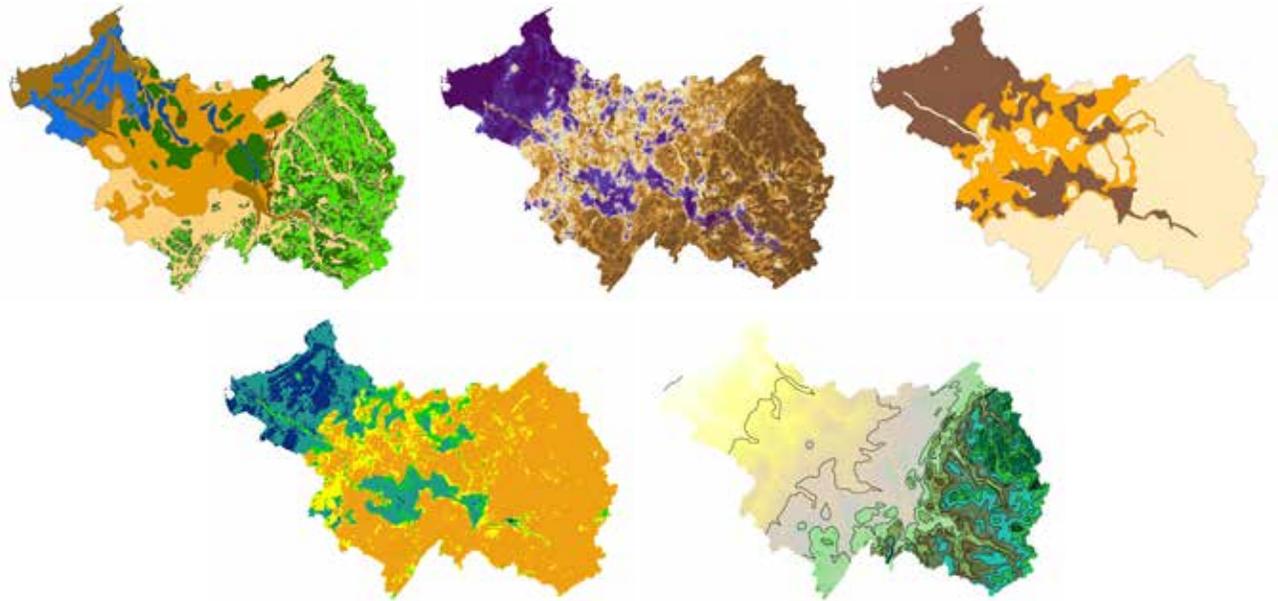


ATELIER B

Appropriation des bases de données hydrogéologiques

Nicolet-Bas-Saint-François



CAHIER DU PARTICIPANT

Juin 2017

Cet atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François (PACES Nicolet-Bas-Saint-François) est rendu possible grâce au financement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et la Chaire de recherche Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) en écologie du paysage et aménagement :

- Marie Larocques, professeure en hydrogéologie, UQAM, coordonnatrice du PACES Nicolet-Bas-Saint-François
- Diogo Barnette, technicien de laboratoire, UQAM, équipe de recherche du PACES Nicolet-Bas-Saint-François
- Sylvain Gagné, agent de recherche, UQAM, équipe de recherche du PACES Nicolet-Bas-Saint-François et agent de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation et animation de l'atelier
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, organisation de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier

Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient du rapport final du PACES Nicolet-Bas-Saint-François et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

Larocque, M., Gagné, S., Barnette, D., Meyzonnat, G., Graveline, M. H. et Ouellet, M. A. 2015. Projet de connaissance des eaux souterraines du bassin versant de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François - Rapport final. Rapport déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 258 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 de l'Atelier A de transfert des connaissances résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES Nicolet-Bas-Saint-François. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J. et Gagné, S. 2017. Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques, Nicolet-Bas-Saint-François, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAM et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Le présent document doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J. et Gagné, S. 2017. Atelier B - Appropriation des bases de données hydrogéologiques, Nicolet-Bas-Saint-François, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAM et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.



Ce document est sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Les organisateurs de l'atelier

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaires et le MDDELCC d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

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

Pour en savoir plus : rqes.ca

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

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

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

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	7
Votre équipe de formation	8
Résumé du PACES Nicolet-Bas-Saint-François	9
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	11
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	12
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	15
Les éléments de la maquette hydrogéologique	15
L'écoulement de l'eau souterraine	16
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	17
2. Présentation des données géospatiales	19
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	20
Les limites générales des données	20
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	21
Les bases de données en format géodatabase	22
Les données du MDDELCC	22
Les données de l'UQAM	23
Les données confidentielles	24
Les données converties	24
Les données ponctuelles de base	25
Retrouver les informations hydrogéologiques	26
Par géotadabase	26
Par notion hydrogéologique	28
Le projet mxd pour cet atelier	30
Préparer vos données : découpage de votre territoire	31
3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action	33
Épaisseur des dépôts meubles	34
Contextes hydrogéologiques	36
Conditions de confinement	38
Piézométrie	40
Recharge et résurgence	42
Vulnérabilité	44
Qualité de l'eau	46
Les autres résultats du PACES	48

4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines	51
Question 1 : Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	53
Les résultats du remue-méninges avec les participants	54
Synthèse du cheminement d'expert	55
1. Trouver de l'eau en quantité suffisante	57
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination	60
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	62
4. Évaluer la qualité de l'eau	63
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	64
Préparer la présentation de vos résultats	66
Intégration de connaissances du milieu humain	68
Question 2 : Protection des zones de recharge	71
Les résultats du remue-méninges avec les participants	72
Synthèse du cheminement d'expert	73
1. Localiser les zones où la recharge est importante	75
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination	78
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	80
4. Évaluer la qualité de l'eau	81
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	82
6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	83
Préparer la présentation de vos résultats	84
Intégration de connaissances du milieu humain	86
Question 3 : Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	89
Les résultats du remue-méninges avec les participants	90
Synthèse du cheminement d'expert	91
1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination	93
2. Évaluer la qualité de l'eau	97
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	98
Préparer la présentation de vos résultats	100
Intégration de connaissances du milieu humain	102
Mes notes personnelles	104

Le déroulement de l'atelier

Objectifs

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

Les activités

Les sections du cahier

1. Quelques notions de base en hydrogéologie

(activité de groupe - présentation magistrale)

Partie 1, p. 11 à 18

2. Présentation des données géospatiales

(activité de groupe - présentation magistrale)

Partie 2, p. 19 à 32

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

(activité en binôme - exercices en laboratoire de géomatique)

Lire les données hydrogéologiques géospatiales de votre territoire d'action et chercher à les comprendre grâce au cahier du participant et aux experts en hydrogéologie

Partie 3, p. 33 à 50

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

Après avoir choisi une question de travail, analyser les données hydrogéologiques de votre territoire d'action en vue de protéger les eaux souterraines grâce à un exemple d'une démarche d'un expert en hydrogéologie

4.1 Remue-méninges et présentation de la démarche d'un expert en hydrogéologie

(activité en sous-groupe - échanges avec les experts en hydrogéologie)

4.2 Application de la démarche sur mon territoire d'action

(activité en binôme - exercice en laboratoire de géomatique)

4.3 Présentation des résultats des participants

(activité de groupe - présentation par les participants)

Partie 4, p. 51 à 103

Votre équipe de formation

Vos animateurs



Yohann Tremblay

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



Anne-Marie Decelles

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



Sylvain Gagné

M.Sc. Hydrogéologie
Agent de transfert du RQES
Département des sciences de la Terre
et de l'Atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 0252
gagne.sylvain@UQAM.ca

Vos experts en eaux souterraines



Marie Larocque

Ph.D. Hydrogéologie
Professeure
Département des sciences de la Terre
et de l'atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 1515
larocque.marie@UQAM.ca



Sylvain Gagné

M.Sc. Hydrogéologie
Agent de 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
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 PACES Nicolet-Bas-Saint-François

Le projet de connaissance des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Nicolet et de la partie basse de la rivière Saint-François couvre un territoire d'une superficie totale de 4585 km². Ce projet a été réalisé par l'Université du Québec à Montréal en collaboration avec les partenaires régionaux suivants: les organismes de bassin versant COGESAF (rivière Saint-François) et COPERNIC (rivière Nicolet), les CRÉ Centre-du-Québec, Estrie et Chaudière-Appalaches, les MRC d'Arthabaska, de Drummond, de l'Érable, du Haut-Saint-François (Dudswell), de Nicolet-Yamaska, de Pierre-de-Sorel, des Sources, et de Val-Saint-François, l'Agence de Géomatique du Centre-du-Québec (AGTCQ) et l'Université de Sherbrooke.

Les objectifs généraux du projet étaient les suivants :

1. dresser un portrait de la ressource en eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint François;
2. 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 :

1. comprendre la nature des formations aquifères;
2. connaître l'origine et les directions d'écoulement de l'eau souterraine;
3. décrire la qualité de l'eau souterraine;
4. quantifier le bilan hydrique de l'aquifère;
5. estimer la pérennité de la ressource en eau souterraine selon son taux de renouvellement naturel et en fonction des prélèvements anthropiques
6. déterminer la vulnérabilité de l'eau souterraine aux activités humaines.

Les résultats de cette étude montrent que l'aquifère rocheux est dans l'ensemble peu productif bien que les formations géologiques du Bourret et de Saint-Victor puissent fournir des débits importants. Les principaux aquifères granulaires sont constitués par les dépôts fluvio-glaciaires de l'esker Asbestos-Tingwick et par les dépôts quaternaires anciens du secteur aval de la zone d'étude.

L'eau souterraine s'écoule principalement dans le roc fracturé, du secteur des Appalaches en amont vers le fleuve Saint-Laurent en aval. Une partie importante de cet écoulement souterrain est intercepté par les nombreuses rivières présentes dans la région.

À l'échelle régionale, la recharge de l'aquifère fracturé est estimée à 152 mm/an. Les volumes d'eau souterraine utilisés par les particuliers, les villes, l'agriculture et l'industrie représentent environ 3 % de la recharge de l'aquifère fracturé. Une très faible proportion de la recharge (<1 %) atteint le fleuve Saint-Laurent en aval de la zone d'étude.

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 baryum, l'arsenic et le fluor, seraient d'origine naturelle. Les problématiques identifiées concernent certains critères esthétiques, notamment les concentrations en manganèse. Un seul dépassement de la norme pour l'eau potable a été observé pour les nitrates. Ils atteignent toutefois, dans la partie amont de la zone d'étude, des concentrations telles qu'elles peuvent être associées à une source anthropique. L'analyse bactériologique a montré qu'environ 45 % des puits échantillonnés avaient au moins un dépassement de norme. Des pesticides, de la caféine et des produits pharmaceutiques et de soins personnels ont été détectés dans l'eau souterraine. Ces données indiquent qu'il existe un signal anthropique provenant des eaux usées.

Les secteurs où l'aquifère rocheux est le plus vulnérable à une contamination provenant de la surface sont situés dans les Appalaches, aux endroits où les dépôts meubles sont minces et en contact direct avec le roc et où la recharge est élevée.

Les données acquises, les cartes produites et les analyses qui en découlent sont directement utiles pour la gestion de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant la rivière Nicolet et de la partie basse du bassin versant de la rivière Saint-François.

1

Quelques notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **bleu** sont définis dans le glossaire des notions clés sur les **eaux souterraines** (p. 12 à 14)

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

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

Aire d'alimentation

Portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'**eau souterraine** qui y circule aboutira tôt ou tard au point de captage.

Aquifère

Unité géologique perméable comportant une **zone saturée** qui conduit suffisamment d'**eau souterraine** pour permettre l'écoulement significatif d'une **nappe** et le captage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une **source**. C'est le contenant.

Aquifère confiné

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

Aquifère de roc fracturé

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

Aquifère granulaire

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

Aquifère non confiné

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

Aquifère semi-confiné

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

Aquitard

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

Argile

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. Voir **Niveau piézométrique**.

Concentration maximale acceptable (CMA)

Seuil de paramètres bactériologiques, physiques ou chimiques que l'eau potable ne doit pas dépasser afin d'éviter des risques pour la santé humaine (provient du Règlement sur la qualité de l'eau potable du Gouvernement du Québec).

Conductivité hydraulique

Aptitude d'un milieu poreux à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de **charge hydraulique**. Plus les **pores** sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Débit de base

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

Dépôt meuble

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

DRASTIC

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

Eau souterraine

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

Fracture

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

Gradient hydraulique

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

Gravier

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

Nappe (ou nappe phréatique)

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

Nappe captive

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

Nappe libre

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

Nappe semi-captive

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

Niveau piézométrique

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

Objectifs esthétiques (OE)

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

Pore

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

Porosité

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

Potentiel aquifère

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

Propriétés (ou paramètres) hydrauliques

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

Recharge

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

Résurgence

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

Sable

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

Silt

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

Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

Surface piézométrique

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

Temps de résidence

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

Till

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

Vulnérabilité

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

Zone non saturée

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

Zone saturée

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

Zone vadose

Voir Zone non saturée.

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

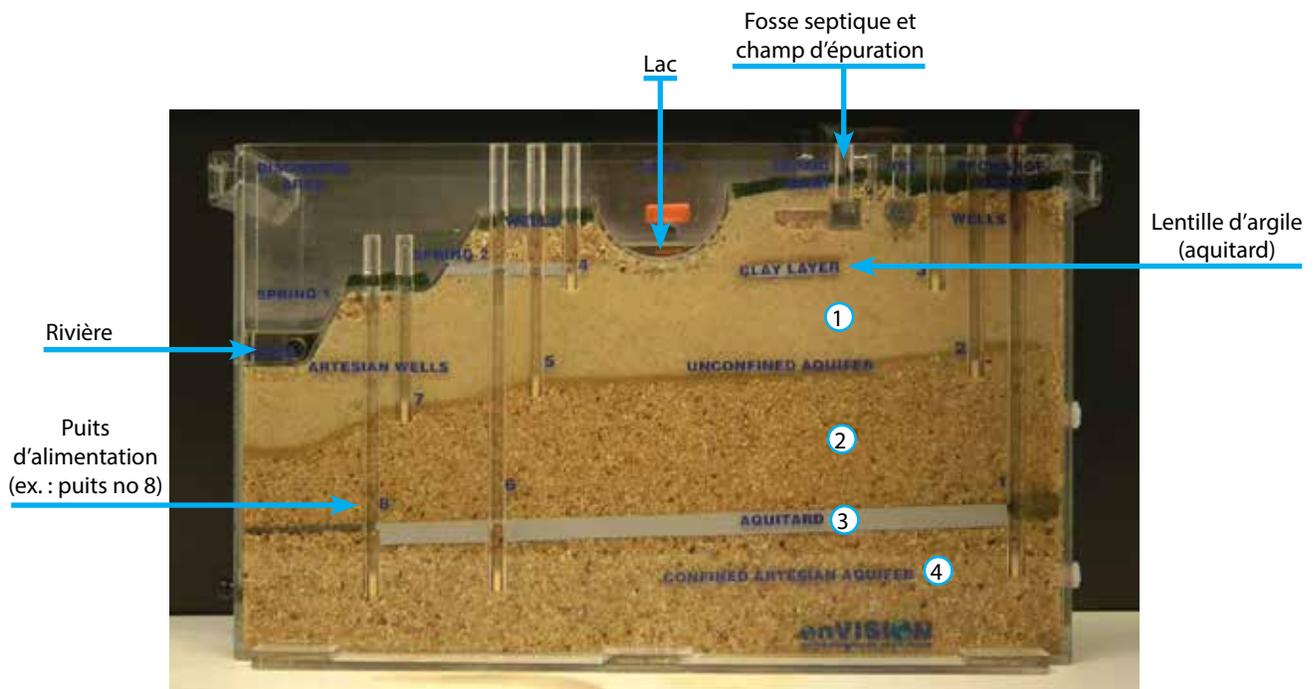
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un aquifère d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des aquifères granulaires.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

Les éléments de la maquette hydrogéologique

La maquette mesure environ 50 cm de long, 30 cm de haut et a une profondeur de 20 cm. Les aquifères y sont représentés par un empilement de plusieurs types de sédiments. Ils correspondent au contexte hydrogéologique suivant :

- 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 lesquels il est possible d'injecter du colorant et également de pomper l'eau. Le réseau hydrographique est représenté par un lac et une rivière.

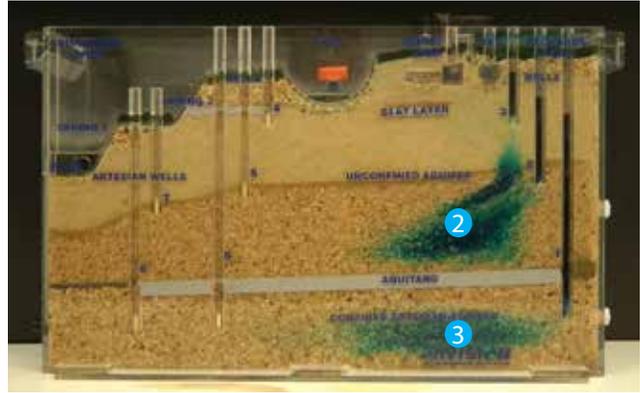


L'écoulement de l'eau souterraine

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



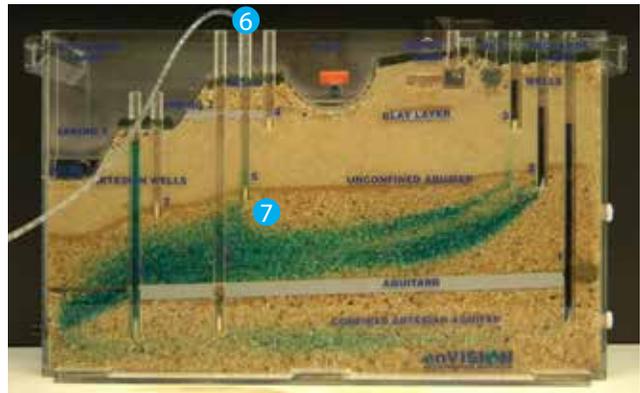
2 L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère à nappe libre se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. 3 L'eau de l'aquifère à nappe captive inférieur ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard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



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



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



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



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



La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

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



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



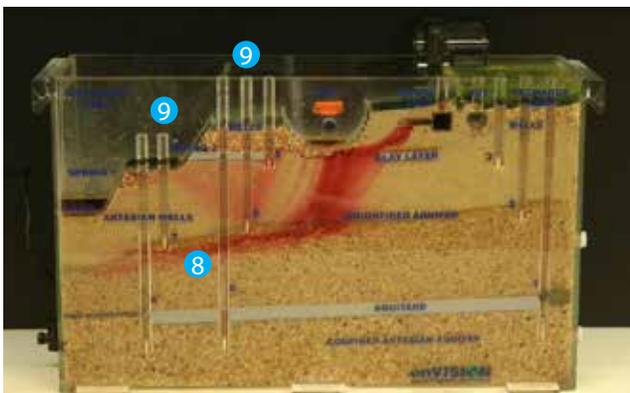
3 Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. 4 De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. 5 La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



6 Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. 7 Le puits n°4 est maintenant contaminé.



8 En atteignant la couche de sable plus grossier à la base de l'aquifère à nappe libre, l'écoulement de l'eau contaminée se fait plus rapidement. 9 Les puits n°5 et n°7 sont maintenant contaminés.



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



2

Présentation des données géospatiales



Tout au long du cahier

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

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

L'ensemble des données géospatiales recueillies ou produites dans le cadre 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'UQAM 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'UQAM 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'UQAM ne peuvent être tenus responsables de l'utilisation qui est faite des données diffusées, ni des dommages encourus par une utilisation incorrecte de ces mêmes données. Les données peuvent contenir certaines erreurs. De plus, ces données sont évolutives. Le MDDELCC et l'UQAM ne peuvent être tenus responsables de tout dommage causé par l'utilisation d'une donnée incorrecte.

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

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

Les limites générales des données

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES Nicolet-Bas-Saint-François 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.

Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique

ArcCatalog

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

ArcGIS

Système d'information géographique utilisé pour cet atelier.

ArcMap

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

ArcToolbox

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

Données géospatiales

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

Couche

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

Format (de données)

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

Géodatabase

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

Géotraitement

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

Layer file

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 MDELCC

Le MDELCC 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.mdelcc.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@mdelcc.gouv.qc.ca. Il est possible d'extraire une partie des données présentées dans le navigateur cartographique, mais pas de façon exhaustive.

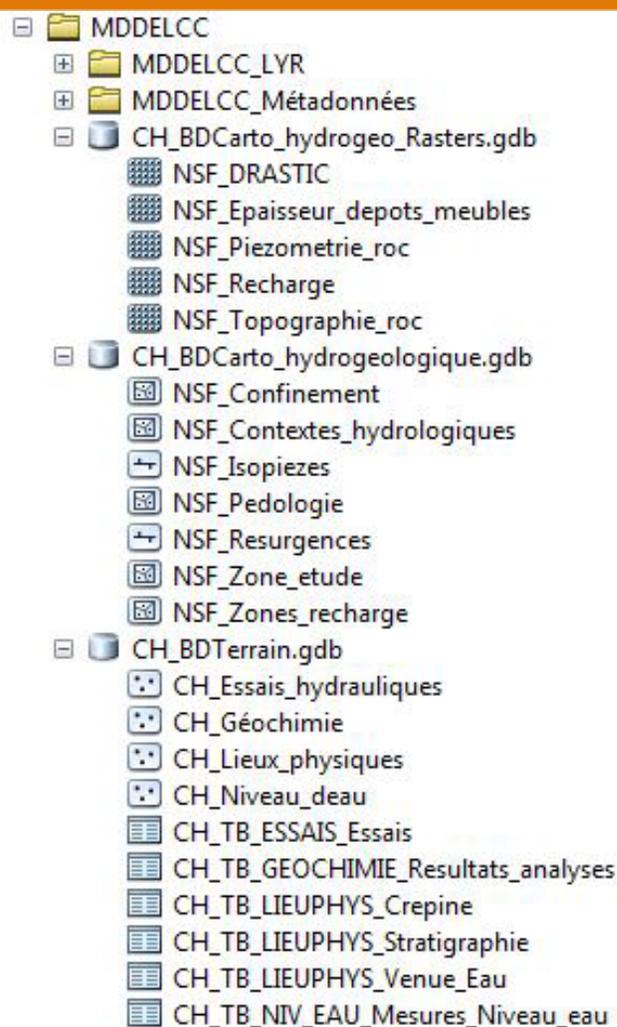
Les données diffusées par le MDELCC ne comprennent pas l'ensemble de l'information produite par le PACES. Certaines données sont exclues de par leur caractère confidentiel. Toutefois, la plupart des données résultantes des analyses hydrogéologiques du PACES et nécessaires pour traiter des enjeux d'aménagement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



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase**, dans le dossier **MDELCC** :
 - CH_BDTerrain.gdb** : contient les données ponctuelles de base et les **tables relationnelles**
 - CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb** : contient les données linéaires et polygonales
 - CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb** : contient les données matricielles
- Des **Layer files** dans le dossier **MDELCC_LYR**
- Des **métadonnées** en format html ou Word pour chaque couche dans le dossier **MDELCC_Métadonnées**
 - Les **métadonnées** des **tables relationnelles** sont intégrées à celles des **couches** associées
 - Les **métadonnées** intrinsèques à ArcGIS, que l'on peut normalement consulter dans ArcMap en ouvrant la fenêtre **View item description**, ou dans ArcCatalog sous l'onglet **Description**, sont incomplètes

Arborescence des bases de données du MDELCC



Les données de l'UQAM

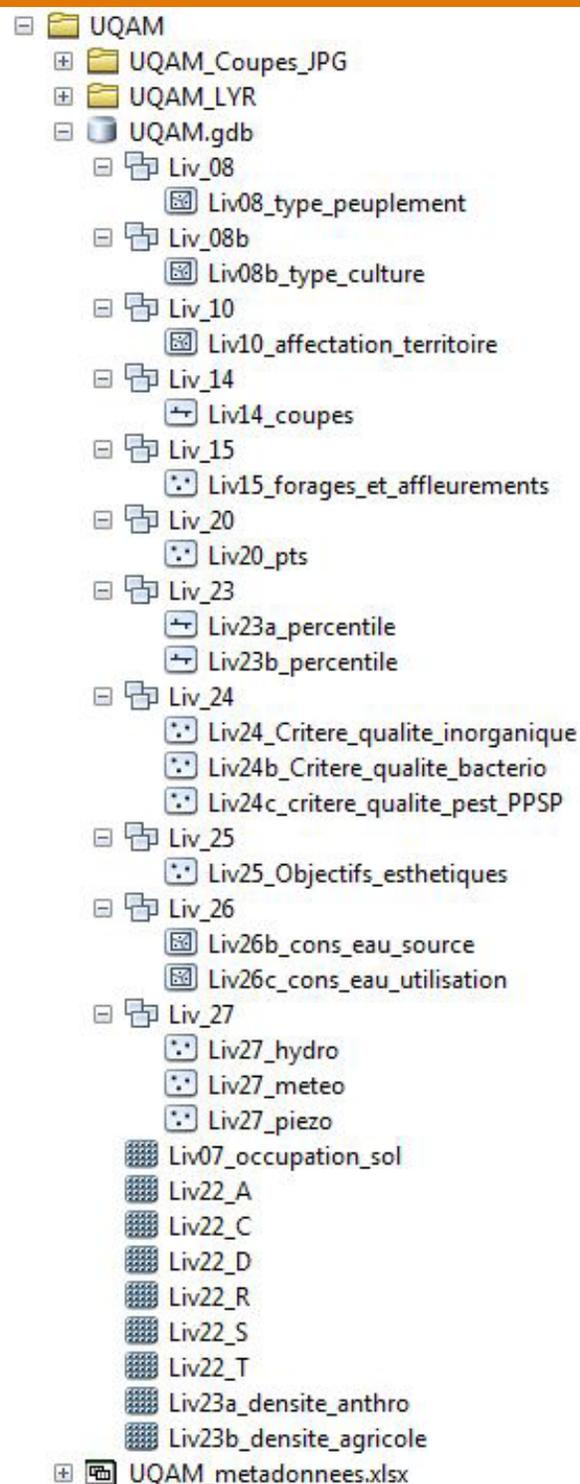
Des données additionnelles non diffusées par le MDDELCC, mais dont l'UQAM détient les droits à titre de producteur du projet PACES Nicolet-Bas-Saint-François, peuvent être diffusées librement.



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase** dans le dossier **UQAM** :
 - **UQAM.gdb** : contient les données vectorielles ponctuelles, linéaires et polygonales, ainsi que les données matricielles
- Des **Layer files** dans le dossier **UQAM_LYR**
- Des **métadonnées** pour chaque couche dans le fichier **UQAM_Metadonnees.xlsx**
- Les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur dans le cadre du PACES dans le dossier **UQAM_Coupes_JPG**

Arborescence de la base de données de l'UQAM



Les données confidentielles

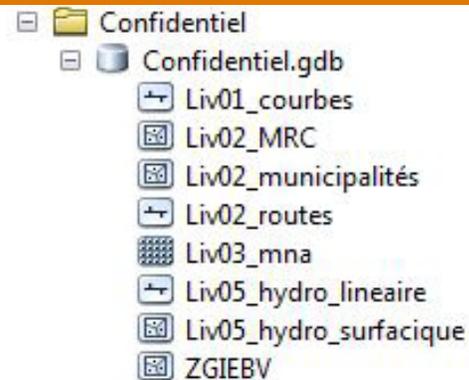
Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données sont mises à votre disposition, telles que les limites administratives, l'hydrographie, les voies de communication et la topographie. Elles sont toutefois protégées par des droits qui empêchent leur diffusion. Aussi, il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



Vos données pour cet atelier

- La **géodatabase**  **Confidentiel.gdb** dans le dossier  **Confidentiel**
- Il n'y a pas de  **Layer files** ni de **métadonnées** pour les données confidentielles

Arborescence de la base de données confidentielles



Les données converties

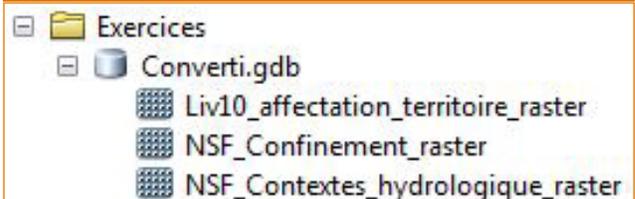
Afin de faciliter le **géotraitement** des **données géospatiales** lors des exercices, certaines **couches** ont été converties depuis un **format** vectoriel de polygones  vers un **format** matriciel . Le **géotraitement** de **couches** vectorielles exige un temps de calcul qui peut être considérable 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

- La **géodatabase**  **Converti.gdb** dans le dossier  **Exercices**

Arborescence de la base de données converties

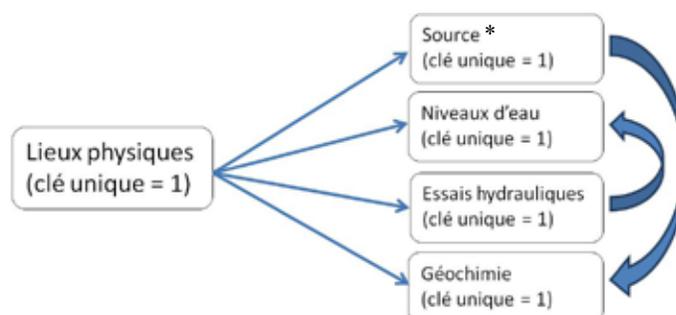


Les données ponctuelles de base

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

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

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



* Il n'y a pas d'information concernant les sources pour le PACES Nicolet-Bas-Saint-François, cette couche n'existe 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 tout en empêchant les particules fines d'y entrer.
			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	Lieux physiques où un ou plusieurs niveaux d'eau ont été mesurés.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau par rapport à la surface du sol
CH_Essais	Essais hydrauliques	Lieux physiques où un ou plusieurs essais hydrauliques ont été réalisés.	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique.
CH_Geochimie	Géochimie	Lieux physiques où un ou plusieurs échantillons d'eau souterraine ont été prélevés	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.

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 (puits et forages)	Lieux physiques (puits et forages)	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.	
	 NSF_Zone_etude	Zone d'étude - NSF	s.o.	
	 NSF_Contextes_hydrologique	Contextes hydrogéologiques - NSF	Contextes hydrogéologiques	X
	 NSF_Confinement	Confinement roc - NSF	Conditions de confinement	X
	 NSF_Isopiezies	Courbes piézométriques roc - NSF	Piézométrie	X
 NSF_Resurgences	Resurgences - NSF	Recharge et résurgence	X	
 NSF_Zones_recharge	Recharge préférentielle - NSF	Recharge et résurgence	X	
 NSF_Pedologie	Types de sol et conditions de drainage - NSF	Pédologie		
CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - NSF	Épaisseur des dépôts meubles	X
	 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	Piézométrie	X
	 NSF_Recharge	Recharge annuelle - NSF	Recharge et résurgence	X
	 NSF_DRASTIC	Indice DRASTIC - NSF	Vulnérabilité	X
	 NSF_Pente_degrees	Pente (degrés) - NSF	Pente du sol	
	 NSF_Topographie_roc	Topographie roc - NSF	Topographie du roc	

* 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.gdb	 Piézométrie roc - NSF	Classe d'occupation du sol	Occupation du sol	X
	 Liv08_type_peuplement	Type de peuplement	Couverture végétale	
	 Liv08b_type_culture	Type de culture	Couverture végétale	
	 Liv10_affectation_territoire	Classes d'affectation du territoire	Affectation du territoire	X
	 Liv14_coupes	Coupes stratigraphiques	Coupes stratigraphiques	X
	 Liv15_forages_et_affleurements	Forages et affleurements utilisés	Épaisseur de dépôts meubles	X
	 Liv20_pts	Points utilisés pour l'interpolation	Piézométrie	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 J	Vulnérabilité	
	 Liv22_C	Cote C	Vulnérabilité	
	 Liv23a_percentile	Contour 75e percentile	Activités potentiellement polluantes	
	 Liv23b_percentile	Contour 75e percentile	Activités potentiellement polluantes	
	 Liv23a_densite_anthro	Pondération du risque (/km ²)	Activités potentiellement polluantes	
	 Liv23b_densite_agricole	Densité des activités agricoles (ferme/km ²)	Activités potentiellement polluantes	
	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	Éléments inorganiques	Qualité de l'eau	X
	 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	Critères bactériologiques	Qualité de l'eau	X
	 Liv24c_critere_qualite_pest_PPSP	Détection de pesticides Détection de produits pharmaceutiques et de soins personnels	Qualité de l'eau	
	 Liv25_Objectifs_esthetiques	Dépassements d'objectif esthétique	Qualité de l'eau	X
	 Liv26b_cons_eau_source	Consommation totale d'eau (m ³) par type de source	Utilisation eau	
	 Liv26c_cons_eau_utilisation	Consommation totale d'eau (m ³) par type	Utilisation eau	
	 Liv27_hydro	Station hydrométrique	Stations de mesure	
	 Liv27_meteo	Station météorologique	Stations de mesure	
	 Liv27_piezo	Station piézométrique	Stations de mesure	
Converti.gdb	 NSF_Contextes_hydrologique_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	Contextes hydrogéologiques	X
	 NSF_Confinement_raster	Confinement roc - Converti	Conditions de confinement	X
	 Liv10_affectation_territoire_raster	Classes d'affectation du territoire - Converti	Affectation du territoire	X

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

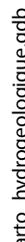
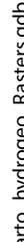
Retrouver les informations hydrogéologiques

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_forages_et_affleurements	Forages et affleurements utilisés	 UQAM.gdb
	X	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Contextes hydrogéologiques	X	 NSF_Contextes_hydrologique	Contextes hydrogéologiques - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 NSF_Contextes_hydrologique_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	 Converti.gdb
Confinement	X	 NSF_Confinement	Confinement roc - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 NSF_Confinement_raster	Confinement roc - Converti	 Converti.gdb
Coupes stratigraphiques	X	 Liv14_coupes	Coupes stratigraphiques	 UQAM.gdb
	X	 Liv20_pts	Points utilisés pour l'interpolation	 UQAM.gdb
Piézométrie	X	 NSF_Isopiezies	Courbes piézométriques roc - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 NSF_Piezometrie_roc	Piezométrie roc - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Recharge et résurgence	X	 NSF_Resurgences	Résurgences - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 NSF_Zones_recharge	Recharge préférentielle - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 NSF_Recharge	Recharge annuelle - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	 NSF_DRASTIC	Index DRASTIC - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Vulnérabilité DRASTIC		 Liv22_D	Cote D	 UQAM.gdb
		 Liv22_R	Cote R	 UQAM.gdb
		 Liv22_A	Cote A	 UQAM.gdb
		 Liv22_S	Cote S	 UQAM.gdb
		 Liv22_T	Cote T	 UQAM.gdb
		 Liv22_I	Cote I	 UQAM.gdb
		 Liv22_C	Cote C	 UQAM.gdb
Qualité de l'eau	X	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	Éléments inorganiques	 UQAM.gdb
	X	 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	Critères bactériologiques	 UQAM.gdb
		 Liv24c_critere_qualite_pest_PPSP	Détection de pesticides Détection de produits pharmaceutiques et de soins personnels	 UQAM.gdb
	X	 Liv25_Objectifs_esthetiques	Dépassements d'objectif esthétique	 UQAM.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
Occupation du sol	X	 Piézométrie roc - NSF	Classe d'occupation du sol	 UQAM.gdb
Affectation du territoire	X	 Liv10_affectation_territoire	Classes d'affectation du territoire	 UQAM.gdb
	X	 Liv10_affectation_territoire_raster	Classes d'affectation du territoire - Converti	 Converti.gdb
		 Liv08_type_peuplement	Type de peuplement	 UQAM.gdb
Couverture végétale		 Liv08b_type_culture	Type de culture	 UQAM.gdb
		 NSF_Pedologie	Types de sol et conditions de drainage - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Topographie du roc		 NSF_Topographie_roc	Topographie roc - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
		 Liv23a_percentile	Contour 75e percentile	 UQAM.gdb
Activités potentiellement polluantes		 Liv23b_percentile	Contour 75e percentile	 UQAM.gdb
		 Liv23a_densite_anthro	Pondération du risque (/km²)	 UQAM.gdb
		 Liv23b_densite_agricole	Densité des activités agricoles (ferme/km²)	 UQAM.gdb
		 Liv26b_cons_eau_source	Consommation totale d'eau (m³) par type de source	 UQAM.gdb
Utilisation de l'eau souterraine		 Liv26c_cons_eau_utilisation	Consommation totale d'eau (m³) par type	 UQAM.gdb
		 Liv27_hydro	Station hydrométrique	 UQAM.gdb
Stations de mesure		 Liv27_meteo	Station météorologique	 UQAM.gdb
		 Liv27_piezo	Station piézométrique	 UQAM.gdb
		 NSF_Zone_etude	Zone d'étude - NSF	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		 CH_Lieu_Physique	Lieux physiques (puits et forages)	 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

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

Le projet mxd pour cet atelier

Afin de faciliter l'utilisation des **données géospatiales**, dans l'interface  ArcMap, le **projet mxd**  **AtelierB_NSF.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 ponctuelles de base, la restriction de l'échelle d'affichage est fixée à un minimum de 1 : 100 000.
- Pour les données linéaires, polygonales et 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 de données ponctuelles de base auxquelles elles sont associées dans le **projet mxd**. La clé unique **No DCH du lieu physique** relie les attributs à son objet.

Hyperliens

Des hyperliens ont été préparés afin d'afficher dans l'interface  ArcMap les images des coupes hydrostratigraphiques interprétées en profondeur contenues dans le dossier  **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_coupes** (*alias* : Coupes stratigraphiques).

Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

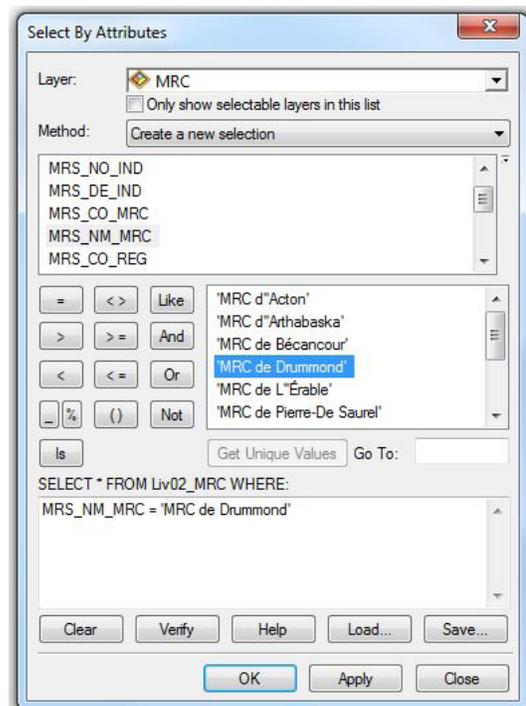
-  PACES-NSF
 - Zone d'étude - NSF
- DONNEES PONCTUELLES
 - Lieux physiques (puits et forages)
 - Niveaux d'eau
 - Essais hydrauliques
 - Géochimie
- DONNEES CONFIDENTIELLES
 - Limites administratives
 - Réseau routier
 - Hydrographie
 - Topographie
- DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
 - Epaisseur depots 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

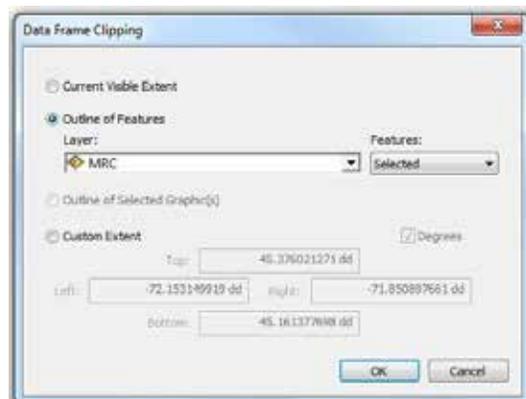
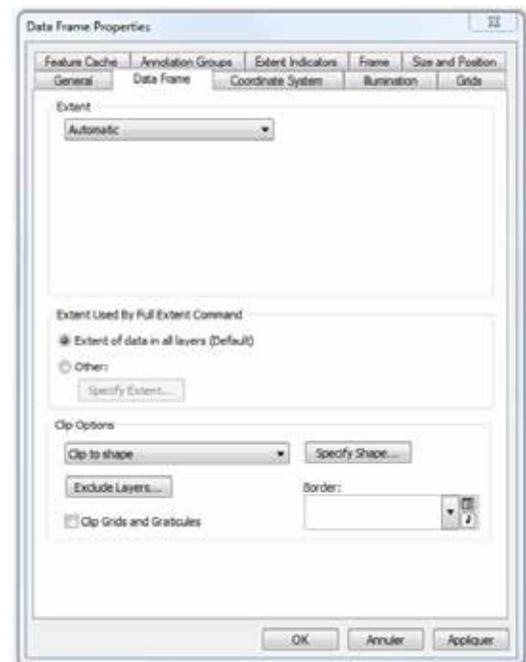
Sélectionnez votre territoire

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.



Découpez votre territoire

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



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

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. 28-29 et 52-53

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Liv15_forages_et_affleurements	<i>Forages et affleurements utilisés</i>	Points de stratigraphie ayant été utilisés pour l'interpolation de l'épaisseur des dépôts meubles	 UQAM.gdb
 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>	Estimation de l'épaisseur des dépôts meubles en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 0 - 1 m	Épaisseur nulle ou très faible 1 m et moins	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'aquifère de dépôts meubles possible Pas de couche imperméable (aquitard) qui protège les aquifères Aquifère de roc fracturé toujours présent
 1 - 3 m  3 - 6 m	Épaisseur faible 1 à 5 m	<ul style="list-style-type: none"> 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 m  9 - 11 m	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 11 - 14 m  14 - 17 m  17 - 22 m	Épaisseur élevée 10 à 20 m	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 10 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de till compact) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
 22 - 30 m  30 - 80 m	Épaisseur très élevée 20 m et plus	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 20 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive possible si des sédiments imperméables sont présents et suffisamment épais (ex. : + de 3 m d'argile ou + de 5 m de 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 et très élevé sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquifères** ?

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Contextes hydrogéologiques

Description

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

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

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 30-31 et 54-55

Atelier A, cahier du participant, pp. 44-45 et 68-69

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 NSF_Contextes_hydrologique	Contextes hydrogéologiques - NSF	Répartition spatiale de séquences stratigraphiques types de dépôts meubles	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 Liv14_coupes	Coupes stratigraphiques	Localisation des coupes stratigraphiques	 UQAM.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contextes hydrogéologiques	Signification	Information générale à tirer de la notion
<ul style="list-style-type: none">  Argile-sable-till  Granulaire  Granulaire-argile-granulaire-till  Granulaire-argile-till  Granulaire-till  Till remanié 	Sédiments granulaires, sable et till remanié	<ul style="list-style-type: none"> • Aquifère granulaire potentiel dans la séquence stratigraphique • Possible si les sédiments grossiers sont suffisamment épais (ex. : + de 5 m) • Aquifère d'extension limitée
<ul style="list-style-type: none">  Argile-till  Argile-sable-till  Granulaire-argile-granulaire-till  Granulaire-argile-till  Granulaire-till  Till 	Argile et till	<ul style="list-style-type: none"> • Aquitard potentiel dans la séquence stratigraphique • Peut 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) • Peut 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)
 Quaternaire ancien sous le till ou l'argile	Sédiments du Quaternaire ancien	<ul style="list-style-type: none"> • Aquifère granulaire et/ou aquitard potentiel dans la séquences stratigraphique • Dépend du type de sédiment (non défini par le contexte hydrogéologique)
 Roc	Roc	<ul style="list-style-type: none"> • 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 (précipitations et cours d'eau) et les unités géologiques sus-jacentes, ce qui limite ou favorise la **recharge** de l'**aquifère** ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface. Les conditions de confinement sont déterminées selon l'épaisseur des **dépôts meubles** qui sont peu perméables à l'écoulement de l'eau (ex. : **silt** et **argile**).

Atelier A, cahier du participant, pp. 32-33 et 56-57

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 NSF_Confinement	Confinement roc - NSF	Distribution spatiale de l'indice de confinement	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Conditions de confinement	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Nappe captive	Aquifère à nappe captive	<ul style="list-style-type: none">• Recharge faible• Vulnérabilité faible• Variations du niveau de la nappe faibles*• Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être mauvaise**
 Nappe semi-captive	Aquifère à nappe semi-captive	<ul style="list-style-type: none">• Recharge faible à moyenne• Vulnérabilité faible à moyenne• Variations de niveau de la nappe moyennes*• Eau souterraine possiblement légèrement minéralisée, probablement de qualité passable**
 Nappe libre	Aquifère à nappe libre	<ul style="list-style-type: none">• Recharge moyenne à élevée• Vulnérabilité moyenne à élevée• Variations de niveau de la nappe moyennes à élevées*• Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, probablement de bonne qualité**

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

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



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie

Description

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

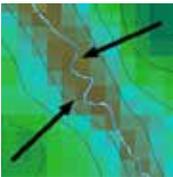
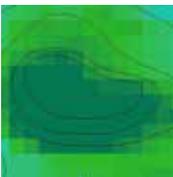
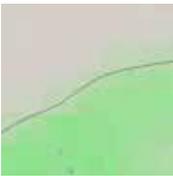
Atelier A, cahier du participant, pp. 34-35 et 58-59

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
 Liv20_pts	Points utilisés pour l'interpolation	Points utilisés pour l'interpolation de la surface piézométrique du roc	 UQAM.gdb
 NSF_Isopiezés	Courbes piézométriques roc - NSF	Lignes équipotentielles (isopièzes) qui correspondent à des courbes d'égal niveau piézométrique	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	Estimation des niveaux piézométriques (en mètres par rapport au niveau moyen de la mer)	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

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



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Recharge et résurgence

Description

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 36-37 et 60-61

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 NSF_Resurgences	Résurgences - NSF	Résurgences de l' eau souterraine	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 NSF_Zones_recharge	Recharge préférentielle - NSF	Zones de recharge préférentielle	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 NSF_Recharge	Recharge annuelle - NSF	Recharge spatialement distribuée de l' aquifère de roc fracturé	 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 mm/an	Recharge nulle ou faible 0 à 100 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surface Renouvellement de l'eau souterraine très lent Vulnérabilité probablement faible Eau souterraine possiblement minéralisée, de mauvaise qualité possible
 100 - 200 mm/an	Recharge moyenne 100 à 200 mm/an	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surface Renouvellement de l'eau souterraine peu rapide Vulnérabilité probablement moyenne Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle passable
 200 - 300 mm/an  300 - 400 mm/an  400 - 520 mm/an  Zone de recharge préférentielle	Recharge élevée 200 mm/an et plus	<ul style="list-style-type: none"> Présence probable de dépôts meubles perméables en surface, ou affleurement rocheux Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
 Résurgence	Résurgences de l' eau souterraine	<ul style="list-style-type: none"> Pas de recharge Mélange d'eau souterraine dans l'eau de surface Assure le débit de base des cours d'eau Crée parfois ou maintient des milieux humides



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Vulnérabilité

Description

La méthode la plus utilisée pour évaluer la **vulnérabilité** des **aquifères** est la méthode **DRASTIC** qui permet d'évaluer la sensibilité à la pollution de l'**eau souterraine** à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. Sept paramètres sont interprétés individuellement, puis combinés pour obtenir un indice de **vulnérabilité DRASTIC** : la profondeur de la **nappe**, la **recharge**, la nature de l'**aquifère**, le type 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 et 62-63

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 NSF_DRASTIC	Indice DRASTIC - NSF	Distribution spatiale de la vulnérabilité de l' aquifère de roc fracturé selon l'indice DRASTIC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 75 - 99  50 - 74  < 50	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	<ul style="list-style-type: none"> • Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe élevée • (R) Recharge faible • (A) Aquifère peu perméable • (S) Sol en surface peu perméable • (T) Forte pente du sol • (I) Zone vadose peu perméable • (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère
 125 - 179  100 - 124	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	<ul style="list-style-type: none"> • Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe moyenne • (R) Recharge moyenne • (A) Aquifère modérément perméable • (S) Sol en surface modérément perméable • (T) Pente du sol moyenne • (I) Zone vadose modérément perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne
 >= 180	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	<ul style="list-style-type: none"> • Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe faible • (R) Recharge élevée • (A) Aquifère très perméable • (S) Sol en surface très perméable • (T) Faible pente du sol • (I) Zone vadose très perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée

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



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Qualité de l'eau

Description

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

Atelier A, cahier du participant, pp. 40-43 et 64-67

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>	Dépassements des normes de qualité pour l'eau potable - éléments inorganiques	 UQAM.gdb
 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>	Dépassements des normes de qualité pour l'eau potable - bactériologie	 UQAM.gdb
 Liv24c_critere_qualite_pest_PPSP	<i>Détection de pesticides Détection de produits pharmaceutiques et de soins personnels</i>	Détection de pesticides et produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP)	 UQAM.gdb
 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>	Dépassements des normes pour les objectifs esthétiques de l'eau potable	 UQAM.gdb

Interprétation générale des couches d'informations

Légende :	Signification	Informations générales à tirer de la notion
Dépassement des critères de qualité de l'eau		
 Granulaire	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA) - élément inorganique ou bactériologique	<ul style="list-style-type: none"> • Eau souterraine de mauvaise qualité • Non potable • Risque pour la santé
 Roc	Détection de pesticides ou de produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP)	<ul style="list-style-type: none"> • Eau souterraine de mauvaise qualité ou de qualité passable • Potable ou non potable • Risque pour la santé possible
	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE)	<ul style="list-style-type: none"> • Eau souterraine de qualité passable • Potable • Avec désagrément esthétique (couleur, odeur, goût), mais sans danger pour la santé
<ul style="list-style-type: none"> ● Aucun dépassement ■ Granulaire - Aucun dépassement ▲ Roc - Aucun dépassement ● Sans détection 	Aucun dépassement	<ul style="list-style-type: none"> • Eau souterraine de bonne qualité • Potable • Sans désagrément esthétique ni risque pour la santé



Questions d'interprétation

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

Quels sont les paramètres pour lesquels les **concentrations maximales acceptables** sont souvent dépassés sur mon territoire ?

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Les autres résultats du PACES

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

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

4

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

Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir une des trois questions suivantes et y répondre :

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

Activité 1 – Remue-méninges 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'ordre scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninges.

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 1

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

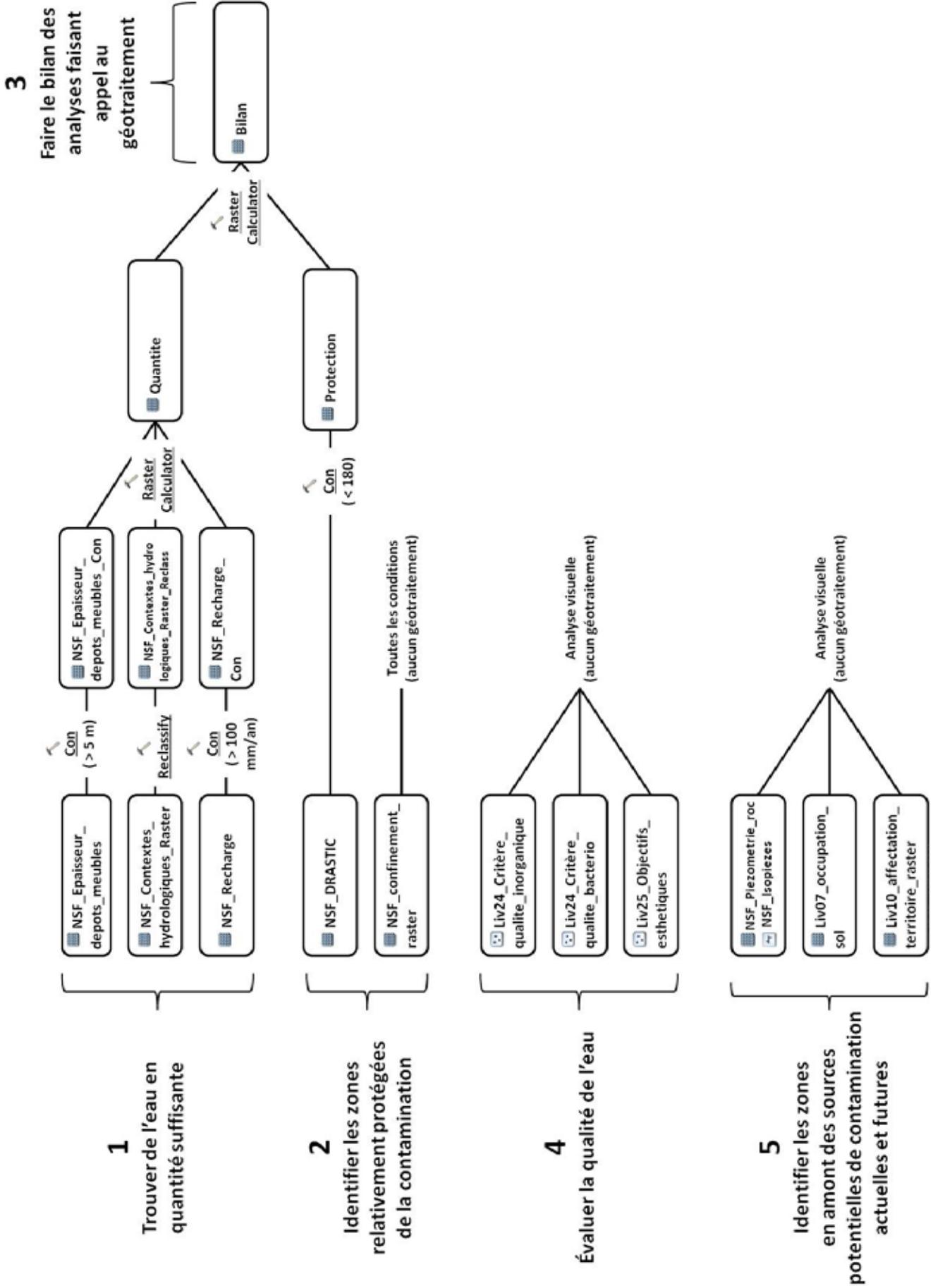
Question

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

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence potentielle d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur moyenne : 5 à 10 m Épaisseur élevée : 10 à 20 m Épaisseur très élevée : 20 m et plus
	Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Présence de sédiments granulaires, sables ou till remanié dans la séquence hydrostratigraphique
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	<i>Recharge annuelle - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge moyenne : 100 à 200 mm/an Recharge élevée : 200 mm/an et plus

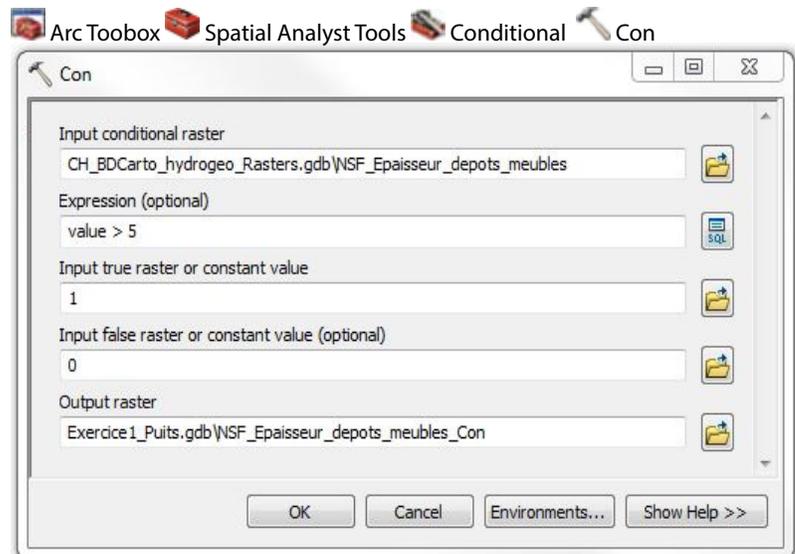


Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

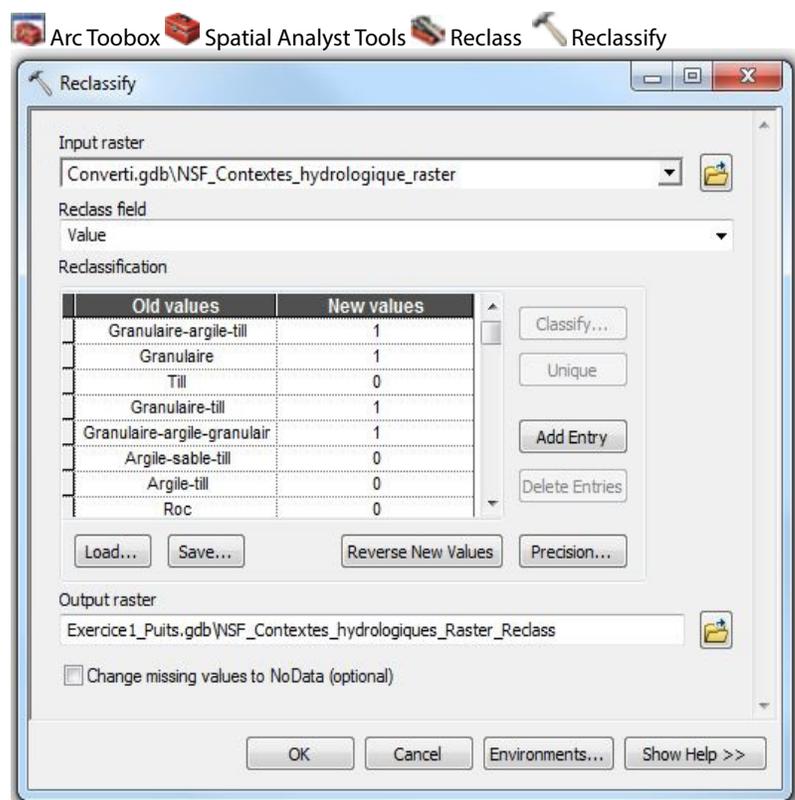
Les cellules de **NSF_Epaisseur_depots_meubles_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

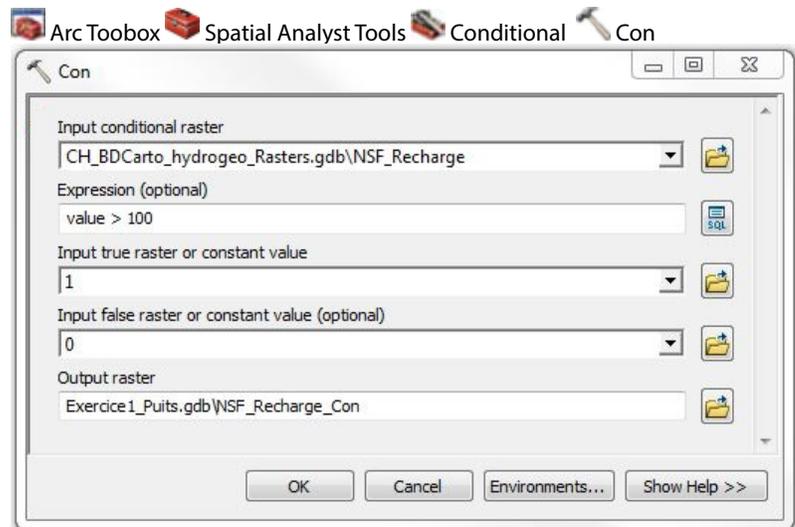
Les cellules de **NSF_Contextes_hydrologiques_Raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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

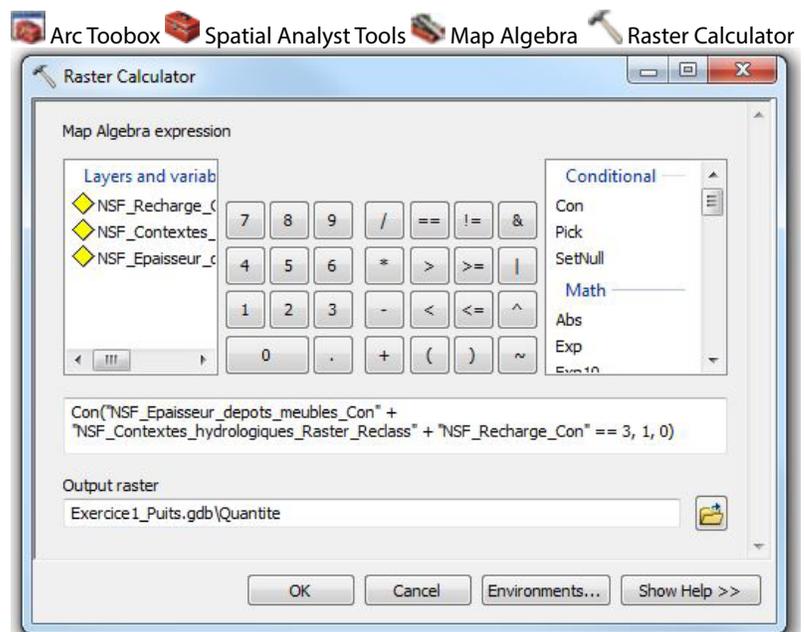


BILAN

Combiner les résultats des couches **NSF_Epaisseur_depots_meubles_Con**, **NSF_Contextes_hydrologiques_Raster_Reclass** et **NSF_Recharge_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

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



2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

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

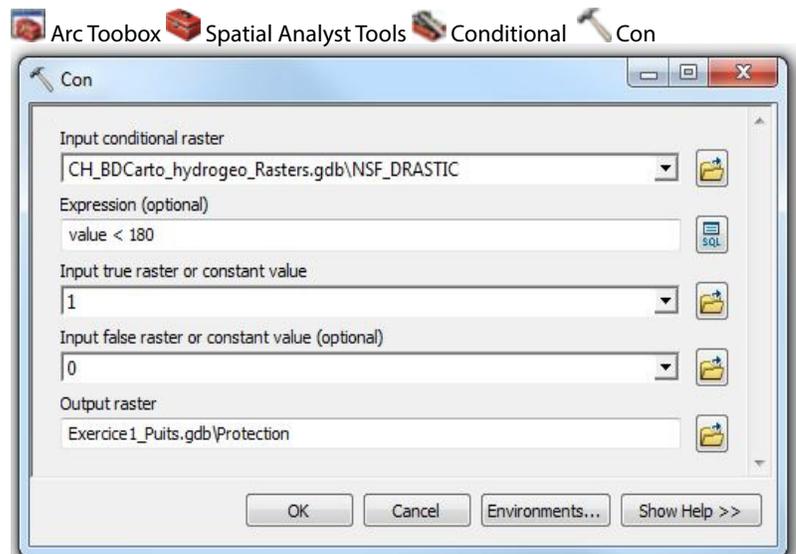


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

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

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



CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

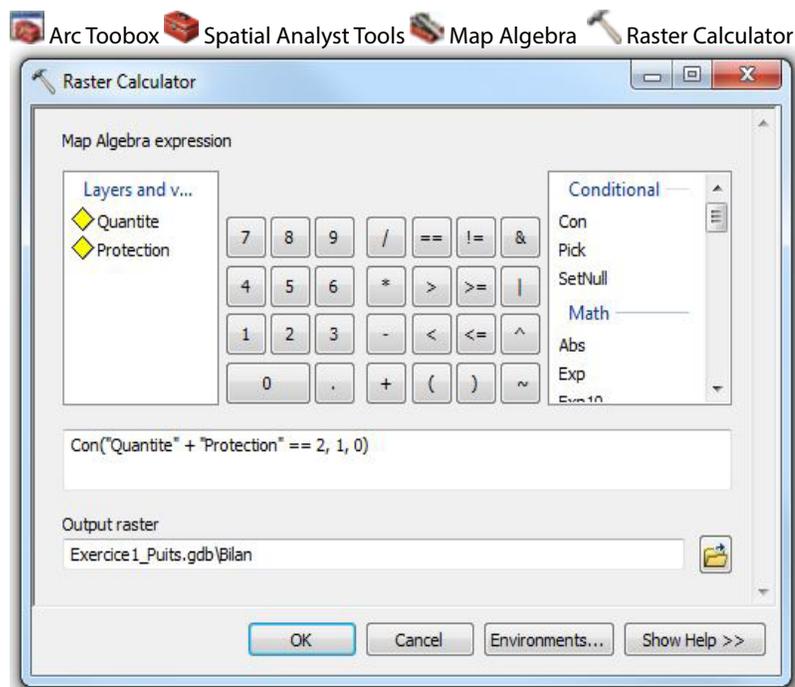
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

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

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>	<ul style="list-style-type: none">Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifèreEau souterraine de qualité passable : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère, mais aucun dépassement de CMA
		 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>	
		 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères inorganiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_CMA > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24b_Critere_qualite_bacterio** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères bactériologiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_BAC > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv25_Objectifs_esthetiques** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_OE > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels aucun critère de qualité de l'eau n'a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_CMA = 0 AND Nb_dep_OE = 0 AND Nb_dep_BAC = 0
```

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

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

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Afin de prévenir la contamination, la recharge de l'eau qui atteint le puits ou l'aquifère ne doit pas se faire à un endroit où il y a des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer pour déterminer le type d'activités humaines exercées en amont hydraulique du puits ou de l'aquifère. 	<ul style="list-style-type: none"> Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel. La piézométrie régionale, qui détermine le sens d'écoulement de l'eau souterraine, a ses limites. Dans le cas d'un puits, une étude hydrogéologique locale devrait être réalisée pour bien délimiter son aire d'alimentation et identifier les menaces qui existent à l'intérieur de ce territoire. 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'aquifères sont séparés par un aquitard.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 NSF_Isopiezes	Courbes piézométriques roc - NSF	
	Occupation du sol	 Liv07_occupation_sol	Classe d'occupation du sol	
	Affectation du territoire	 Liv10_affectation_territoire_raster	Classes d'affectation du territoire - Converti	



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **Liv07_occupation_sol** (alias : Classe d'occupation du sol), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, urbaine et minière). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche  **Liv10_affectation_territoire_raster** (alias: Classes d'affectation du territoire - Converti), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des affectations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, commerciale, industrielle, résidentielle et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie  **NSF_Piezometrie_roc** (alias : Piézométrie roc - NSF) ou  **NSF_Isopiezes** (alias : Courbes piézométriques roc - NSF). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

Page laissée vide intentionnellement

Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

Dans votre pratique professionnelle, de quelle manière pourriez-vous assurer une protection et une gestion durable de l'eau souterraine sur les zones qui ressortent de votre analyse (ex.: mesures réglementaires, incitatives, volontaires ou de sensibilisation) ?

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - NSF
			Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	Contextes hydrogéologiques - Converti
			Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	Recharge annuelle - NSF
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Vulnérabilité	 NSF_DRASTIC	Indice DRASTIC - NSF
			Conditions de confinement	 NSF_Confinement_raster	Confinement roc - Converti
Évaluer la qualité de l'eau				 Liv24_Critere_qualite_inorganique	Éléments inorganiques
		Qualité de l'eau		 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	Critères bactériologiques
				 Liv25_Objectifs_esthetiques	Dépassements d'objectif esthétique
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures				 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF
			Piézométrie	 NSF_Isopiezes	Courbes piézométriques roc - NSF
			Occupation du sol	 Liv07_occupation_sol	Classe d'occupation du sol
			Affectation du territoire	 Liv10_affectation_territoire_raster	Classes d'affectation du territoire - Converti

Intégration des connaissances du milieu humain

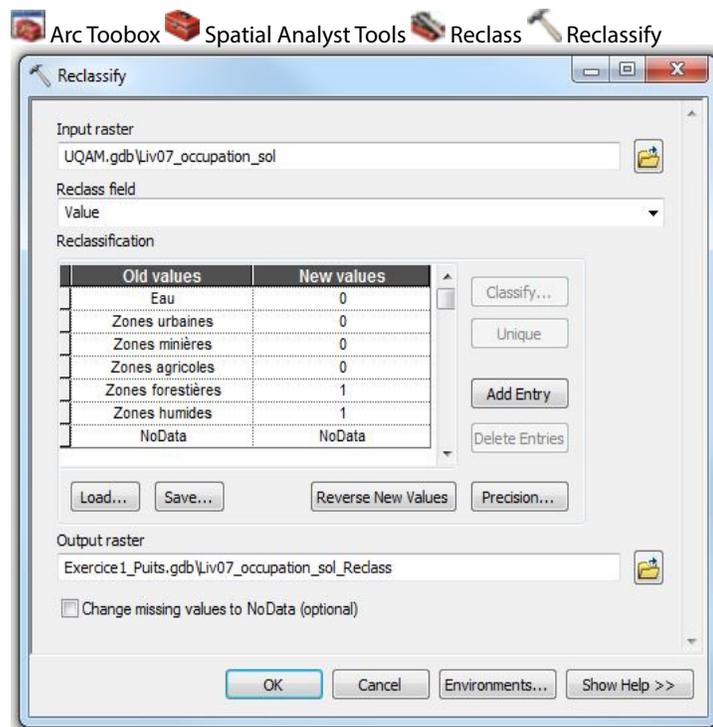
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à la recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine (ex. : l'emplacement du réseau d'aqueduc existant, la distance aux noyaux urbains, les propriétaires terriens, l'occupation du sol, l'affectation 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. Ils sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre un exemple d'opérations de géotraitement qu'il est possible de faire.

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Liv07_occupation_sol** (alias: *Classe d'occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

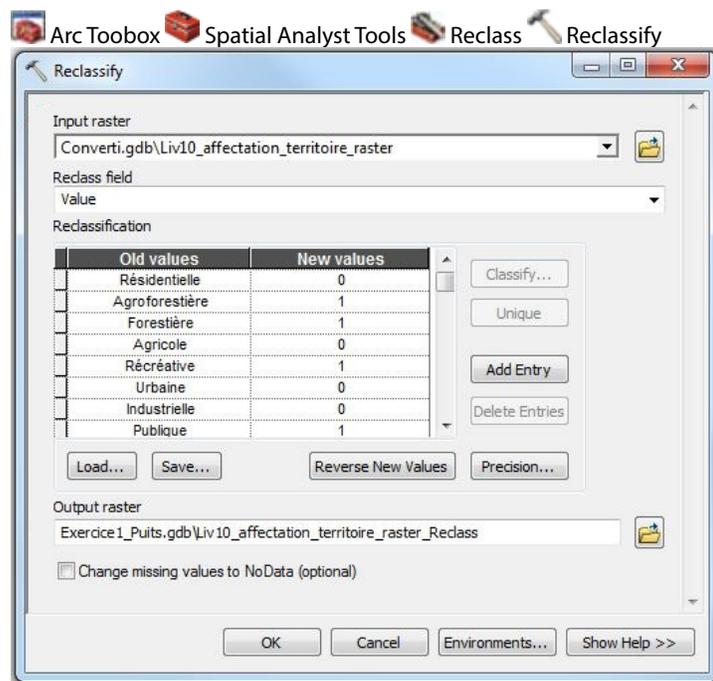
Les cellules de **Liv07_occupation_sol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster** (alias : *Classes d'affectation du territoire - Converti*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

Les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

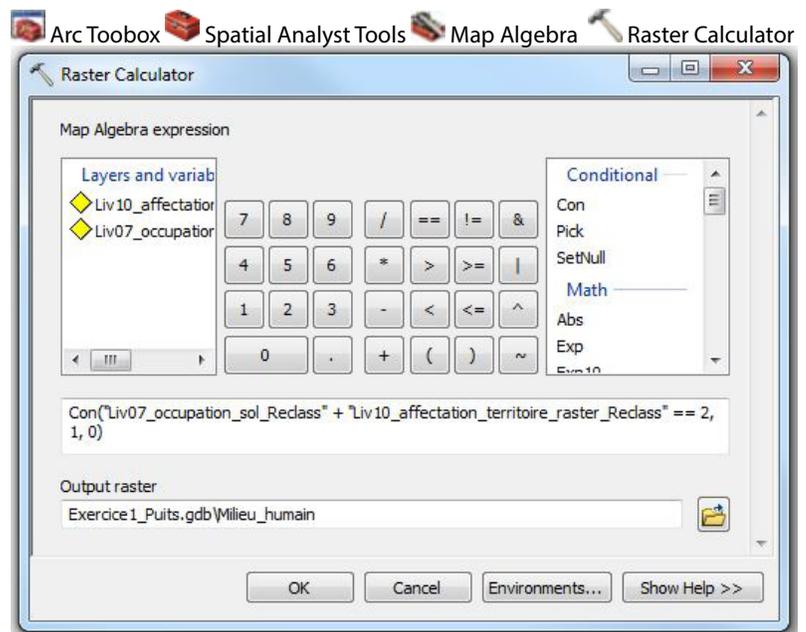


BILAN

Combiner les résultats des couches

 **Liv07_occupation_sol_Reclass** et
 **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

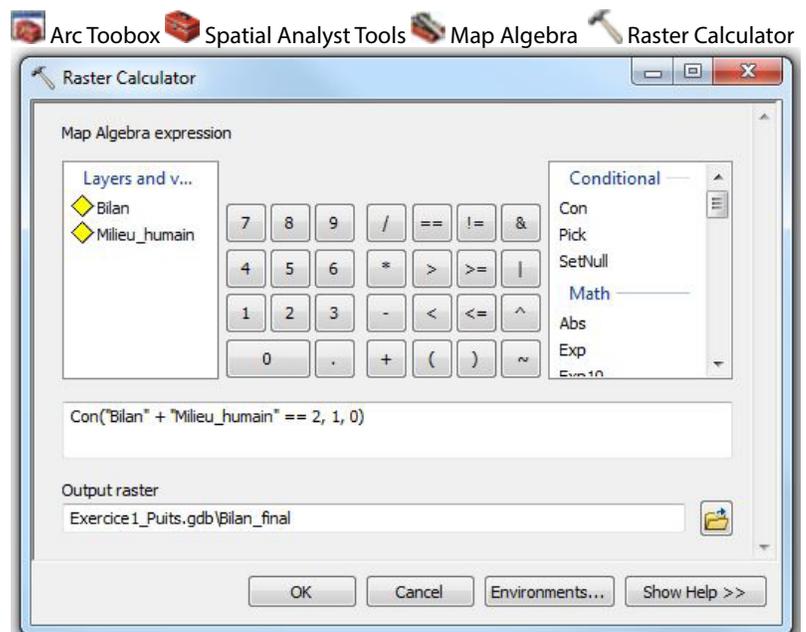
Les cellules de  **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir une des trois questions suivantes et y répondre :

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

Activité 1 – Remue-méninges 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'ordre scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninges.

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 2

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

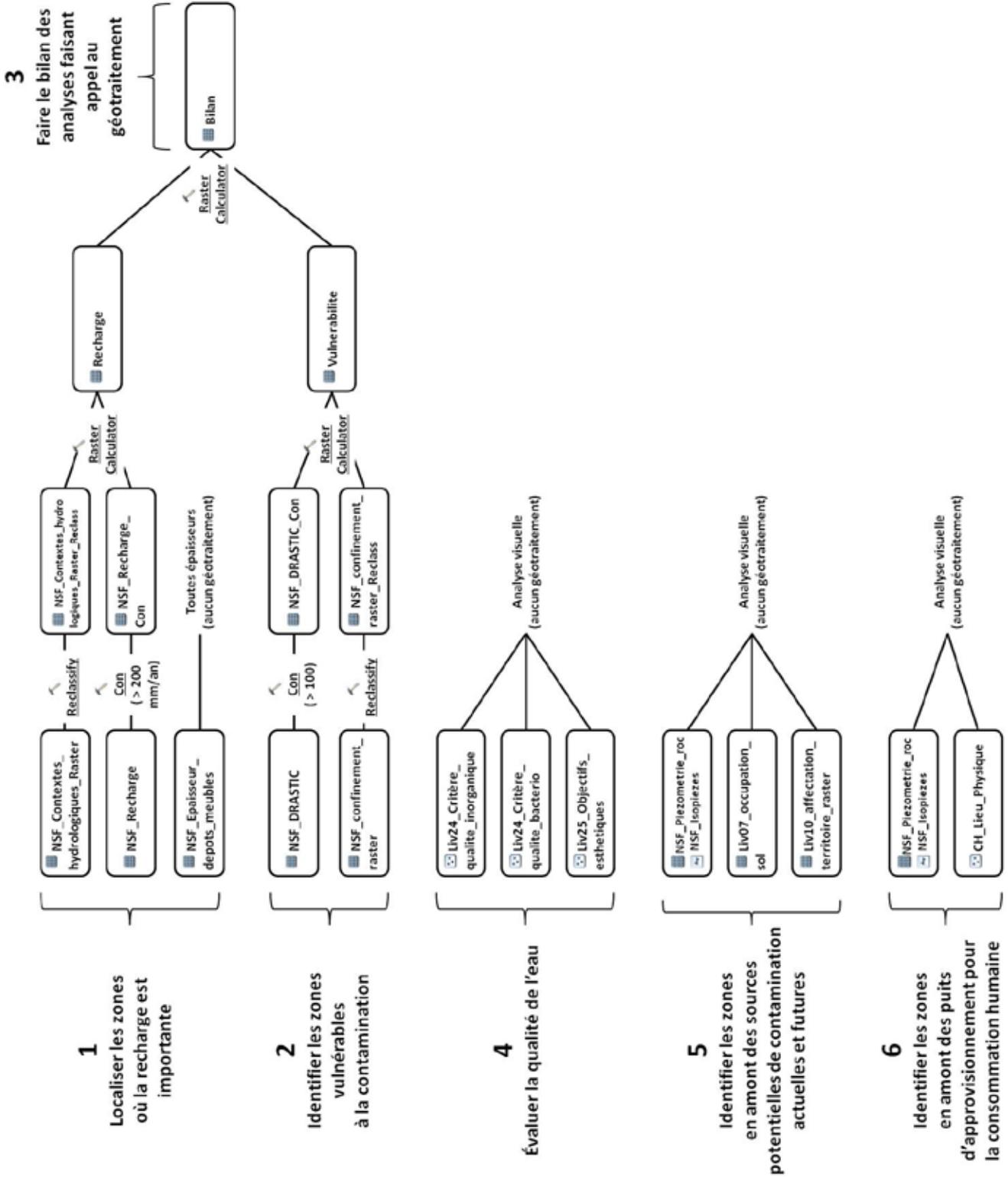
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Absence d'aquitard	<ul style="list-style-type: none"> Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltré et atteint ces aquifères. 	<ul style="list-style-type: none"> L'épaisseur des sédiments constituant les aquitards devrait être considérée, car par exemple, une couverture d'argile de moins de 3 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants. 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 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	<ul style="list-style-type: none"> Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection. 	<ul style="list-style-type: none"> Le taux de recharge peut changer d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques ou des modifications de l'occupation du sol. Il restera toutefois dans le même ordre de grandeur. La recharge varie au cours de l'année. Elle est la plus faible, voire nulle, en hiver, lorsqu'il y a peu de précipitations liquides et que le sol est gelé, et la plus élevée au printemps, lors de la fonte des neiges. 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'aquifères sont séparés par un aquitard.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard. 	

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

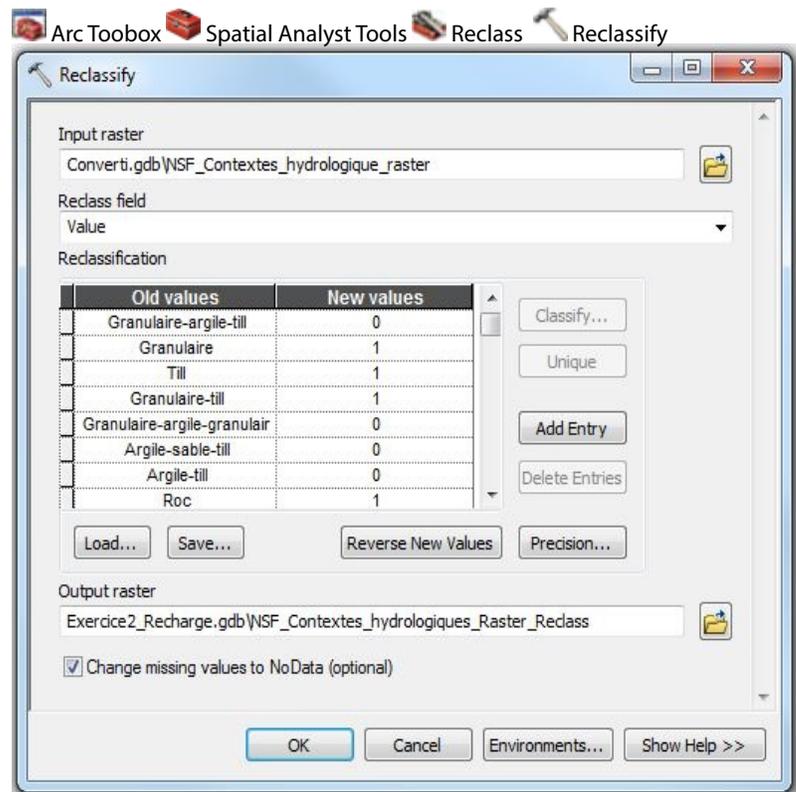
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Absence d'aquitard	Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'argile dans la séquence stratigraphique
Taux de recharge annuelle important	Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	<i>Recharge annuelle - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée: 200 mm/an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs

Procédure étape par étape

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

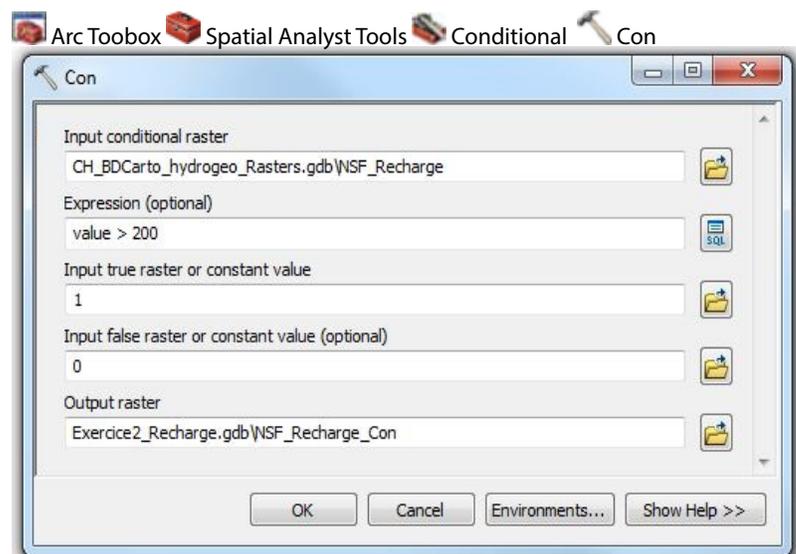
Les cellules de  **NSF_ Contextes_hydrologiques_Raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

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



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

BILAN

Combiner les résultats des couches

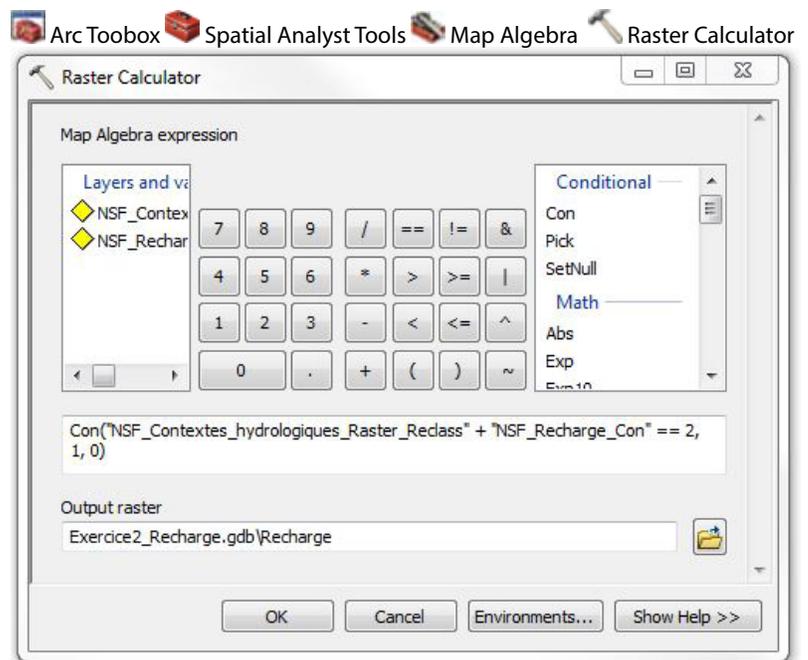
 **NSF_Contextes_hydrologiques_**

Raster_Reclass et

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

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



2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifère vulnérable	<ul style="list-style-type: none"> Il faut consacrer les efforts à protéger les aquifères susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, et non ceux qui sont déjà protégés naturellement. 	<ul style="list-style-type: none"> Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration 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 des aquifères de dépôts meubles sus-jacents lorsque l'aquifère de roc fracturé est en condition de nappe libre.
Aquifère à nappe libre et semi-captive	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe semi-captive et libre ne sont pas complètement protégés par un aquitard de la contamination qui proviendrait de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> La recharge est de moyenne à élevée dans les aquifères à nappe semi-captive et libre. 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.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité	 NSF_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180 Vulnérabilité élevée: indice de 180 ou plus
Aquifère à nappe libre et semi-captive	Conditions de confinement	 NSF_Confinement_raster	<i>Confinement roc - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère à nappe libre Aquifère à nappe semi-captive

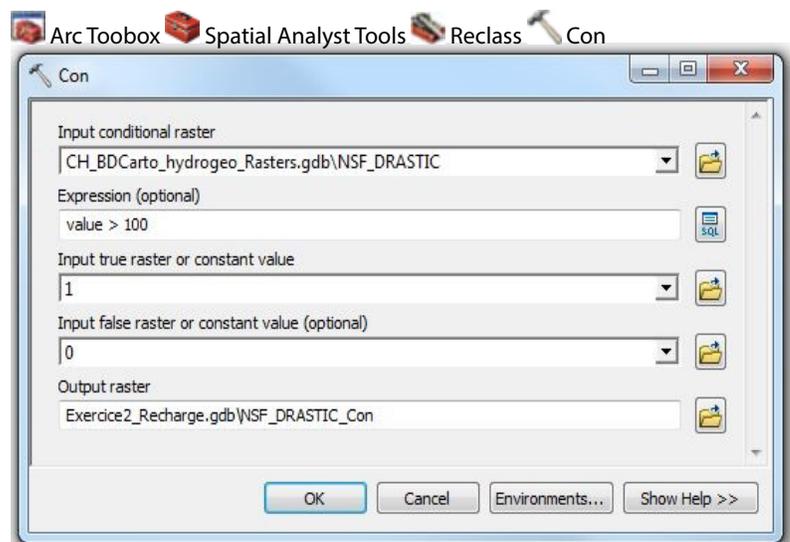


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

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

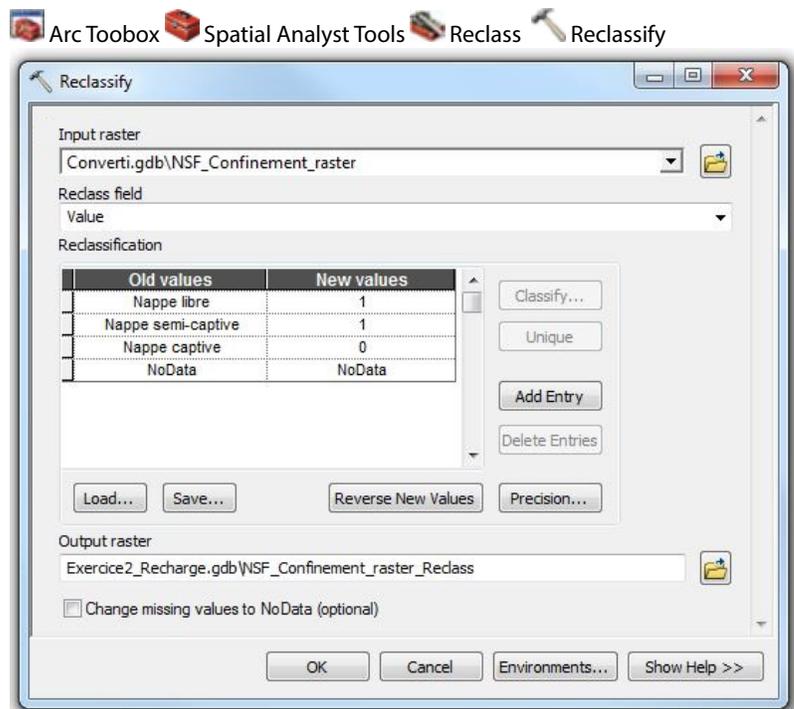
Les cellules de  **NSF_DRASTIC_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

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

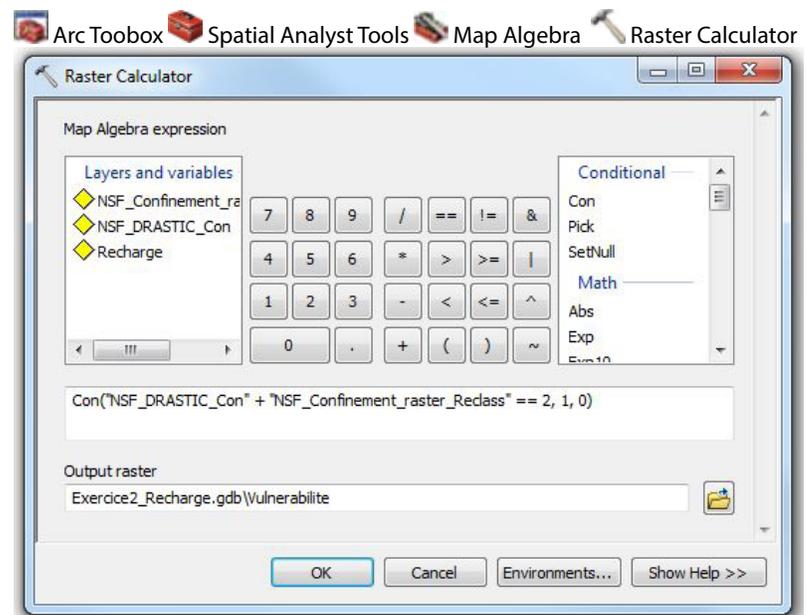


BILAN

Combiner les résultats des couches **NSF_DRASTIC_Con** et **NSF_Confinement_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

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

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

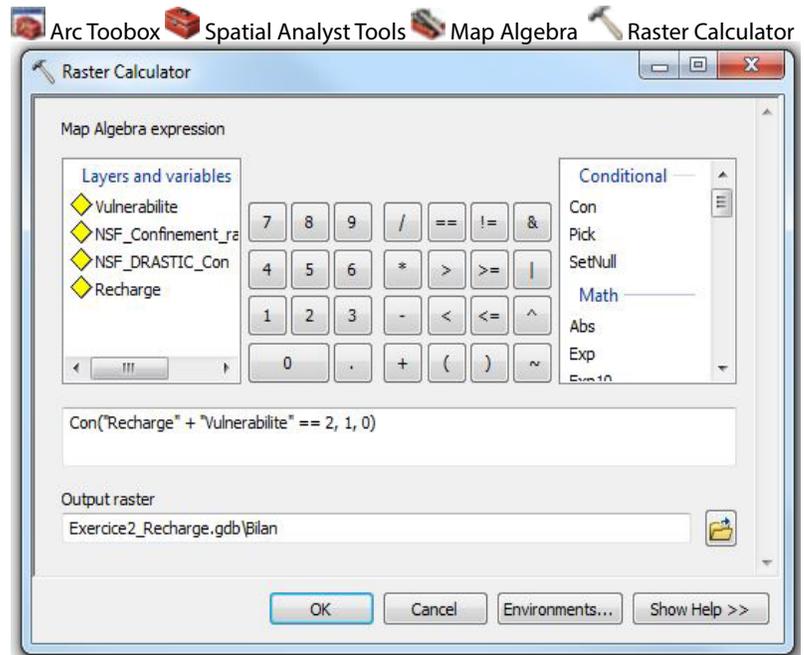


3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité passable à bonne	<ul style="list-style-type: none">L'eau doit être de bonne qualité naturelle pour considérer sa protection. La protection d'une eau de qualité naturelle douteuse n'est pas prioritaire.	<ul style="list-style-type: none">Quelques problèmes d'ordre esthétique peuvent être acceptables.Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais pourraient tout de même être considérés si des traitements efficaces et peu coûteux existent.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>	<ul style="list-style-type: none">Eau souterraine de bonne qualité : aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifèreEau souterraine de qualité passable : au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère, mais aucun dépassement de CMA
		 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>	
		 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>	



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères inorganiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_CMA > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24b_Critere_qualite_bacterio** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères bactériologiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_BAC > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv25_Objectifs_esthetiques** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_OE > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels aucun critère de qualité de l'eau n'a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_CMA = 0 AND Nb_dep_OE = 0 AND Nb_dep_BAC = 0
```

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

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

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Afin de prévenir la contamination, la zone de recharge à protéger doit être située en amont des activités humaines en surface pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau. Le sens d'écoulement est donc à considérer pour déterminer le type d'activités humaines exercées en amont hydraulique de l'aquifère. 	<ul style="list-style-type: none"> Il faut faire l'inventaire des activités potentiellement polluantes en amont hydraulique de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel. 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'aquifères sont séparés par un aquitard.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 NSF_Isopiezes	Courbes piézométriques roc - NSF	
	Occupation du sol	 Liv07_occupation_sol	Classe d'occupation du sol	
	Affectation du territoire	 Liv10_affectation_territoire_raster	Classes d'affectation du territoire - Converti	



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **Liv07_occupation_sol** (*alias* : *Classe d'occupation du sol*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, urbaine et minière). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

Pour identifier des sources potentielles de contamination futures, dans la couche  **Liv10_affectation_territoire_raster** (*alias* : *Classes d'affectation du territoire - Converti*), sous l'onglet **Symbology** de la fenêtre **Layer Properties**, regrouper les valeurs des affectations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : agricole, commerciale, industrielle, résidentielle et urbaine). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle future**.

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie  **NSF_Piezometrie_roc** (*alias* : *Piézométrie roc - NSF*) ou  **NSF_Isopiezes** (*alias* : *Courbes piézométriques roc - NSF*). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

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

Les paramètres d’analyse proposés

Paramètres d’analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> Afin de favoriser la protection de zones de recharge d’aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d’approvisionnement, les zones protégées pourraient être situées en amont des puits d’alimentation en eau potable. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectées, 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’aquifères sont séparés par un aquitard.

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

Paramètres d’analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	 NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	<ul style="list-style-type: none"> En amont des puits d’alimentation
		 NSF_Isopiezes	Courbes piézométriques roc - NSF	
	s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

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

```
Type_Util_Eau = 'agriculture' OR Type_Util_Eau = 'agriculture (élevage)' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau (général)' OR
Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable domestique' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable municipal' OR
Type_Util_Eau = 'commerce' OR Type_Util_Eau = 'eau embouteillée' OR Type_Util_Eau = 'institution'
```

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie  **NSF_Piezometrie_roc** (alias : Piézométrie roc - NSF) ou  **NSF_Isopiezes** (alias : Courbes piézométriques roc - NSF), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères vulnérables, tels que définis par la couche  **Bilan**.

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

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

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 du sol, 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 (ex.: mesures réglementaires, incitatives, volontaires ou de sensibilisation)?

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			Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>	
			Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	
			Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	<i>Recharge annuelle - NSF</i>	
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Vulnérabilité	 NSF_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - NSF</i>	
			Conditions de confinement	 NSF_Confinement_raster	<i>Confinement roc - Converti</i>	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>	
				 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>	
				 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures			Piézométrie	 NSF_Piezometrie_roc	<i>Piézométrie roc - NSF</i>	
				 NSF_Isopiezes	<i>Courbes piézométriques roc - NSF</i>	
			Occupation du sol	 Liv07_occupation_sol	<i>Classe d'occupation du sol</i>	
			Affectation du territoire	 Liv10_affectation_territoire_raster	<i>Classes d'affectation du territoire - Converti</i>	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 NSF_Piezometrie_roc	<i>Piézométrie roc - NSF</i>	
				 NSF_Isopiezes	<i>Courbes piézométriques roc - NSF</i>	
			s.o.	 CH_Lieu_physique	<i>Lieux physiques (puits et forages)</i>	

Intégration des connaissances du milieu humain

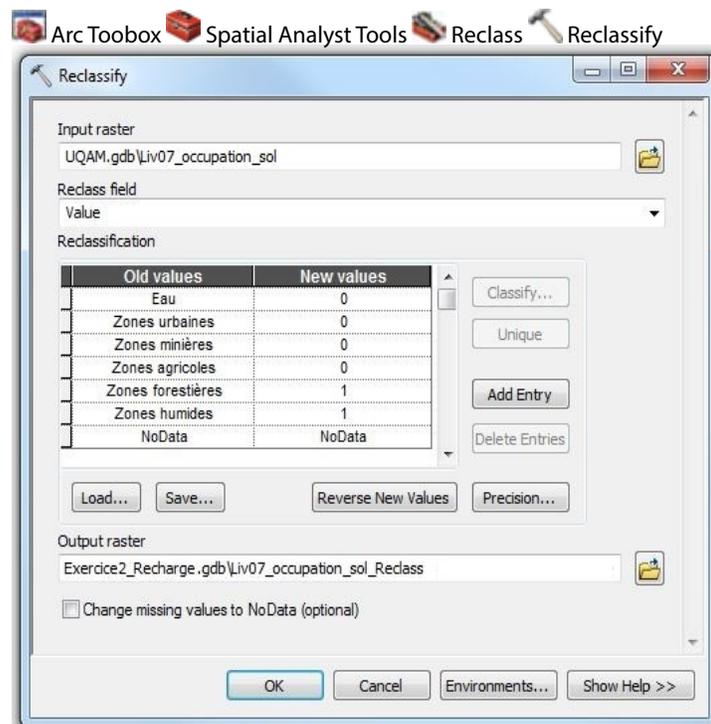
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones à protéger en priorité pour la recharge (ex. : zone de conservation, les propriétaires terriens, zonage agricole, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter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

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Liv07_occupation_sol** (alias: *Classe d'occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

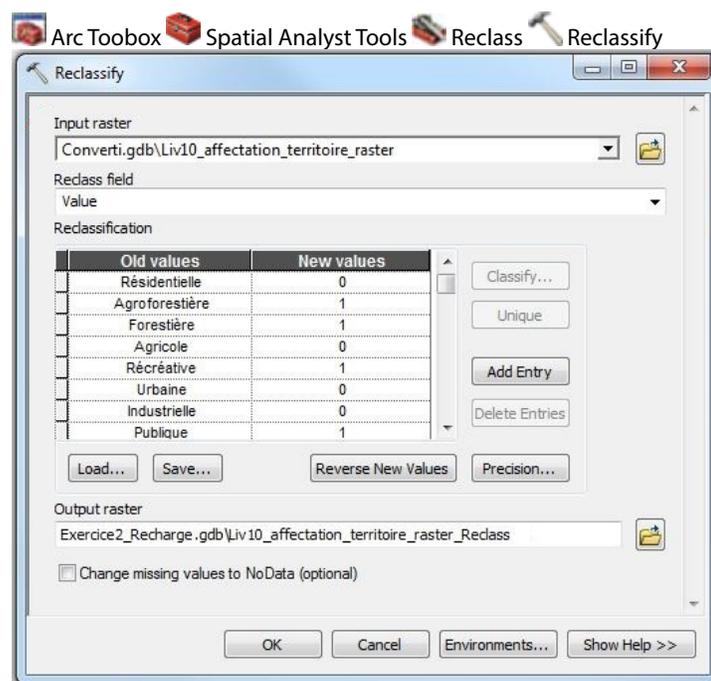
Les cellules de **Liv07_occupation_sol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster** (alias : *Classes d'affectation du territoire - Converti*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

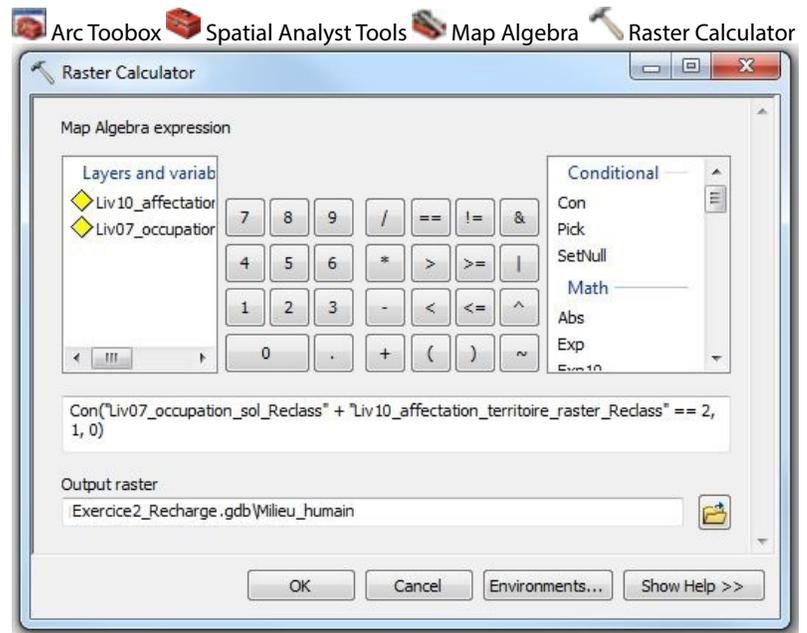
Les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN

Combiner les résultats des couches **Liv07_occupation_sol_Reclass** et **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

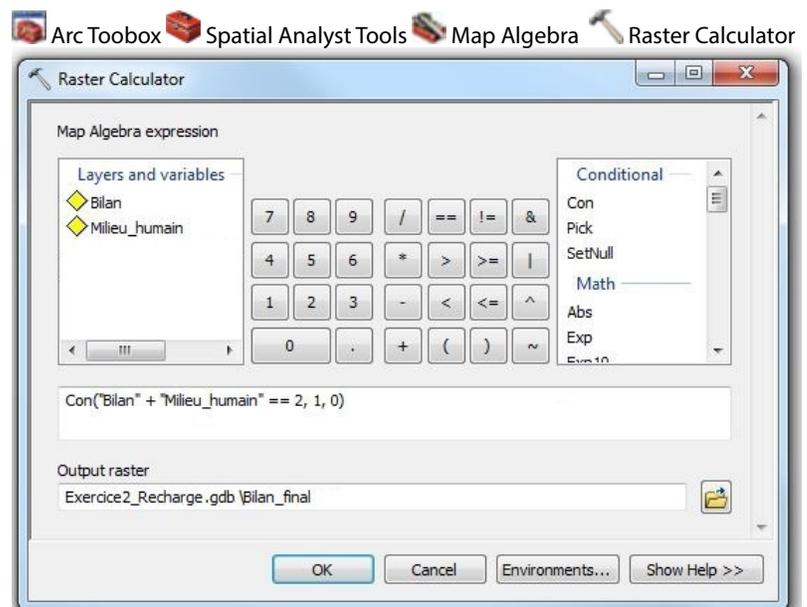
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



Le déroulement de cet exercice s'étendra sur tout l'après-midi. Vous devrez choisir une des trois questions suivantes et y répondre :

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

Activité 1 – Remue-méninges 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'ordre scientifique. Il sera aussi invité à commenter le résultat du remue-méninges.

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 3

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

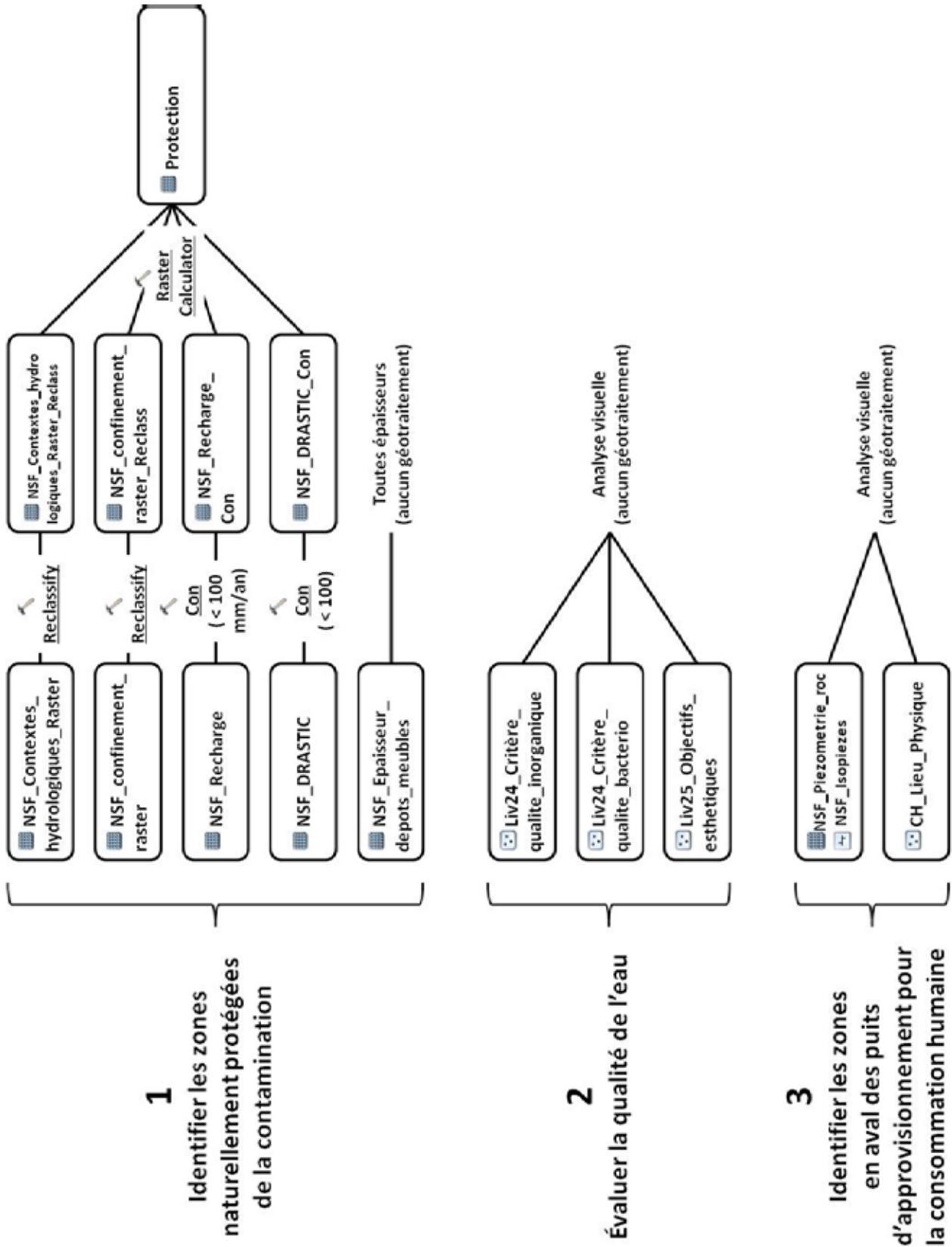
Question

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'un aquitard	<ul style="list-style-type: none"> Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltré et atteint ces aquifères. 	<ul style="list-style-type: none"> L'épaisseur des sédiments constituant les aquitards devrait être considérée, car par exemple, une couverture d'argile de moins de 3 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants. 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 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	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle. 	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive ne sont pas protégés d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral. 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 un aquitard entre les deux types d'aquifères.
Taux de recharge annuel faible	<ul style="list-style-type: none"> La recharge doit être faible pour limiter le volume d'eau des précipitations atteignant l'aquifère et qui peut mobiliser les contaminants depuis la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain ou 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 un aquitard entre les deux types d'aquifères.
Vulnérabilité faible	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration 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. 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 un aquitard entre les deux types d'aquifères.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	<ul style="list-style-type: none"> Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard. 	

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

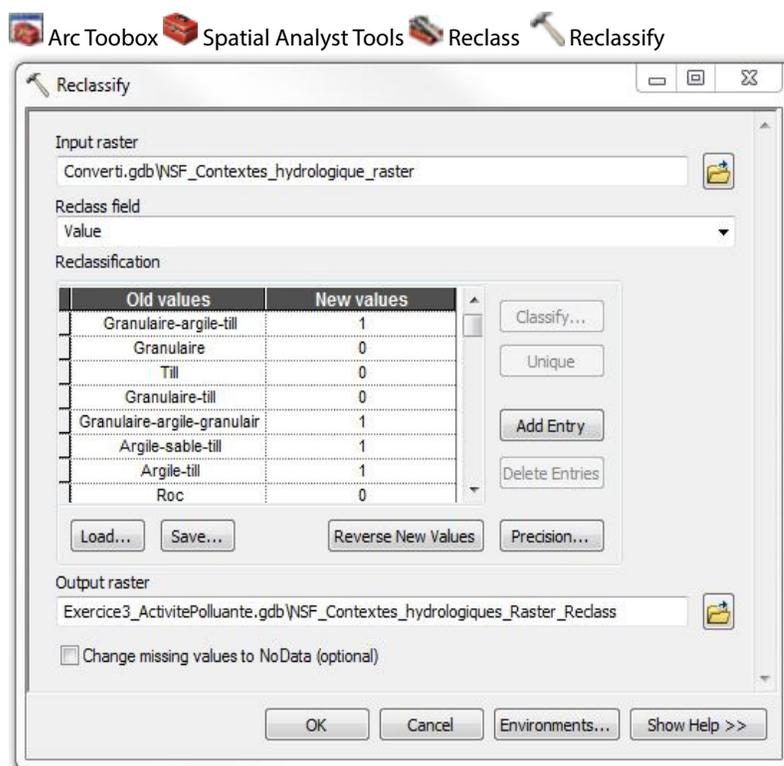
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence d'un aquitard	Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'argile dans la séquence stratigraphique
Aquifère à nappe captive	Conditions de confinement	 NSF_Confinement_raster	<i>Confinement roc - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère à nappe captive
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	<i>Recharge annuelle - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge nulle ou faible : 0 à 100 mm/an
Vulnérabilité faible	Vulnérabilité	 NSF_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs

Procédure étape par étape

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

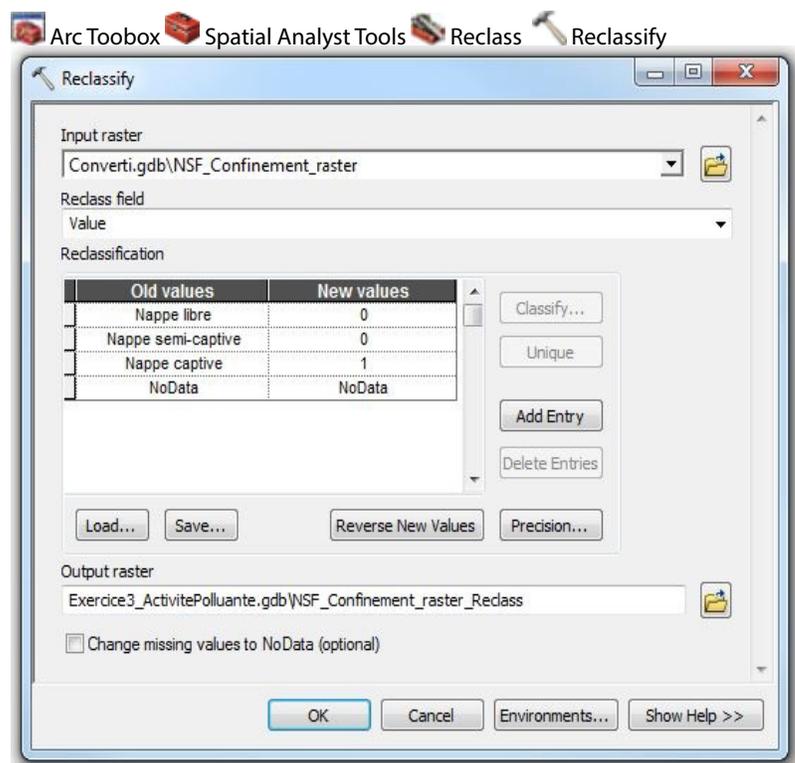
Les cellules de  **NSF_Contextes_hydrologiques_Raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONDITIONS DE CONFINEMENT

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

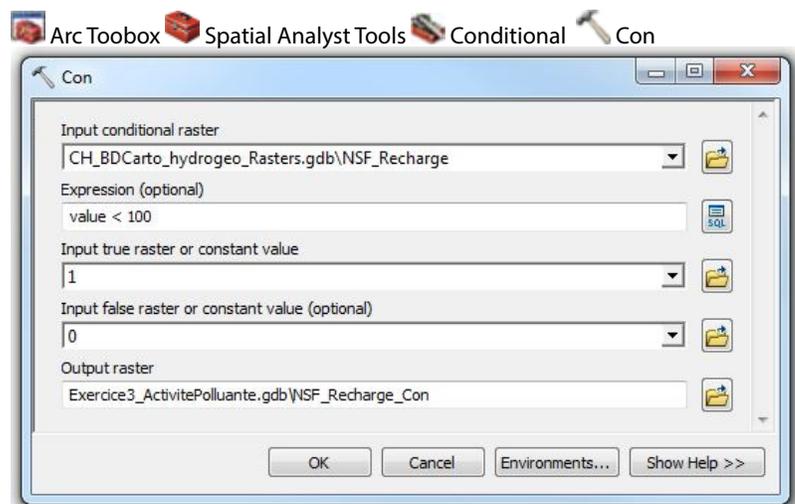
Les cellules de **NSF_Confinement_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

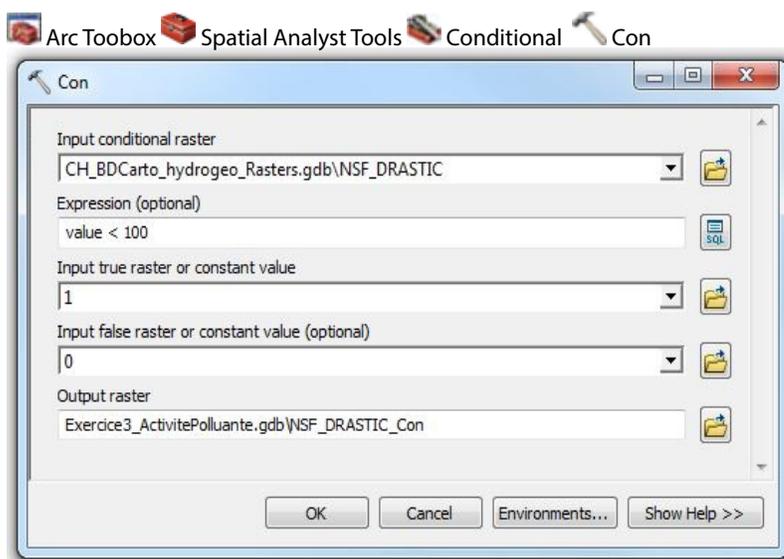
Les cellules de **NSF_Recharge_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



VULNÉRABILITÉ

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

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



ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

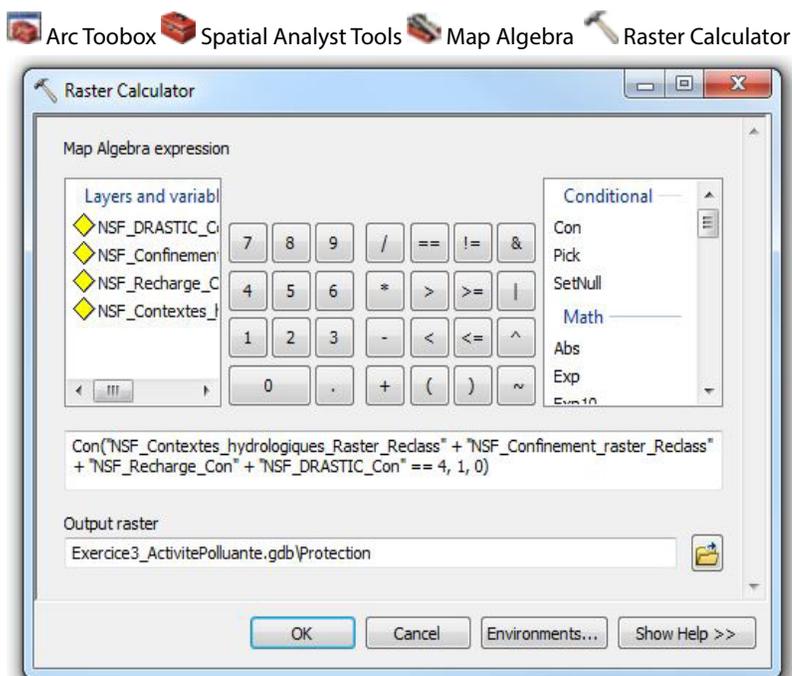
Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de dépôts meubles sont considérées par les critères.

BILAN

Combiner les résultats des couches **NSF_Contextes_hydrologiques_Raster_Reclass**, **NSF_Confinement_raster_Reclass**, **NSF_Recharge_Con** et **NSF_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.



2. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes les qualités de l'eau	Qualité de l'eau	 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de bonne qualité (aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination très élevée
		 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de qualité passable (au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination élevée
		 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>	<ul style="list-style-type: none"> 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 n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères inorganiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_CMA > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24b_Critere_qualite_bacterio** pour lesquels au moins une concentration maximale acceptable des critères bactériologiques a été dépassée, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties :

```
Nb_dep_BAC > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv25_Objectifs_esthetiques** pour lesquels au moins un objectif esthétique a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_OE > 0
```

Pour n'afficher que les puits de la couche  **Liv24_Critere_qualite_inorganique** pour lesquels aucun critère de qualité de l'eau n'a été dépassé, faire la requête suivante sous l'onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties:

```
Nb_dep_CMA = 0 AND Nb_dep_OE = 0 AND Nb_dep_BAC = 0
```

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 passable, 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.

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

3. Identifier les zones en aval des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine

Les paramètres d’analyse proposés

Paramètres d’analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En aval des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> Afin de prévenir la contamination des puits d’approvisionnement, l’activité potentiellement polluante devrait être située en aval des puits d’alimentation en eau potable. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectées. 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’aquifères sont séparés par un aquitard.

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

Paramètres d’analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En aval des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	NSF_Piezometrie_roc	Piézométrie roc - NSF	<ul style="list-style-type: none"> En aval des puits d’alimentation
		NSF_Isopiezies	Courbes piézométriques roc - NSF	
	s.o.	CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	



Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

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

```
Type_Util_Eau = 'agriculture' OR Type_Util_Eau = 'agriculture (élevage)' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau (général)' OR
Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable domestique' OR Type_Util_Eau = 'approvisionnement en eau potable municipal' OR
Type_Util_Eau = 'commerce' OR Type_Util_Eau = 'eau embouteillée' OR Type_Util_Eau = 'institution'
```

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie **NSF_Piezometrie_roc** (alias : Piézométrie roc - NSF) ou **NSF_Isopiezies** (alias : Courbes piézométriques roc - NSF), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où les aquifères sont protégés naturellement, tels que définis par la couche **Protection**.

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

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

Page laissée vide intentionnellement

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 du sol, 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 (Alias) Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination			Épaisseur des dépôts meubles	 NSF_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - NSF</i>
			Contextes hydrogéologiques	 NSF_Contextes_hydrologiques_Raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>
			Conditions de confinement	 NSF_Confinement_raster	<i>Confinement roc - Converti</i>
			Recharge et résurgence	 NSF_Recharge	<i>Recharge annuelle - NSF</i>
			Vulnérabilité	 NSF_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - NSF</i>
Évaluer la qualité de l'eau				 Liv24_Critere_qualite_inorganique	<i>Éléments inorganiques</i>
			Qualité de l'eau	 Liv24b_Critere_qualite_bacterio	<i>Critères bactériologiques</i>
				 Liv25_Objectifs_esthetiques	<i>Dépassements d'objectif esthétique</i>
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine				 NSF_Piezometrie_roc	<i>Piézométrie roc - NSF</i>
			Piézométrie	 NSF_Isopiezes	<i>Courbes piézométriques roc - NSF</i>
			s.o.	 CH_Lieu_physique	<i>Lieux physiques (puits et forages)</i>

Intégration des connaissances du milieu humain

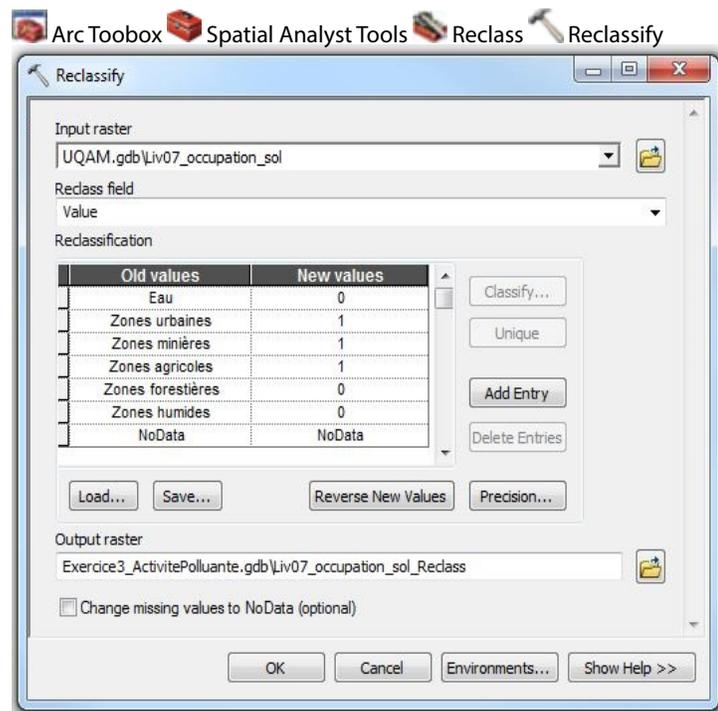
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones où implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines (ex. : les propriétaires terriens, l'occupation du sol,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

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Liv07_occupation_sol** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

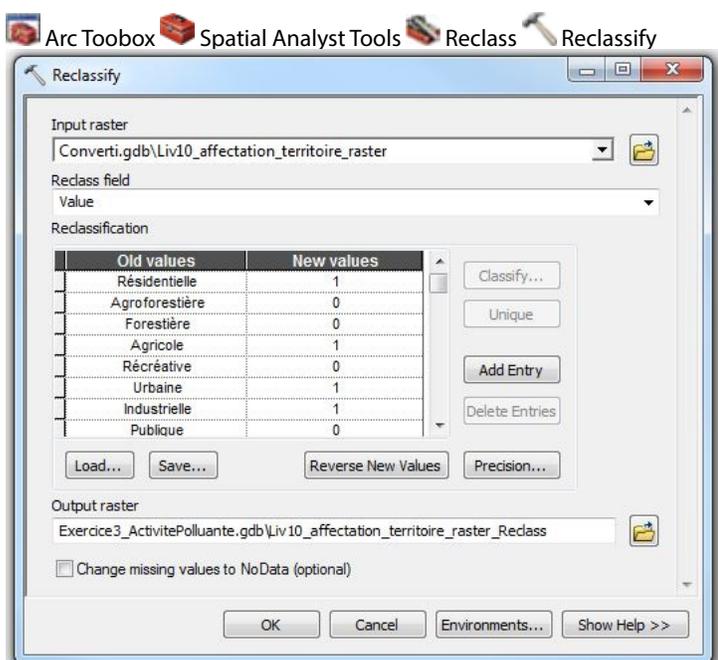
Les cellules de **Liv07_occupation_sol_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster** (alias : *Classes d'affectation du territoire - Converti*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

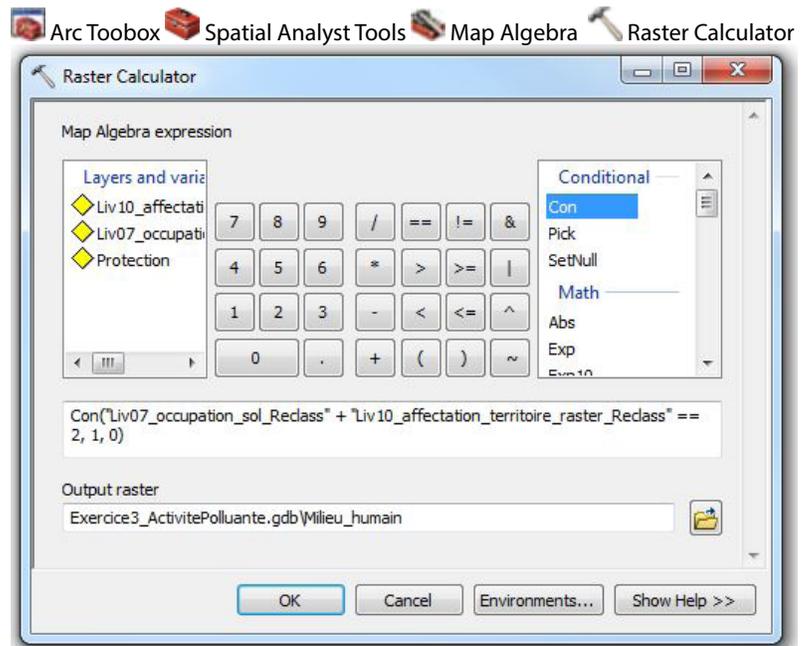
Les cellules de **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN

Combiner les résultats des couches **Liv07_occupation_sol_Reclass** et **Liv10_affectation_territoire_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

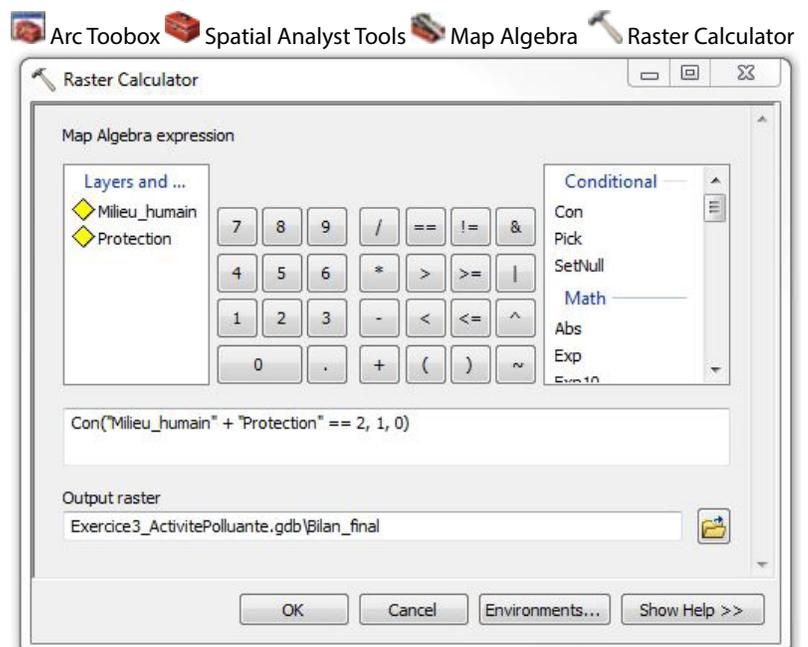
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



Mes notes personnelles

Les partenaires du Projet de connaissances sur les eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François :

Organisme de bassin versant COGESAF
Organisme de bassin versant COPERNIC
Agence de géomatique du centre du Québec
Conférence régionale des élus du Centre-du-Québec
Conférence régionale des élus de l'Estrie
Conférence régionale des élus des Appalaches
MRC d'Acton
MRC des Appalaches
MRC d'Arthabaska
MRC de Bécancour
MRC de Drummond
MRC du Haut-Saint-François
MRC de L'Érable
MRC de Nicolet-Yamaska
MRC de Pierre-de-Saurel
MRC des Sources
MRC du Val-Saint-François

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

