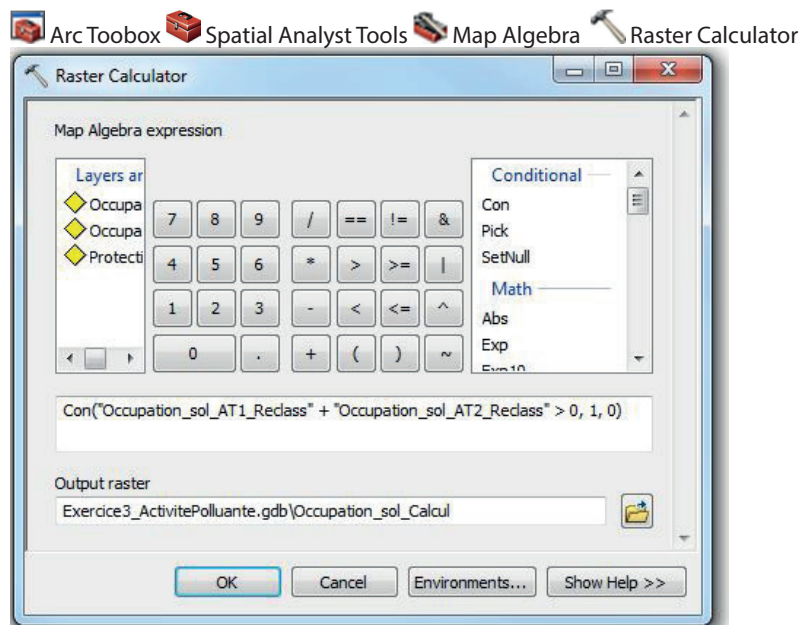
 **Occupation_sol_AT1_Reclass** et

 **Occupation_sol_AT2_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.






Les cellules de

 **Occupation_sol_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon l'occupation du sol.



AFFECTATION DU TERRITOIRE






Identifier les cellules de

 **Affectations_MRCValledelOr,**
 **Affectations_MRCAbitibi,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest,**
 **Affectations_RouynNoranda** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue**
 qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

Entrer une nouvelle valeur de 1 lorsque l'affectation du territoire correspond aux critères.






Entrer une nouvelle valeur de 0 lorsque l'affectation du territoire ne correspond pas aux critères et lorsqu'il n'y a pas d'ancienne valeur (NoData).

Les cellules de

 **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
 ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.


La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC Vallée-de-l'Or

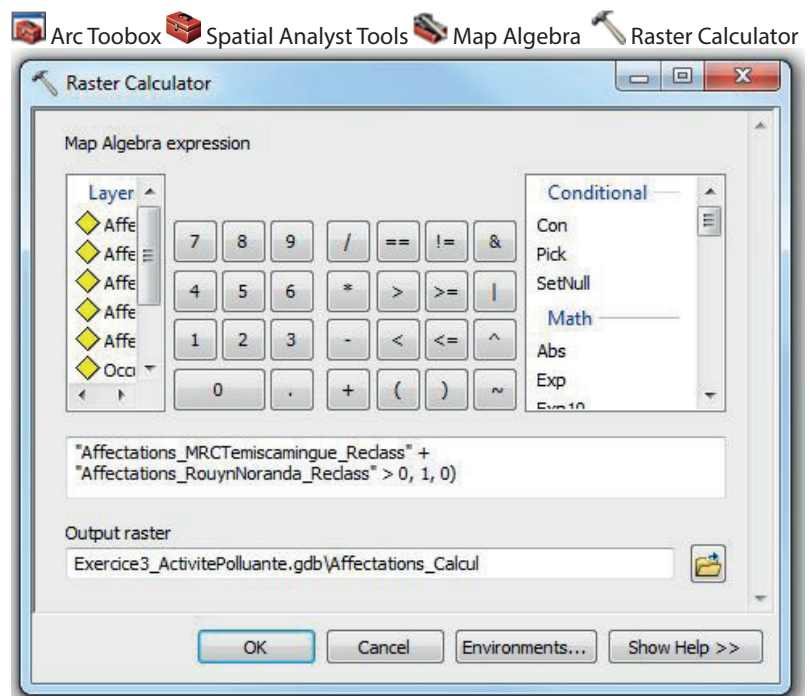
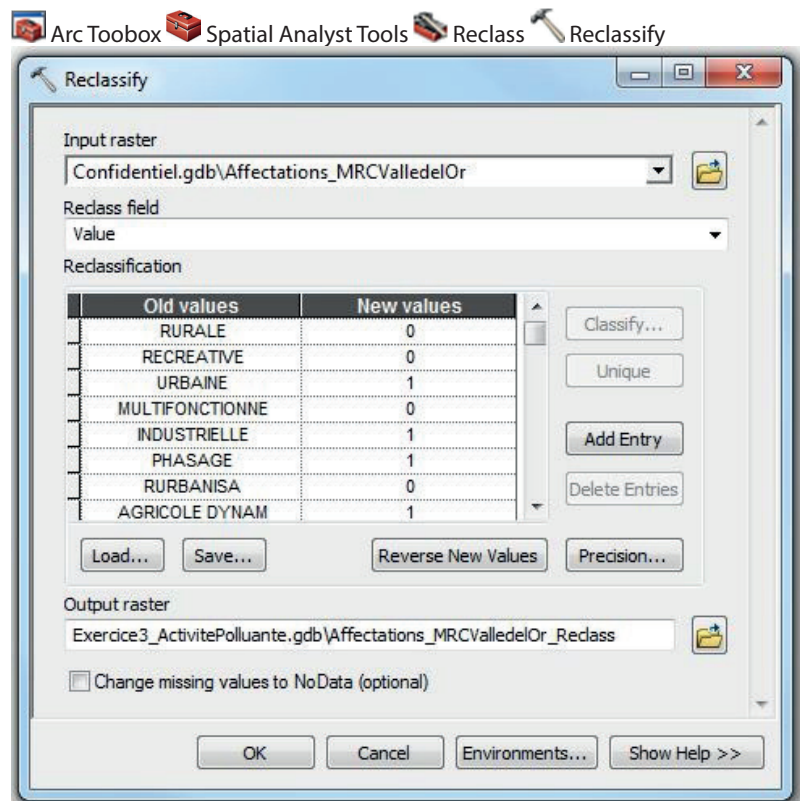
Combiner

 **Affectations_MRCValledelOr_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibi_Reclass,**
 **Affectations_MRCAbitibiOuest_Reclass,**
 **Affectations_RouynNoranda_Reclass** et
 **Affectations_MRCTemiscamingue_Reclass**
 en effectuant le calcul ci-contre.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des cinq couches est supérieure à 0, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


 **Affectations_Calcul** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon l'affectation du territoire.



BILAN


Combiner les résultats des couches

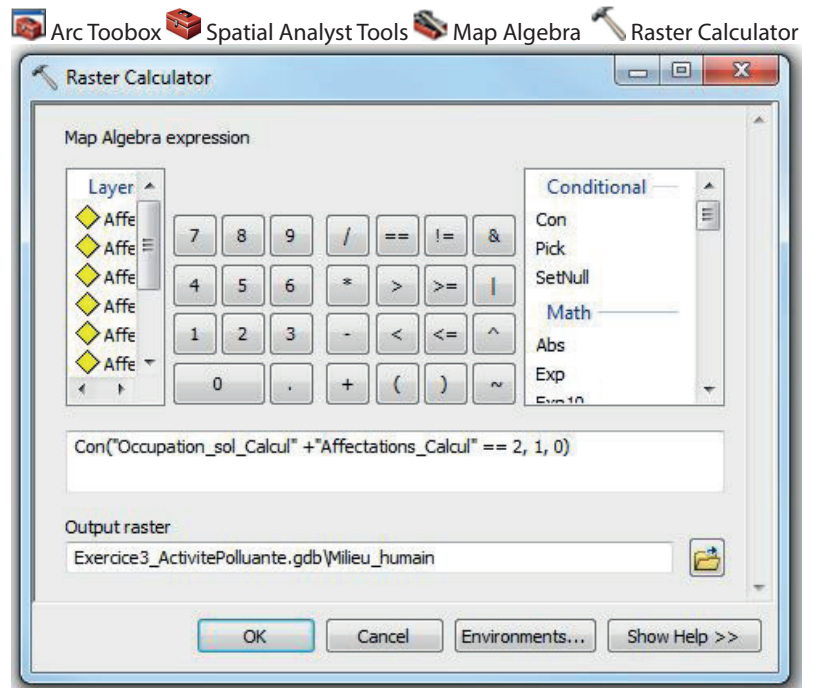
 **Occupation_sol_Calcul** et

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

Les cellules de


 **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

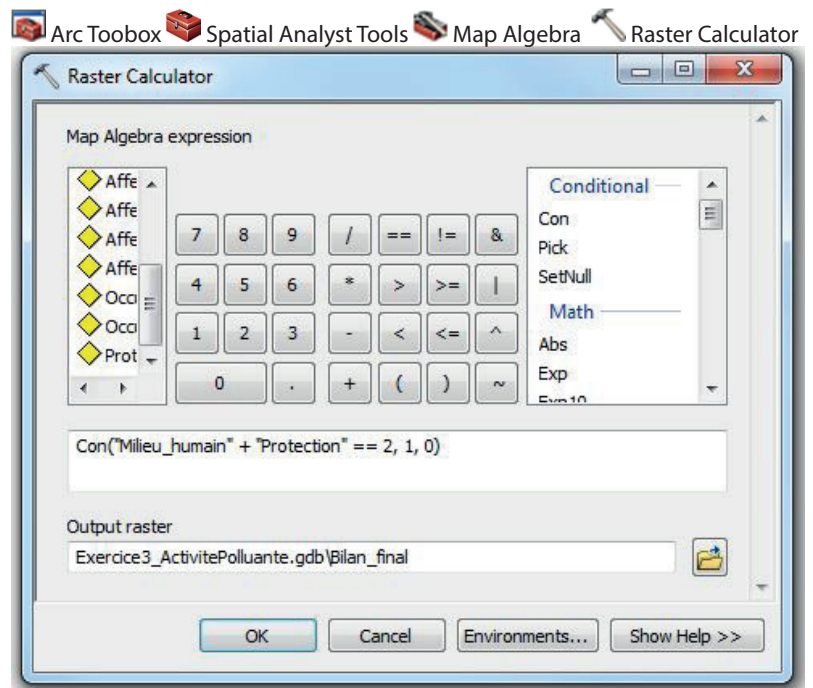
 **Milieu_humain** et

 **Protection** en effectuant le calcul ci-contre pour localiser les zones où l'aquifère serait naturellement protégé de la contamination et où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des deux couches est 2, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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 l'Abitibi-Témiscamingue :

- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
- Conférence Régionale des Élus de l'Abitibi-Témiscamingue
- MRC d'Abitibi
- MRC d'Abitibi-Ouest
- MRC de La Vallée-de-l'Or
- MRC de Temiscamingue
- Organisme de Bassin Versant Abitibi-Jamésie
- Organisme de Bassin Versant du Témiscamingue
- Société de l'eau souterraine Abitibi-Témiscamingue
- Ville de Rouyn-Noranda

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

