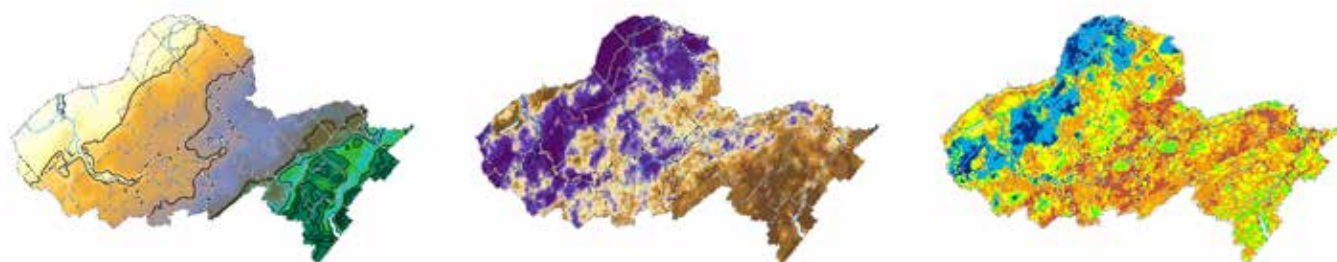


3^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du projet Hydrogéologie Bécancour

CAHIER DU PARTICIPANT



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

Mai 2016

Ce 3^e atelier de transfert des connaissances issues du Projet de connaissances des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Bécancour et de la MRC de Bécancour (ci-après nommé projet Hydrogéologie Bécancour) est mis en œuvre dans le cadre du projet **Protéger et gérer les eaux souterraines**, rendu possible grâce au financement du Programme de soutien à la valorisation et au transfert du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs du Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'UQÀM et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Marie Larocque, professeure, coordonnatrice du projet Hydrogéologie Bécancour, UQÀM
- Guillaume Meyzonnat, agent de recherche, équipe de recherche du projet Hydrogéologie Bécancour, UQÀM
- Sylvain Gagné, agent de recherche, équipe de recherche du projet Hydrogéologie Bécancour, UQÀM et agent de transfert, RQES, animateur de l'atelier
- 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
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conceptrice de l'atelier de transfert de connaissances

Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient du rapport final du projet Hydrogéologie Bécancour et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

Larocque, M., Gagné, S., Tremblay, L. et Meyzonnat, G. 2013. Projet de connaissances des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Bécancour et de la MRC de Bécancour - Rapport scientifique. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 213 p.

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 projet Hydrogéologie Bécancour. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Larocque, M., Ferlatte, M., Gagné, S., Tremblay, L. et Meyzonnat, G. 2014. Atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du projet Hydrogéologie Bécancour, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'UQAM 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 du projet Hydrogéologie Bécancour, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'UQAM et l'UQTR pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Les organisateurs de l'atelier

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)

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

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

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

Pour en savoir plus : rques.ca

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

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

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

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	4
Votre équipe de formation	5
Résumé du projet Hydrogéologie Bécancour	6
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	7
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	8
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	11
Les éléments de la maquette hydrogéologique	11
L'écoulement de l'eau souterraine	12
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	13
2. Présentation des données géospatiales	15
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	16
Les limites générales des données	16
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	17
Les bases de données en format géodatabase	18
Les données du MDDELCC	18
Les données de l'UQAM	19
Les données confidentielles	20
Retrouver les informations hydrogéologiques	22
Par géodatabase	22
Par notion hydrogéologique	24
Les données ponctuelles	26
Le projet mxd pour cet atelier	27
Préparez vos données : découpage de votre territoire	28

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

Épaisseur des dépôts meubles	32
Contextes hydrogéologiques	34
Conditions de confinement	36
Piézométrie	38
Recharge et résurgence	40
Vulnérabilité	42
Qualité de l'eau	44
Les autres résultats du PACES	46

4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines **49**

Question 1 Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	51
Les résultats du remue-méninge avec les participants	53
Synthèse du cheminement d'expert	54
Préparer la présentation de vos résultats	66
Question 2 Protection des zones de recharge	71
Les résultats du remue-méninge avec les participants	73
Synthèse du cheminement d'expert	74
Préparer la présentation de vos résultats	88
Question 3 Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	93
Les résultats du remue-méninge avec les participants	95
Synthèse du cheminement d'expert	96
Préparer la présentation de vos résultats	106

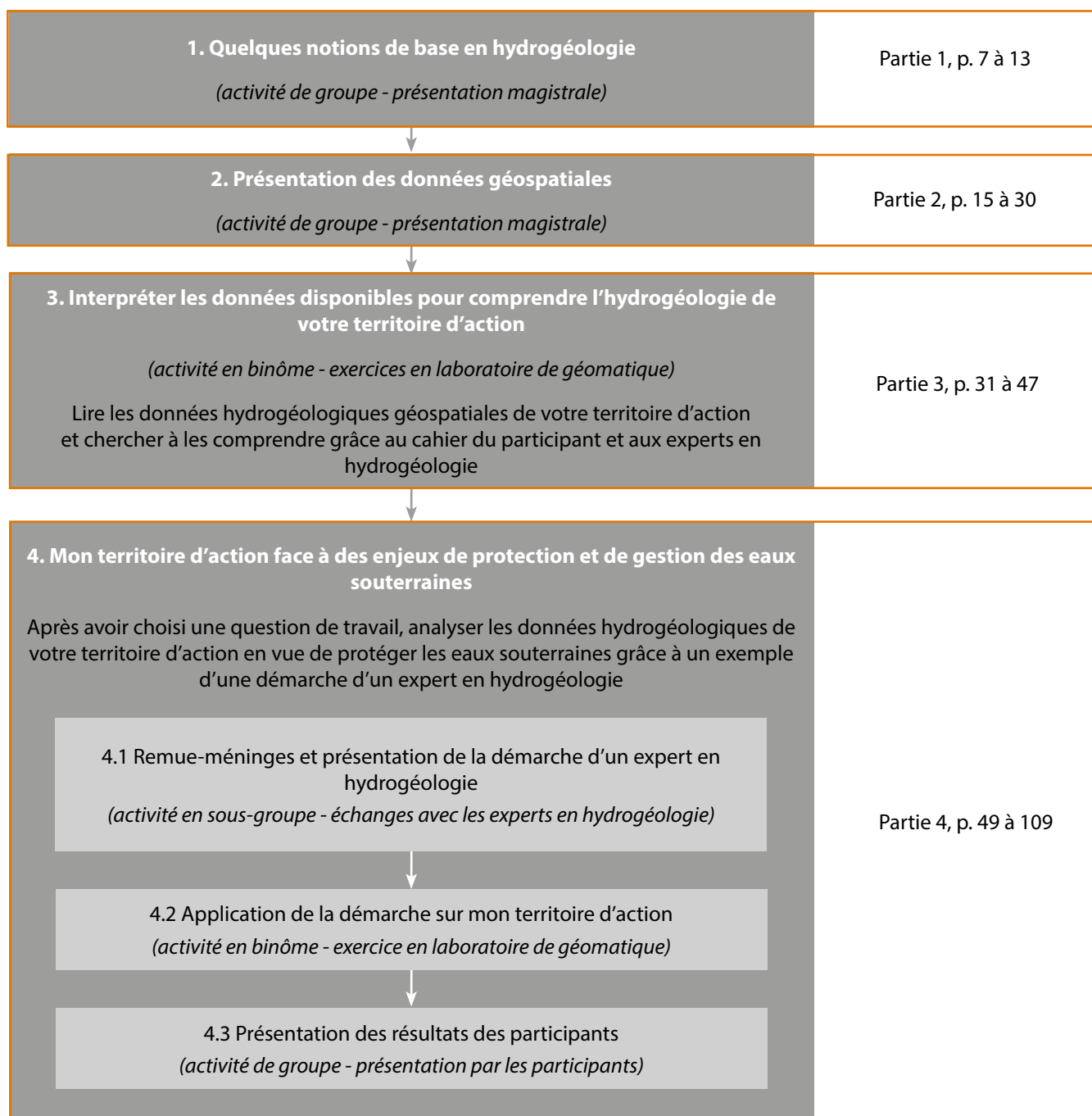
Le déroulement de l'atelier

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



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

Vos experts en eaux souterraines

**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

**Guillaume Meyzonnat**

Ing., M.Sc. hydrogéologue
Étudiant au doctorat en sciences de
la Terre et de l'atmosphère
Département des sciences de la
Terre de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 3315
meyzonnat.guillaume@uqam.ca

Résumé du projet Hydrogéologie Bécancour

Le projet Hydrogéologie Bécancour a permis d'établir un portrait des ressources en eau souterraine pour la partie centrale de la zone de gestion intégrée de l'eau Bécancour, c.-à-d. la portion de la zone située dans la région du Centre-du-Québec. Celle-ci comprend les bassins versants des rivières Bécancour, Marguerite, Godefroy, Gentilly, de la Ferme, du Moulin, aux Glaises, des Orignaux et de la petite rivière du Chêne, ce qui représente une superficie totale de 2 859 km².

Coordonné par l'Université du Québec à Montréal (UQAM), le projet Hydrogéologie Bécancour a bénéficié de la collaboration d'un ensemble de partenaires régionaux : le Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour, la Conférence régionale des élus du Centre-du-Québec, l'Agence de géomatique du Centre-du-Québec, les MRC d'Arthabaska, de Bécancour, de L'Érable et de Nicolet-Yamaska, ainsi que le Cégep de Thetford. Hydrogéologie Bécancour est un projet financé à 80% par le MDDEFP dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Les partenaires régionaux ont pour leur part contribué à 20% du financement total.

Objectifs

Les deux objectifs principaux du projet étaient de :

- Dresser un portrait de la ressource en eaux souterraines sur la section moyenne et aval du bassin versant de la rivière Bécancour (section Centre-du-Québec) et de huit bassins versants connexes situés près du fleuve Saint-Laurent;
- Favoriser une saine gestion de la ressource en développant des partenariats entre les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire dans l'acquisition des connaissances sur la ressource en eaux souterraines.

Plus spécifiquement, le projet visait à :

- Comprendre la nature des formations aquifères;
- Connaître l'origine et les directions d'écoulement de l'eau souterraine;
- Décrire la qualité de l'eau souterraine;
- Quantifier le bilan hydrique de l'aquifère et les volumes d'eau exploitables de façon durable;
- Déterminer la vulnérabilité de l'eau souterraine aux activités humaines.

Principaux résultats

Les résultats de cette étude montrent que :

- L'aquifère rocheux est dans l'ensemble peu productif. Les formations superficielles granulaires, plus perméables, sont peu épaisses et d'étendue limitée, à l'exception de l'aquifère des sables des Vieilles Forges qui pourrait représenter une source importante d'eau potable;
- L'eau souterraine s'écoule principalement dans le roc fracturé, du secteur des Appalaches à l'amont vers le fleuve Saint-Laurent en aval. Une partie importante de cet écoulement souterrain est interceptée par les nombreuses rivières présentes dans la région;
- À l'échelle régionale, la recharge de l'aquifère fracturé est estimée à 159 mm/an. Les volumes d'eau souterraine utilisés par les particuliers, les villes, l'agriculture et l'industrie représentent environ 1% de la recharge de l'aquifère fracturé. Une très faible proportion de la recharge (4%) atteint le fleuve Saint-Laurent;
- L'eau souterraine de la zone d'étude est de bonne qualité et peu de dépassements des normes pour l'eau potable ont été identifiés. Les principaux dépassements, pour le fluor et le baryum, seraient d'origine naturelle. Les problématiques identifiées concernent certains critères esthétiques et notamment les concentrations en manganèse. Les concentrations en nitrates observées ne dépassent pas la norme pour l'eau potable. Cependant, certaines concentrations mesurées dans la partie amont de la zone d'étude sont assez élevées pour qu'elles puissent être associées à une source anthropique;
- Les secteurs où l'aquifère rocheux est le plus vulnérable à une contamination provenant de la surface sont situés entre le piémont des Appalaches et l'autoroute 20, aux endroits où les dépôts sableux sont en contact direct avec le roc et où la recharge est élevée.

1

Quelques notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **bleu** sont définis dans le glossaire des notions clés sur les **eaux souterraines** (p. 8 à 10)

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

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

Isopièze

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

Nappe (ou nappe phréatique)

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

Nappe captive

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

Nappe libre

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

Nappe semi-captive

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

Niveau piézométrique

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

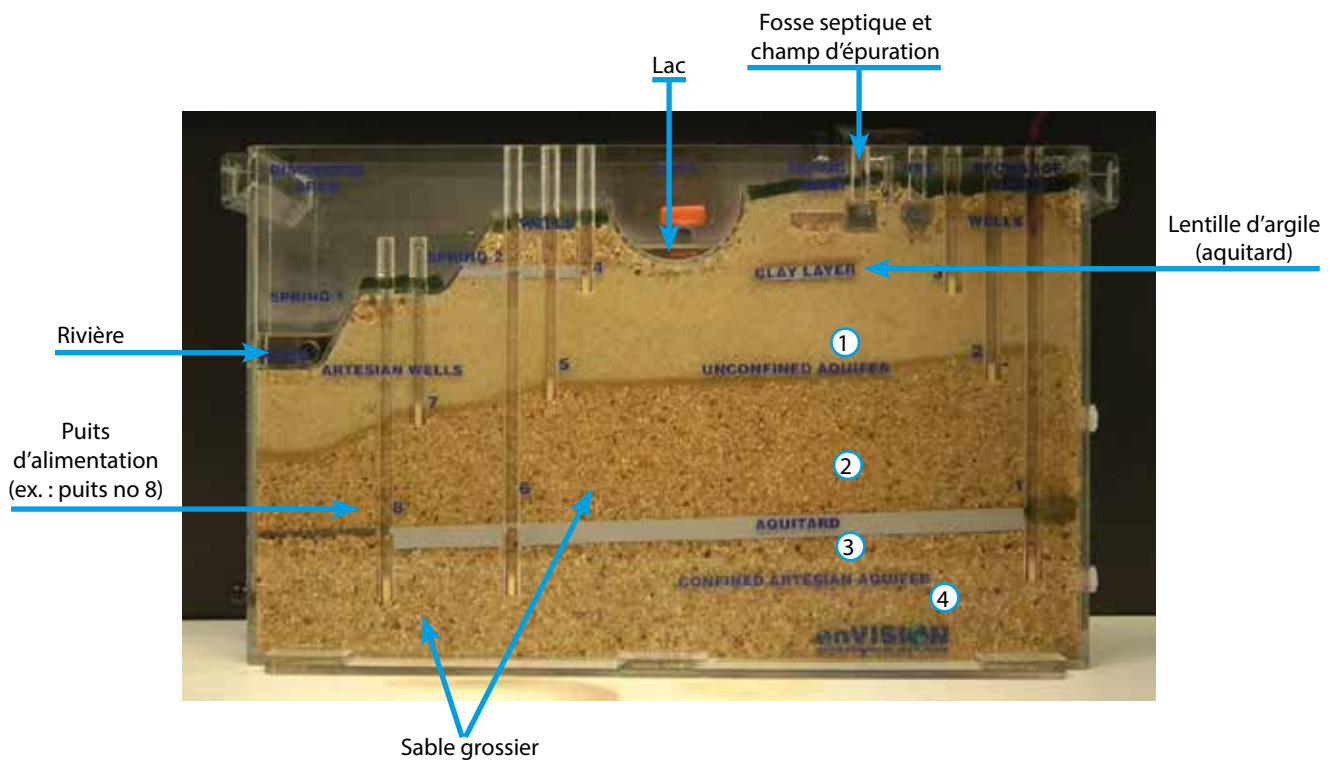
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un **aquifère** d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des **aquifères**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

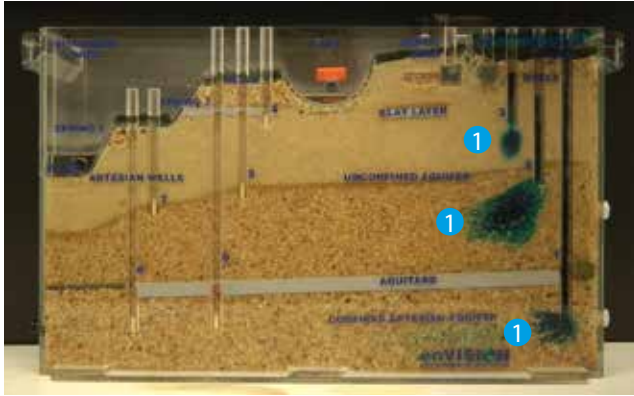
- ① Couche de **sable** fin dans la partie supérieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le premier tiers près de la surface,
- ② Couche de **sable** grossier dans la partie inférieure d'un **aquifère à nappe libre**, dans le deuxième tiers au centre,
- ③ Couche imperméable représentant un **aquitard**, 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

❶ 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.



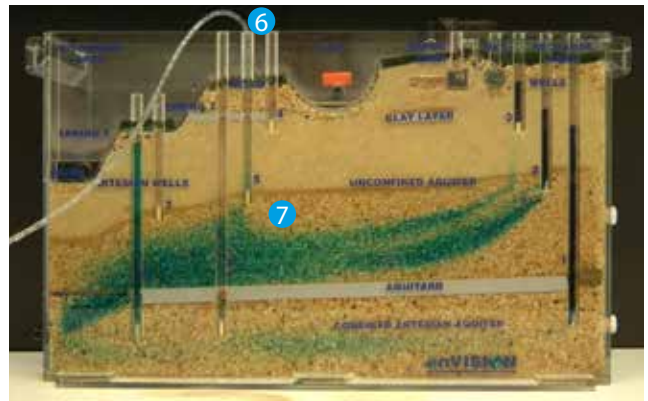
❷ L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère à nappe libre se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. ❸ L'eau de l'aquifère inférieur à nappe captive ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard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



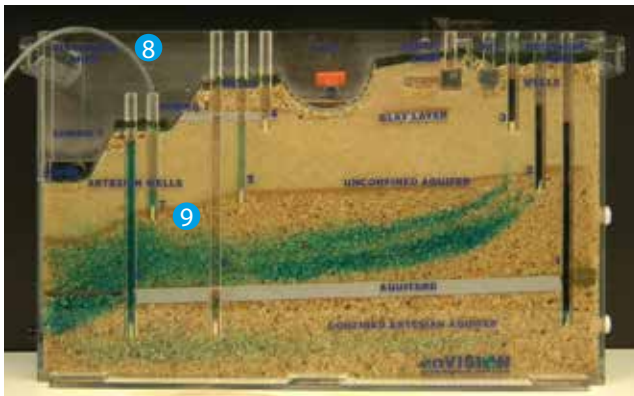
❹ Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. ❺ L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère à nappe captive inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



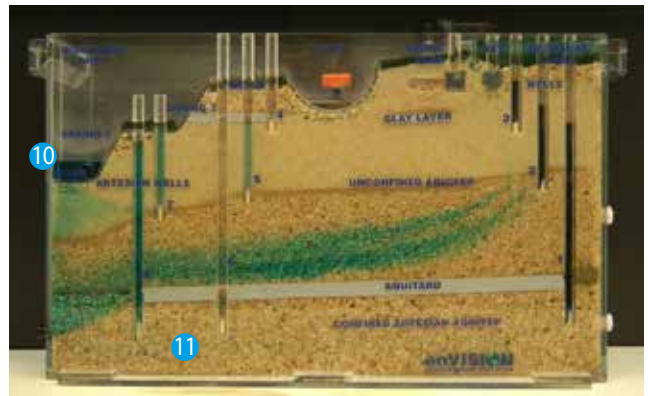
❻ Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°5. ❼ Il y a un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



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

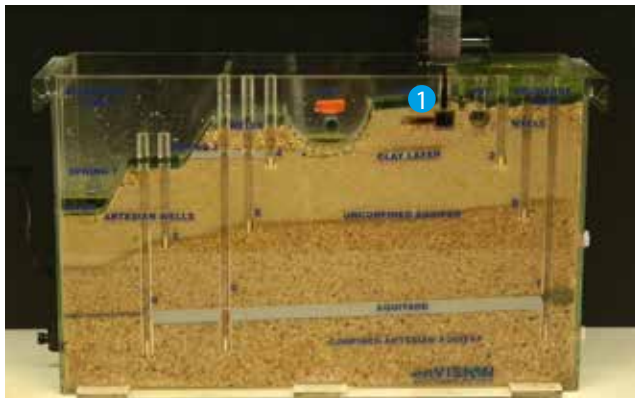


❿ L'eau souterraine fait ultimement résurgence dans la rivière, située en aval, qui devient colorée. 11 L'eau de l'aquifère à nappe libre de sable grossier s'est presque totalement renouvelée (indiqué par la perte de coloration).



La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

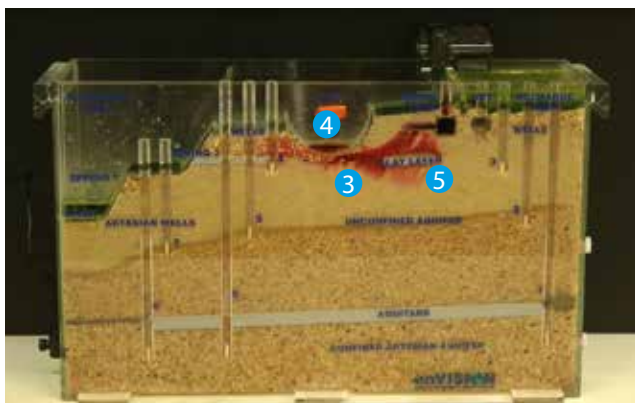
❶ Injection d'un «contaminant» (colorant alimentaire) dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



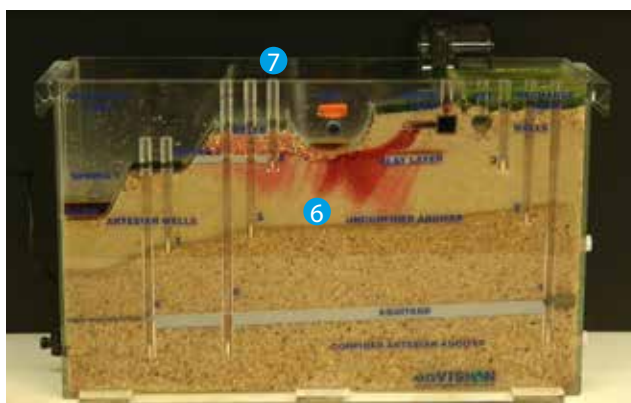
❷ Depuis le champ d'épuration, le contaminant migre vers le bas dans la couche de sable fin de l'aquifère à nappe libre.



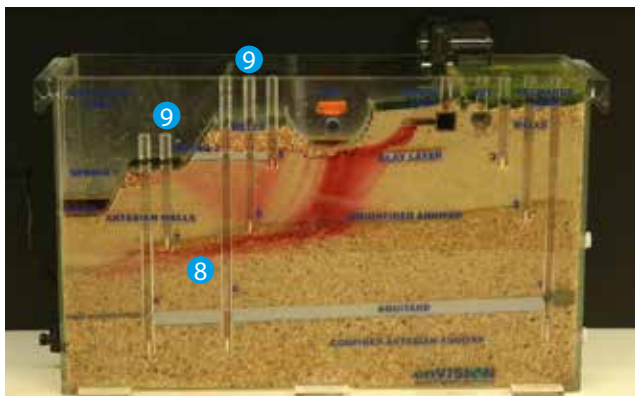
❸ Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. ❹ De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. ❺ La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



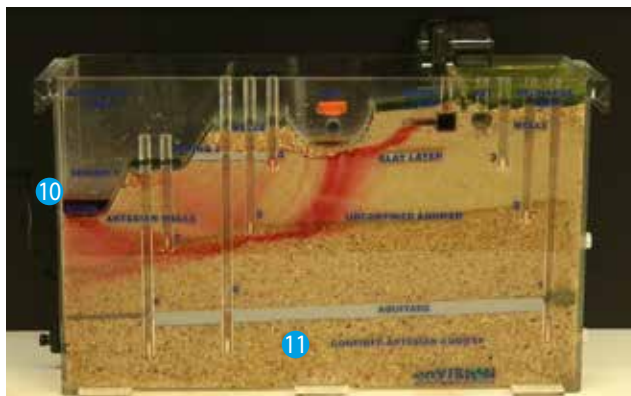
❻ Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. ❼ Le puits no 4 est maintenant contaminé.



❽ 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. ❾ Les puits no 5 et no 7 sont maintenant contaminés.



❿ L'eau souterraine contaminée fait ultimement résurgence dans la rivière (en aval), qui devient colorée. ⓫ 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. 17)

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

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

Une part appréciable des données diffusées par le MDDELCC et l'UQÀM 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'UQÀM et ces organismes propriétaires d'information géographique. Conséquemment, des conditions légales régissent l'utilisation des données et des produits que l'utilisateur pourrait en dériver. Le détenteur des données est donc tenu d'accepter et de se conformer aux conditions d'utilisation qui suivent.

Le MDDELCC et l'UQÀM 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'UQÀM ne peuvent être tenus responsables de tout dommage causé par l'utilisation d'une donnée incorrecte.

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

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

Les limites générales des données

Les cartes réalisées dans le cadre du projet Hydrogéologie Bécancour 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.

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.

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.

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.

Format (de données)

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

Géodatabase

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

Géotraitement

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

Layer file

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

Métadonnées

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

Projet mxd

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

Symbologie

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

Système d'information géographique (SIG)

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

Table relationnelle

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

Les bases de données en format géodatabase

Les données du MDDELCC

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

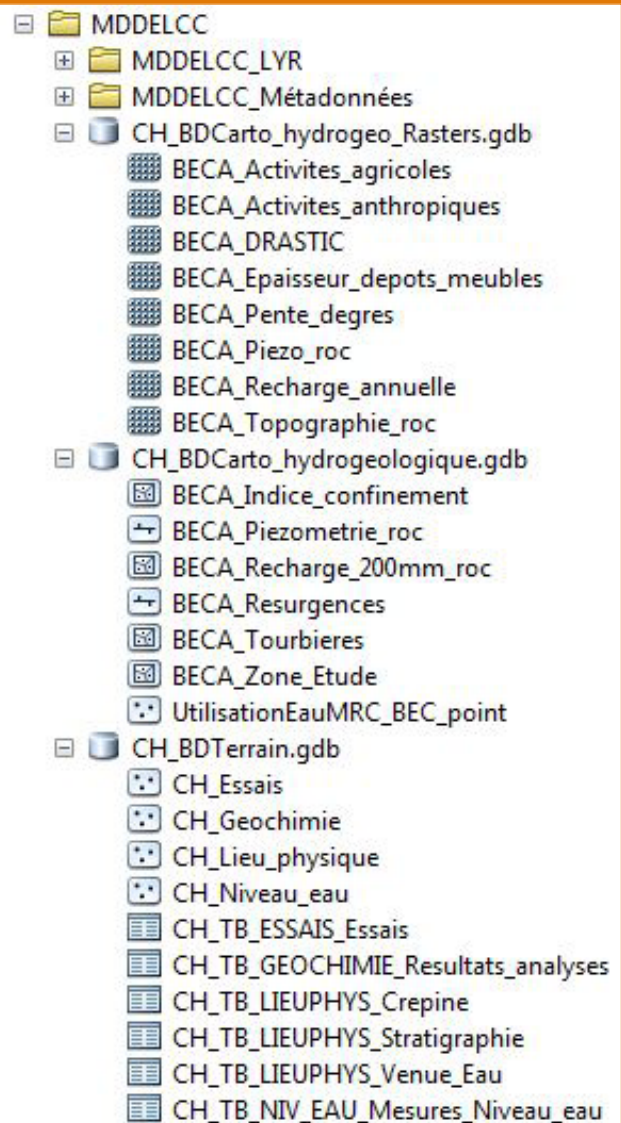
Les données diffusées par le MDDELCC ne comprennent pas l'ensemble de l'information produite par le PACES. Certaines données sont exclues de par leur caractère confidentiel. Toutefois, la plupart des données résultantes des analyses hydrogéologiques du PACES et nécessaires pour traiter des enjeux d'aménagement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



Vos données pour cet atelier

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

Arborescence des bases de données du MDDELCC



Les données de l'UQÀM

Des données additionnelles non diffusées par le MDDELCC, mais dont l'UQÀM détient les droits à titre de producteur du projet Hydrogéologie Bécancour, peuvent être diffusées librement.



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **UQAM** :
 - UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb** : contient les données vectorielles de points, de lignes et de polygones
- Des **Layer files** dans le dossier **UQAM_LYR**
- Des **métadonnées** pour chaque couche dans le fichier **UQAM_Metadonnees_BEC.xlsx**
- Les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du projet Hydrogéologie Bécancour dans le dossier **UQAM_Coupes_JPG**

Arborescence de la base de données de l'UQÀM



Les données confidentielles

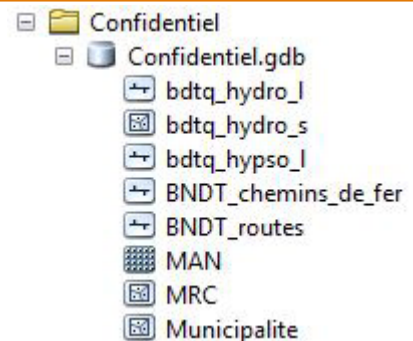
Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données sont mises à votre disposition, telles que les limites administratives, l'hydrographie, les voies de communication et la topographie. Elles sont toutefois protégées par des droits qui empêchent leur diffusion. Aussi, il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



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase**, dans le dossier **Confidentiel** :
 - Confidentiel.gdb** : contient les données confidentielles
- Il n'y a pas de **Layer files** ni de **métadonnées** pour les données confidentielles

Arborescence des bases de données confidentielles



Les données converties

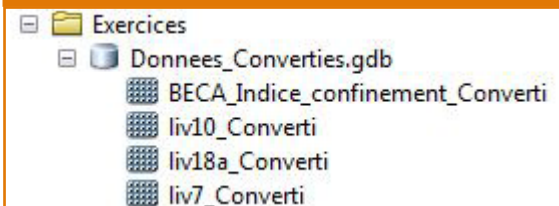
Afin de faciliter le **géotraitement** des **données géospatiales** lors des exercices, certaines **couches** ont été converties depuis un **format** vectoriel de polygones vers un **format** matriciel. Le **géotraitement** de **couches** vectorielles exige un temps de calcul qui peut être considérable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



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **Exercices** :
 - Donnees_Converties.gdb** : contient les données matricielles converties
- Il n'y a pas de **Layer files** pour les données converties
- Consulter les **métadonnées** des **couches** vectorielles non converties

Arborescence de la base de données



Retrouver les informations hydrogéologiques

Par géodatabase

Les couches d'information géospatiale par géodatabase				
Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
CH_BDTerrain.gdb	 CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	s.o.	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	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.	
	 BECA_Zone_Etude	Zone d'étude - BEC	s.o.	
CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb	 BECA_Indice_confinement	Confinement roc - BEC	Conditions de confinement	X
	 BECA_Piezometrie_roc	Piezométrie roc courbes - BEC	Piezométrie	X
	 BECA_Recharge_200mm_roc	Recharge préférentielle - BEC	Recharge et résurgence	X
	 BECA_Resurgences	Résurgences - BEC	Recharge et résurgence	X
	 BECA_Tourbieres	Résurgences tourbières - BEC	Recharge et résurgence	X
	 UtilisationEauMRC_BEC_point	Utilisation eau-MRC – BEC	Utilisation de l'eau souterraine	
	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	Épaisseur des dépôts meubles	X
	 BECA_Piezo_roc	Piezométrie roc - BEC	Piezométrie	X
	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	Recharge et résurgence	X
	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	Vulnérabilité	X
	 BECA_Pente_degrees	Pente (degrés) - BEC	Pente	
UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb	 BECA_Topographie_roc	Topographie roc - BEC	Topographie du roc	
	 BECA_Activites_anthropiques	Activités anthropiques - BEC	Densité des activités anthropiques	
	 BECA_Activites_agricoles	Activités agricoles - BEC	Densité des activités anthropiques	
	 liv7	Occupation du sol	Occupation du sol	
	 liv8	Type de peuplement	Couverture végétale	
	 liv8b	Type de culture	Couverture végétale	
	 liv10	Affectation du territoire	Affectation du territoire	
	 liv11	Type de sol	Pédologie	

* 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*
UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb (suite)	 liv14	Coupes stratigraphiques	Coupes stratigraphiques	
	 liv15_interpolation_amont	Forages et affleurements utilisés - amont	Épaisseur des dépôts meubles	X
	 liv15_interpolation_aval	Forages et affleurements utilisés - aval	Épaisseur des dépôts meubles	X
	 liv18a	Contextes hydrogéologiques	Contextes hydrogéologiques	X
	 Liv20_points	Points utilisés pour l'interpolation	Piezométrie	X
	 liv22_d	Cote D	Vulnérabilité	
	 liv22_r	Cote R	Vulnérabilité	
	 liv22_a	Cote A	Vulnérabilité	
	 liv22_s	Cote S	Vulnérabilité	
	 liv22_t	Cote T	Vulnérabilité	
	 liv22_j	Cote I	Vulnérabilité	
	 liv22_c	Cote C	Vulnérabilité	
	 liv23_contour_a	Limite du percentile 75% - activités anthropiques	Densité des activités anthropiques	
	 liv23_contour_b	Limite du percentile 75% - activités agricoles	Densité des activités anthropiques	
	 liv24	Dépassements CMA	Qualité de l'eau	X
	 liv25	Dépassements OE	Qualité de l'eau	X
	 liv27_hydrometrie	Station hydrométrique	Stations de mesure	
	 liv27_meteo	Station météorologique	Stations de mesure	
Confidentiel.gdb	 liv27_piezometrie	Station piézométrique	Stations de mesure	
	 liv28_sources	Source	Recharge et résurgence	
	 bdtq_hydro_I	Hydrographie (lignes)	s.o.	
	 bdtq_hydro_s	Hydrographie (polygones)	s.o.	
	 bdtq_hypso_I	Courbes de niveau 20 m	s.o.	
	 BNDT_chemins_de_fer	Chemins de fer	s.o.	
	 BNDT_routes	Routes	s.o.	
	 MAN	Élévation (m)	s.o.	
	 MRC	MRC	s.o.	
	 Municipalite	Municipalités	s.o.	
Donnees_Converties.gdb	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	Conditions de confinement	X
	 liv10_Converti	Affectation du territoire - Converti	Affectation du territoire	X
	 liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	Contextes hydrogéologiques	X
	 liv7_Converti	Occupation du sol - Converti	Occupation du sol	X

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

Retrouver les informations hydrogéologiques

Par notion hydrogéologique

Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique				
Notion hydrogéologique	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Géodatabase
Épaisseur des dépôts meubles	X	 liv15_interpolation_amont	Forages et affleurements utilisés - amont	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 liv15_interpolation_aval	Forages et affleurements utilisés - aval	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Contextes hydrogéologiques	X	 liv18a	Contextes hydrogéologiques	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	 Donnees_Converties.gdb
Conditions de confinement	X	 BECA_Index_confinement	Confinement roc - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 BECA_Index_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	 Donnees_Converties.gdb
Piézométrie	X	 Liv20_points	Points utilisés pour l'interpolation	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 BECA_Piezometrie_roc	Piézométrie roc courbes - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 BECA_Piezo_roc	Piézométrie roc - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Recharge et résurgence		 liv28_sources	Source	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 BECA_Recharge_200mm_roc	Recharge préférentielle - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 BECA_Resurgences	Résurgences - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 BECA_Tourbieres	Résurgences tourbières - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
		 liv22_d	Cote D	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
Vulnérabilité		 liv22_r	Cote R	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv22_a	Cote A	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv22_s	Cote S	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv22_t	Cote T	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv22_i	Cote I	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv22_c	Cote C	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
Qualité de l'eau	X	 liv24	Dépassements CMA	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	X	 liv25	Dépassements OE	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
Pente		 BECA_Pente_degres	Pente (degrés) - BEC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Occupation du sol		 liv7	Occupation du sol	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv7_Converti	Occupation du sol - Converti	 Donnees_Converties.gdb
Couverture végétale		 liv8	Type de peuplement	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
		 liv8b	Type de culture	 UQAM_Hydrogeo_BEC.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
Affectation du territoire	 liv10		Affectation du territoire UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 liv10_Converti		Affectation du territoire - Converti Donnees_Converties.gdb
Pédologie	 liv11		Type de sol UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
Coupes stratigraphiques	 liv14		Coupes stratigraphiques UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
Topographie du roc	 BECA_Topographie_roc		Topographie roc - BEC CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	 liv23_contour_a		Limite du percentile 75% - activités anthropiques UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 BECA_Activites_anthropiques		Activités anthropiques - BEC CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	 liv23_contour_b		Limite du percentile 75% - activités agricoles UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 BECA_Activites_agricoles		Activités agricoles - BEC CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Utilisation de l'eau souterraine	 UtilisationEauMRC_BEC_point		Utilisation eau-MRC - BEC CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
Stations de mesure	 liv27_hydrometrie		Station hydrométrie UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 liv27_meteo		Station météorologique UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 liv27_piezometrie		Station piézométrique UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
	 CH_Lieu_Physique		Lieux physiques CH_BDTerrain.gdb
s.o.	 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie		id. CH_BDTerrain.gdb
	 CH_TB_LIEUPHYS_Crepine		id. CH_BDTerrain.gdb
	 CH_TB_LIEUPHYS_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
	 BECA_Zone_Etude		Zone d'étude - BEC CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	 bdtq_hydro_I		Hydrographie (lignes) Confidentiel.gdb
	 bdtq_hydro_s		Hydrographie (polygones) Confidentiel.gdb
	 bdtq_hypso_I		Courbes de niveau 20 m Confidentiel.gdb
	 BNDT_chemins_de_fer		Chemins de fer Confidentiel.gdb
	 BNDT_routes		Routes Confidentiel.gdb
	 MAN		Élévation (m) Confidentiel.gdb
	 MRC		MRC Confidentiel.gdb
	 Municipalite		Municipalités Confidentiel.gdb

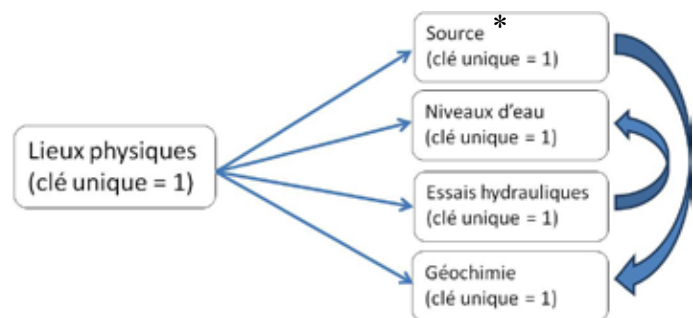
* Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement et nécessaires pour réaliser les exercices en cours d'atelier.

Les données ponctuelles

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

Dans les tables d'attribut de chaque [couche](#) de données ponctuelles de la [géodatabase](#) **CH_BDTerrain.gdb**, on retrouve le champ commun **No DCH du lieu physique** qui permet de faire le lien entre les [couches](#) et obtenir toute l'information sur un point. Cette clé unique est un numéro séquentiel, déterminé par le MDDELCC, pour chaque lieu physique identifié par les projets du PACES du Québec. Par exemple, on peut extraire les données géochimiques et les données de niveau d'eau pour un même puits.

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



* Il n'y a pas d'information concernant les [sources](#) pour le projet Hydrogéologie Bécancour, cette [couche](#) n'existe donc pas pour ce projet.

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_Lieu_physique	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_Venue_eau	Renseignements sur la profondeur des fractures produisant de l'eau.
CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	Mesures de niveau d'eau prises dans un lieu physique, par rapport à la surface du sol.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau.
CH_Essais	Essais hydrauliques	Essais hydrauliques réalisés dans un lieu physique (essais de pompage ou de conductivité hydraulique)	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique .
CH_Geochimie	Géochimie	Analyses chimiques réalisées sur des échantillons d' eau souterraine provenant d'un lieu physique.	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.

Le projet mxd pour cet atelier

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

Présentation générale

Échelles d'affichage

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

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

Relations avec les tables relationnelles

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

Hyperliens

Des hyperliens ont été préparés afin d'afficher dans l'interface  **ArcMap** les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur contenues dans le dossier  **UQAM_Coupes.JPG**. À l'aide de l'outil  Hyperlink de la barre d'outils Tools, cliquez sur la trace d'une coupe de la **couche**  **Liv14** (alias : Coupes stratigraphiques).

Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

		HYDROGEO BECANCOUR
		Zone d'étude - BEC
		DONNEES PONCTUELLES
		Lieux physiques
		Niveau d'eau
		Essais hydrauliques
		Géochimie
		DONNEES CONFIDENTIELLES
		Limites administratives
		Voies de communication
		Hydrographie
		Topographie
		DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
		Epaisseur depots meubles
		Contextes hydrogéologiques
		Conditions confinement
		Piezometrie
		Recharge et resurgence
		Vulnerabilite
		Qualite eau
		AUTRES DONNEES
		Pente du sol
		Occupation du sol
		Couverture végétale
		Affectation du territoire
		Pedologie
		Coupes stratigraphiques
		Topographie roc
		Activites potentiellement polluantes
		Utilisation eau
		Stations mesure
		EXERCICES
		Donnees converties
		Exercice 1 - Puits
		Exercice 2 - Recharge
		Exercice 3 - Activite polluante

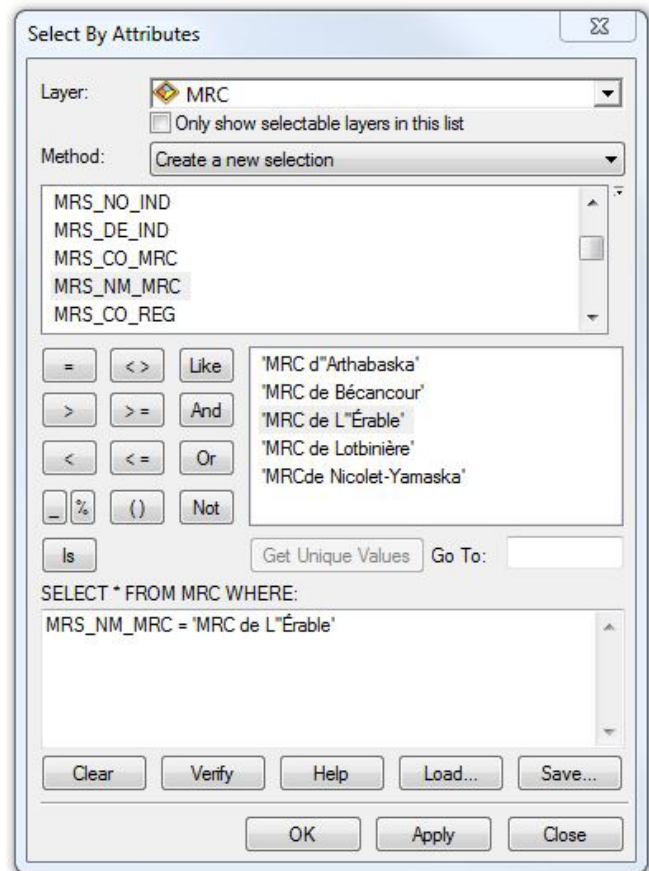


Préparez vos données : découpage de votre territoire

Sélectionnez votre territoire

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

La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC de L'Érable.



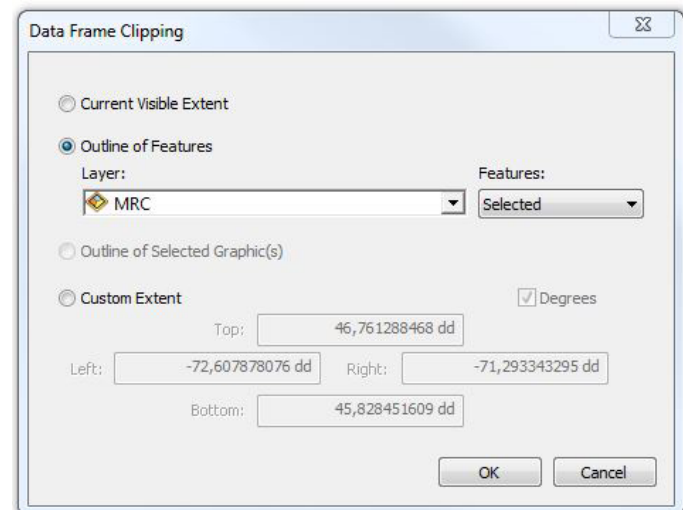
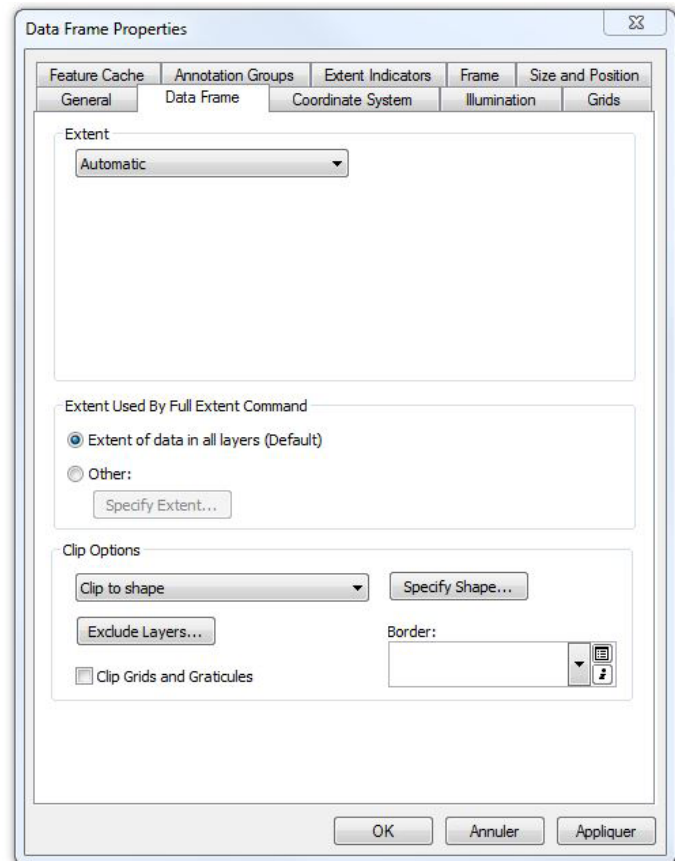


Préparez vos données : découpage de votre territoire

Découpez votre territoire

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

La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la MRC de L'Érable.



3

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

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

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

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

Épaisseur des dépôts meubles

Description

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 32-33, 50-51 et 68-69

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	Épaisseur des dépôts meubles en mètres	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 liv15_interpolation_amont	Forages et affleurements utilisés - amont	Points de stratigraphie utilisés pour l'interpolation de l'épaisseur des dépôts meubles dans la partie amont de la zone d'étude	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
 liv15_interpolation_aval	Forages et affleurements utilisés - aval	Points de stratigraphie utilisés pour l'interpolation de l'épaisseur des dépôts meubles dans la partie aval de la zone d'étude	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 0 - 1	Épaisseur nulle ou très faible 1 m et moins	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible - Pas d'aquitard possible Aquifère de roc fracturé toujours présent
 1 - 3  3 - 6	Épaisseur faible 1 à 5 m	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive possible si des sédiments fins sont présents, mais peu épais (ex. : de 1 à 3 m d'argile ou de 3 à 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 6 - 9  9 - 11	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 11 - 14  14 - 17  17 - 22	Épaisseur élevée 10 à 20 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 10 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 22 - 30  30 - 90	Épaisseur très élevée 20 m et plus	Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et très épais (ex. : + de 20 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments fins sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

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

Où pourraient se situer les **aquitards** suffisamment épais pour causer des conditions de **nappe captive** sur mon territoire? Quelles informations sont manquantes pour confirmer la présence de ces **aquitards** ?

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Contextes hydrogéologiques

Description

Les contextes hydrogéologiques représentent la répartition spatiale de séquences hydrostratigraphiques types de **dépôts meubles**. Ils permettent de visualiser comment sont organisés les unités géologiques au caractère **aquifère**, **aquitard** ou variable en profondeur, et ainsi identifier quelle séquence de **dépôts meubles** peut être rencontrée dans un secteur de la zone d'étude. Dans la zone d'étude, tous les contextes hydrogéologiques des **dépôts meubles** reposent sur le roc fracturé.

Atelier A, cahier du participant, pp. 30-31, 48-49 et 66-67

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 liv18a	Contextes hydrogéologiques	Distribution spatiale des types de contexte stratigraphique	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contexte hydrogéologique	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Granulaire-argile-till-Q.ancien  Granulaire-argile-Q. ancien  Granulaire-till-Q.ancien  Granulaire-Q.ancien  Granulaire-argile-till  Granulaire-till  Granulaire  Till remanié	Sédiments granulaires et till remanié	• Aquifère granulaire potentiel dans la séquence stratigraphique • Possible si les sédiments grossiers sont suffisamment épais (ex. : + de 5 m) • Aquifère d'extension limité
 Argile-till-Q.ancien  Argile-till  Granulaire-argile-till-Q.ancien  Granulaire-argile-Q. ancien  Granulaire-till-Q.ancien  Granulaire-argile-till  Granulaire-till  Till  Till-Q. ancien	Argile et till	• Aquitard potentiel dans la séquence stratigraphique • Peuvent causer des conditions de nappe semi-captive si les sédiments fins sont peu épais (ex. : de 1 à 3 m d'argile ou de 3 à 5 m de till compact) • Peuvent causer des conditions de nappe captive si les sédiments fins sont suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact)
 Argile-till-Q.ancien  Granulaire-argile-till-Q.ancien  Granulaire-argile-Q. ancien  Granulaire-till-Q.ancien  Granulaire-Q.ancien  Till-Q. ancien	Sédiments du Quaternaire ancien	• Aquifère granulaire et/ou aquitard potentiel dans la séquence stratigraphique • Dépend du type de sédiment (non défini par le contexte hydrogéologique)
 Roc	Roc	• Aquifère de roc fracturé toujours présent à la base des séquences stratigraphiques • Présent dans tous les contextes hydrogéologiques • Aquifère d'extension régionale



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Conditions de confinement

Description

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 34-35, 52-53 et 70-71

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 BECA_Indice_confinement	Confinement roc - BEC	Conditions de confinement de l'écoulement souterrain dans le roc	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Degrés de confinement	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Nappe captive	Nappe captive	• Recharge faible • Vulnérabilité faible • Variations du niveau de la nappe faibles* • Eau souterraine possiblement très minéralisée, dont la qualité pourrait être non potable** • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 Nappe semi-captive	Nappe semi-captive	• Recharge faible à moyenne • Vulnérabilité faible à moyenne • Variations du niveau de la nappe moyennes* • Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, probablement de qualité passable** • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 Nappe libre	Nappe libre	• Recharge moyenne à élevée • Vulnérabilité moyenne à élevée • Variations du niveau de la nappe moyennes à élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de qualité probablement acceptable** • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement

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

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



Questions d'interprétation

Où se situent les **nappes captives** sur mon territoire ? Quelles sont les effets sur les autres caractéristiques hydrogéologiques ?

Où se situent les **nappes libres** sur mon territoire ? Quelles sont les effets sur les autres caractéristiques hydrogéologiques ?

Où se situent les **nappes semi-captives** sur mon territoire ? Quelles sont les effets sur les autres caractéristiques hydrogéologiques ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie

Description

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

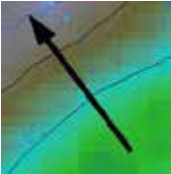
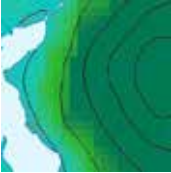
Atelier A, cahier du participant, non considéré

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 BECA_Piezometrie_roc	Piézométrie roc courbes - BEC	Courbes isopièzes de l' aquifère de roc fracturé générées aux 50 mètres, représentant l'élévation en mètres du niveau piézométrique par rapport au niveau de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 BECA_Piezo_roc	Piézométrie roc - BEC	Élévation en mètres du niveau piézométrique de l' aquifère de roc fracturé par rapport au niveau de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 Liv20_points	Points utilisés pour l'interpolation	Points utilisés pour l'interpolation du niveau piézométrique de l'aquifère de roc fracturé	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Niveau piézométrique (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
	Élévation du niveau piézométrique et direction d'écoulement de l' eau souterraine	• Élévation de la piézométrie par rapport au niveau moyen de la mer (différent de la profondeur) • Écoulement de l'eau souterraine depuis les niveaux piézométriques plus élevés (amont) vers les plus faibles (aval) • Direction d'écoulement généralement vers les cours d'eau • Surface piézométrique souvent semblable à la topographie, mais adoucie (plus plane) • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
	Forte pente de la surface piézométrique	• Isopièzes rapprochés • Écoulement souterrain rapide si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée • Temps de résidence court de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est élevée
	Faible pente de la surface piézométrique	• Isopièzes espacés • Écoulement souterrain lent si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible • Temps de résidence long de l'eau souterraine si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible • Eau souterraine possiblement fortement minéralisée, de mauvaise qualité possible, si la conductivité hydraulique de l'aquifère est faible



Questions d'interprétation

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Recharge et résurgence

Description

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

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

Atelier A,
cahier du
participant,
pp. 36-37,
54-55 et 72-73

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 BECA_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - BEC</i>	Recharge moyenne annuelle en millimètres par an pour l' aquifère de roc fracturé pour la période de 1990 à 2010	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 BECA_Recharge_200mm_roc	<i>Recharge préférentielle - BEC</i>	Zones où l' aquifère de roc fracturé reçoit une recharge supérieure à 200 mm/an	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 BECA_Resurgences	<i>Résurgences - BEC</i>	Résurgences de l' eau souterraine , à l'endroit des cours d'eau ou encore d'une source	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 BECA_Tourbieres	<i>Résurgences tourbières - BEC</i>	Portions de certaines tourbières cartographiées comme zones de résurgence	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Recharge (mm/an)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 0 - 100	Recharge nulle ou faible 0 à 100 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine très lent Vulnérabilité probablement faible Eau souterraine possiblement très minéralisée, de mauvaise qualité potentielle - Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 100 - 200	Recharge moyenne 100 à 200 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine peu rapide Vulnérabilité probablement moyenne Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle passable - Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 200 - 300  300 et + Recharge préférentielle	Recharge élevée et préférentielle 200 mm/an et plus	- Présence probable de dépôts meubles perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle - Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 Résurgences en cours d'eau ou source  Résurgence en tourbières	Zones de résurgence	- Pas de recharge - Mélange d'eau souterraine dans l'eau de surface - Assure le débit de base des cours d'eau - Provoque parfois ou maintient des milieux humides



Questions d'interprétation

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

Où se situent les zones de renouvellement très lent de l'eau souterraine sur mon territoire ? Quelles en sont les conséquences probables sur la qualité de mon eau souterraine ?

Dans quels types de milieu fait préférentiellement **résurgence** l'eau souterraine sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Vulnérabilité

Description

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 38-39, 56-57 et 74-75

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	Vulnérabilité de l'aquifère de roc fracturé selon la méthode DRASTIC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 <50 (très faible)  51 - 75 (faible)	Vulnérabilité faible indice de 75 et moins*	• Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe élevée • (R) Recharge faible • (A) Aquifère peu perméable • (S) Sol en surface peu perméable • (T) Forte pente du sol • (I) Zone vadose peu perméable • (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 76 - 100 (moyen)  101 - 125 (significatif)	Vulnérabilité moyenne indice de 75 à 125	• Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe moyenne • (R) Recharge moyenne • (A) Aquifère modérément perméable • (S) Sol en surface modérément perméable • (T) Pente du sol moyenne • (I) Zone vadose modérément perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement
 126 - 150 (élevé)  >150 (très élevé)	Vulnérabilité élevée indice de plus de 125*	• Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe faible • (R) Recharge élevée • (A) Aquifère très perméable • (S) Sol en surface très perméable • (T) Faible pente du sol • (I) Zone vadose très perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral • Déterminé pour l'aquifère de roc fracturé seulement

* Limites différentes de celles 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. 40-43, 58-61 et 76-79

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 liv24	Dépassements CMA	Dépassements des normes pour les concentrations maximales acceptables de l'eau potable	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb
 liv25	Dépassements OE	Dépassement des critères pour les objectifs esthétiques de l'eau potable	 UQAM_Hydrogeo_BEC.gdb

Interprétation générale des couches d'informations

Légende : Dépassement des critères de qualité de l'eau	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Roc - dépassement	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA)	• Eau souterraine de mauvaise qualité • Non potable • Risque pour la santé
 Granulaire - dépassement	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE)	• Eau souterraine de qualité passable • Potable • Avec désagrément esthétique (couleur, odeur, goût), mais sans danger pour la santé
 Roc - aucun dépassement	Aucun dépassement	• Eau souterraine de bonne qualité • Potable • Sans désagrément esthétique et risque pour la santé
 Granulaire - aucun dépassement		
 Milieu inconnu - aucun dépassement		



Questions d'interprétation

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

Quels sont les paramètres pour lesquels les **objectifs esthétiques** sont souvent dépassés sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Les autres résultats du PACES

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
Topographie	Variation de l'élévation de la surface du sol.	À l'échelle régionale, la topographie influence le climat, les directions d'écoulement des eaux souterraines et les zones de recharge 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 municipales et toponymie	Limites de la zone d'étude du PACES, des MRC et municipalités. Autoroutes, routes, rues et chemins de fer. Toponymie des lieux habités.	Permet de localiser les données acquises sur l' eau souterraine et les points d'intérêt avoisinants.	s.o.
Modèle altimétrique numérique	Voir Topographie		
Pente du sol	Pente de la surface du sol exprimée en degrés.	La pente du sol influence le bilan hydrique, dont la recharge des aquifères , et la vulnérabilité .	Une pente forte signifie plus de ruissellement à la surface du sol, moins d'infiltration d'eau dans le sol pour recharger les aquifères et une vulnérabilité potentiellement plus faible.
Hydrographie	Distribution spatiale des cours d'eau (ruisseaux, rivières et fleuve) et des plans d'eau (lacs).	Les cours d'eau et les plans d'eau de surface correspondent habituellement à des zones d'échange entre les eaux de surface et souterraines. À ces endroits, l' eau souterraine peut s'écouler vers les eaux de surface et ainsi les réalimenter, ou l'écoulement peut être en direction inverse, des eaux de surface vers les eaux souterraines.	Au Québec, ce sont les eaux souterraines qui alimentent les cours d'eau et les plans d'eau, et non le contraire.
Limites des bassins versants	Territoire délimité par les crêtes topographiques à l'intérieur desquelles 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	Les types de peuplement forestier et les types de cultures agricoles.	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 .

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
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 limite la recharge et diminue la vulnérabilité des aquifères .
Géologie du Quaternaire	Distribution spatiale des dépôts meubles en surface.	Selon leur nature, les dépôts meubles ont des propriétés hydrauliques variables qui influencent l'écoulement de l' eau souterraine .	Les dépôts meubles peu perméables, comme de l' argile , confinent les aquifères sous-jacents, limitent leur recharge et diminuent leur 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 de la superposition des différentes couches géologiques (dépôts meubles et roc) rencontrées en profondeur.	Permet d'apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur des unités géologiques ayant des propriétés hydrauliques similaires.	Permet la localisation des unités 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'élévation de la surface du roc.	La topographie du roc sert à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peut s'accumuler une grande quantité de dépôts meubles .	Potentiel aquifère possible si les sédiments accumulés dans les dépressions du roc sont grossiers (sables et graviers).
Propriétés hydrauliques	Paramètres permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité , conductivité hydraulique).	Permet de déterminer le caractère aquifère ou aquitard du milieu.	La perméabilité diminue généralement avec la profondeur dans le roc, car la fracturation du roc devient moins en moins importante avec la profondeur.
Densité des activités anthropiques	Densité des activités potentiellement polluantes, pondérée par le poids de l'impact de ces activités.	Fait ressortir les tendances régionales de la pression que ces activités pourraient exercer sur la qualité de l' eau souterraine .	Les activités polluantes devraient être évitées le plus possible dans les zones de recharge et de vulnérabilité élevée.
Utilisation de l'eau souterraine	Volumes d'eau consommée annuellement pour chaque MRC par type d'eau (de surface ou souterraine) et par type d'utilisation (résidentielle, industrielle/commerciale/institutionnelle et agricole).	Utile pour la gestion durable de l' eau souterraine et pour estimer les besoins futurs.	Les interventions pour l'augmentation des prélèvements et la protection de l' eau souterraine devraient refléter l'utilisation de la ressource.
Stations météorologiques, hydrométriques et piézométriques	Répartition spatiale des stations de mesure permanentes pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie (niveau de l' eau souterraine).	Permet de visualiser la disponibilité de ce type de données utiles pour les études hydrogéologiques.	Permet par exemple de voir où des mesures sont prises pour pouvoir suivre les débits des rivières et les niveaux d' eau souterraine dans le temps pour étudier les changements.

4

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

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-ménings 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

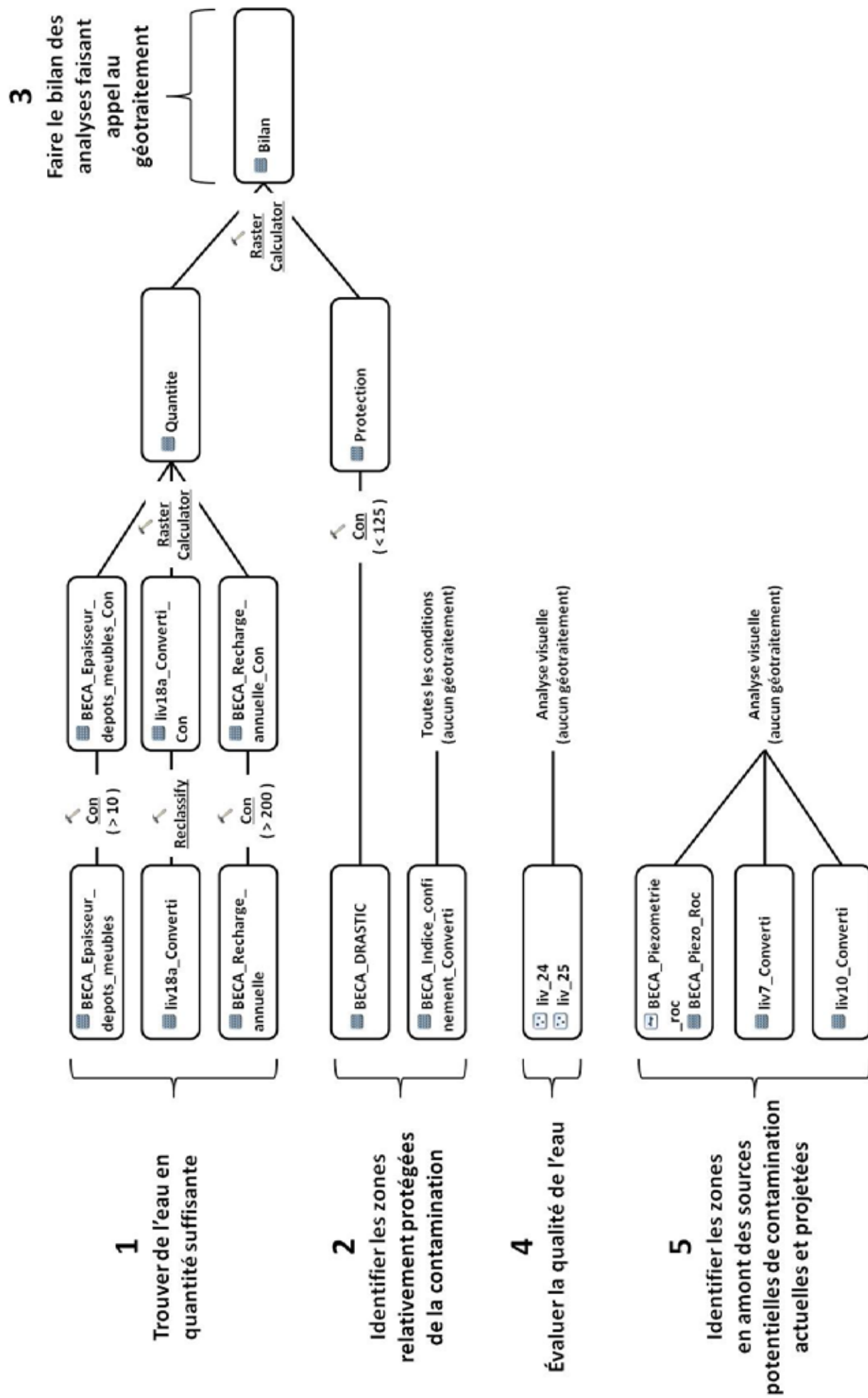
Question

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 projetées

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - BEC</i>	- Épaisseur élevée : 10 à 20 m - Épaisseur très élevée : 20 m et plus
	Contextes hydrogéologiques	 liv18a_Converti	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	- Sédiments granulaires et till remanié - Sédiments du Quaternaire ancien
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - BEC</i>	Recharge élevée et préférentielle : 200 mm/an et plus

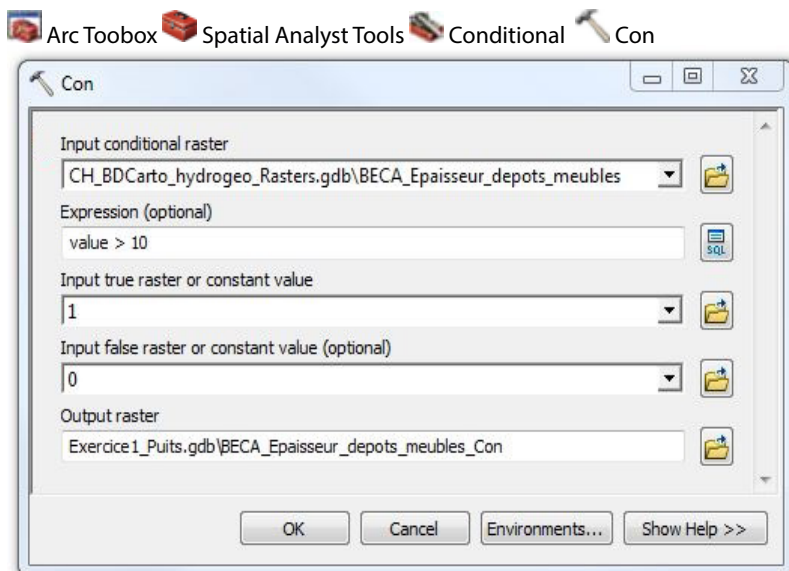


Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

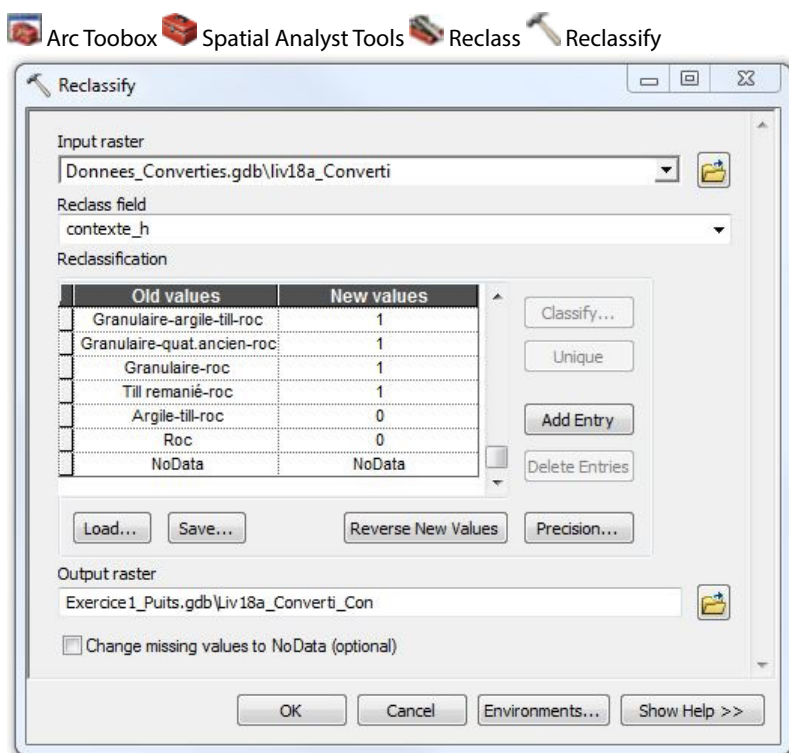
Les cellules de **BECA_Epaisseur_depots_meubles_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de **Liv18a_Converti** (*alias : Contextes hydrogéologiques - Converti*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

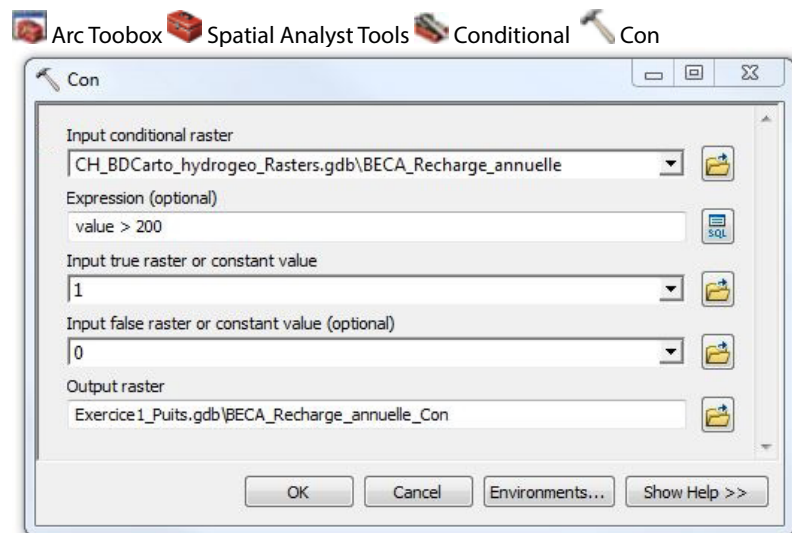
Les cellules de **Liv18a_Converti_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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



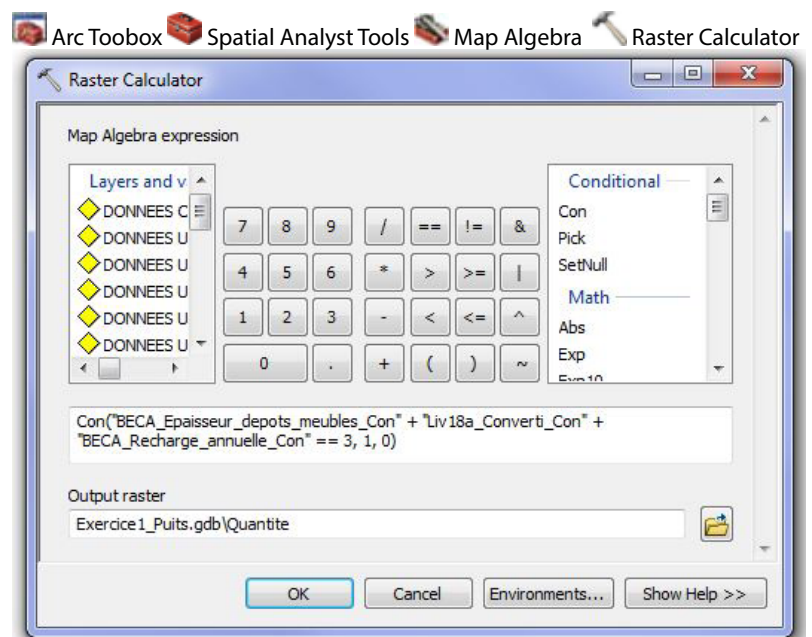
BILAN

Combiner les résultats des couches **BECA_Epaisseur_depots_meubles_Con**, **Liv18a_Converti_Con** et **BECA_Recharge_annuelle_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

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

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



2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	- Vulnérabilité faible : indice de 75 et moins - Vulnérabilité moyenne : indice entre 75 et 125
Toutes les conditions de confinement	Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	Toutes les conditions de confinement

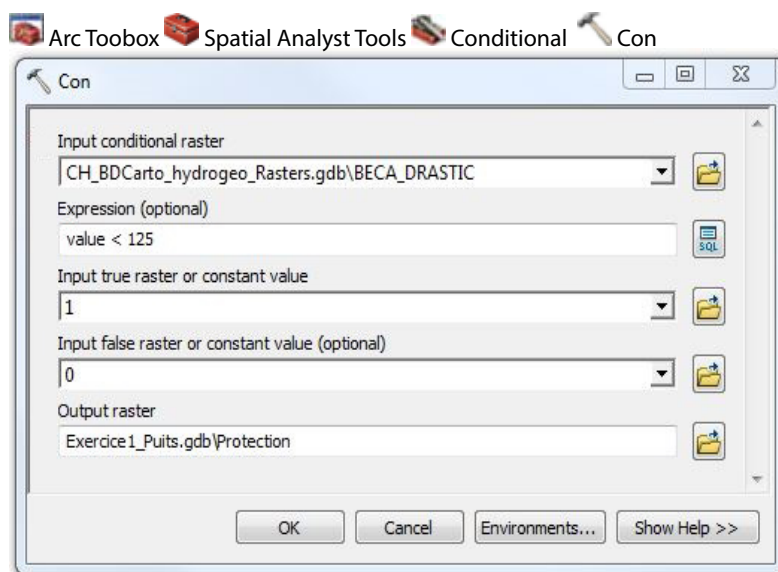


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

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

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



CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

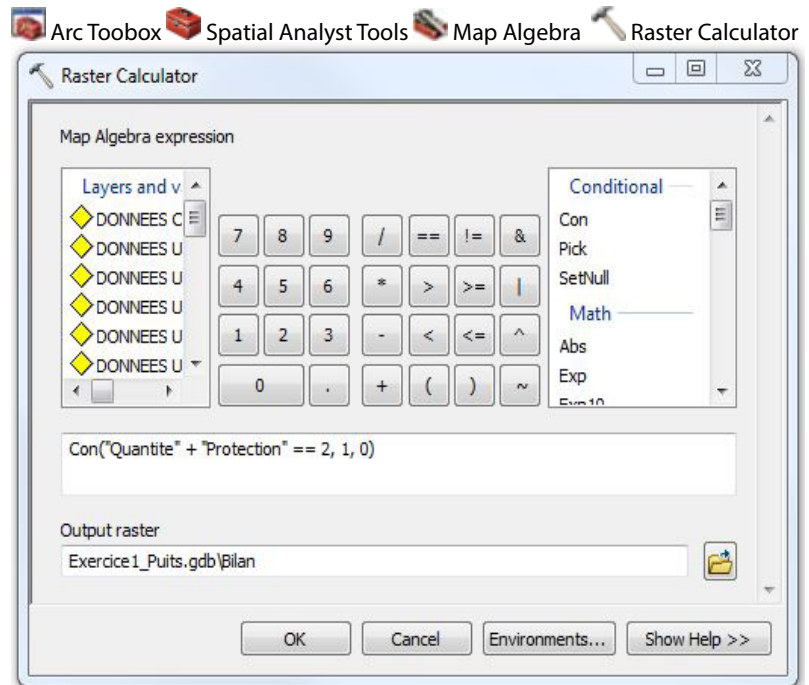


Procédure étape par étape

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

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

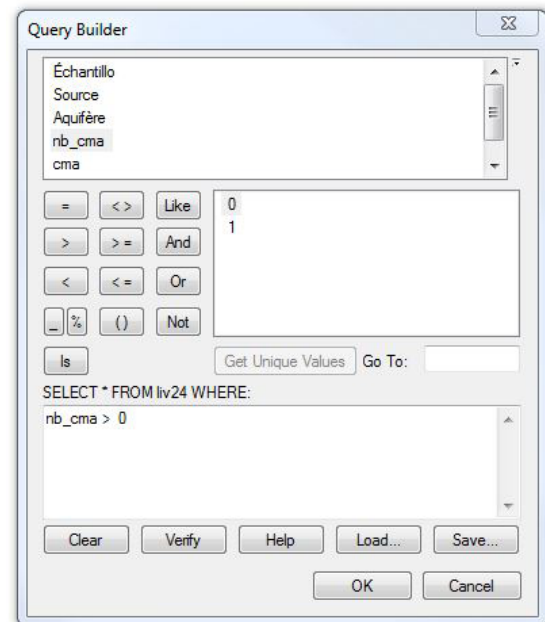
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Eau de qualité moyenne à bonne	Qualité de l'eau	 liv24	Dépassements CMA	Aucun dépassement
		 liv25	Dépassements OE	- Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE) possible - Aucun dépassement



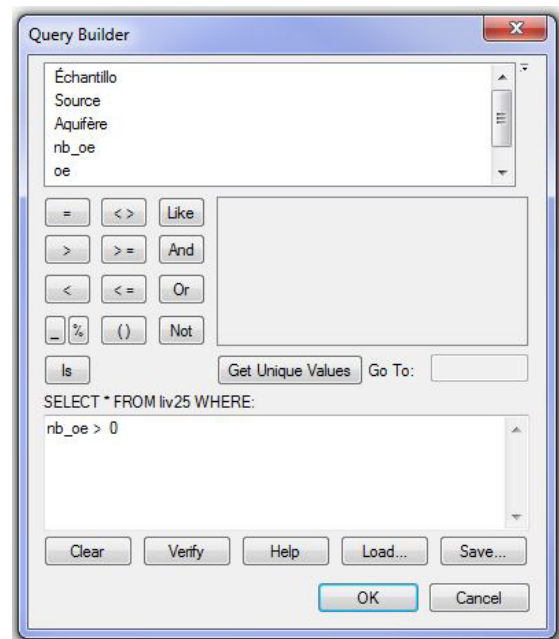
Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement de concentration maximale acceptable (CMA), afficher la couche  **liv24** (*alias : Dépassements CMA*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement de CMA, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.



Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement d'objectif esthétique (OE), afficher la couche  **liv25** (*alias : Dépassements OE*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement d'OE, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.



La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de CMA et d'OE. La qualité est potentiellement passable si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'OE, mais sans dépassements de CMA.

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Afin de prévenir la contamination, la recharge de l'eau qui atteint le puits ou l'aquifère ne doit pas se faire à un endroit où il y a des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer pour déterminer le type d'activités humaines exercées en amont du puits ou de l'aquifère.	- Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont de l'aquifère et qualifier les impacts potentiels. - 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. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.

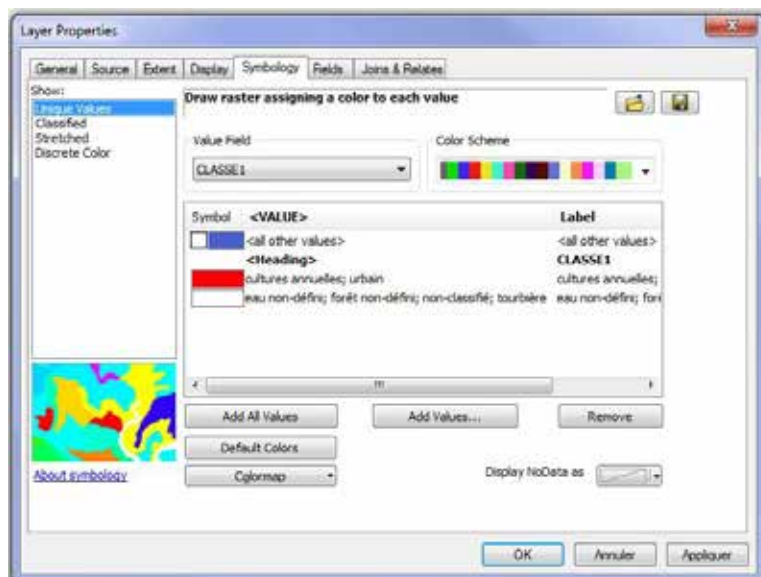
Les critères d'analyse proposés pour le traitement des données géospatiales

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	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  liv7_Converti  liv10_Converti	<i>Piézométrie roc courbes - BEC Piézométrie roc - BEC</i> <i>Occupation du sol - Converti</i> <i>Affectation du territoire - Converti</i>	En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau

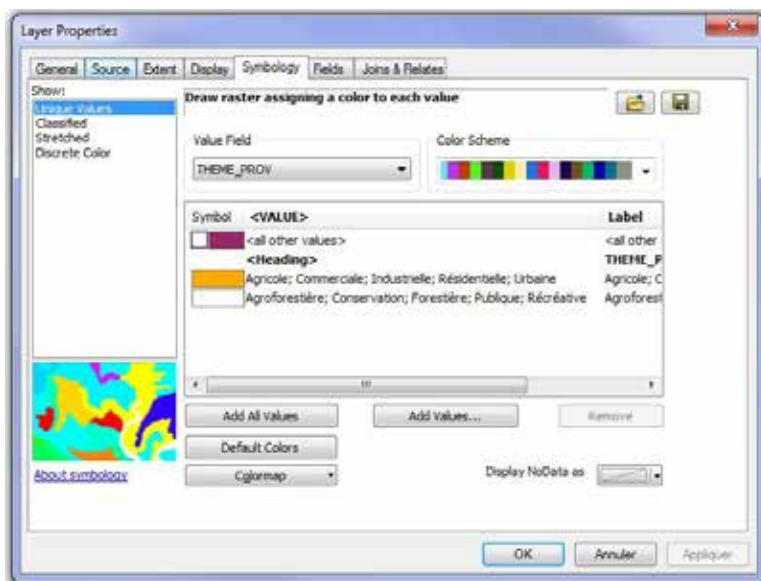
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

La couche  **Liv7_Converti** (*alias : Occupation du sol – Converti*) permet d'identifier certaines sources potentielles de contamination actuelles. Si souhaité, pour n'afficher que les occupations du sol correspondantes à des activités humaines actuelles pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine, il est possible de faire le regroupement de valeurs ci-contre sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties.



La couche  **Liv10_Converti** (*alias : Affectation du territoire - Converti*) permet d'identifier certaines sources potentielles de contamination projetées. Si souhaité, pour n'afficher que les affectations du territoire correspondantes à des activités humaines projetées pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine, il est possible de faire le regroupement de valeurs ci-contre sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties.



Dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie  **BECA_Piezometrie_roc** (*alias : Piézométrie roc courbes - BEC*) et  **BECA_Piezo_roc** (*alias : Piézométrie roc – BEC*). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'activités humaines actuelles ou projetées pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	
			Contextes hydrogéologiques	 Liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	
			Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	
			Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 liv24  liv25	Dépassements CMA Dépassements OE	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et projetées			Piézométrie	 BECA_Piezometrie_roc	Piézométrie roc courbes - BEC	
				 BECA_Piezo_roc	Piézométrie roc – BEC	
				 Liv7_Converti	Occupation du sol – Converti	
				 Liv10_Converti	Affectation du territoire - Converti	

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, mais sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre une procédure de géotraitement qu'il est possible de faire.

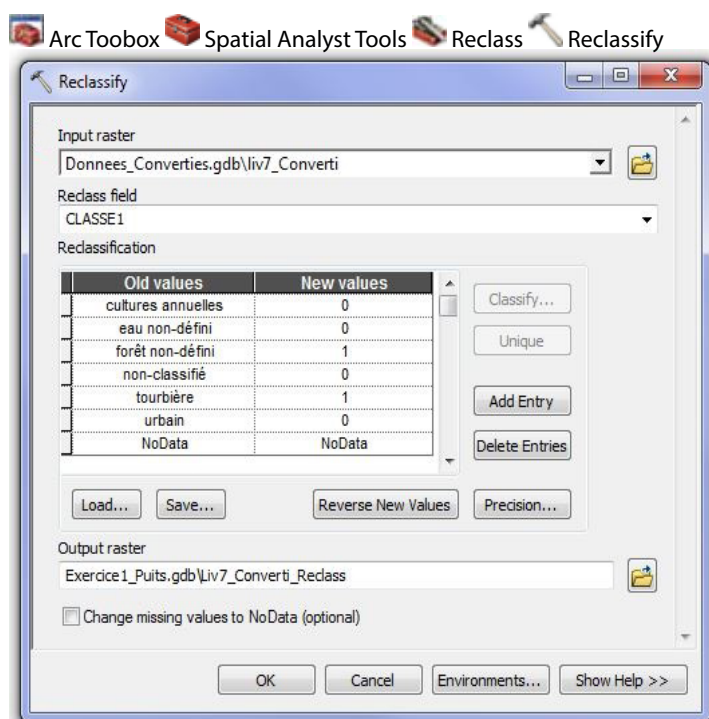


Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Liv7_Converti** (alias : Occupation du sol – Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

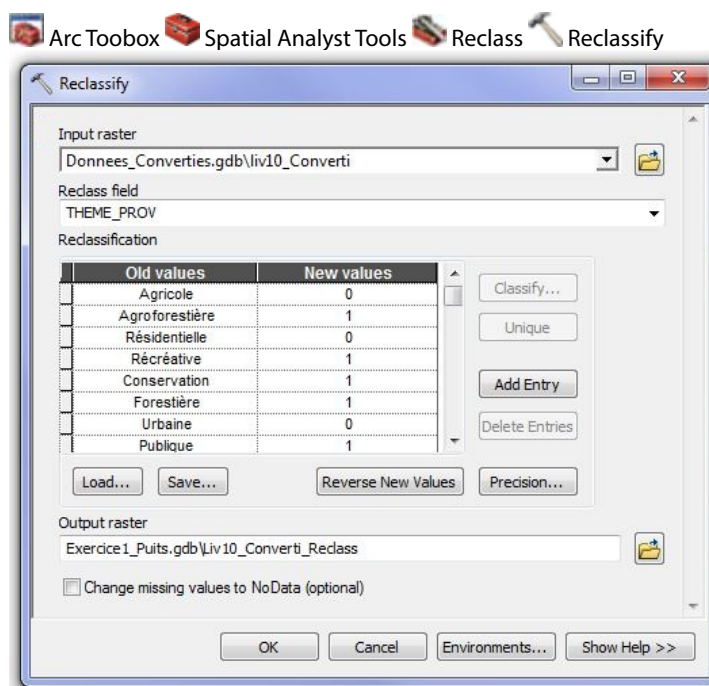
Les cellules de **Liv7_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Liv10_Converti** (alias : Affectation du territoire – Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

Les cellules de **Liv10_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

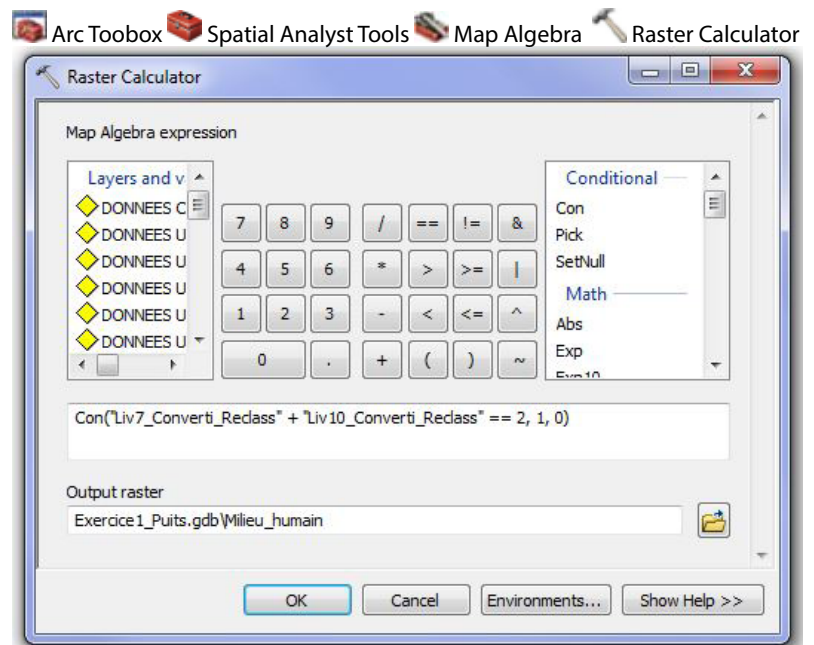


BILAN

Combiner les résultats des couches

Liv7_Converti_Reclass et **Liv10_Converti_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

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

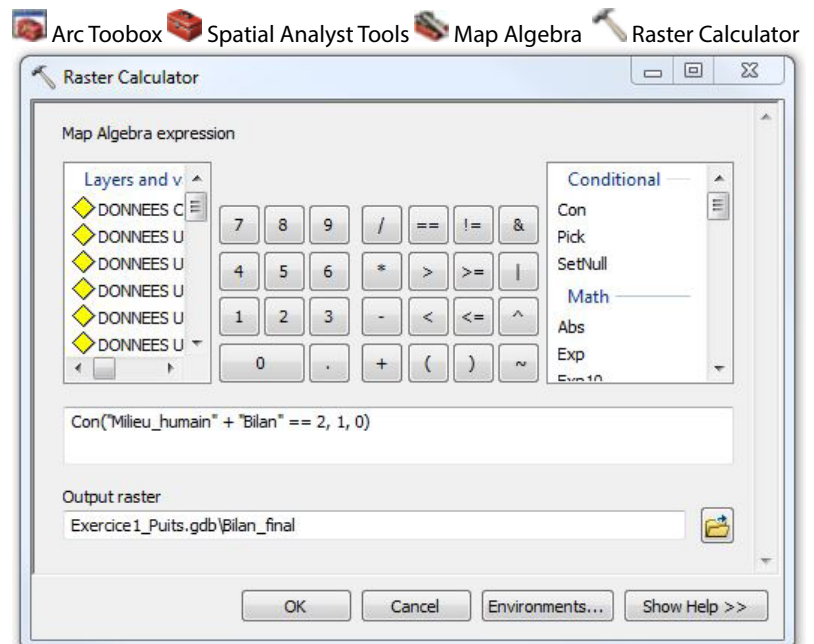


BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches **Milieu_humain** et **Bilan** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de **Bilan_final** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où les aquifères pourraient fournir de l'eau souterraine en quantité suffisante, seraient relativement protégés de la contamination et où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

Cette couche constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert.



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-ménings des autres sous-groupes qui répondent aux deux autres enjeux.

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

Activité 2 – Application d'une procédure d'analyse spatiale sur son territoire d'action

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE	LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

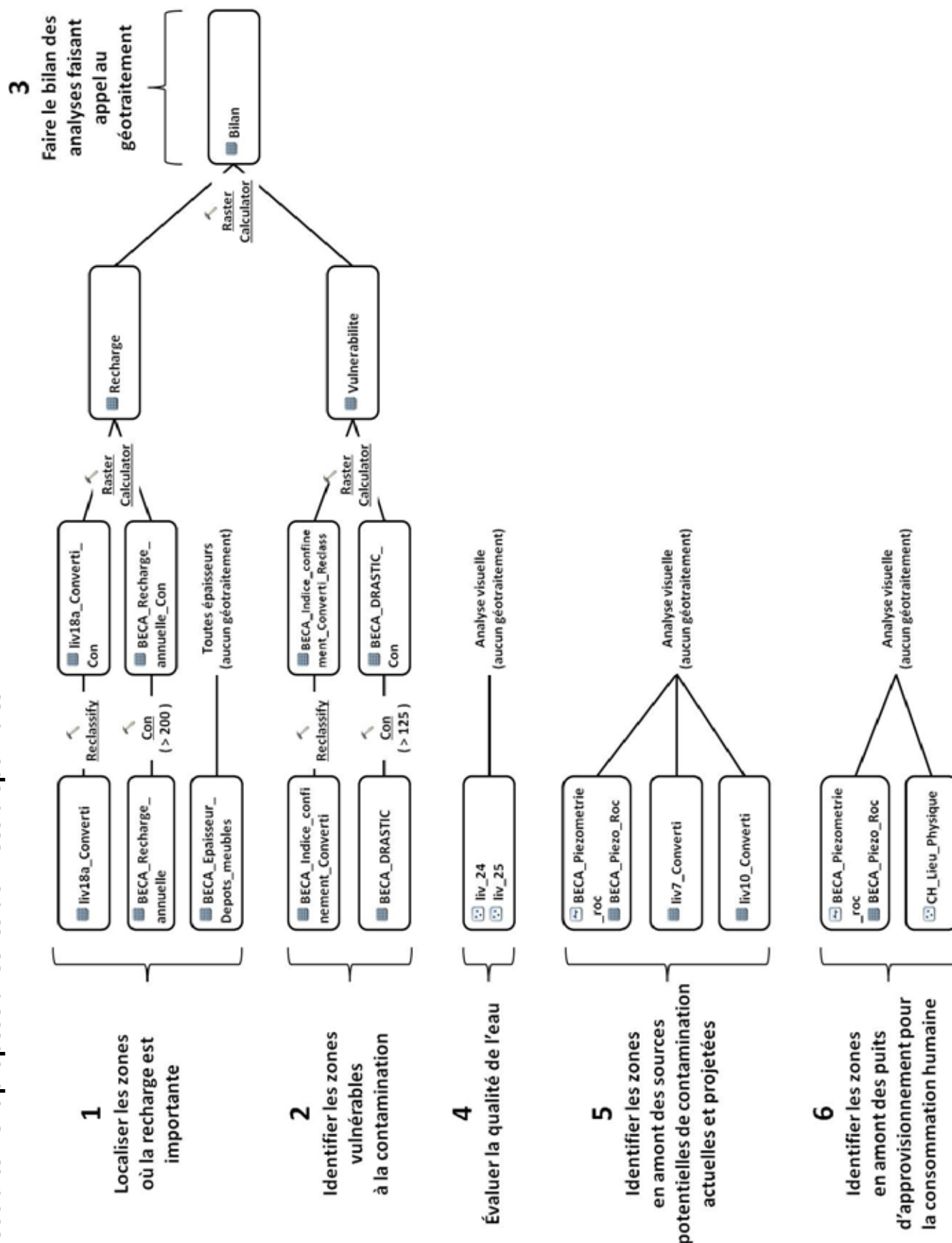
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Absence d'aquitard	Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltre et atteint ces aquifères.	- L'épaisseur de l'argile constituant les aquitards devrait être considérée, car, par exemple, une couverture de moins de 3 m d'argile ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et les contaminants. - Le till compact, bien qu'il puisse parfois constituer un aquitard, n'est pas considéré par ce critère, car son épaisseur doit être supérieure à 5 m pour confiner les aquifères sous-jacents, ce qui est relativement peu fréquent. - Les sédiments du Quaternaire ancien sont aussi exclus de ce critère, car les types de sédiments, et par le fait même leur caractère aquifère ou aquitard, ne sont pas définis par les contextes hydrogéologiques.
Taux de recharge annuelle important	Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection.	- Le taux de recharge peut changer d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques ou des changements de l'occupation du sol. - La recharge varie au cours de l'année. Elle est la plus faible, voire nulle, en hiver lorsqu'il y a peu de précipitations liquides et que le sol est gelé, et la plus élevée au printemps, lors de la fonte des neiges. - Bien que la recharge ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la recharge dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux, ce qui est exclu par le critère précédent.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	

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

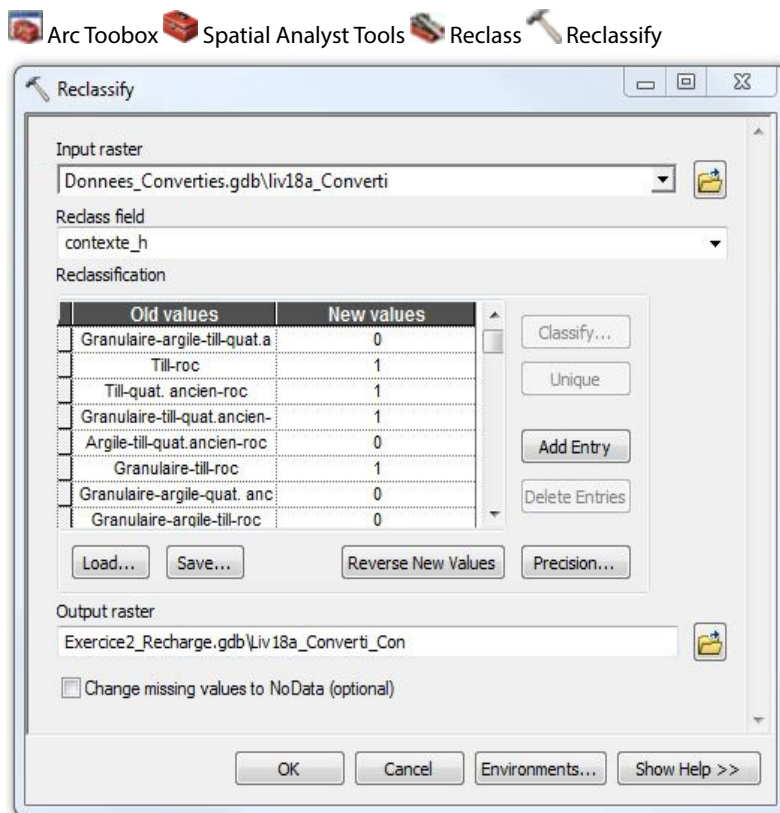
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Absence d'aquitard	Contextes hydrogéologiques	 liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	Absence d'argile
Taux de recharge annuelle important	Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	- Recharge élevée et préférentielle : 200 mm/an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	Toutes épaisseurs

Procédure étape par étape

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de  **Liv18a_Converti** (*alias : Contextes hydrogéologiques - Converti*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

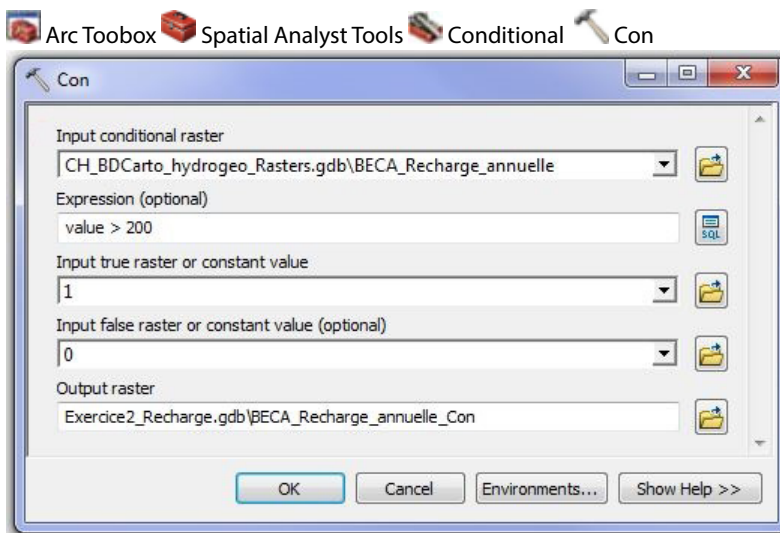
Les cellules de  **Liv18a_Converti_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

Les cellules de  **BECA_Recharge_annuelle_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.

BILAN

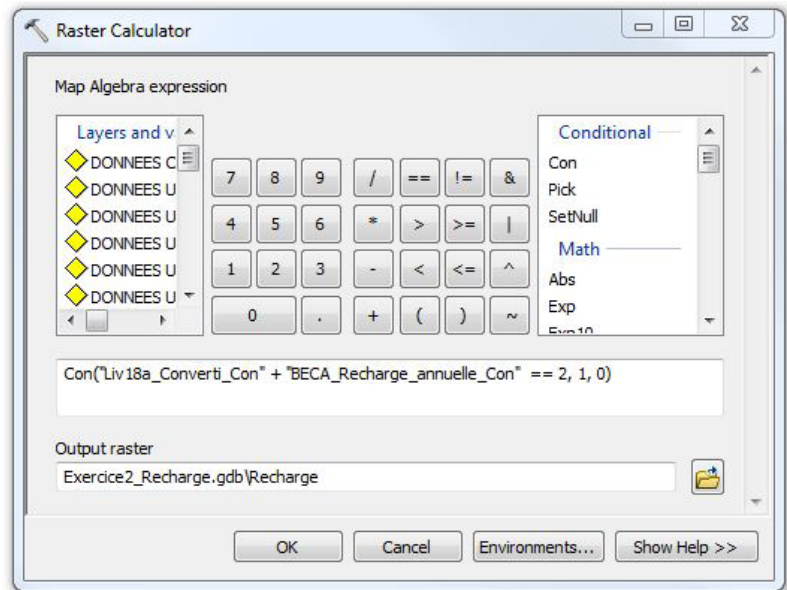
Combiner les couches  **Liv18a_Converti_Con** et  **BECA_Recharge_annuelle_Con** en effectuant le calcul conditionnel ci-contre.

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

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Map Algebra  Raster Calculator



2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère à nappe libre	La recharge est de moyenne à élevée dans les aquifères à nappe libre.	- Puisque les aquifères à nappe captive et semi-captives sont moins susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, il est moins prioritaire de les protéger. - Bien que les conditions de confinement ne soient déterminées que pour l'aquifère de roc fracturé, si ce dernier est à nappe libre, les aquifères de dépôts meubles sus-jacents sont forcément à nappe libre.
Aquifère vulnérable	- Il faut consacrer les efforts à protéger les aquifères susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, et non ceux qui sont déjà protégés naturellement. - Les aquifères à nappe libre sont plus vulnérables.	- 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. - Bien que la vulnérabilité ne soit évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la vulnérabilité des aquifères de dépôts meubles sus-jacents lorsque l'aquifère de roc fracturé est en condition de nappe libre.

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

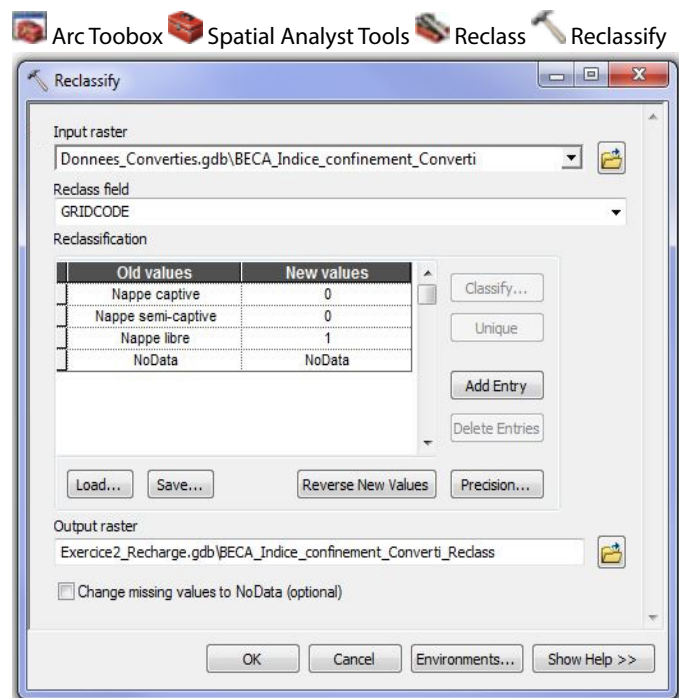
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquifère à nappe libre	Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	Nappe libre
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	Vulnérabilité élevée : indice de plus de 125

Procédure étape par étape

CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

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

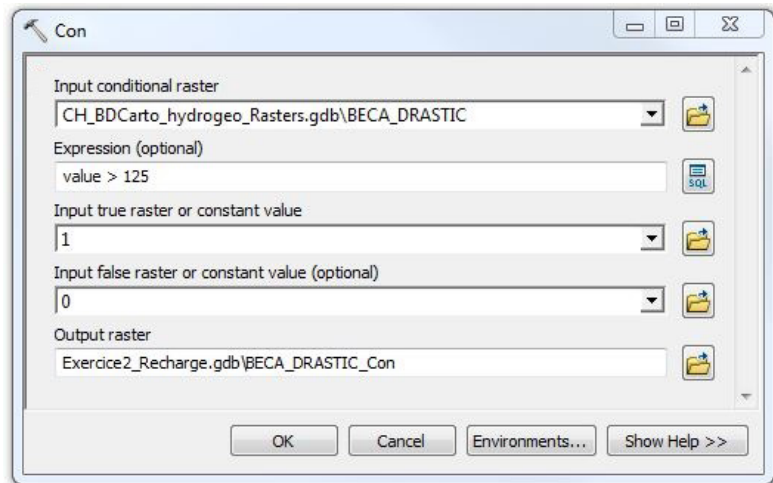


VULNÉRABILITÉ

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

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con

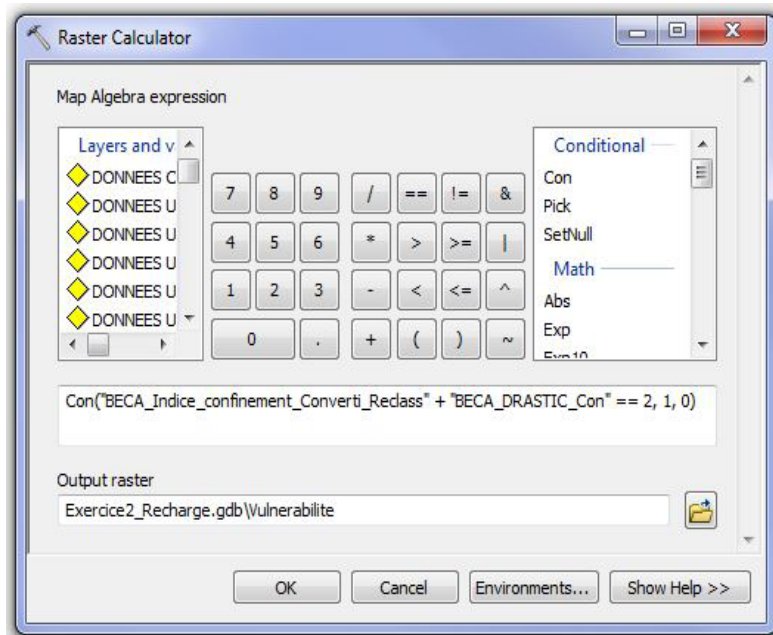


BILAN

Combiner les résultats des couches **BECA_Indice_confinement_Converti_Reclass** et **BECA_DRASTIC_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Map Algebra Raster Calculator



3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

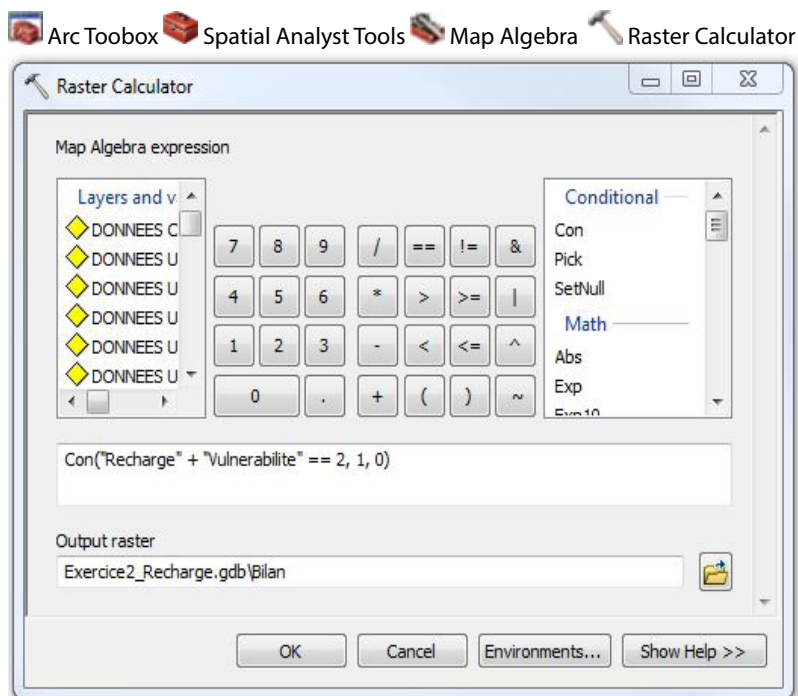


Procédure étape par étape

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

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité passable à bonne	• L'eau doit être de bonne qualité naturelle pour considérer sa protection. La protection d'une eau de mauvaise qualité naturelle n'est pas prioritaire.	• 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

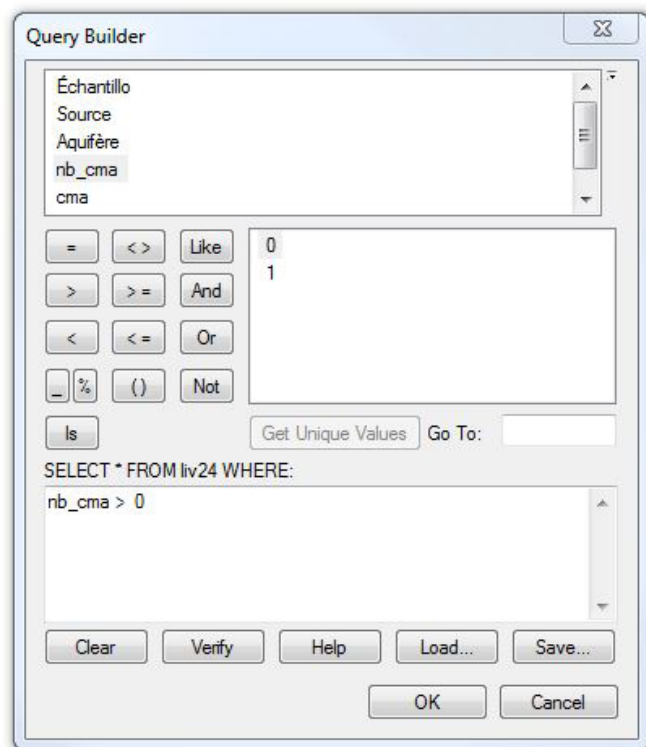
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Eau de qualité moyenne à bonne	Qualité de l'eau	 liv24	Dépassements CMA	• Aucun dépassement
		 liv25	Dépassements OE	• Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE) possible • Aucun dépassement



Procédure étape par étape

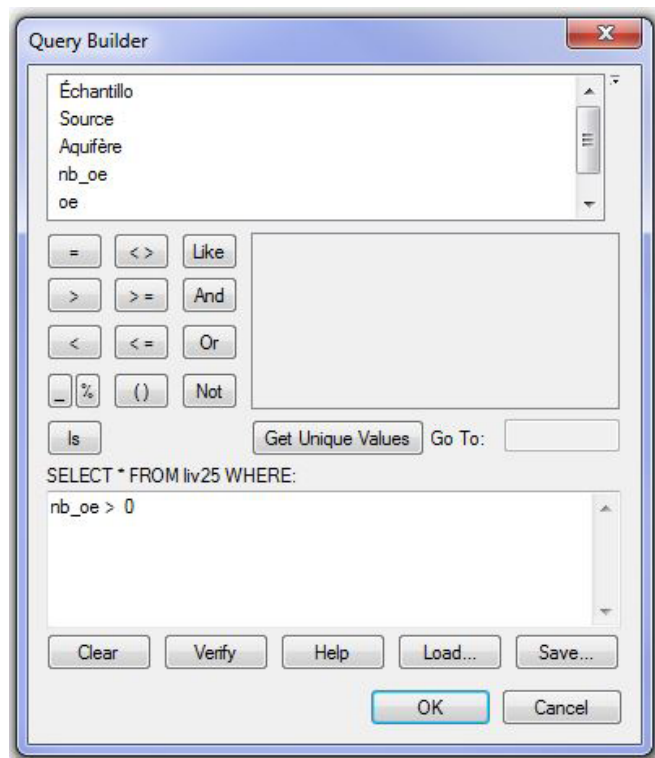
QUALITÉ DE L'EAU

Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement de concentration maximale acceptable (CMA), afficher la couche  **liv24** (*alias : Dépassements CMA*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement de CMA, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.



Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement d'objectif esthétique (OE), afficher la couche  **liv25** (*alias : Dépassements OE*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement d'OE, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.

La qualité de l'eau des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement bonne si on n'y retrouve aucun puits avec dépassements de CMA et d'OE. La qualité est potentiellement passable si on y retrouve au moins un puits avec dépassements d'OE, mais sans dépassements de CMA.



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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Afin de prévenir la contamination, la zone de recharge à protéger doit être située en amont des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer.	- Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.

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

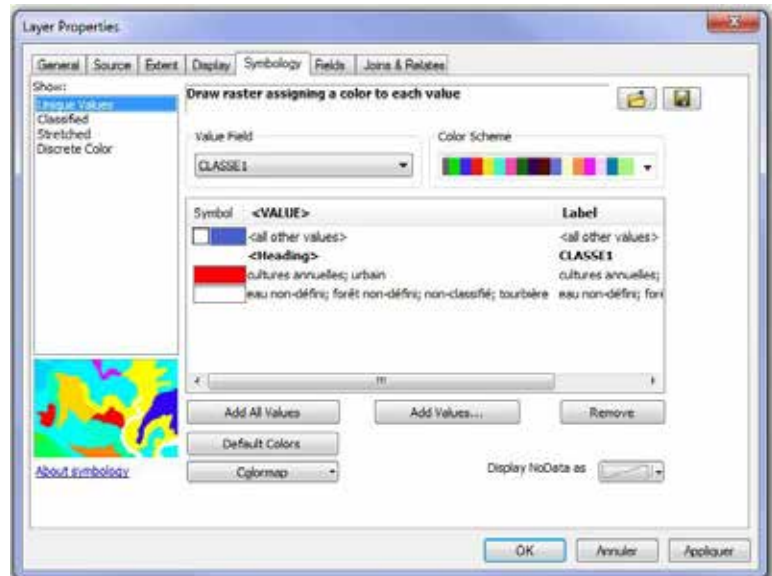
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  liv7_Converti  liv10_Converti	<i>Piézométrie roc courbes - BEC Piézométrie roc - BEC</i> <i>Occupation du sol - Converti</i> <i>Affectation du territoire - Converti</i>	En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau



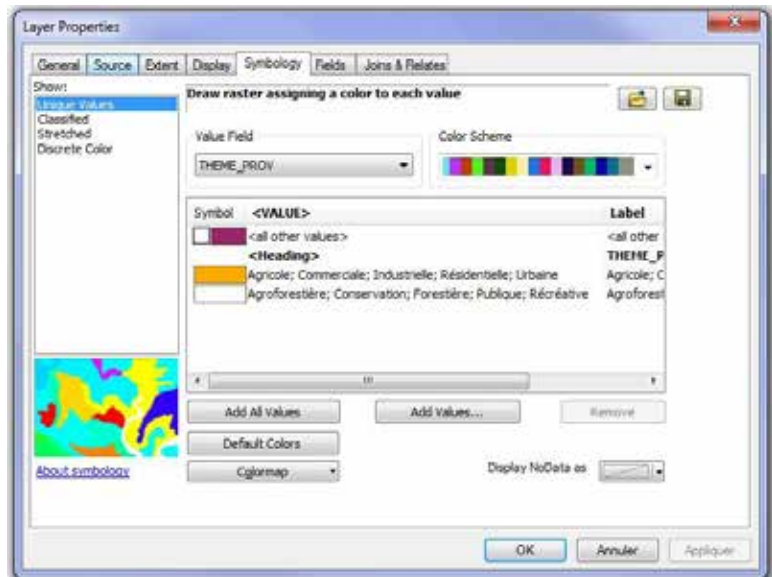
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

La couche **Liv7_Converti** (*alias : Occupation du sol – Converti*) permet d'identifier certaines sources potentielles de contamination actuelles. Si souhaité, pour n'afficher que les occupations du sol correspondantes à des activités humaines actuelles pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine, il est possible de faire le regroupement de valeurs ci-contre sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**.



La couche **Liv10_Converti** (*alias : Affectation du territoire - Converti*) permet d'identifier certaines sources potentielles de contamination projetées. Si souhaité, pour n'afficher que les affectations du territoire correspondantes à des activités humaines projetées pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine, il est possible de faire le regroupement de valeurs ci-contre sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**.



Dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie **BECA_Piezometrie_roc** (*alias : Piézométrie roc courbes - BEC*) et **BECA_Piezo_roc** (*alias : Piézométrie roc – BEC*). Les aquifères des zones de **Bilan** localisées en aval d'activités humaines actuelles ou projetées pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine 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	Afin de favoriser la protection de zones de recharge d'aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, les zones protégées pourraient être situées en amont des puits d'alimentation en eau potable.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés, et plus l'intérêt de protéger la zone de recharge de l'aquifère exploité est élevé. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.

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	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  CH_Lieu_physique	<i>Piézométrie roc courbes - BEC</i> <i>Piézométrie roc - BEC</i> <i>Lieux physiques</i>	En amont des puits d'alimentation



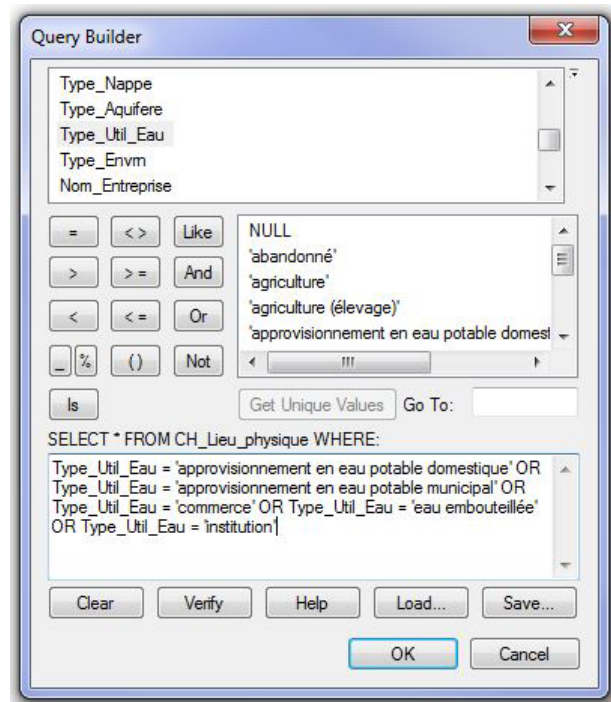
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour n'afficher que les puits d'alimentation pour la consommation humaine, dans la couche **CH_Lieu_physique** (*alias : Lieux physiques*), faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue **Query Builder** accessible sous l'onglet **Definition Query** de la fenêtre **Layer Properties**.

Dans le projet mxd, superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie **BECA_Piezometrie_roc** (*alias : Piézométrie roc courbes - BEC*) et **BECA_Piezo_roc** (*alias : Piézométrie roc – BEC*), 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 ayant une valeur de 1 dans la couche **Bilan** serait potentiellement élevé si on y retrouve un nombre significatif de puits d'approvisionnement en aval de celles-ci.



Préparer la présentation de vos résultats

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Localiser les zones où la recharge est importante			Contextes hydrogéologiques	 Liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	
			Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	
			Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	
			Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 liv24  liv25	Dépassements CMA Dépassements OE	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et projetées			Piézométrie	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  liv7_Converti  liv10_Converti	Piézométrie roc courbes - BEC Piézométrie roc – BEC Occupation du sol – Converti Affectation du territoire - Converti	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  CH_Lieu_physique	Piézométrie roc courbes - BEC Piézométrie roc – BEC Lieux physiques	

Intégration des connaissances du milieu humain

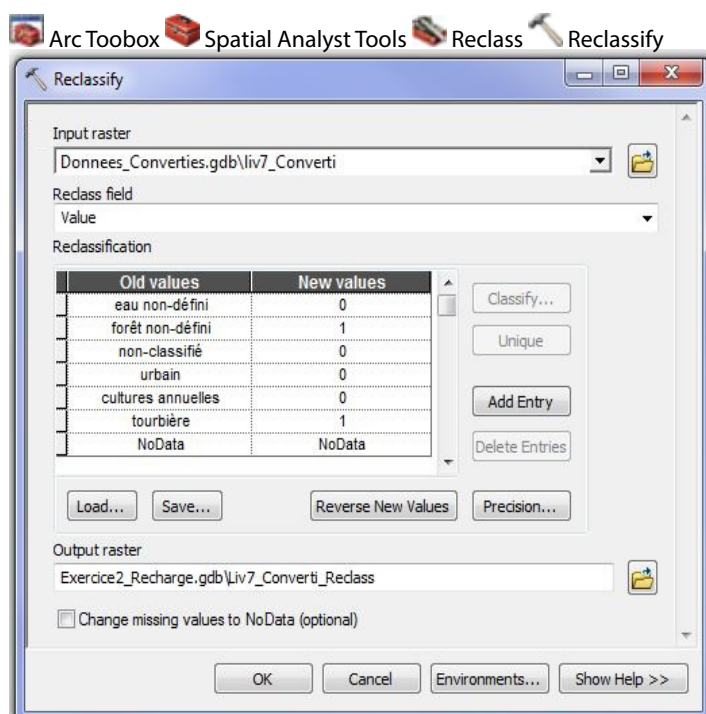
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones à protéger en priorité pour la recharge (ex. : zone de conservation, les propriétaires terriens, zonage agricole, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter 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, mais sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre une procédure de géotraitement qu'il est possible de faire.

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de  **Liv7_Converti** (alias : Occupation du sol – Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

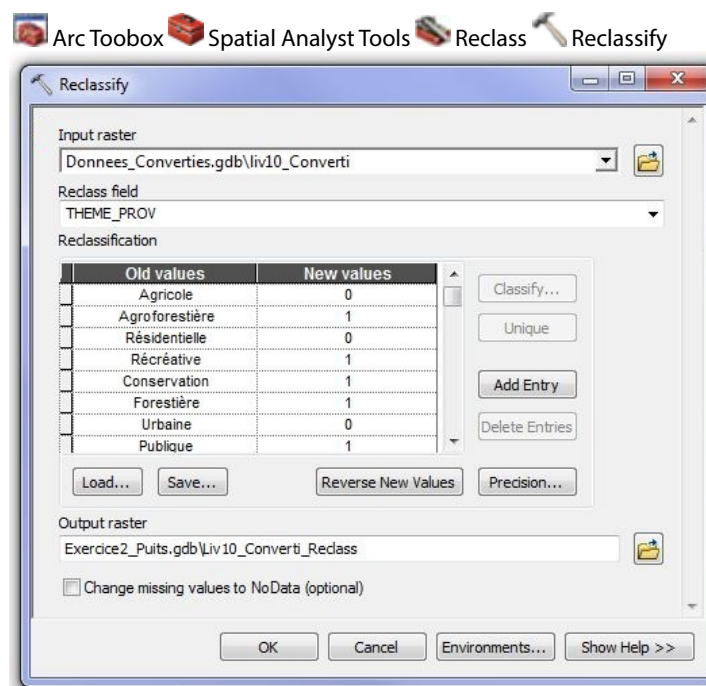
Les cellules de  **Liv7_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de  **Liv10_Converti** (alias : Affectation du territoire – Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **Liv10_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

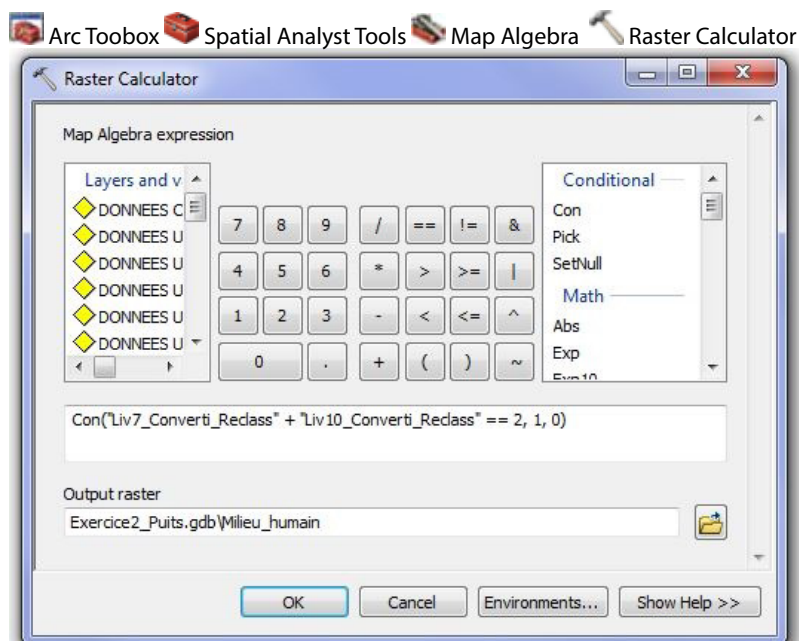


BILAN

Combiner les résultats des couches

 **Liv7_Converti_Reclass** et  **Liv10_Converti_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

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

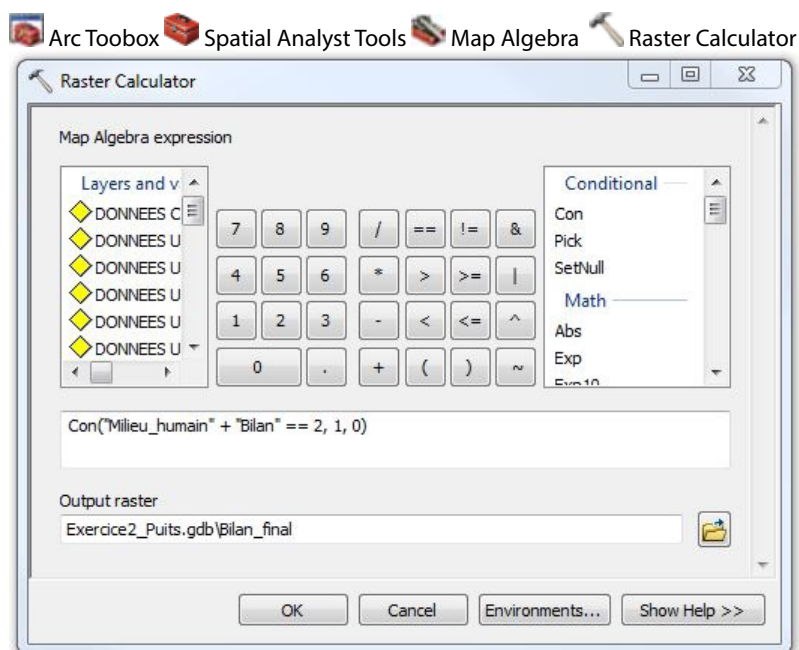


BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches  **Milieu_humain** et  **Bilan** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de  **Bilan_final** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où la recharge serait importante, où les aquifères seraient vulnérables à la contamination et où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.

Cette couche constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert.



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-ménings 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

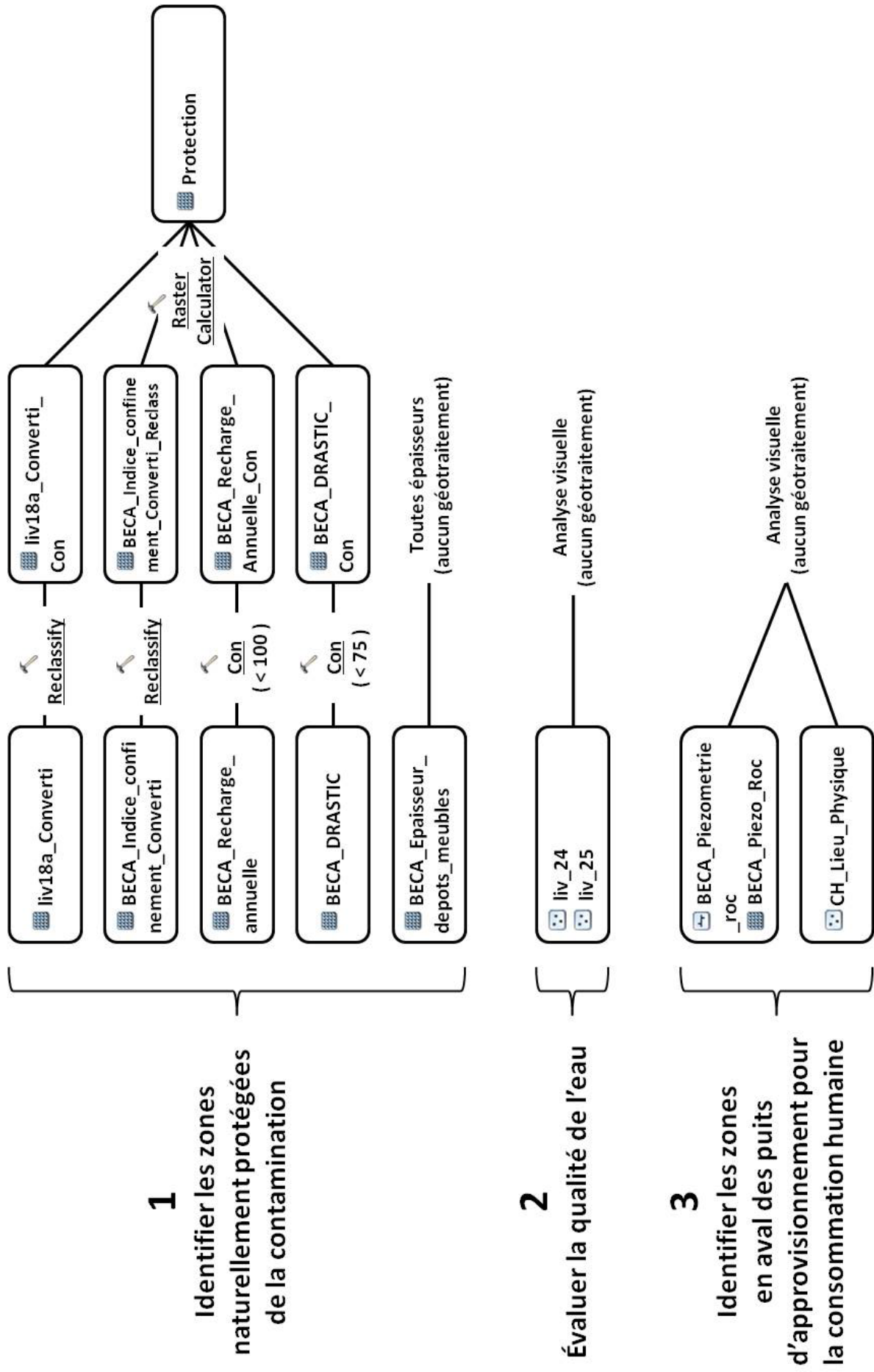
Question

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
Présence d'aquitard	Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et les protègent de la contamination pouvant provenir de la surface.	- L'épaisseur de l'argile constituant les aquitards devrait être considérée, car, par exemple, une couverture de moins de 3 m d'argile ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et les contaminants. - Le till compact, bien qu'il puisse parfois constituer un aquitard, n'est pas considéré par ce critère, car son épaisseur doit être supérieure à 5 m pour confiner les aquifères sous-jacents, ce qui est relativement peu fréquent. - Les sédiments du Quaternaire ancien sont aussi exclus de ce critère, car les types de sédiments, et par le fait même leur caractère aquifère ou aquitard, ne sont pas définis par les contextes hydrogéologiques.
Aquifère à nappe captive	- Les aquifères à nappe captive sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. - Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle.	- Les aquifères à nappe captive ne sont pas protégés d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral. - Les conditions de confinement ne sont déterminées que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'un aquifère de dépôts meubles en surface soit en conditions de nappe libre alors que l'aquifère de roc fracturé sous-jacent soit en conditions de nappe captive, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.
Taux de recharge annuel faible	La recharge doit être faible pour limiter le volume d'eau des précipitations atteignant l'aquifère et qui peut mobiliser les contaminants depuis de la surface.	- L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain, sol à nu versus champ cultivé ou forêt). - Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge. - La recharge n'est évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'elle soit élevée pour un aquifère de dépôts meubles en surface alors qu'elle soit faible pour l'aquifère de roc fracturé sous-jacent, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.
Aquifère peu vulnérable	Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface.	- Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine. - La vulnérabilité n'est évaluée que pour l'aquifère de roc fracturé. Il est possible qu'elle soit élevée pour un aquifère de dépôts meubles en surface alors qu'elle soit faible pour l'aquifère de roc fracturé sous-jacent, si on retrouve une couche de sédiments fins entre les deux types d'aquifère.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Présence d'aquitard	Contextes hydrogéologiques	 Liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	Présence d'argile
Aquifère à nappe captive	Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	Nappe captive
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	Recharge nulle ou faible : 0 à 100 mm/an
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	Vulnérabilité faible : indice de 75 et moins
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	Toutes épaisseurs



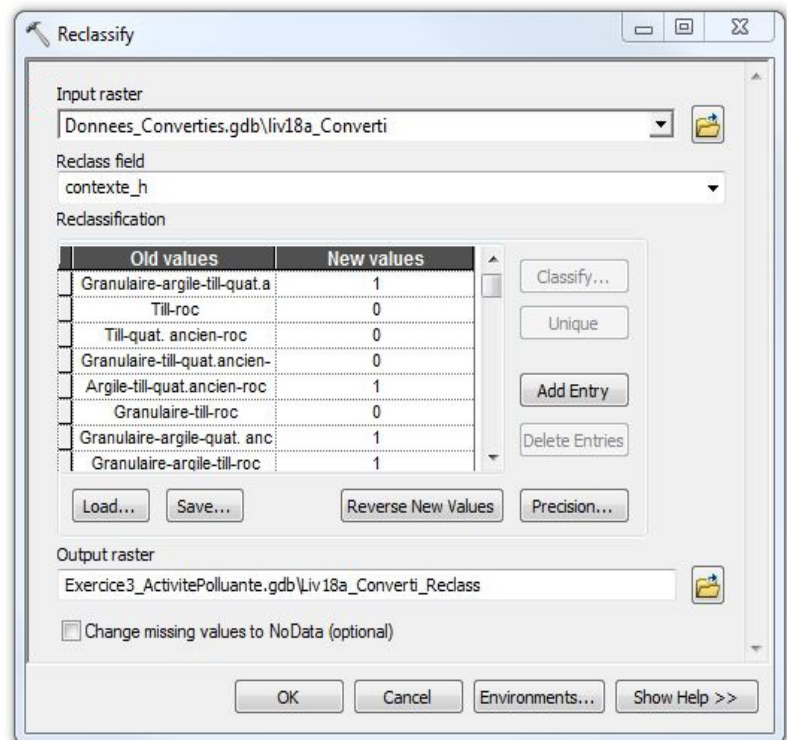
Procédure étape par étape

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifier les cellules de  **Liv18a_Converti** (*alias : Épaisseur dépôts meubles - BEC*) qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre.

Les cellules de  **Liv18a_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

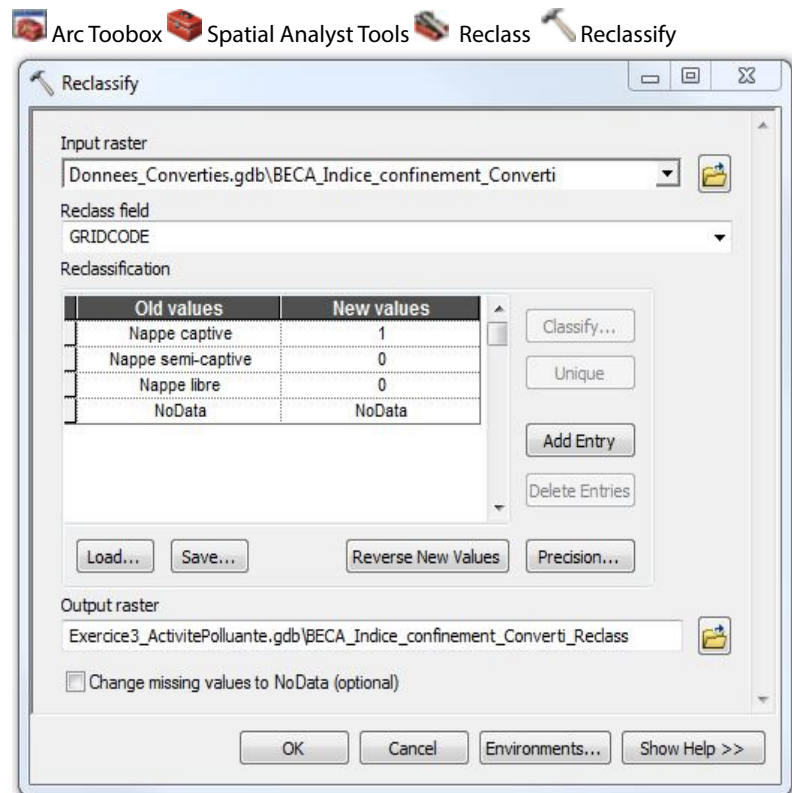
 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Reclass  Reclassify



CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

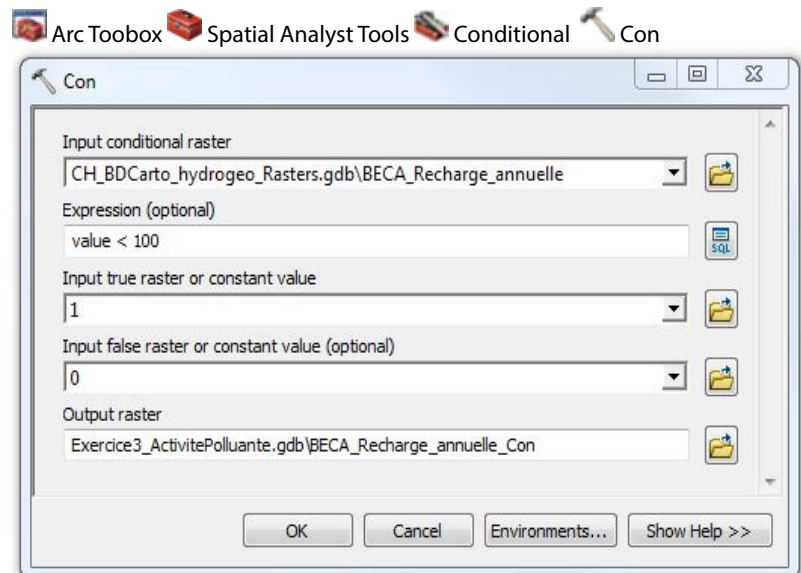
Les cellules de **BECA_Indice_confinement_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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

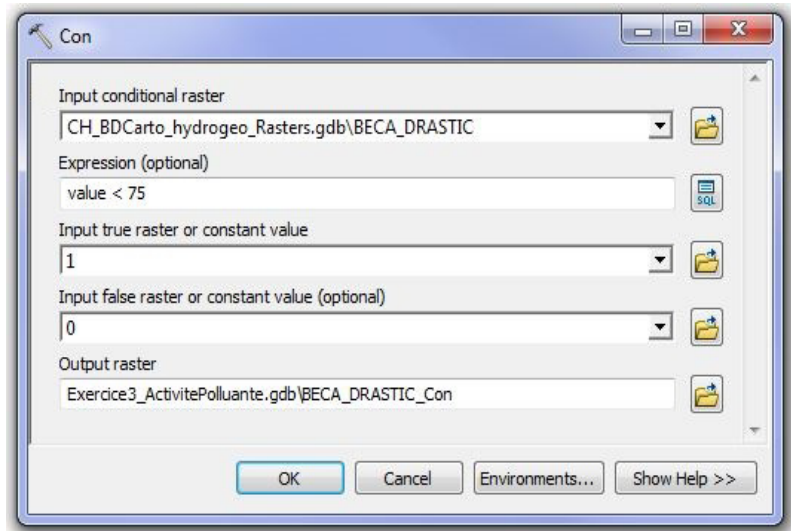


VULNÉRABILITÉ

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

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

BILAN

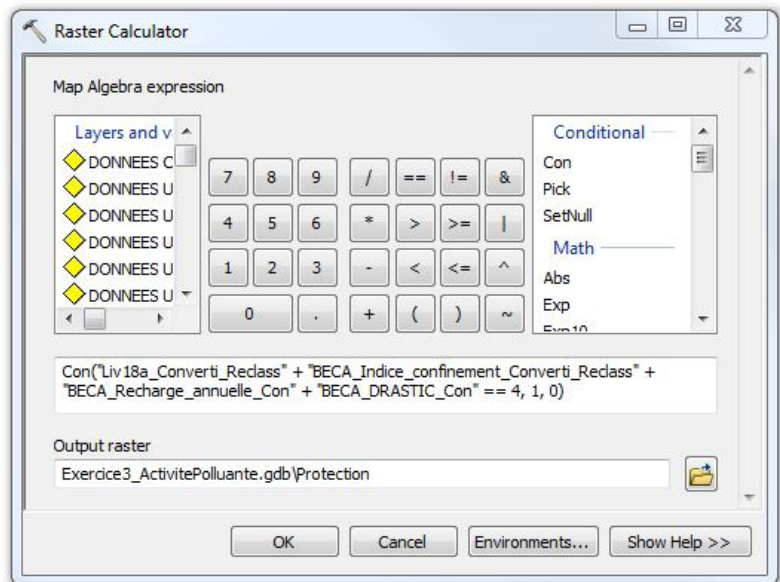
Combiner les résultats des couches **Liv18a_Converti_Reclass**, **BECA_Indice_confinement_Converti_Reclass**, **BECA_Recharge_annuelle_Con**, et **BECA_DRASTIC_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des quatre couches est 4, 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.

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Map Algebra Raster Calculator



2. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

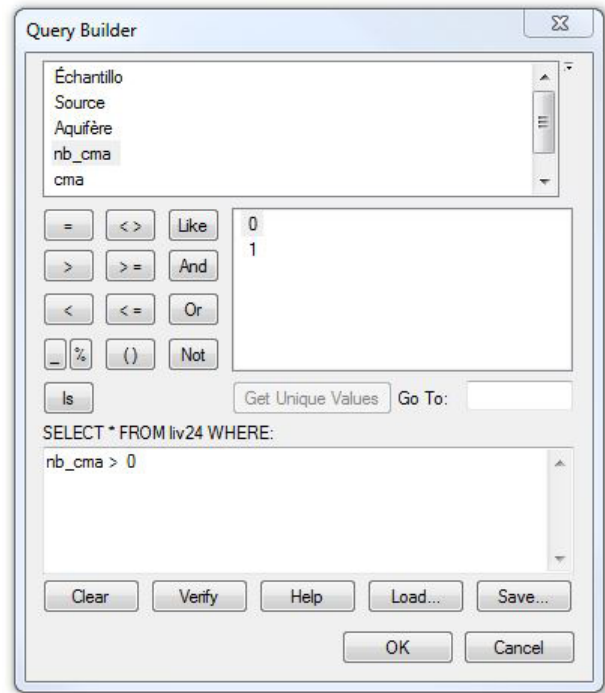
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes les qualités de l'eau	Qualité de l'eau	 liv24  liv25	<i>Dépassements CMA</i> <i>Dépassements OE</i>	- Eau souterraine de bonne qualité (aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination très élevée - Eau souterraine de qualité acceptable (au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère, mais aucun dépassement de CMA) : gravité de contamination élevée - Eau souterraine de mauvaise qualité (au moins un dépassement de CMA dans l'aquifère) : gravité de contamination modérée



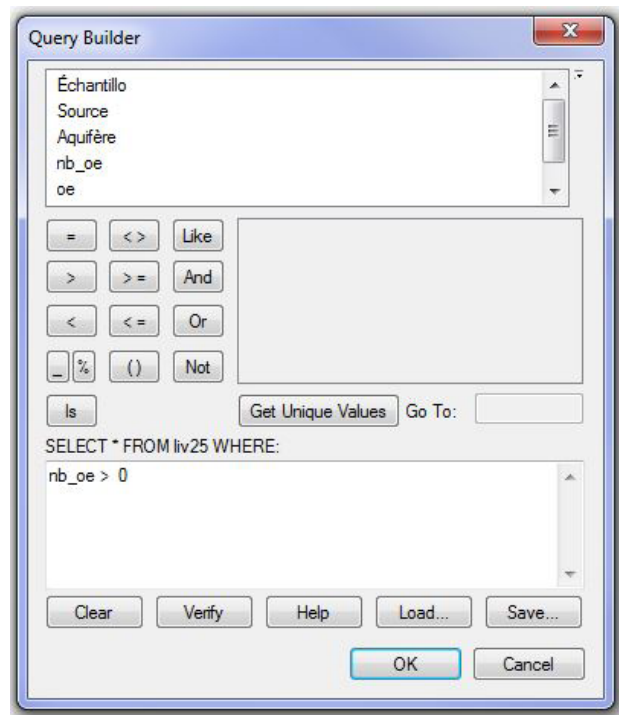
Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement de concentration maximale acceptable (CMA), afficher la couche  **liv24** (*alias : Dépassements CMA*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement de CMA, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.



Pour visualiser les puits avec ou sans dépassement d'objectif esthétique (OE), afficher la couche  **liv25** (*alias : Dépassements OE*). Si souhaité, pour n'afficher que les puits ayant au moins un dépassement d'OE, il est possible de faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue Query Builder accessible sous l'onglet Définition Query de la fenêtre Layer Properties.



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 acceptable, la gravité d'une contamination est potentiellement élevée. Si on y retrouve au moins un puits ayant une eau de mauvaise qualité, 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	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.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité. - Bien que la piézométrie ne soit déterminée que pour l'aquifère de roc fracturé, elle peut donner une bonne idée de la piézométrie dans les aquifères de dépôts meubles sus-jacents, excepté lorsque les deux types d'aquifère sont séparés par des sédiments fins ou argileux.

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	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  CH_Lieu_physique	<i>Piézométrie roc courbes - BEC</i> <i>Piézométrie roc – BEC</i> <i>Lieux physiques</i>	En aval des puits d'alimentation



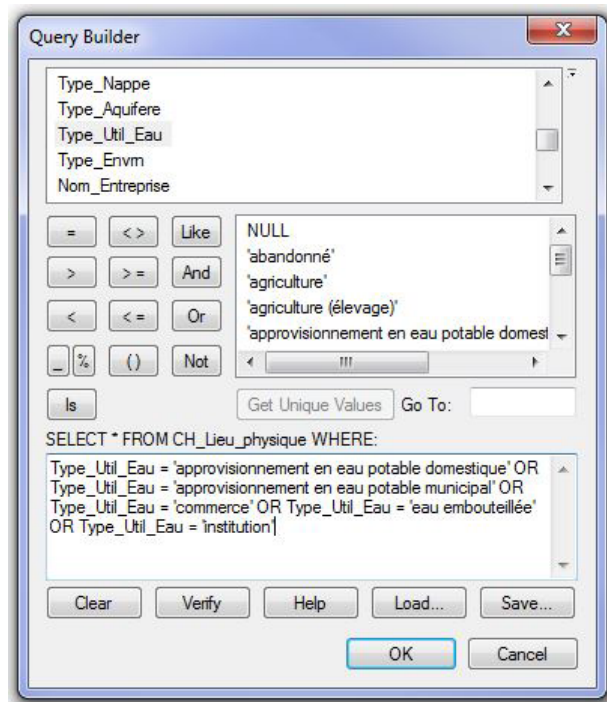
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour n'afficher que les puits d'alimentation pour la consommation humaine, dans la couche **CH_Lieu_physique** (*alias : Lieux physiques*), faire la requête ci-contre dans la boîte de dialogue **Query Builder** accessible sous l'onglet **Définition Query** de la fenêtre **Layer Properties**.

Dans le projet mxd, superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie **BECA_Piezometrie_roc** (*alias: Piézométrie roc courbes - BEC*) et **BECA_Piezo_roc** (*alias: Piézométrie roc – BEC*), 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 naturellement, correspondant aux cellules ayant une valeur de 1 dans la couche **Protection**, serait potentiellement élevée si y on retrouve en aval un nombre significatif de puits d'approvisionnement.



Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination			Contextes hydrogéologiques	 Liv18a_Converti	Contextes hydrogéologiques - Converti	
			Conditions de confinement	 BECA_Indice_confinement_Converti	Confinement roc - Converti	
			Recharge et résurgence	 BECA_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - BEC	
			Vulnérabilité	 BECA_DRASTIC	Indice DRASTIC - BEC	
			Épaisseur des dépôts meubles	 BECA_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - BEC	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 liv24  liv25	Dépassements CMA Dépassements OE	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 BECA_Piezometrie_roc  BECA_Piezo_roc  CH_Lieu_physique	Piézométrie roc courbes - BEC Piézométrie roc - BEC Lieux physiques	

Intégration des connaissances du milieu humain

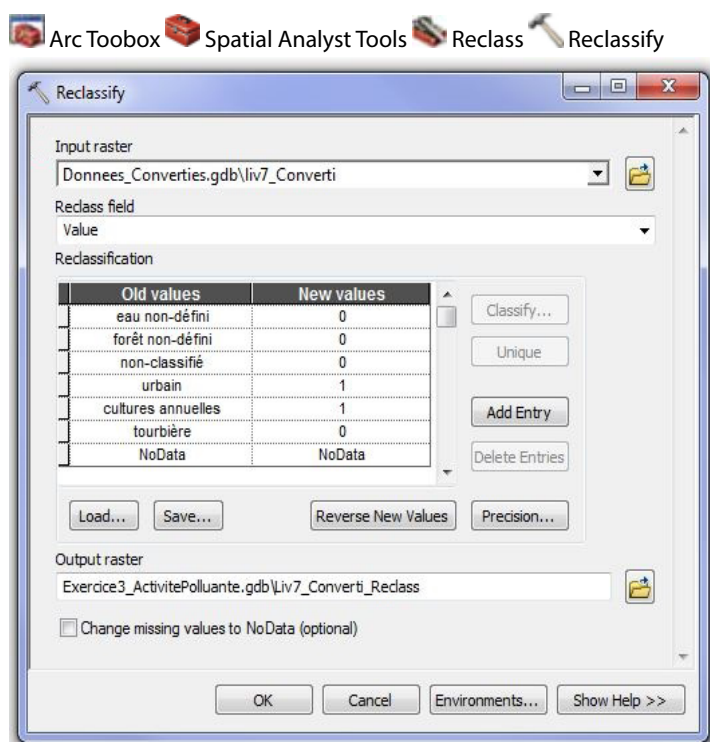
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones où implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines (ex. : les propriétaires terriens, l'occupation du sol, 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, mais sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre une procédure de géotraitement qu'il est possible de faire.

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de  **Liv7_Converti** (alias : Occupation du sol – Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

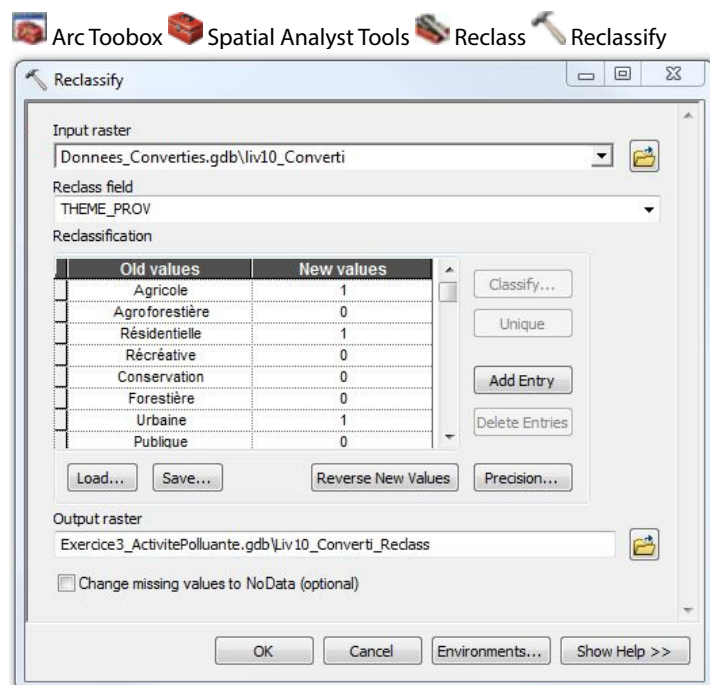
Les cellules de  **Liv7_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de  **Liv10_Converti** (alias : Affectation du territoire - Converti) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

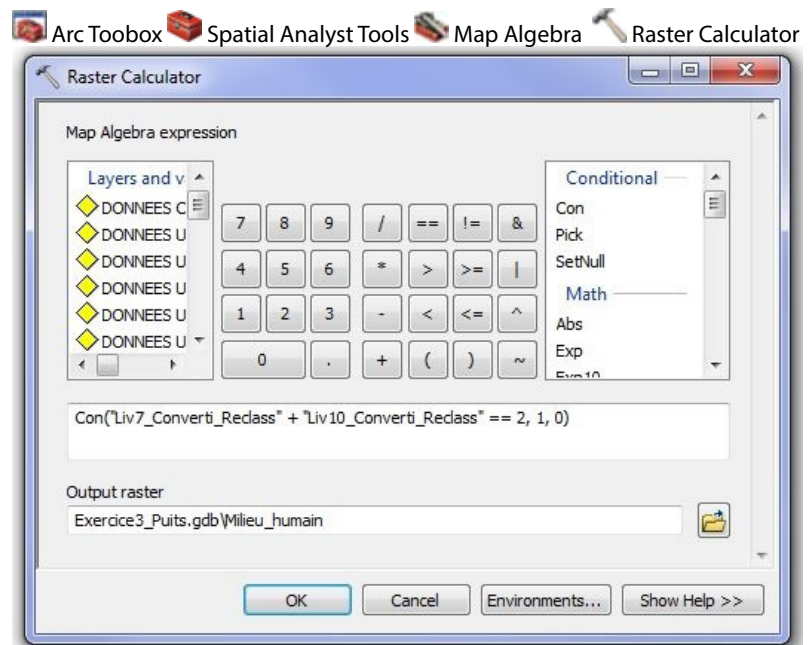
Les cellules de  **Liv10_Converti_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN

Combiner les couches **Liv7_Converti_Reclass** et **Liv10_Converti_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

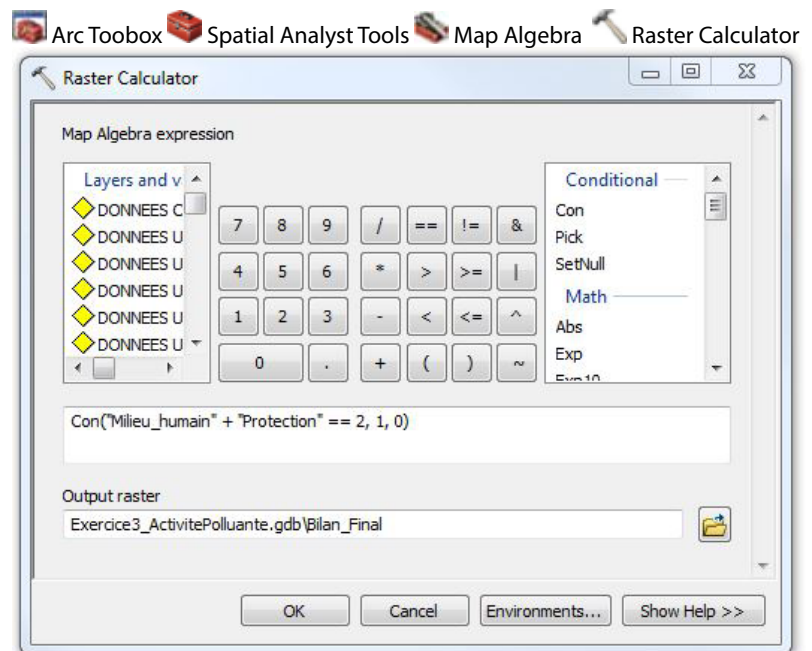
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

Il est finalement possible de combiner les couches **Milieu_humain** et **Protection** en effectuant le calcul ci-contre.

Les cellules de **Bilan_final** ayant une valeur de 1 correspondent aux 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. Cette couche constitue la réponse finale à la question de l'exercice selon l'exemple du cheminement d'expert.



Les partenaires du projet



- Université du Québec à Montréal
- Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour
- Conférence régionale des élus du Centre-du-Québec
- Agence de géomatique du Centre-du-Québec
- MRC d'Arthabaska
- MRC de Bécancour
- MRC de L'Érable
- MRC de Nicolet-Yamaska
- Cégep de Thetford

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

