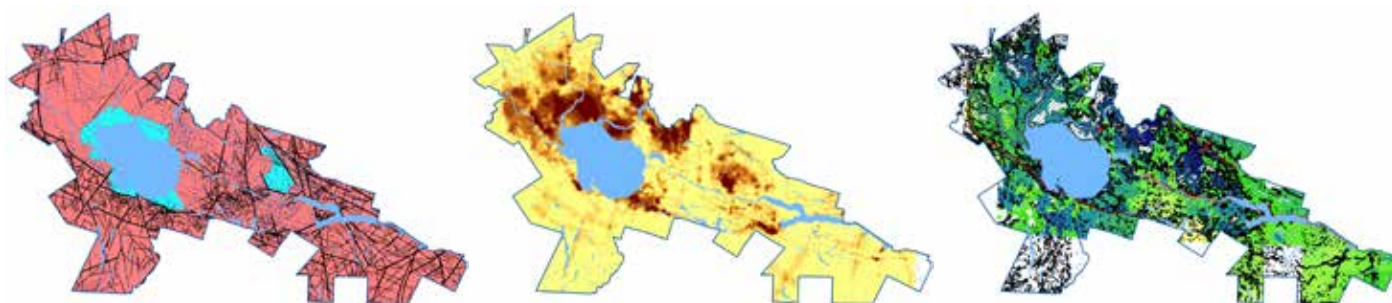


2^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay – Lac-St-Jean

CAHIER DU PARTICIPANT



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

Juin 2016

Ce 2^e atelier de transfert des connaissances issues du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay – Lac-Saint-Jean (PACES-SLSJ) est mis en œuvre dans le cadre du projet Protéger et gérer les eaux souterraines, rendu possible grâce au financement du Programme de soutien à la valorisation et au transfert du ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs du Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement :

- Alain Rouleau, professeur, UQAC, coordonnateur du PACES-SLSJ
- Marie-Line Tremblay, professionnelle de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-SLSJ
- Julien Walter, professionnel de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-SLSJ
- Yohann Tremblay, agent de transfert, RQES, organisateur et animateur de l'atelier de transfert
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert, RQES, organisatrice et animatrice de l'atelier
- Sylvain Gagné, agent de transfert, RQES, animateur de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conceptrice de l'atelier de transfert de connaissances

Références à citer

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

CERM-PACES 2013 – Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.

L'ensemble des informations sur les notions hydrogéologiques fondamentales provient d'un travail de vulgarisation réalisé par un comité de travail du RQES. Toute utilisation de ces notions doit citer le document suivant :

Ferlatte, M., Tremblay, Y., Rouleau, A. et Larouche, U. F. 2014. Notions d'hydrogéologie - Les eaux souterraines pour tous. Première Édition. Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). 63 p.

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

Tremblay, Y., Ruiz, J., Germaneau, D., Tremblay, M.-L. et Rouleau, A. 2015. 1^{er} atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du PACES du Saguenay – Lac-Saint-Jean, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAC et l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Le présent document doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Decelles, A.M. et Gagné, S. 2016. 2^e atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay – Lac-Saint-Jean, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'UQAC et l'UQTR pour les acteurs de l'aménagement du territoire.

Les organisateurs de l'atelier

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)

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

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

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

Pour en savoir plus : rques.ca

Le Centre d'études sur les ressources minérales (CERM)

Le Centre d'étude sur les ressources minérales a été mis en place en 1983, prenant ainsi le relais du Centre de recherche du moyen-nord (CRMN) initialement fondé en 1972. Le CERM a été mis sur pied afin de développer la recherche pour le secteur des ressources minérales dans les régions ressources. Depuis sa création, l'expertise du Centre s'est consolidée autour de deux volets de recherche: l'exploration minérale et le développement des ressources minérales.

Le CERM coordonne et intègre, entièrement ou en collaboration, plusieurs activités gravitant autour du secteur des ressources minérales de la région du Saguenay Lac Saint-Jean et de ses régions limitrophes ainsi que sur la scène internationale. Il encadre les activités du Fonds minier du Saguenay - Lac-Saint-Jean et du CONSOREM, le Consortium de recherche en exploration minérale.

La recherche au CERM s'articule autour de 3 axes de recherche complémentaires :

- L'exploration minérale et les processus métallogéniques (formation des gisements);
- La formation et l'évolution de la croûte continentale;
- Les eaux souterraines et l'hydrogéomécanique.

Pour en savoir plus : <http://recherche.ugac.ca/centre-detudes-sur-les-ressources-minerales/>

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	4
Votre équipe de formation	5
Résumé du PACES-SLSJ	6
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	7
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	8
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	11
Les éléments de la maquette hydrogéologique	11
L'écoulement de l'eau souterraine	12
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	13
2. Présentation des données géospatiales	15
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	16
Les limites générales des données	16
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	17
Les bases de données en format géodatabase	18
Les données du MDDELCC	18
Les données confidentielles	19
Les données modifiées	20
Procédure utilisée pour modifier les données	21
Retrouver les informations hydrogéologiques	24
Par géotadabase	24
Par notion hydrogéologique	26
Les données ponctuelles	26
Le projet mxd pour cet atelier	29
Préparez vos données : découpage de votre territoire	30

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

Limites des milieux aquifères de roc fracturé	32
Épaisseur des dépôts meubles	34
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	36
Piézométrie	38
Recharge préférentielle et résurgence	40
Vulnérabilité	43
Qualité de l'eau	44
Les autres résultats du PACES	46

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

Question 1 Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	51
Les résultats du remue-méninge avec les participants	53
Synthèse du cheminement d'expert	54
Préparer la présentation de vos résultats	64
Question 2 Protection des zones de recharge	67
Les résultats du remue-méninge avec les participants	69
Synthèse du cheminement d'expert	70
Préparer la présentation de vos résultats	80
Question 3 Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	83
Les résultats du remue-méninge avec les participants	85
Synthèse du cheminement d'expert	86
Préparer la présentation de vos résultats	94

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. 7 à 13



2. Présentation des données géospatiales

(activité de groupe - présentation magistrale)

Partie 2, p. 15 à 30



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. 31 à 47



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

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

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. 49 à 95

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

**Alain Rouleau**

Ph.D. Hydrogéologie
Professeur
Centre d'études sur les ressources
minérales, Université du Québec à
Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 5213
Alain_Rouleau@uqac.ca

**Marie-Line Tremblay**

M.Sc.A.
Professionnelle de recherche
Centre d'études sur les ressources
minérales, Université du Québec à
Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 2526
marie-line.tremblay@uqac.ca

Résumé du PACES-SLSJ

Le CERM de l'UQAC a réalisé la première caractérisation régionale des aquifères et des eaux souterraines du territoire municipalisé de la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean, couvrant un territoire de 13 210 km² et représentant une population de 271 512 personnes. Cette étude a été effectuée dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, géré par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.

Les objectifs visés par ce projet consistent à :

- Dresser un portrait des ressources en eau souterraine à l'échelle des quatre MRC de la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean, du territoire de la Ville de Saguenay et de Mashteuiatsh, afin de soutenir les besoins d'information sur cette ressource;
- Établir l'état de cette ressource, sa recharge et sa vulnérabilité;
- Consolider les partenariats entre les acteurs de l'eau et les gestionnaires du territoire dans l'acquisition des connaissances sur les ressources en eau souterraine afin de favoriser une saine gestion de cette ressource;
- Répondre aux préoccupations du milieu en ce qui concerne les ressources en eau souterraine.

Le PACES-SLSJ a été divisé en trois phases qui se sont échelonnées sur quatre années :

- Phase 1 : établissement de l'état des connaissances actuelles à partir de compilations et d'intégrations de données existantes;
- Phase 2 : acquisition de nouvelles données par des campagnes de terrain;
- Phase 3 : analyse et traitement de l'information visant à l'amélioration des connaissances sur les eaux souterraines.

À partir d'une base de données à références spatiales, 29 cartes ont été élaborées décrivant le territoire du SLSJ (le milieu naturel et le milieu humain), sa géologie (roc et dépôts meubles), les contextes hydrogéologiques, les propriétés et les limites des aquifères du SLSJ, la piézométrie régionale, les zones préférentielles de recharge et de résurgence, la vulnérabilité des aquifères par la méthode DRASTIC, une appréciation de la qualité hydrogéochimique de l'eau souterraine et un portrait de l'utilisation de l'eau souterraine. Ces données ont aussi permis la réalisation de 134 coupes stratigraphiques distribuées sur l'ensemble du territoire.

Ce projet a été rendu possible par la contribution financière du MDDELCC, ainsi que des partenaires suivants : la CRÉ-SLSJ, la Ville de Saguenay, la MRC du Domaine-du-Roy, la MRC du Fjord-du-Saguenay, la MRC de Lac Saint-Jean-Est, la MRC de Maria-Chapdelaine, le conseil de bande Pekuakamiulnuatsh et l'UQAC. Le comité de gestion du projet (CONCERT'EAU) a réuni des représentants de chacun de ces partenaires financiers auxquels se sont ajoutés des représentants du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et de l'Agence de la santé et des services sociaux (ASSS) du SLSJ.

1

Quelques notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

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

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

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

Aire d'alimentation

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

Aquifère

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

Aquifère au confinement discontinu

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

Aquifère confiné

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

Aquifère de roc fracturé

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

Aquifère granulaire

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

Aquifère non confiné

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

Aquifère semi-confiné

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

Aquitard

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

Argile

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

Charge hydraulique

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

Concentration maximale acceptable (CMA)

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

Conductivité hydraulique

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

Contexte hydrostratigraphique

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

Débit de base

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

Dépôt meuble

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

DRASTIC

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

Eau souterraine

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

Fracture

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

Gradient hydraulique

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

Gravier

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

Isopièze

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

Nappe (ou nappe phréatique)

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

Nappe captive

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

Nappe libre

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

Nappe semi-captive

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

Niveau piézométrique

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

Objectifs esthétiques (OE)

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

Pore

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

Porosité

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

Potentiel aquifère

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

Propriétés (ou paramètres) hydrauliques

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

Recharge

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

Résurgence

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

Sable

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

Silt

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

Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

Surface piézométrique

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

Temps de résidence

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

Till

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

Vulnérabilité

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

Zone non saturée

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

Zone saturée

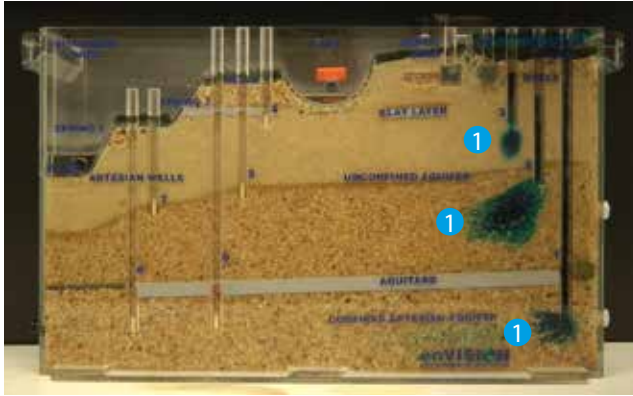
Zone située sous le toit de la nappe dans laquelle les pores de l'unité géologique sont entièrement remplis d'eau.

Zone vadose

Voir zone non saturée.

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.



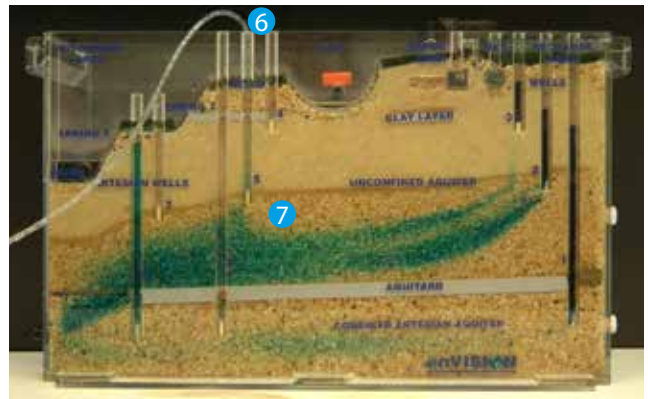
② L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère non confiné se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. ③ L'eau de l'aquifère confiné inférieur ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard (en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



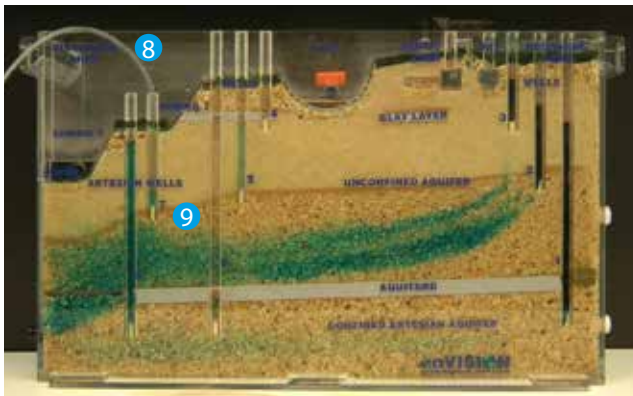
④ Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. ⑤ L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère confiné inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



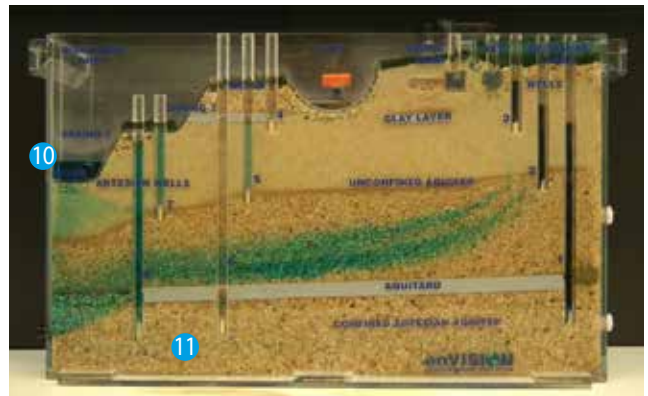
⑥ Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°5. ⑦ Il y a un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



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.

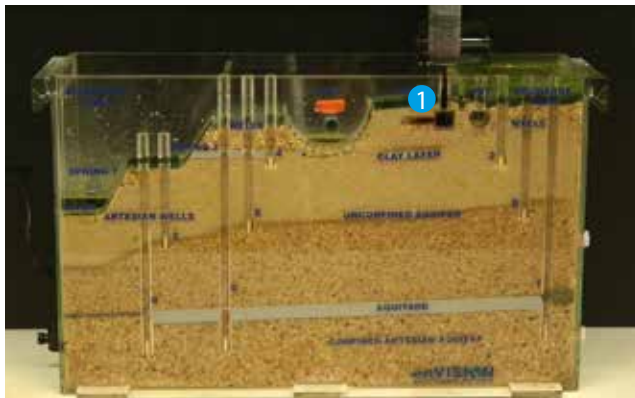


⑩ L'eau souterraine fait ultimement résurgence dans la rivière, située en aval, qui devient colorée. ⑪ L'eau de l'aquifère confiné de sable grossier s'est presque totalement renouvelée (indiqué par la perte de coloration).



La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

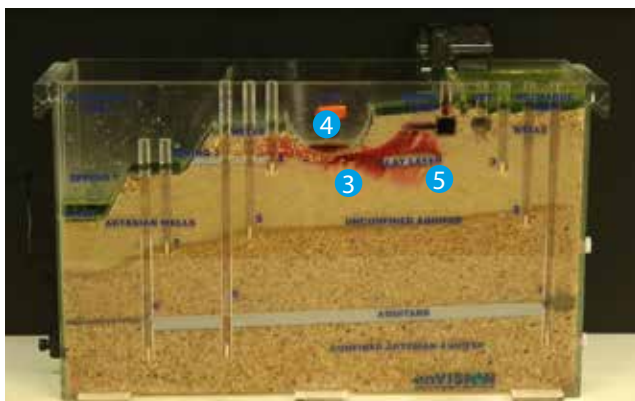
❶ Injection d'un «contaminant» (colorant alimentaire) dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



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



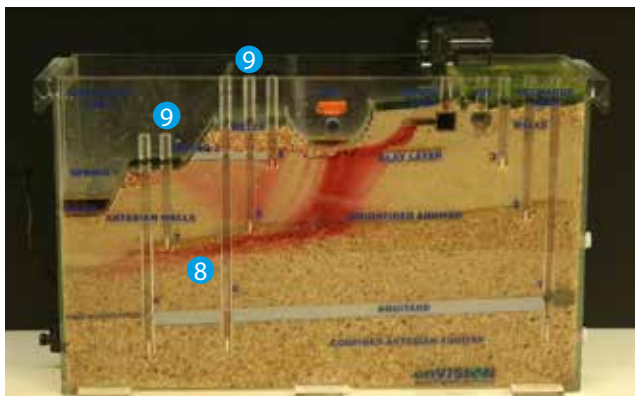
❸ Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. ❹ De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. ❺ La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



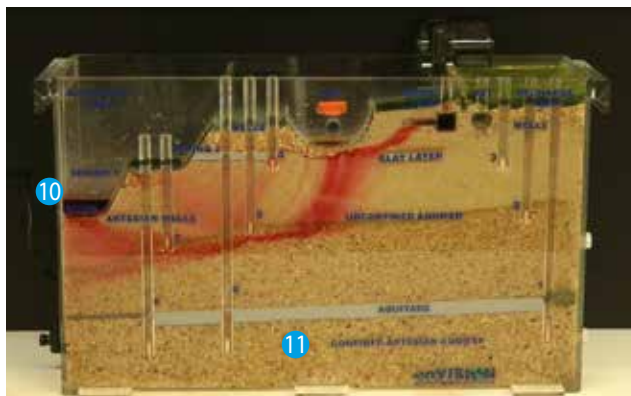
❻ Le volume d'eau souterraine contaminée est de plus en plus important. ❼ Le puits no 4 est maintenant contaminé.



❽ En atteignant la couche de sable plus grossier à la base de l'aquifère non confiné, l'écoulement de l'eau contaminée se fait plus rapidement. ❾ Les puits no 5 et no 7 sont maintenant contaminés.



❿ L'eau souterraine contaminée fait ultimement résurgence dans la rivière (en aval), qui devient colorée. ⓫ L'aquifère confiné situé sous l'aquitard est demeuré protégé de la contamination.



2

Présentation des données géospatiales



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **orange** sont définis dans le glossaire des termes utilisés en géomatique (p. 17)

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

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

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

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

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

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

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

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

Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique

ArcCatalog

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

ArcGIS

Système d'information géographique utilisé pour cet atelier.

ArcMap

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

ArcToolbox

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

Couche

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

Données géospatiales

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

Format (de données)

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

Géodatabase

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

Géotraitement

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

Layer file

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

Métadonnées

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

Projet mxd

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

Symbologie

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

Système d'information géographique (SIG)

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

Table relationnelle

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

Les bases de données en format géodatabase

Les données du MDDELCC

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

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



Vos données pour cet atelier

- Les **données géospatiales** sous forme de **géodatabase**, dans le dossier **MDDELCC** :

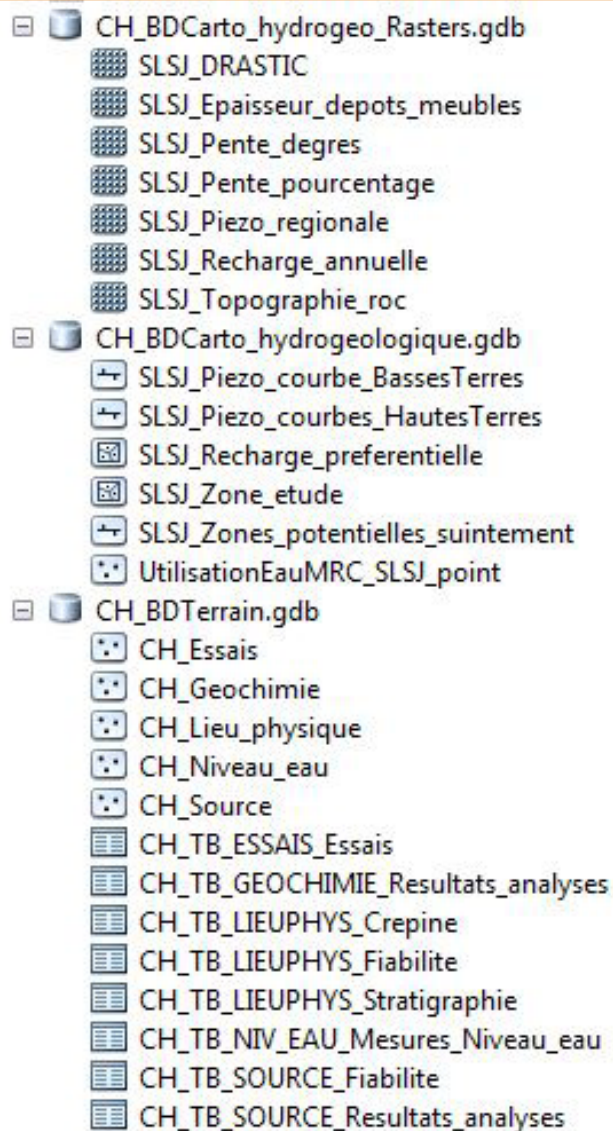
- CH_BDTerrain.gdb** : contient les données vectorielles de points et les **tables relationnelles**
- CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb** : contient les données vectorielles de lignes et de polygones
- CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb** : contient les données matricielles

- Des **Layer files** dans le dossier **Layer files**
 - À l'exception des **couches** des données vectorielles de points de la **géodatabase** **CH_BDTerrain.gdb**.

- Des **métadonnées** en **format** html ou Word pour chaque couche dans le dossier **Métadonnées**

- Les **métadonnées** des **tables relationnelles** sont intégrées à celles des **couches** associées.
- Les **métadonnées** intrinsèques à **ArcGIS**, que l'on peut normalement consulter dans **ArcMap** en ouvrant la fenêtre **View item description**, ou dans **ArcCatalog** sous l'onglet **Description**, sont incomplètes.
- L'utilisateur est parfois référé aux rapports scientifiques des projets régionaux du PACES, spécifiquement pour la généalogie des données. Les rapports sont disponibles sur le site internet du RQES à l'adresse suivante : rqes.ca/fr/archives-et-documents/rapports-memoires-et-cartes.

Arborescence des bases de données du MDDELCC



Les données confidentielles

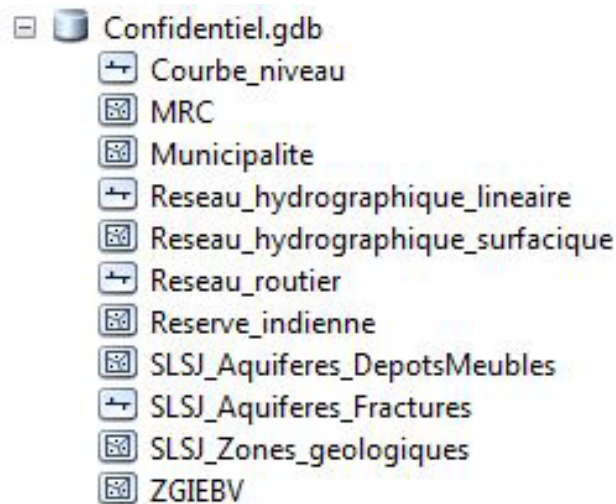
Afin de faciliter la réalisation des exercices pour cet atelier, d'autres données protégées par des droits qui empêchent leur diffusion sont mises à votre disposition. Il ne vous est pas permis de les extraire ou de les utiliser à d'autres fins que cet atelier. Les données confidentielles incluent des données de base sur le territoire telles que les limites administratives, l'hydrographie, les voies de communication et la topographie, ainsi que certaines données produites par le PACES-SLSJ et qui s'avèrent nécessaires pour traiter des enjeux liés aux eaux souterraines en aménagement du territoire.



Vos données pour cet atelier

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

Arborescence des bases de données confidentielles



Les données modifiées

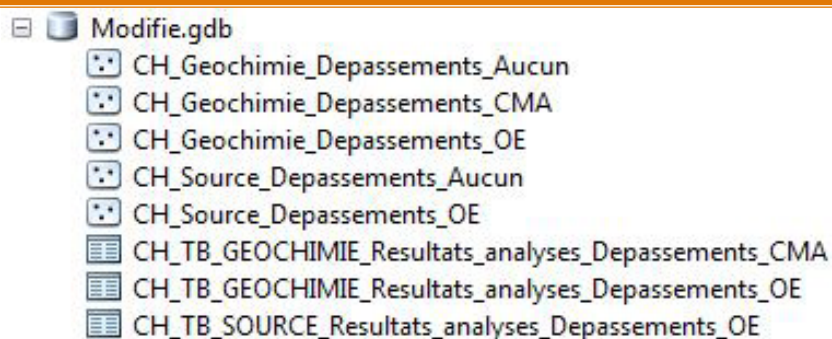
Dans le but de faciliter l'analyse de la qualité de l'eau souterraine durant les exercices de cet atelier, les couches de données ponctuelles de base  **CH_Geochimie** et  **CH_Source** ont été modifiées, de même que les tables relationnelles indiquant les résultats d'analyses chimiques. Ces modifications permettent de représenter les dépassements des normes et recommandations pour l'eau potable.



Vos données pour cet atelier

- Les données géospatiales sous forme de géodatabase:
 -  **Modifie.gdb** : contient les données modifiées
- Il n'y a pas de Layer file  ni de métadonnée pour les données modifiées

Arborescence de la base de données modifiées

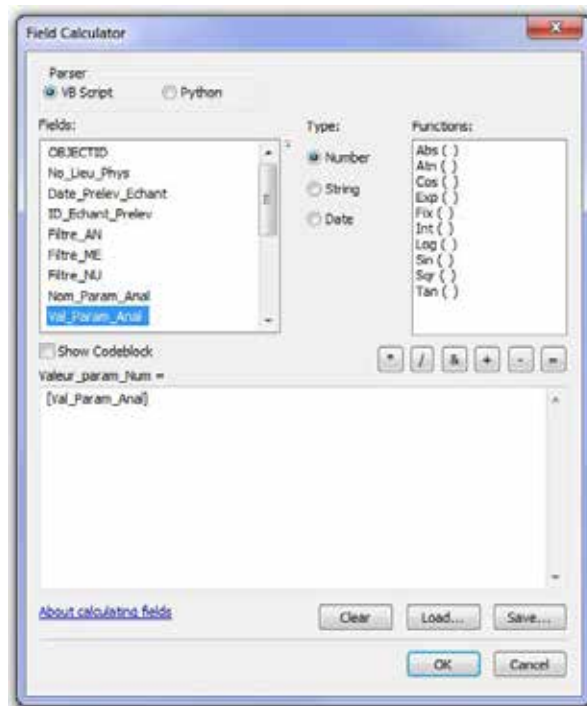


Procédure utilisée pour modifier les données

La procédure qui suit montre comment créer une nouvelle couche incluant exclusivement les 45 puits pour lesquels des analyses chimiques sur des échantillons d'eau souterraine ont été réalisées, et dont au moins une concentration maximale acceptable (CMA) a été dépassée.

Préparer une nouvelle **table relationnelle** :

1. Exporter la **table relationnelle**  **CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses** dans la géodatabase  **Modifie.gdb** et nommer la nouvelle table  **CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA**.
2. Ouvrir la table d'attribut de la nouvelle **table relationnelle** et ajouter un nouveau champ de type « Double » nommé **Valeur_param_Num**.
3. Avec l'outil Field Calculator, recalculer comme dans l'exemple ci-contre les valeurs du champ **Valeur_param_Num** pour que les valeurs prennent celles du champ **Val_Param_Anal**. Cette étape est nécessaire puisque le champ original **Val_Param_Anal** est de type « String », c'est-à-dire que les valeurs sont stockées sous forme de texte, et qu'il faut les convertir en type « Double » sous forme de valeurs numériques avec décimales.
4. Faire la requête suivante dans la fenêtre Definition Query (peut être copiée du fichier Requêtes qui accompagne les données) :
(Nom_Param_Anal = 'Baryum (Ba)' AND Valeur_param_Num > 1) OR (Nom_Param_Anal = 'Fluorures' AND Valeur_param_Num > 1.5)

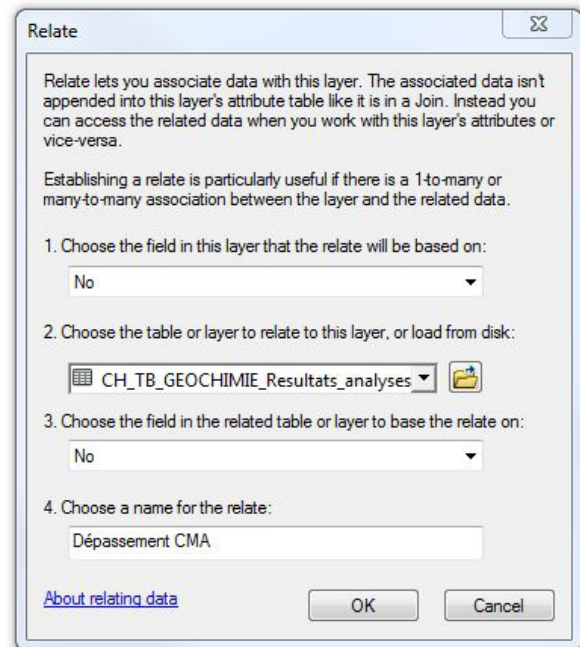


Préparer une nouvelle **couche** :

1. Exporter la **couche**  **CH_Geochimie** dans la géodatabase  **Modifie.gdb** et nommer la nouvelle **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_CMA**.
2. Renommer l'alias *Géochimie – Dépassements CMA*.
3. Dans la table des matières de  **ArcMap**, déplacer la couche sous le sous-bloc de données  **Qualité eau**.
4. Refaire la symbologie (ex. : cercle rouge de taille 10).

Ne conserver que les 45 puits pour lesquels au moins une CMA a été dépassée :

1. Relier la nouvelle **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_CMA** à la nouvelle **table relationnelle**  **CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA** selon l'exemple ci-contre.
2. Ouvrir la table d'attribut de la nouvelle **table relationnelle**  **CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA** et sélectionner tout.
3. Basculer vers la table d'attribut de la **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_CMA** à l'aide de l'icône de relation . Les 45 puits pour lesquels un dépassement de CMA a été observé seront en surbrillance.
4. Inverser la sélection dans la table d'attribut de la **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_CMA**. Les 255 puits pour lesquels aucun dépassement de CMA n'a été observé seront maintenant en surbrillance.
5. Démarrer le mode édition .
6. Supprimer les lignes de la table d'attribut de la **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_CMA** qui sont sélectionnées (puits en surbrillance).
7. Arrêter le mode édition et sauvegarder les modifications.



Pour créer une nouvelle couche incluant exclusivement les 169 puits pour lesquels au moins un **objectif esthétique (OE)** a été dépassé, faire la même procédure que pour les **CMA**, mais en modifiant les noms de fichier (utiliser le suffixe **OE** au lieu de **CMA**) et en utilisant la requête suivante (peut être copiée du fichier **Requêtes** qui accompagne les données) :

```
(Nom_Param_Anal = 'Aluminium (Al)' AND Valeur_param_Num > 0.1) OR
(Nom_Param_Anal = 'Chlorure (Cl-)' AND Valeur_param_Num > 250) OR
(Nom_Param_Anal = 'Dureté Ca' AND Valeur_param_Num > 200) OR
(Nom_Param_Anal = 'Fer (Fe)' AND Valeur_param_Num > 0.3) OR
(Nom_Param_Anal = 'Manganèse (Mn)' AND Valeur_param_Num > 0.05) OR
(Nom_Param_Anal = 'Matières dissoutes totales' AND Valeur_param_Num > 500) OR
(Nom_Param_Anal = 'Sodium (Na)' AND Valeur_param_Num > 200) OR
(Nom_Param_Anal = 'Température' AND Valeur_param_Num > 15) OR
(Nom_Param_Anal = 'pH' AND Valeur_param_Num > 8.5) OR
(Nom_Param_Anal = 'pH' AND Valeur_param_Num < 6.5).
```

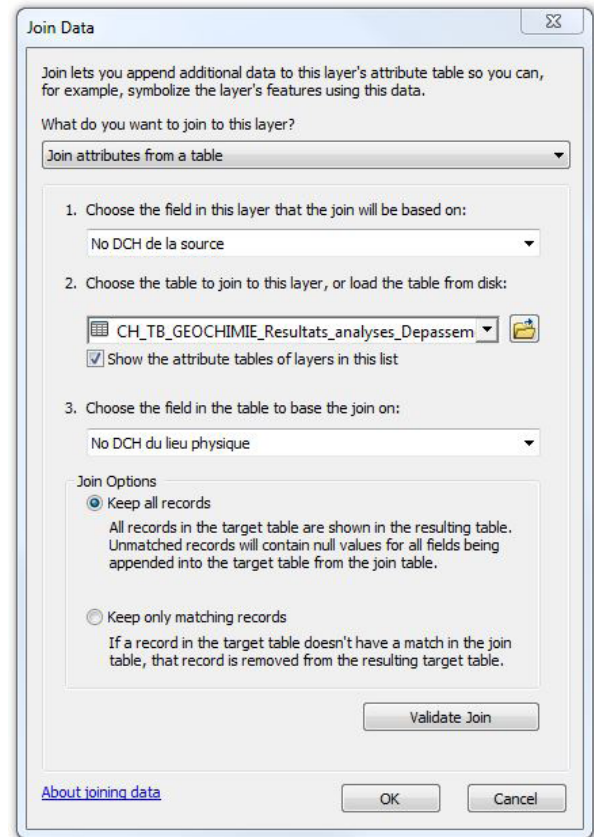
La procédure qui suit montre comment créer une nouvelle **couche** incluant exclusivement les 119 puits pour lesquels aucun dépassement de norme et recommandation pour l'eau potable n'a été observé.

Préparer une nouvelle **couche** :

1. Exporter la couche  **CH_Geochimie** dans la géodatabase  **Modifie.gdb** et nommer la nouvelle couche  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun**.
2. Renommer l'alias *Géochimie – Aucun dépassement*.
3. Dans la table des matières de  **ArcMap**, déplacer la couche sous le sous-bloc de données  **Qualite eau**.
4. Refaire la symbologie (ex. : cercle vert de taille 10).

Ne conserver que les 119 puits pour lesquels aucun dépassement de **CMA** et d'**OE** n'a été observé :

1. Démarrer le mode édition .
2. Joindre la nouvelle couche  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun** à la couche  **CH_Geochimie_Depassements_CMA** selon l'exemple ci-contre.
3. Supprimer les lignes de la table d'attribut de la **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun** pour lesquelles il y a une jointure (c'est-à-dire pour lesquelles le nouveau champ **No DCH de la source*** contient une valeur.
4. Retirer la jointure.
5. Joindre la nouvelle **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun** à la couche  **CH_Geochimie_Depassements_OE** selon l'exemple ci-contre.
6. Supprimer les lignes de la table d'attribut de la **couche**  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun** pour lesquelles il y a une jointure (c'est-à-dire pour lesquelles le nouveau champ **No DCH de la source*** contient une valeur).
7. Retirer la jointure.
8. Arrêter le mode édition et sauvegarder les modifications.



Refaire les mêmes procédures pour les sources de la **couche**  **CH_Source**. Notons qu'il n'y a pas de dépassement de CMA d'observé pour les sources.

Retrouver les informations hydrogéologiques

Par géodatabase

Les couches d'information géospatiale par géodatabase				
Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
CH_BDTerrain.gdb	 CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_Essais	Essais hydrauliques	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_Geochimie	Géochimie	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_Source	Sources	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	id.	Données ponctuelles de base	
	 CH_TB_SOURCE_Fiabilite	id.	Données ponctuelles de base	
	 SLSJ_Zone_etude	Zone d'étude - SLSJ	Données ponctuelles de base	
	 SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres	Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ	Piézométrie	X
CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb	 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	Piézo. 20 m (Hautes terres) - SLSJ	Piézométrie	X
	 SLSJ_Recharge_preferentielle	Recharge préférentielle - SLSJ	Recharge préférentielle et résurgence	X
	 SLSJ_Zones_potentielles_suintement	Résurgences - SLSJ	Recharge préférentielle et résurgence	X
	 UtilisationEauMRC_SLSJ_point	Utilisation de l'eau par MRC - SLSJ	Utilisation de l'eau souterraine	
	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ	Épaisseur des dépôts meubles	X
CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb	 SLSJ_Piezo_regionale	Piézométrie régionale - SLSJ	Piézométrie	X
	 SLSJ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - SLSJ	Recharge préférentielle et résurgence	X
	 SLSJ_DRASTIC	Indice DRASTIC - SLSJ	Vulnérabilité	X
	 SLSJ_Pente_degres	Pente (degrés) - SLSJ	Pente	
	 SLSJ_Pente_pourcentage	Pente (pourcentage) - SLSJ	Pente	
	 SLSJ_Topographie_roc	Topographie roc - SLSJ	Topographie du roc	

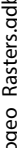
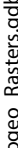
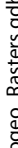
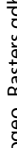
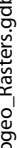
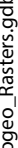
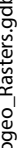
* Les couches d'information géospatiale les plus utiles en aménagement et nécessaires pour réaliser les exercices en cours d'atelier

Les couches d'information géospatiale par géodatabase				
Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
Confidentiel.gdb	 Courbe_niveau	Courbe de niveau	Données de base sur le territoire	
	 MRC	MRC	Données de base sur le territoire	
	 Municipalite	Municipalités	Données de base sur le territoire	
	 Reseau_hydrographique_lineaire	Réseau hydrographique linéaire	Données de base sur le territoire	
	 Reseau_hydrographique_surfacique	Réseau hydrographique surfacique	Données de base sur le territoire	
	 Reseau_routier	Réseau routier	Données de base sur le territoire	
	 Reserve_indienne	Mashteuiatsh	Données de base sur le territoire	
	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles – SLSJ	Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	X
	 SLSJ_Aquiferes_Fractures	Aquifères roc linéaments - SLSJ	Limites des milieux aquifères de roc fracturé	X
	 SLSJ_Zones_geologiques	Aquifères roc - SLSJ	Limites des milieux aquifères de roc fracturé	X
	 ZGIEBV	Zone de gestion intégrée par bassin versant	Données de base sur le territoire	
	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	Qualité de l'eau	X
	 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	Qualité de l'eau	X
	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA	id.	Qualité de l'eau	X
Modifie.gdb	 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	Qualité de l'eau	X
	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_OE	id.	Qualité de l'eau	X
	 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	Qualité de l'eau	X
	 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	Qualité de l'eau	X
	 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses_Depassements_OE	id.	Qualité de l'eau	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
Limites des milieux aquifères de roc fracturé	X	 SLSJ_Aquiferes_Fractures	Aquifères roc linéaments - SLSJ	 Confidentiel.gdb
	X	 SLSJ_Zones_geologiques	Aquifères roc - SLSJ	 Confidentiel.gdb
Épaisseur des dépôts meubles	X	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	X	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles - SLSJ	 Confidentiel.gdb
Piézométrie	X	 SLSJ_Piezo_regionale	Piézométrie régionale - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	 SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres	Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	Piézo. 20 m (Hautes terres) - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 SLSJ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Recharge préférentielle et résurgence	X	 SLSJ_Recharge_preferentielle	Recharge préférentielle - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
	X	 SLSJ_Zones_potentielles_suintement	Résurgences - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeologie.gdb
Vulnérabilité	X	 SLSJ_DRASTIC	Indice DRASTIC - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Qualité de l'eau	X	 CH_Geochimie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	 Modifie.gdb
	X	 CH_Geochimie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	 Modifie.gdb
	X	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA	id.	 Modifie.gdb
	X	 CH_Geochimie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	 Modifie.gdb
	X	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_OE	id.	 Modifie.gdb
	X	 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	 Modifie.gdb
	X	 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	 Modifie.gdb
	X	 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses_Depassements_OE	id.	 Modifie.gdb
		 SLSJ_Pente_degrees	Pente (degrés) - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
		 SLSJ_Pente_pourcentage	Pente (pourcentage) - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Topographie du roc		 SLSJ_Topographie_roc	Topographie roc - SLSJ	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

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

Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique

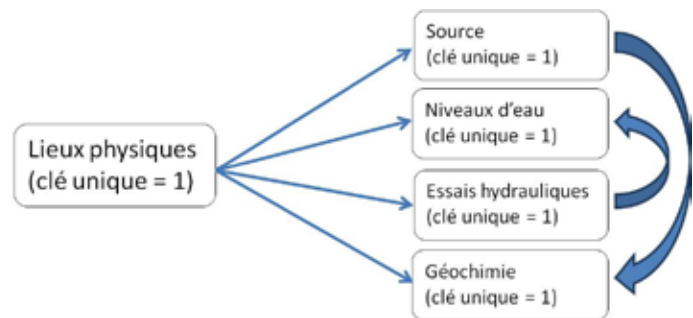
Notion hydrogéologique	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Géodatabase
Utilisation de l'eau souterraine		UtilisationEauMRC_SLSJ_point	Utilisation de l'eau par MRC - SLSJ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		Courbe_niveau	Courbe de niveau	Confidentiel.gdb
		MRC	MRC	Confidentiel.gdb
		Municipalite	Municipalités	Confidentiel.gdb
Données de base sur le territoire		Reseau_hydrographique_lineaire	Réseau hydrographique linéaire	Confidentiel.gdb
		Reseau_hydrographique_surfacique	Réseau hydrographique surfacique	Confidentiel.gdb
		Reseau_routier	Réseau routier	Confidentiel.gdb
		Reserve_indienne	Mashteuiatsh	Confidentiel.gdb
		ZGIEBV	Zone de gestion intégrée par bassin versant	Confidentiel.gdb
		CH_Lieu_Physique	Lieux physiques	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	CH_BDTerrain.gdb
Données ponctuelles de base		CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Essais	Essais hydrauliques	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Geochimie	Géochimie	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Source	Sources	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_SOURCE_Fiabilite	id.	CH_BDTerrain.gdb
		SLSJ_Zone_etude	Zone d'étude - SLSJ	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

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

Les données ponctuelles

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

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



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

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_Lieu_physique	Lieux physiques	Lieux d'observation (puits, forages, piézomètres, sondages géophysiques, carrières, sablières, etc.) des caractéristiques du sous-sol et/ou de l'eau souterraine répertoriés dans le cadre du PACES.	CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	Caractéristiques physiques de la crépine. La crépine est la partie perforée du tubage permettant à l'eau souterraine de pénétrer dans le puits. Elle sert aussi de filtre pour empêcher les particules fines d'entrer dans le puits.
			CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Description des matériaux géologiques (dépos meubles ou roc) observés.
			CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique du lieu physique attribuée par le projet du PACES.
CH_Source	Sources	Sources (résurgences naturelles) d'eau souterraine répertoriées dans le cadre du PACES.	CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau souterraine provenant des sources.
			CH_TB_SOURCE_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique de la source attribuée par le projet du PACES.
CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	Mesures de niveau d'eau prises dans un lieu physique, par rapport à la surface du sol.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau.
CH_Essais	Essais hydrauliques	Essais hydrauliques réalisés dans un lieu physique (essais de pompage ou de conductivité hydraulique)	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique.
CH_Geochimie	Géochimie	Analyses chimiques réalisées sur des échantillons d'eau souterraine provenant d'un lieu physique.	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.

Le projet mxd pour cet atelier

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

Présentation générale

Échelles d'affichage

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

- Pour les données vectorielles de lignes et de polygones et les données matricielles, la restriction de l'échelle d'affichage est fixée entre 1 : 1 800 000 et 1 : 5 000.

Relations avec les tables relationnelles

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

Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

		PACES-SLSJ
	☐	Zone d'étude - SLSJ
	☐	DONNEES PONCTUELLES
	☐	Lieux physiques
	☐	Niveau d'eau
	☐	Essais hydrauliques
	☐	Géochimie
	☐	Sources
	☐	DONNEES DE BASE SUR LE TERRITOIRE
	☐	Limites administratives
	☐	Voies de communication
	☐	Hydrographie
	☐	Topographie
	☐	DONNEES UTILES EN AMENAGEMENT
	☐	Aquiferes roc fracture
	☐	Epaisseur depots meubles
	☐	Aquiferes depots meubles
	☐	Piezometrie
	☐	Recharge et resurgence
	☐	Vulnerabilite
	☐	Qualite eau
	☐	AUTRES DONNEES
	☐	Pente du sol
	☐	Topographie roc
	☐	Utilisation eau
	☐	EXERCICES
	☐	Exercice 1 - Puits
	☐	Exercice 2 - Recharge
	☐	Exercice 3 - Activite polluante

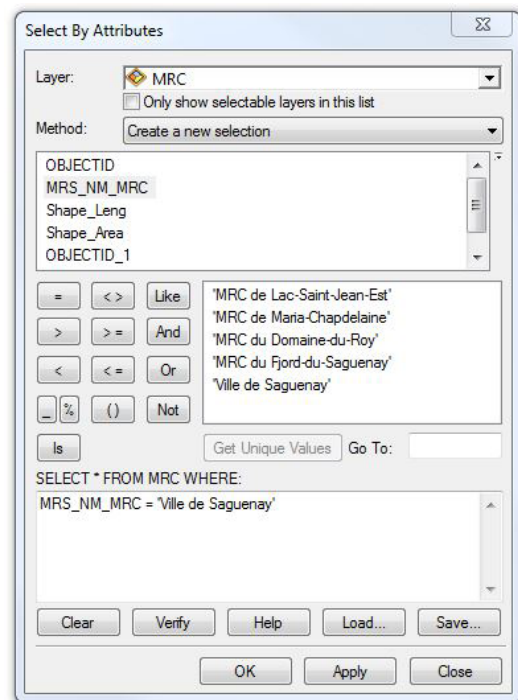


Préparez vos données : découpage de votre territoire

Sélectionnez votre territoire

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

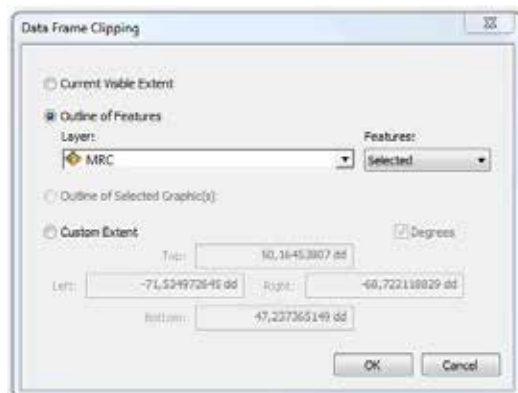
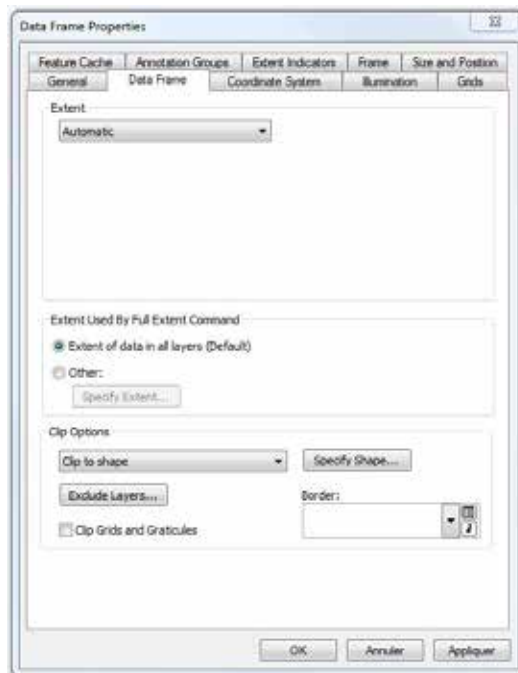
La procédure ci-contre est montrée, à titre d'exemple, pour la ville de Saguenay.



Découpez votre territoire

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

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



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.

Limites des milieux aquifères de roc fracturé

Description

Lorsque la roche est suffisamment fracturée, elle constitue un milieu **aquifère** dans lequel des puits peuvent être aménagés pour exploiter l'**eau souterraine**. L'aptitude de ces **aquifères** à libérer de l'eau dépend donc de l'ouverture des fractures et de l'interconnexion entre les diverses fractures qui constituent le réseau.

Les linéaments représentent des dépressions topographiques linéaires pouvant représenter des failles ou des zones de fractures. Ils sont dans certains cas accentués par l'érosion différentielle suite au passage du glacier. Les failles et leurs bordures fracturées peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'**eau souterraine**. Le roc peut ainsi être localement un meilleur **aquifère**.

Atelier A, cahier du participant, pp. 28-29, 46-47 et 64-65

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 SLSJ_Aquiferes_Fractures	<i>Aquifères roc linéaments - SLSJ</i>	Localisation des linéaments, des linéaments correspondants au grain lithologique, des linéaments partiellement masqués sous la couverture des dépôts meubles , des failles et des zones de cisaillement	 Confidentiel.gdb
 SLSJ_Zones_geologiques	<i>Aquifères roc - SLSJ</i>	Localisation des zones géologiques généralisées	Confidentiel.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Type	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Roche cristalline	Milieux aquifère de roc cristallin	• Perméabilité faible à modérée (transmissivité moyenne de l'ordre de 10-5 m2/s) • Potentiel aquifère en partie démontré par l'utilisation de l'eau souterraine à des fins d'alimentation en eau potable par des municipalités de la région
 Roche sédimentaire	Milieux aquifère de roc sédimentaire	• Perméabilité faible à modérée (transmissivité moyenne de l'ordre de 10-5 à 10-4 m2/s) • Roc calcaire est le milieu aquifère de roc fracturé le plus perméable de la région • Potentiel aquifère en partie démontré par l'utilisation de l'eau souterraine à des fins d'alimentation en eau potable par des municipalités de la région
 Faille ductile	Linéaments	• Failles ou zones de fracture • Peuvent contribuer à un écoulement plus efficace de l'eau souterraine • Potentiellement un meilleur milieu aquifère de roc fracturé, localement
 Faille fragile		
 Grain lithologique (structural)		
 Linéament		
 Linéament interprété sous les dépôts meubles		



Questions d'interprétation

Quel(s) type(s) de milieu(x) **aquifère**(s) de **roc fracturé** retrouve-t-on dans ma région ? Le potentiel **aquifère** de ce(s) milieu(x) peut-il permettre l'exploitation de l'**eau souterraine** pour des réseaux d'aqueduc ?

Dans quels secteurs de mon territoire est-on plus susceptibles de retrouver des failles ou des zones de fractures ? Qu'est-ce que la présence de ces structures indique sur le potentiel **aquifère** du roc ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

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 pour lesquelles de l'information concernant la profondeur du socle rocheux sous les dépôts meubles est disponible. Ces données sont issues des coupes stratigraphiques, celles-ci ayant été interprétées à partir des affleurements rocheux et des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de donnée géophysique. La qualité de l'estimation dans un secteur dépend en grande partie de la densité des données disponibles à proximité.

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ	Épaisseur des dépôts meubles en mètres	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)		
Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 0	Épaisseur nulle	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible - Pas d'aquitard possible Aquifère de roc fracturé toujours présent
] 0 - 5]	Épaisseur faible 0 à 5 m	- Pas d'aquifère de dépôts meubles possible Aquitard pouvant causer des conditions de confinement si des sédiments fins sont présents (ex. : argile) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 5 - 10]	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de confinement si des sédiments fins sont présents (ex. : argile) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 10 - 15] ] 15 - 20]	Épaisseur élevée 10 à 20 m	Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 10 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de confinement si des sédiments fins sont présents (ex. : argile) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 20 - 25] ] 25 - 35] ] 35 - 45] ] 45 - 55] ] 55 - 208]	Épaisseur très élevée 20 m et plus	Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et très épais (ex. : + de 20 m de sable ou gravier) Aquitard pouvant causer des conditions de confinement si des sédiments fins sont présents (ex. : argile) Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles



Questions d'interprétation

Où pourraient se situer les **aquifères** de **dépôts meubles** au potentiel élevé ou très élevé sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquifères** ?

Où pourraient se situer les **aquitards** pouvant causer des conditions de confinement sur mon territoire? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquitards** ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Limites des milieux aquifères de dépôts meubles

Description

Lorsqu'un **dépôt meuble** est constitué de particules grossières (**sable** et **gravier**), il forme un **aquifère**. Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'**aquifère** de **dépôts meubles** est perméable. Le pompage de débits importants devient alors possible.

Lorsqu'un **dépôt meuble** est constitué de particules fines (**argile** et **silt**), il forme un **aquitard**. Plus les **pores** sont petits, moins ils sont interconnectés 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.

La délimitation des milieux **aquifères** en lien avec celle des milieux imperméables permet de déterminer les conditions de confinement, soit à savoir si on est en présence d'**aquifères confinés**, **semi-confinés** ou **non confinés**.

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 SLSJ_ Aquiferes_ DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles – SLSJ</i>	Délimitation des milieux aquifères de dépôts meubles selon qu'il s'agisse de dépôts meubles superficiels de tous types confondus (dépôts granulaires divers), de dépôts meubles superficiels de type fluvioglaciaire, ou de dépôts fluvioglaciaires enfouis sous des dépôts imperméables constitués d' argile . Les dépôts imperméables constitués d'argile sont également représentés, de même que les dépôts imperméables qui sont enfouis sous un autre type de dépôts meubles .	 Confidentiel.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contexte hydrogéologique	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Milieu aquifère (fluvioglaciaire)  Milieu aquifère (non différencié)	Milieu aquifère de dépôts meubles en surface	• Aquifère granulaire potentiel en surface • Non confiné • Recharge élevée • Vulnérabilité élevée • Variations du niveau de la nappe élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable**
 Milieu aquifère interprété (fluvioglaciaire)	Milieu aquifère de dépôts meubles enfoui	• Aquifère granulaire potentiel sous d'autres types de dépôts meubles • Non confiné si enfoui sous des dépôts meubles non différenciés • Recharge élevée • Vulnérabilité élevée • Variations du niveau de la nappe élevées* • Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable** • Confiné si enfoui sous des dépôts meubles imperméables • Recharge faible • Vulnérabilité faible • Variations du niveau de la nappe faibles* • Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être passable ou non potable**
 Milieu imperméable	Aquitard en surface	• Argile en surface • Confinement des aquifères sous-jacents probables

Légende : Contexte hydrogéologique	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Milieu imperméable interprété	Aquitard enfoui	- Argile enfouie sous d'autres types de dépôts meubles Confinement des aquifères sous-jacents probables
Sans légende	Milieu aquifère de roc fracturé en surface	Aquifère de roc fracturé seulement (pas d'aquifère de dépôts meubles) Non confiné Recharge moyenne Vulnérabilité moyenne Variations du niveau de la nappe moyennes* Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable** Aquifère de roc fracturé d'extension régionale, présent partout

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

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

Questions d'interprétation

Où se situent les **aquifères** de **dépôts meubles** sur mon territoire ?

Où se situent les **aquitards** pouvant causer des conditions de **confinement** sur mon territoire ?

Retrouve-t-on des **aquifères** de **dépôts meubles** protégés de la contamination sur mon territoire ? Si oui, dans quel secteur ?

Quelle est la séquence stratigraphique complète que l'on retrouve dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean? Retrouve-t-on cette séquence sur mon territoire ?

Les autres observations sur mon territoire d'action

Piézométrie

Description

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

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

La **surface piézométrique** 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
 SLSJ_Piezo_regionale	Piézométrie régionale - SLSJ	Élévation en mètres de la nappe d'eau par rapport au niveau moyen des mers	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres	Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ	Courbes isopièzes générées aux 10 mètres par rapport au niveau moyen de la mer pour le secteur des basses terres du Saguenay-Lac-Saint-Jean	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	Piézo. 20 m (Hautes terres) - SLSJ	Courbes isopièzes générées aux 20 mètres par rapport au niveau moyen de la mer pour le secteur des hautes terres du Saguenay-Lac-Saint-Jean	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

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



Questions d'interprétation

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

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

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 préférentielle 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, 54-55 et 72-73

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 SLSJ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - SLSJ</i>	Recharge de l' aquifère situé le plus près de la surface en millimètres par année.	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 SLSJ_Recharge_preferentielle	<i>Recharge préférentielle - SLSJ</i>	Localisation des zones de forte recharge de l' aquifère associées aux milieux aquifères de surface. Cette forte recharge ou recharge préférentielle varie, selon les secteurs, de 100 à 500 mm/an.	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 SLSJ_Zones_potentielles_suintement	<i>Résurgences - SLSJ</i>	Localisation des lignes de suintement qui correspondent à un écoulement lent et diffus de l' eau souterraine en surface.	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Recharge (mm/an) ou résurgence	Signification	Information générale à tirer de la notion
 [-128 - 0] ] 0 - 50] ] 50 - 100]	Recharge nulle ou faible moins de 100 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles peu perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine très lent Vulnérabilité probablement faible Eau souterraine possiblement minéralisée, de mauvaise qualité potentielle
] 100 - 150] ] 150 - 200]  Recharge préférentielle SLSJ	Recharge moyenne 100 à 200 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles modérément perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine peu rapide Vulnérabilité probablement moyenne Eau souterraine possiblement modérément minéralisée, de qualité potentielle passable

Légende : Recharge (mm/an) ou résurgence	Signification	Information générale à tirer de la notion
] 200 - 250] ] 250 - 300]  Recharge préférentielle SLSJ	Recharge élevée 200 à 300 mm/an	- Présence probable de dépôts meubles perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
] 300 - 350] ] 350 - 400] ] 400 - 482]  Recharge préférentielle SLSJ	Recharge très élevée 300 mm/an et plus	- Présence probable de dépôts meubles perméables en surface - Renouvellement de l'eau souterraine rapide Vulnérabilité probablement élevée Eau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
 Réseau hydrographique surfacique  Sources  Résurgences - SLSJ	Résurgence	- Mélange d'eau souterraine dans l'eau de surface - Assure le débit de base des cours d'eau - Provoque parfois ou maintient des milieux humides



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Vulnérabilité

Description

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

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 SLSJ_DRASTIC	Indice DRASTIC - SLSJ	Indice de vulnérabilité de l' aquifère situé le plus près de la surface calculée à partir de la méthode DRASTIC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 [45 - 60] ] 60 - 80] ] 80 - 100]	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	• Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe élevée • (R) Recharge faible • (A) Aquifère peu perméable • (S) Sol en surface peu perméable • (T) Forte pente du sol • (I) Zone vadose peu perméable • (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral
] 100 - 120] ] 120 - 140] ] 140 - 160] ] 160 - 180]	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	• Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe moyenne • (R) Recharge moyenne • (A) Aquifère modérément perméable • (S) Sol en surface modérément perméable • (T) Pente du sol moyenne • (I) Zone vadose modérément perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
] 180 - 210]	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	• Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : • (D) Profondeur de la nappe faible • (R) Recharge élevée • (A) Aquifère très perméable • (S) Sol en surface très perméable • (T) Faible pente du sol • (I) Zone vadose très perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée • Aucun indice sur la protection d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral

* 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, 58-61 et 76-79

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CH_Geochimie_Depassements_Aucun	Géochimie - <i>Aucun dépassement</i>	Puits pour lesquels aucun dépassement de norme et recommandation pour l'eau potable n'a été observé.	 Modifie.gdb
 CH_Geochimie_Depassements_CMA	Géochimie - <i>Dépassements CMA</i>	Puits pour lesquels au moins un dépassement de CMA a été observé.	 Modifie.gdb
 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA	<i>id.</i>	Table contenant les résultats des analyses pour les paramètres dont la CMA a été dépassée.	 Modifie.gdb
 CH_Geochimie_Depassements_OE	Géochimie - <i>Dépassements OE</i>	Puits pour lesquels au moins un dépassement d'OE a été observé.	 Modifie.gdb
 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_OE	<i>id.</i>	Table contenant les résultats des analyses pour les paramètres dont l'OE a été dépassé.	 Modifie.gdb
 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - <i>Aucun dépassement</i>	Sources pour lesquelles aucun dépassement de norme et recommandation pour l'eau potable n'a été observé.	 Modifie.gdb
 CH_Source_Depassements_OE	Source - <i>Dépassements OE</i>	Sources pour lesquelles au moins un dépassement d'OE a été observé.	 Modifie.gdb
 CH_TB_SOURCE_Resultats_analyses_Depassements_OE	<i>id.</i>	Table contenant les résultats des analyses pour les paramètres dont l'OE a été dépassé.	 Modifie.gdb

Interprétation générale des couches d'informations

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



Questions d'interprétation

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

Quels sont les paramètres pour lesquels les **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 climat, les directions d'écoulement des eaux souterraines et les zones de recharge des aquifères .	En général, l'écoulement souterrain régional se fait depuis les hauts topographiques (qui sont souvent des zones de recharge des aquifères) vers les bas topographiques.
Routes, limites municipales et toponymie	Limites de la zone d'étude du PACES, des MRC et municipalités. Autoroutes, routes, rues et chemins de fer. Toponymie des lieux habités.	Permet de localiser les données acquises sur l' eau souterraine et les points d'intérêt avoisinants.	s.o.
Modèle numérique de terrain	Voir Topographie		
Pente du sol	Pente de la surface du sol exprimée en degrés.	La pente du sol influence le bilan hydrique, dont la recharge des aquifères , et la vulnérabilité .	Une pente forte signifie plus de ruissellement à la surface du sol, moins d'infiltration d'eau dans le sol pour recharger les aquifères et une vulnérabilité potentiellement plus faible.
Hydrographie	Distribution spatiale des cours d'eau (ruisseaux, rivières et fleuve) et des plans d'eau (lacs).	Les cours d'eau et les plans d'eau de surface correspondent habituellement à des zones d'échange entre les eaux de surface et souterraines. À ces endroits, l' eau souterraine peut s'écouler vers les eaux de surface et ainsi les réalimenter, ou l'écoulement peut être en direction inverse, des eaux de surface vers les eaux souterraines .	Au Québec, ce sont les eaux souterraines qui alimentent les cours d'eau et les plans d'eau, et non le contraire.
Limites des bassins et sous bassins	Territoire délimité par les crêtes topographiques à l'intérieur desquelles l'eau s'écoule vers le même exutoire.	Cette délimitation du territoire permet une gestion intégrée de l'eau de surface et de l' eau souterraine .	À l'échelle régionale, les bassins versants des eaux souterraines sont très semblables à ceux des eaux de surface.
Occupation du sol	Usages qui sont faits de la surface du territoire.	Une connaissance de l'occupation du sol est utile pour cibler les secteurs où les activités sont susceptibles d'exercer une pression sur la ressource en eaux souterraines et d'en modifier la qualité ou la quantité. L'occupation du sol influence aussi le cycle de l'eau.	Par exemple, en zone urbaine dense, le ruissellement de l'eau à la surface du terrain est généralement élevé, réduisant ainsi la recharge . Le risque de contamination des aquifères est plus élevé là où les activités humaines sont plus nombreuses.
Couverture végétale	L'ensemble des végétaux qui recouvrent le sol.	Les plantes jouent un rôle significatif sur le cycle de l'eau en réduisant le ruissellement de surface et en retournant une portion des précipitations vers l'atmosphère par évapotranspiration. Une part des précipitations est interceptée par le feuillage des plantes et est directement évaporée vers l'atmosphère. Aussi, les végétaux retirent une partie de l'eau contenue dans le sol et l'accumulent dans leurs tissus ou la retournent vers l'atmosphère par transpiration.	En zone de couvert forestier, l'évapotranspiration des plantes sera importante, réduisant ainsi la recharge .
Milieux humides	Terres qui sont inondées ou saturées en eau assez longtemps pour modifier la composition du sol ou de la végétation.	Au même titre que les cours d'eau ou les plans d'eau, les milieux humides peuvent être des lieux d'échanges importants entre l'eau de surface et l' eau souterraine .	Les échanges avec l' eau souterraine sont complexes. Les milieux humides sont parfois des zones de résurgence .
Affectation du territoire	Attribution à un territoire d'une utilisation, d'une fonction ou d'une vocation déterminée.	L'affectation du territoire peut servir à protéger les aquifères et à gérer durablement les eaux souterraines .	Par exemple, la protection des aquifères pourrait être priorisée aux zones de recharge et de vulnérabilité élevées des aquifères.

Résultat du PACES	Description	Intérêt	Clés d'interprétation
Pédologie	Les types de sol et leurs propriétés (généralement le premier mètre sous la surface).	La connaissance de la composition des sols aide à la compréhension de plusieurs processus dynamiques liés à l'eau, notamment l'infiltration de l'eau dans le sol et la vulnérabilité des nappes souterraines.	Un sol peu perméable limite la recharge et diminue la vulnérabilité des aquifères .
Géologie du Quaternaire	Distribution spatiale des dépôts meubles en surface.	Selon leur nature, les dépôts meubles ont des propriétés hydrauliques variables qui influencent l'écoulement de l' eau souterraine .	Les dépôts meubles peu perméables, comme de l' argile , confinent les aquifères sous-jacents, limitent leur recharge et diminuent leur vulnérabilité . Inversement, les dépôts meubles perméables, comme le sable et le gravier , peuvent constituer des aquifères .
Géologie du roc	Distribution spatiale des différentes formations rocheuses et des principales failles et autres caractéristiques structurales.	Lorsque les réseaux de fractures dans les roches sont suffisamment interconnectés, la formation géologique constitue un aquifère et des puits peuvent y être aménagés pour exploiter la ressource.	L' aquifère de roc fracturé couvre l'ensemble de la zone d'étude. L' eau souterraine peut y résider suffisamment longtemps pour dissoudre une partie des minéraux contenus dans la roche, affectant ainsi à la baisse la qualité de l' eau souterraine .
Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques	Représentation de la superposition des différentes couches géologiques (dépôts meubles et roc) rencontrées en profondeur.	Permet d'apprécier la continuité, l'étendue et l'épaisseur des unités géologiques ayant des propriétés hydrauliques similaires.	Permet la localisation des unités desquelles l' eau souterraine peut facilement être extraite (aquifères) des milieux qui permettent difficilement à l'eau d'y circuler (aquitards).
Topographie du roc	Variation de l'élévation de la surface du roc.	La topographie du roc sert à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peut s'accumuler une grande quantité de dépôts meubles .	Potentiel aquifère possible si les sédiments accumulés dans les dépressions du roc sont grossiers (sables et graviers).
Paramètres hydrauliques	Paramètres permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité , conductivité hydraulique , transmissivité, etc.).	Permet de déterminer le caractère aquifère ou aquitard du milieu.	La perméabilité diminue généralement avec la profondeur dans le roc, car la fracturation du roc devient moins en moins importante avec la profondeur.
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, industrielle/commerciale/institutionnelle et agricole).	Utile pour la gestion durable de l' eau souterraine et pour estimer les besoins futurs.	Les interventions pour l'augmentation des prélèvements et la protection de l' eau souterraine devraient refléter l'utilisation de la ressource.
Stations météorologiques, hydrométriques et de suivi de la nappe	Répartition spatiale des stations de mesure permanentes pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie (niveau de l' eau souterraine).	Permet de visualiser la disponibilité de ce type de données utiles pour les études hydrogéologiques.	Permet par exemple de voir où des mesures sont prises pour pouvoir suivre les débits des rivières et les niveaux d' eau souterraine dans le temps pour étudier les changements.

4

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

Question 1

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

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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE	LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

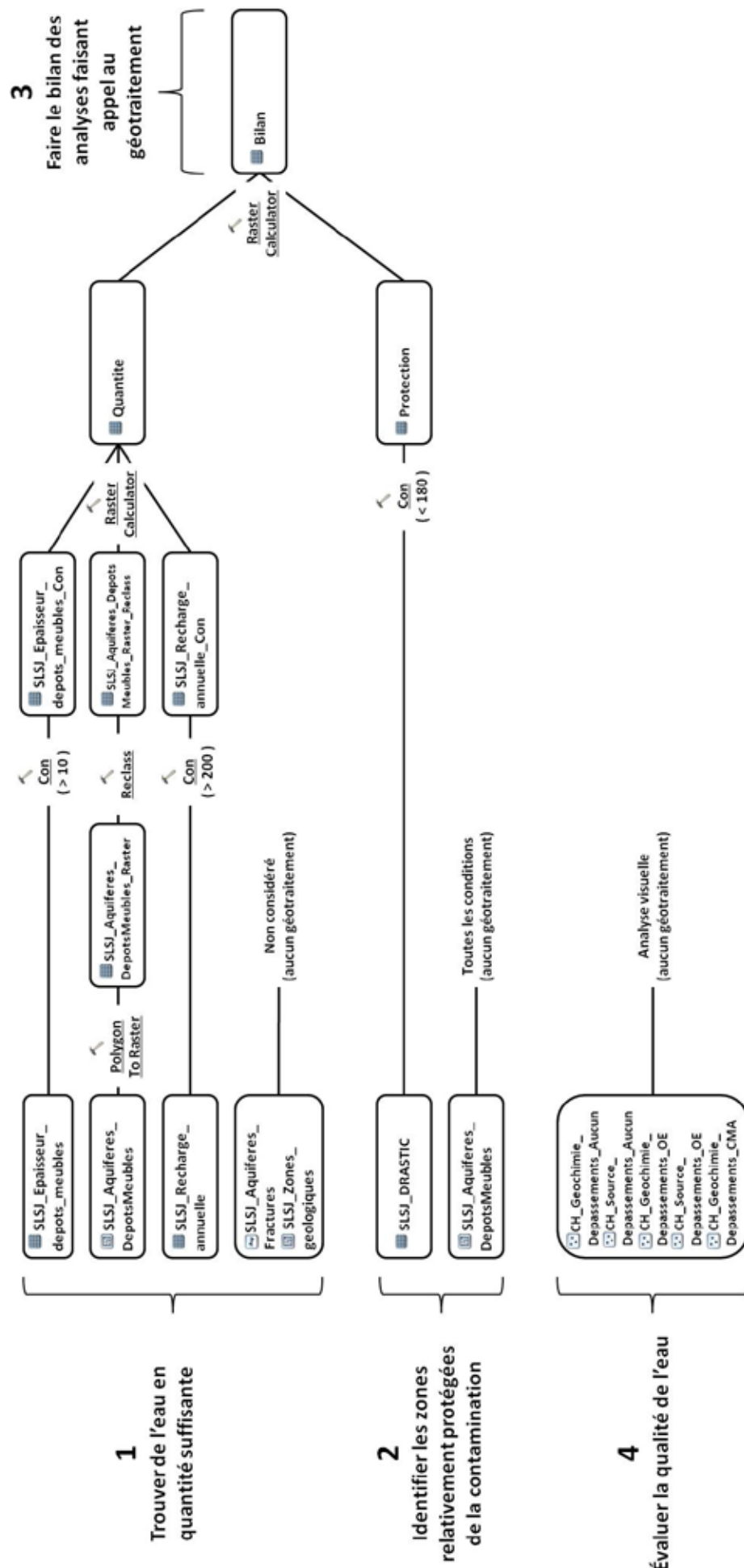
Question

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

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence d'aquifères granulaires d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - SLSJ</i>	- Épaisseur élevée : 10 à 20 m - Épaisseur très élevée : 20 m et plus
	Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles - SLSJ</i>	- Milieu aquifère de dépôts meubles en surface - Milieu aquifère de dépôts meubles enfoui
	Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	<i>Aquifères roc linéaments - SLSJ</i> <i>Aquifères roc - SLSJ</i>	Non considéré
Recharge élevée	Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - SLSJ</i>	- Recharge élevée: 200 à 300 mm/an - Recharge très élevée: 300 mm/an et plus



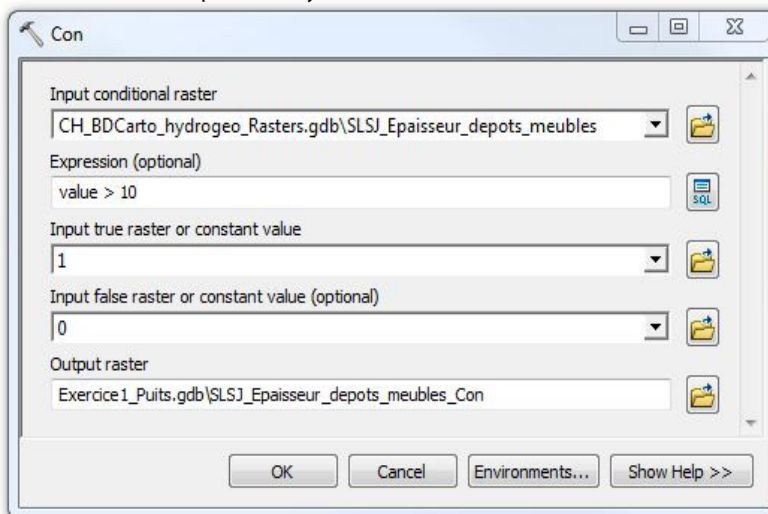
Procédure étape par étape

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

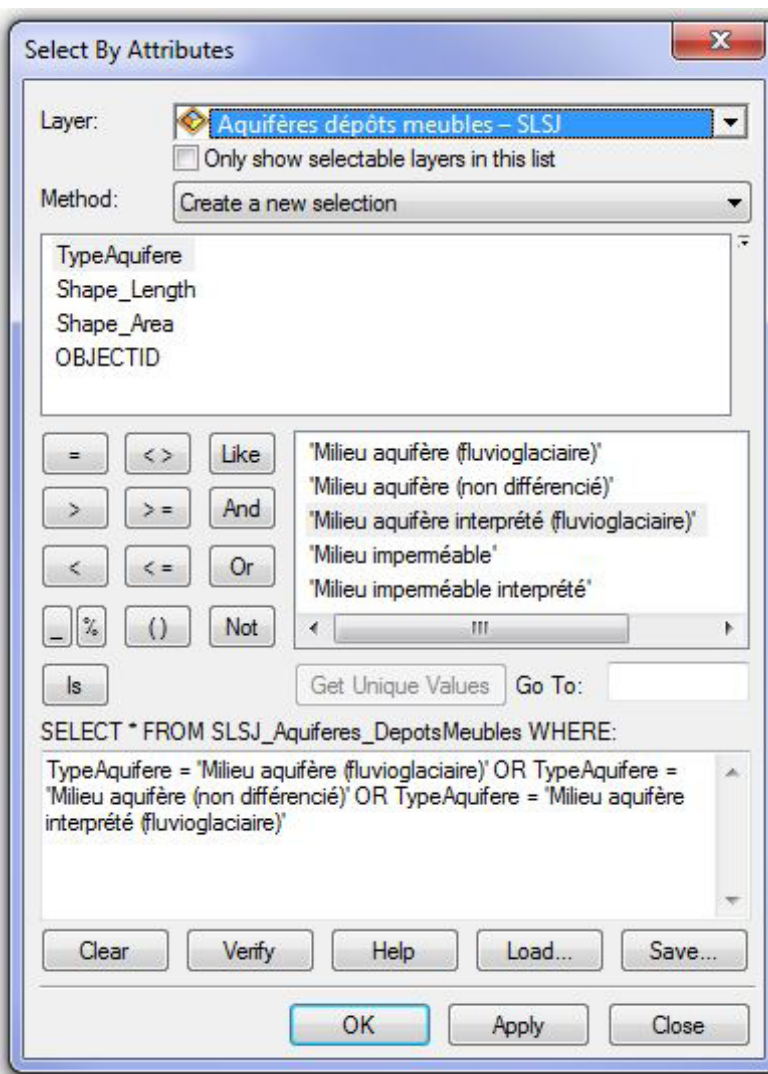
Les cellules de **SLSJ_Epaisseur_depots_meubles_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con



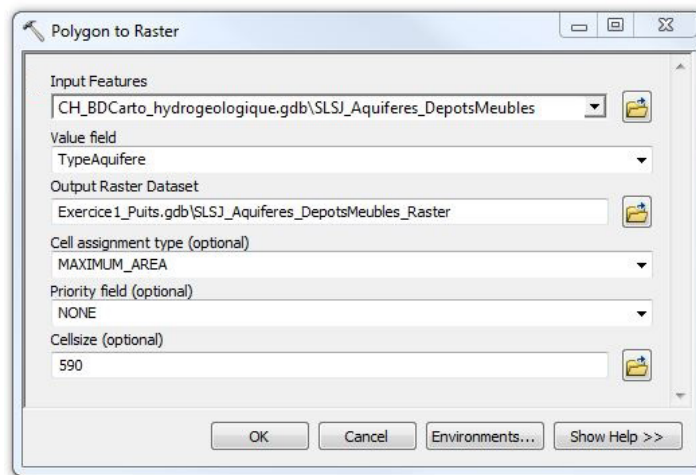
LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Sélectionner les polygones de **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (*alias : Aquifères dépôts meubles - SLSJ*) qui répondent aux critères depuis la fenêtre **Select By Attributes** du menu **Selection**, tel que montré ci-contre.

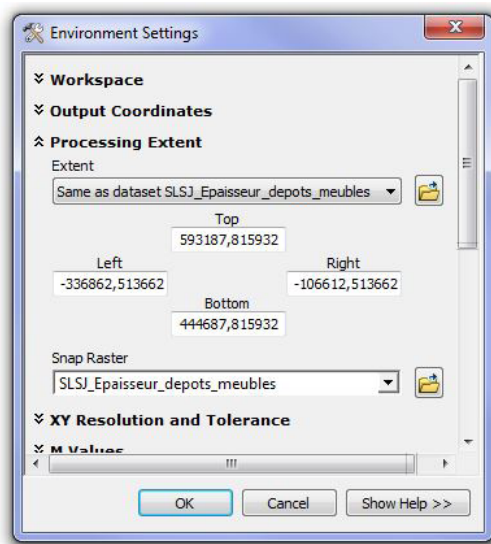


Convertir la couche vectorielle  **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (*alias* : *Aquifères dépôts meubles – SLSJ*) en couche matricielle en effectuant le géotraitement ci-contre.

 Arc Toolbox  Conversion Tools  To Raster  Polygon to Raster



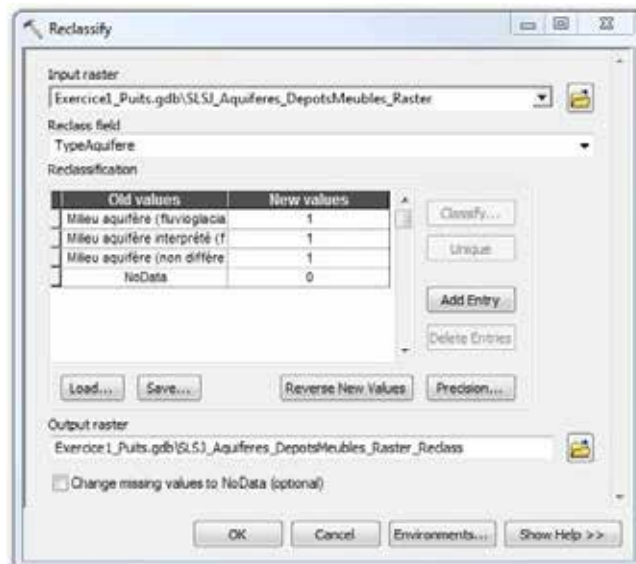
Dans la fenêtre Environment Settings (accessible en cliquant sur Environments... de la fenêtre Polygon to Raster), sélectionner à deux reprises la couche  **SLSJ_Epaisseur_depots_meubles**, sous Extent et Snap Raster.



Assigner des valeurs de 1 aux cellules de  **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles_Raster** qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre

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

 Arc Toolbox  Spatial Analyst Tools  Reclass  Reclassify



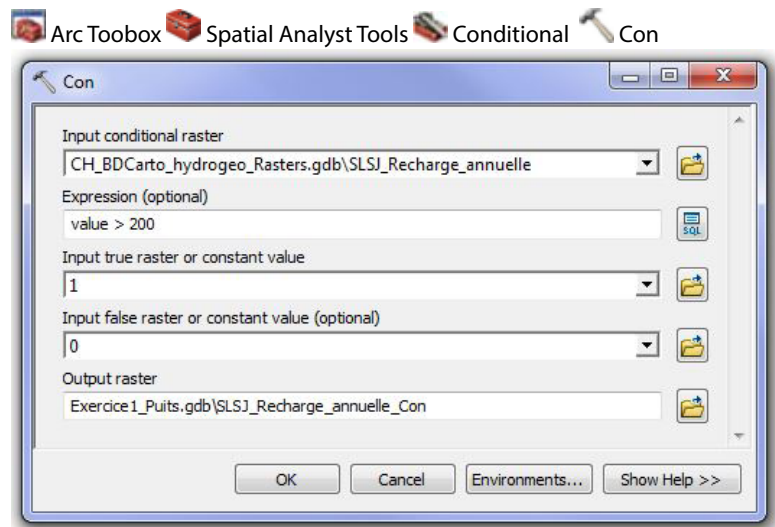
LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ

Aucune analyse à faire puisque les milieux aquifères de roc fracturé ne sont pas considérés par les critères.

RECHARGE PRÉFÉRENTIELLE ET RÉSURGENCE

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

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



BILAN

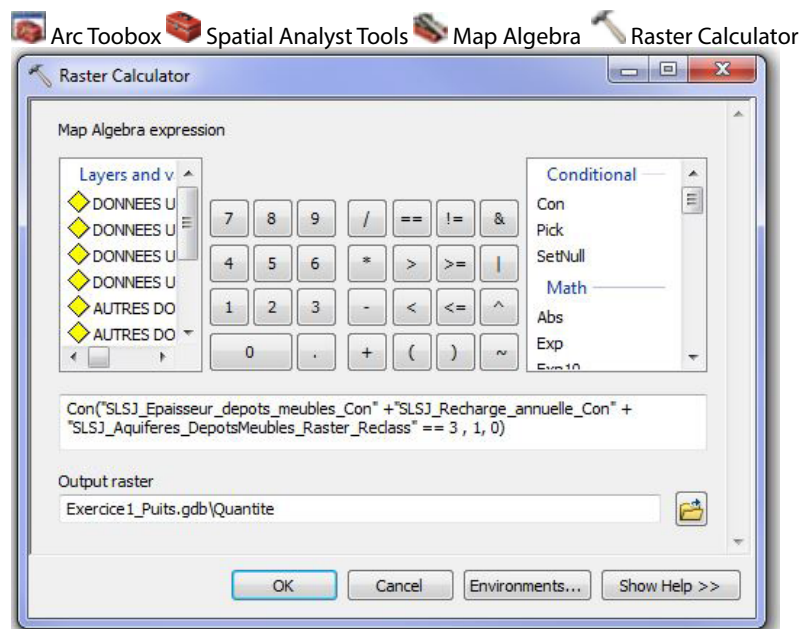
Combiner les résultats des couches **SLSJ_Epaisseur_depots_meubles_Con**, **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles_Raster_Reclass** et **SLSJ_Recharge_annuelle_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi :

pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule.

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

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



2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - SLSJ</i>	- Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins - Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180
Toutes les conditions de confinement	Conditions de confinement	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles – SLSJ</i>	Tous les types de milieu (aquifère ou imperméable)

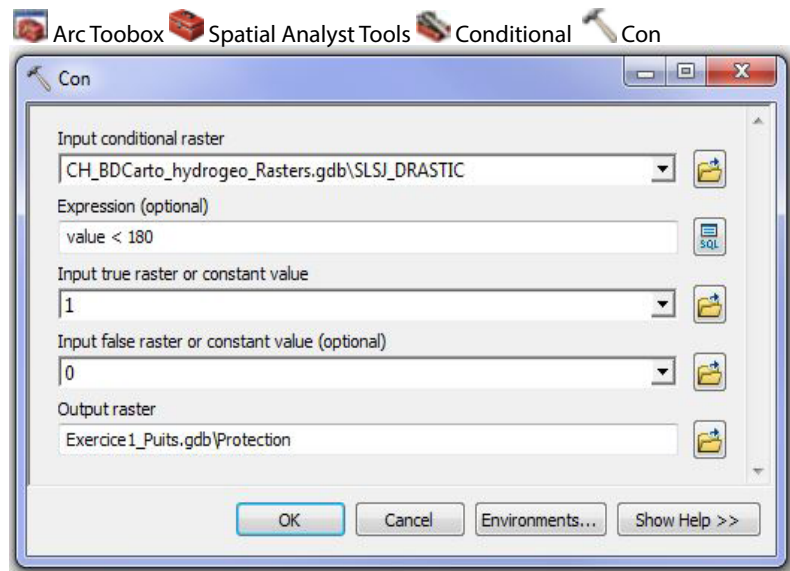


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

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

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



LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Aucune analyse à faire puisque toutes les conditions de confinement (milieux aquifères ou imperméables) sont considérées par les critères.

3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

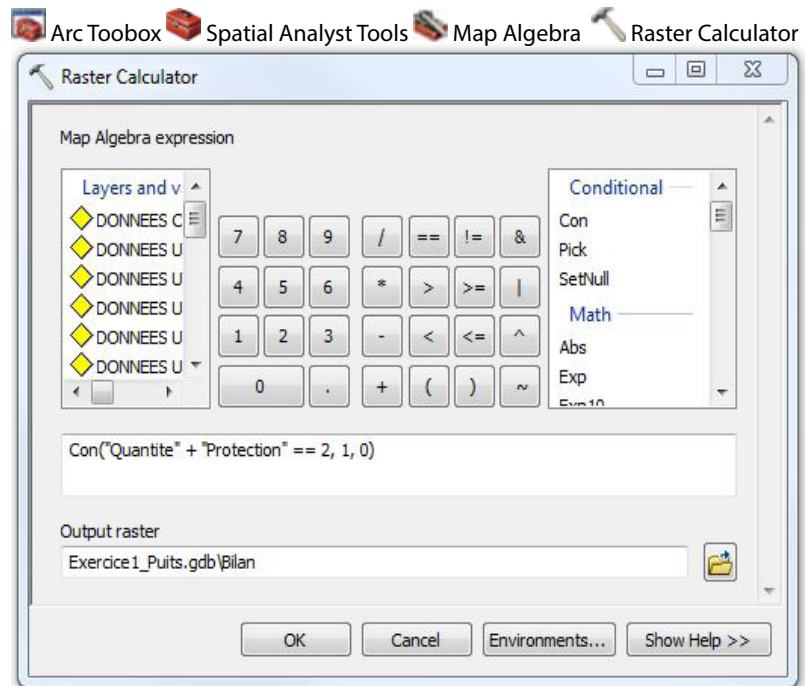


Procédure étape par étape

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

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	Idéalement aucun dépassement
		CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	
		CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE) possible
		CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	
		CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA) inacceptable



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche **Bilan**, superposer les couches **CH_Geochemie_Depassements_Aucun** et **CH_Source_Depassements_Aucun** pour visualiser les puits et sources sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche **Bilan**, superposer les couches **CH_Geochemie_Depassements_OE** et **CH_Source_Depassements_OE** pour visualiser les puits et sources ayant au moins un dépassement d'OE, mais aucun dépassement de CMA.

À la couche **Bilan**, superposer la couche **CH_Geochemie_Depassements_CMA** pour visualiser les puits ayant au moins un dépassement de CMA.

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

Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - SLSJ</i>
			Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles – SLSJ</i>
			Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	<i>Aquifères roc linéaments – SLSJ</i> <i>Aquifères roc - SLSJ</i>
			Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - SLSJ</i>
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - SLSJ</i>
			Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles – SLSJ</i>
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	<i>Géochimie - Aucun dépassement</i>
				 CH_Source_Depassements_Aucun	<i>Source - Aucun dépassement</i>
				 CH_Geochemie_Depassements_OE	<i>Géochimie - Dépassements OE</i>
				 CH_Source_Depassements_OE	<i>Source - Dépassements OE</i>
				 CH_Geochemie_Depassements_CMA	<i>Géochimie - Dépassements CMA</i>
Autre			Piézométrie	 SLSJ_Piezo_regionale	<i>Piézométrie régionale - SLSJ</i>
				 SLSJ_Piezo_courbe_Basses-Terres	<i>Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ</i>
				 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	<i>Piézo. 20 m (Hautes terres) - SLSJ</i>

Question 2

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE	LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

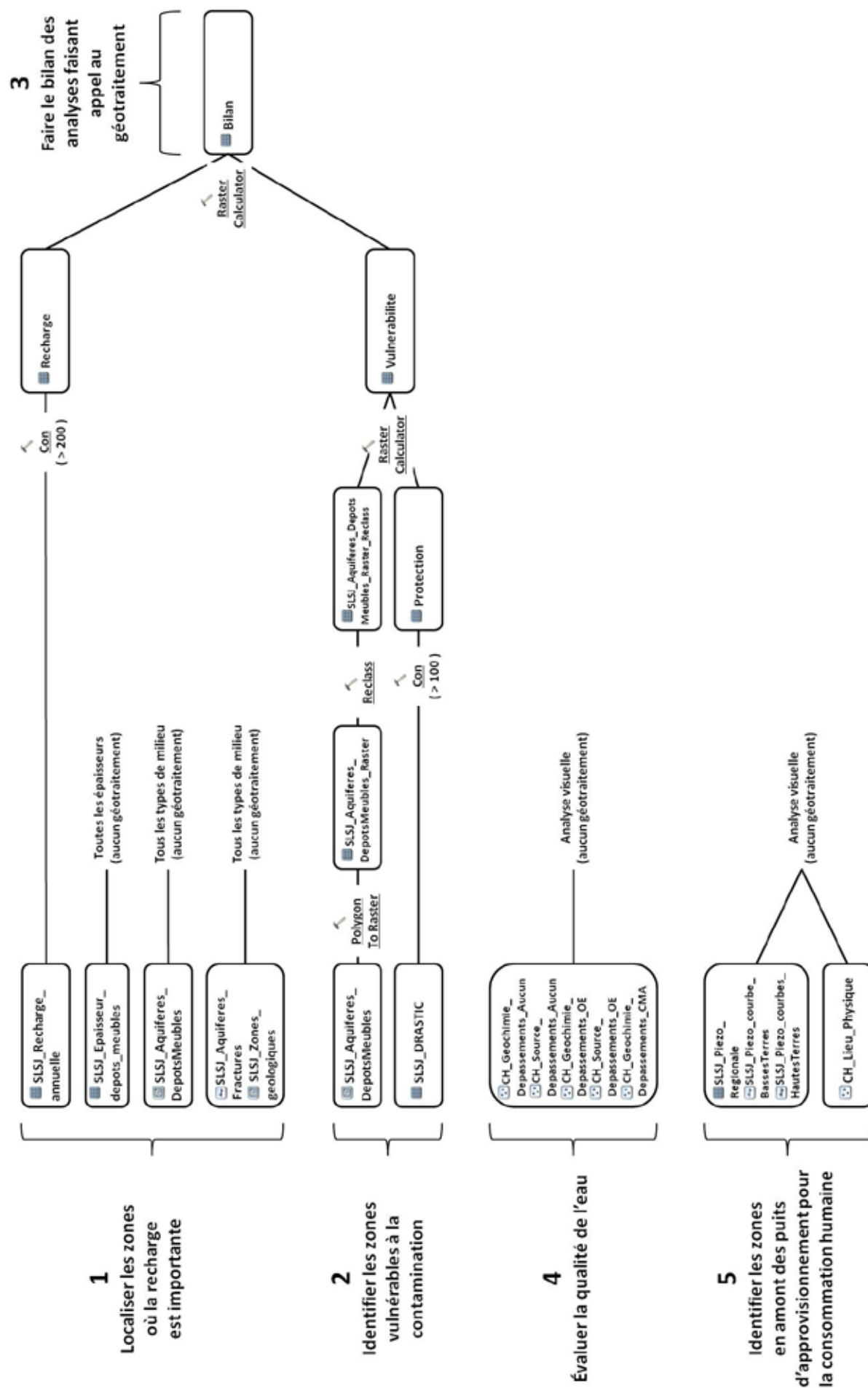
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Taux de recharge annuelle important	Les zones où la recharge est élevée devraient être considérées prioritaires pour la protection.	- Le taux de recharge peut changer d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques ou des changements de l'occupation du sol. - La recharge varie au cours de l'année. Elle est la plus faible, voire nulle, en hiver lorsqu'il y a peu de précipitations liquides et que le sol est gelé, et la plus élevée au printemps, lors de la fonte des neiges.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	
Tous les types de milieux aquifères	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car la présence de milieux perméables est prise en compte dans le calcul de la recharge.	

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Taux de recharge annuelle important	Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - SLSJ	- Recharge élevée: 200 à 300 mm/an - Recharge très élevée: 300 mm/an et plus
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ	Toutes épaisseurs
Tous les types de milieux aquifères	Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles - SLSJ	Tous les types de milieux
	Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	Aquifères roc linéaments - SLSJ Aquifères roc - SLSJ	Tous les types de milieux



Procédure étape par étape

RECHARGE PRÉFÉRENTIELLE ET RÉSURGENCE

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

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

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

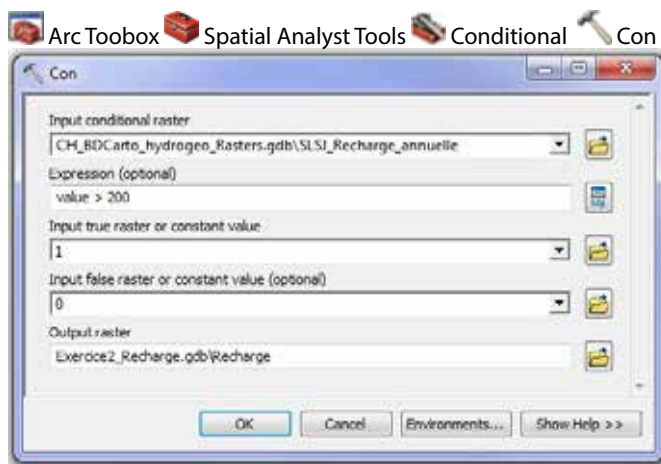
Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de dépôts meubles sont considérées dans les critères.

LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Aucune analyse à faire puisque tous les types de milieu sont considérés dans les critères.

LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ

Aucune analyse à faire puisque tous les types de milieu sont considérés dans les critères.



2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquifères de dépôts meubles non confinés en surface	La recharge est élevée dans les milieux aquifères de dépôts meubles situés en surface.	Les aquifères confinés sous un aquitard reçoivent très peu de recharge et sont moins susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface. Il est donc moins prioritaire de les protéger.
Aquifère vulnérable	Il faut consacrer les efforts à protéger les aquifères susceptibles d'être affectés par une contamination provenant de la surface, et non ceux qui sont déjà protégés naturellement.	- Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.

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

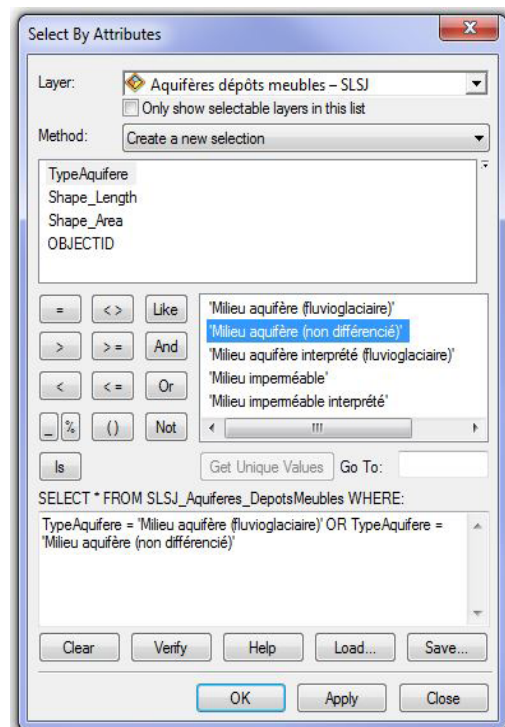
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquifères de dépôts meubles non confinés en surface	Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles – SLSJ</i>	Milieu aquifère de dépôts meubles en surface
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - SLSJ</i>	- Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180 - Vulnérabilité élevée : indice de 180 ou plus



Procédure étape par étape

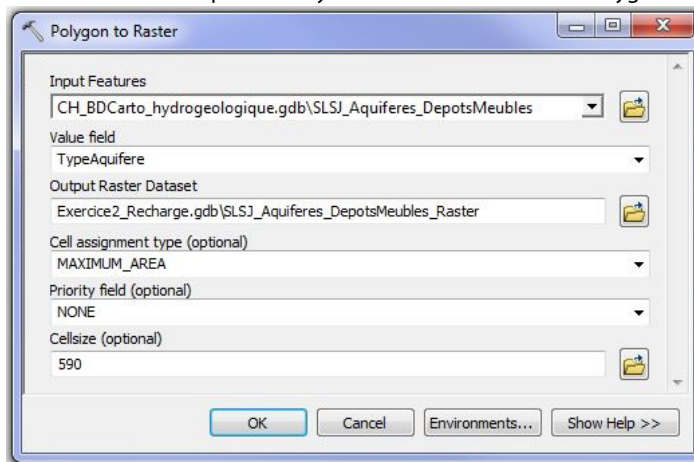
LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Sélectionner les polygones de  **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (alias : *Aquifères dépôts meubles – SLSJ*) qui répondent aux critères depuis la fenêtre **Select By Attributes** du menu **Selection**, tel que montré ci-contre.

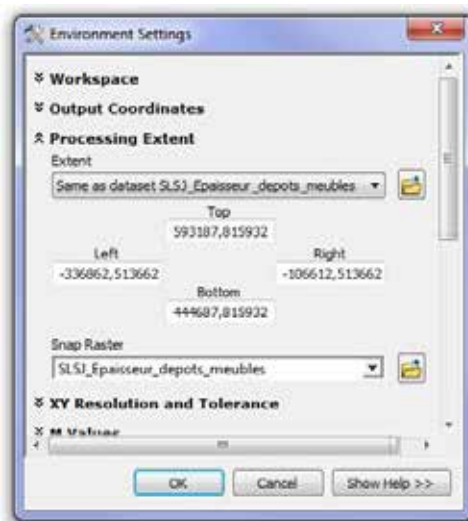


Convertir la couche vectorielle **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (*alias : Aquifères dépôts meubles – SLSJ*) en couche matricielle en effectuant le géotraitement ci-contre.

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools To Raster Polygon to Raster



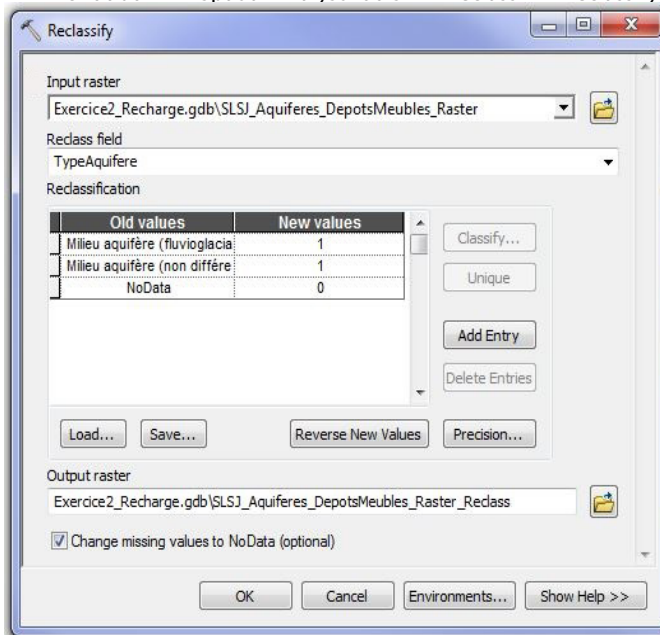
Dans la fenêtre Environment Settings (accessible en cliquant sur Environments... de la fenêtre Polygon to Raster), sélectionner à deux reprises la couche **SLSJ_Epaisseur_depots_meubles**, sous Extent et Snap Raster.



Assigner des valeurs de 1 aux cellules de **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles_Raster** qui répondent aux critères en effectuant le géotraitement ci-contre :

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

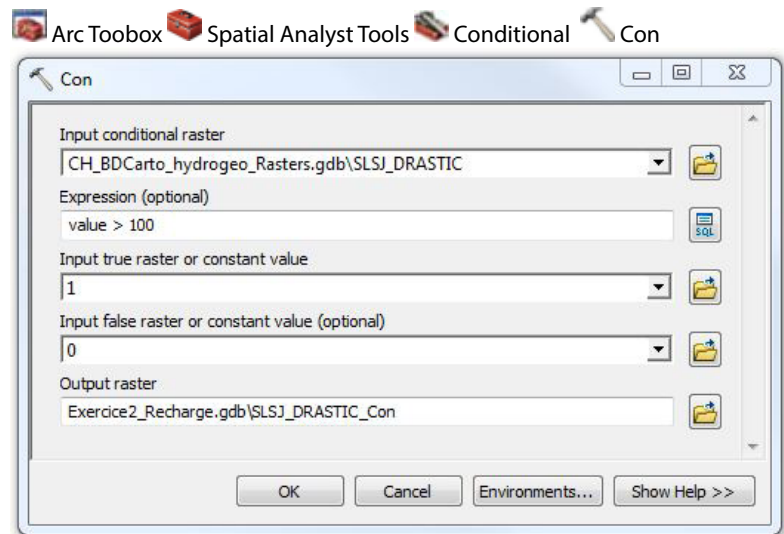
Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Reclass Reclassify



VULNÉRABILITÉ

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

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



BILAN

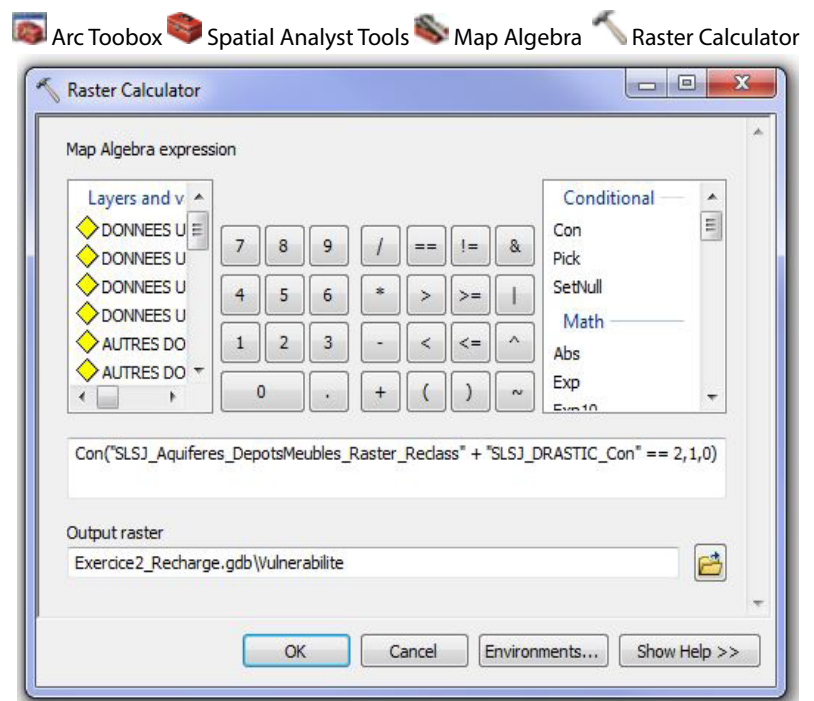
Combiner les résultats des couches **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles_Raster_Reclass** et **SLSJ_DRASTIC_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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 trois couches est 3, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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



3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

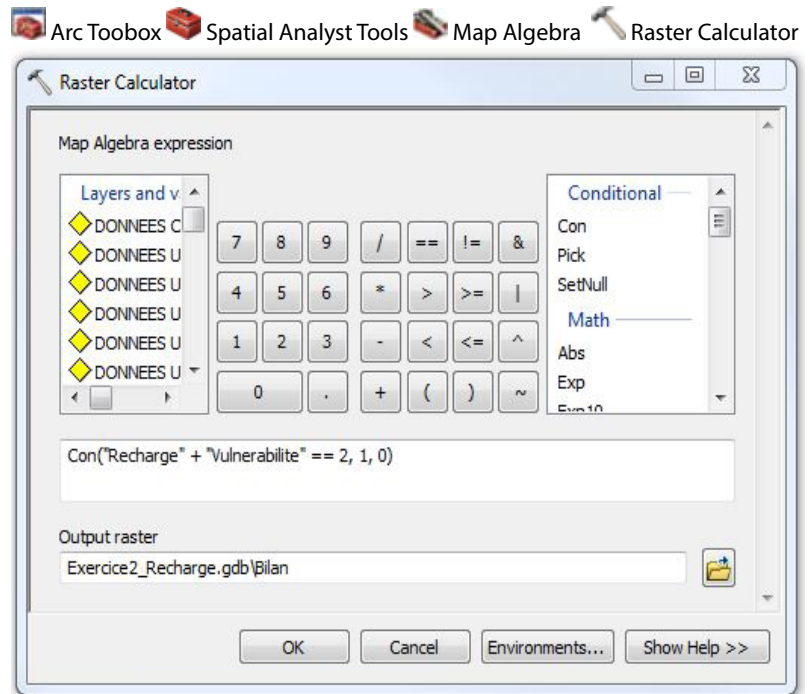


Procédure étape par étape

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

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

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



4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Eau de qualité passable à bonne	L'eau doit être de bonne qualité naturelle pour considérer sa protection. La protection d'une eau de mauvaise qualité naturelle n'est pas prioritaire.	- Quelques problèmes d'ordre esthétiques peuvent être acceptables. - Des problèmes présentant un danger pour la santé ne sont pas acceptables, mais pourraient tout de même être considérés si des traitements efficaces et peu coûteux existent.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	Idéalement aucun dépassement
		 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	
		 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE) possible
		 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	
		 _Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA) inacceptable



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche  **Bilan**, superposer les couches  **CH_Geochemie_Depassements_Aucun** et  **CH_Source_Depassements_Aucun** pour visualiser les puits et sources sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche  **Bilan**, superposer les couches  **CH_Geochemie_Depassements_OE** et  **CH_Source_Depassements_OE** pour visualiser les puits et sources ayant au moins un dépassement d'OE, mais aucun dépassement de CMA.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochemie_Depassements_CMA** pour visualiser les puits ayant au moins un dépassement de CMA.

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

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Afin de favoriser la protection de zones de recharge d'aquifères exploités et prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, les zones protégées pourraient être situées en amont des puits d'alimentation en eau potable.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés, et plus l'intérêt de protéger la zone de recharge de l'aquifère exploité est élevé. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	 SLSJ_Piezo_regionale  SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres  SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres  CH_Lieu_physique	- Piézométrie régionale – SLSJ - Piézo. 10 m (Basses terres) – SLSJ - Piézo. 20 m (Hautes terres) – SLSJ - Lieux physiques	En amont des puits d'alimentation



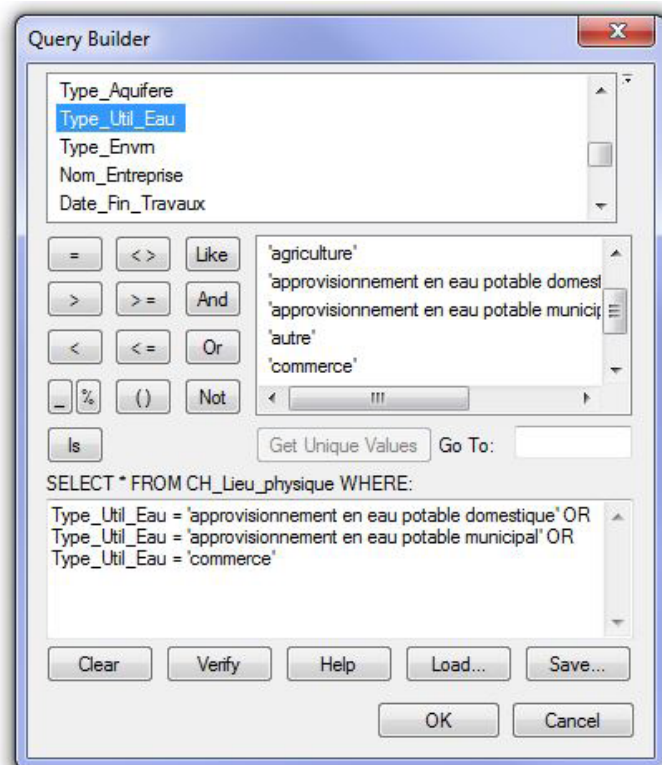
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

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

Aux couches **SLSJ_Piezo_regionale**, **SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres** et **SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres**, superposer la couche **CH_Lieu_physique** pour visualiser les puits d'approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères vulnérables, tels que définis par la couche **Bilan**.

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



Préparer la présentation de vos résultats

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Localiser les zones où la recharge est importante			Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - SLSJ
			Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ
			Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles – SLSJ
			Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	Aquifères roc linéaments – SLSJ Aquifères roc - SLSJ
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles – SLSJ
			Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	Indice DRASTIC - SLSJ
Évaluer la qualité de l'eau		Qualité de l'eau		 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement
				 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement
				 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE
				 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE
				 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA
Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine		Piézométrie		 SLSJ_Piezo_regionale	Piézométrie régionale - SLSJ
				 SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres	Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ
				 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	Piézo. 20 m (Hautes terres) – SLSJ
				 CH_Lieu_physique	Lieux physiques

Question 3

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

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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE	LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

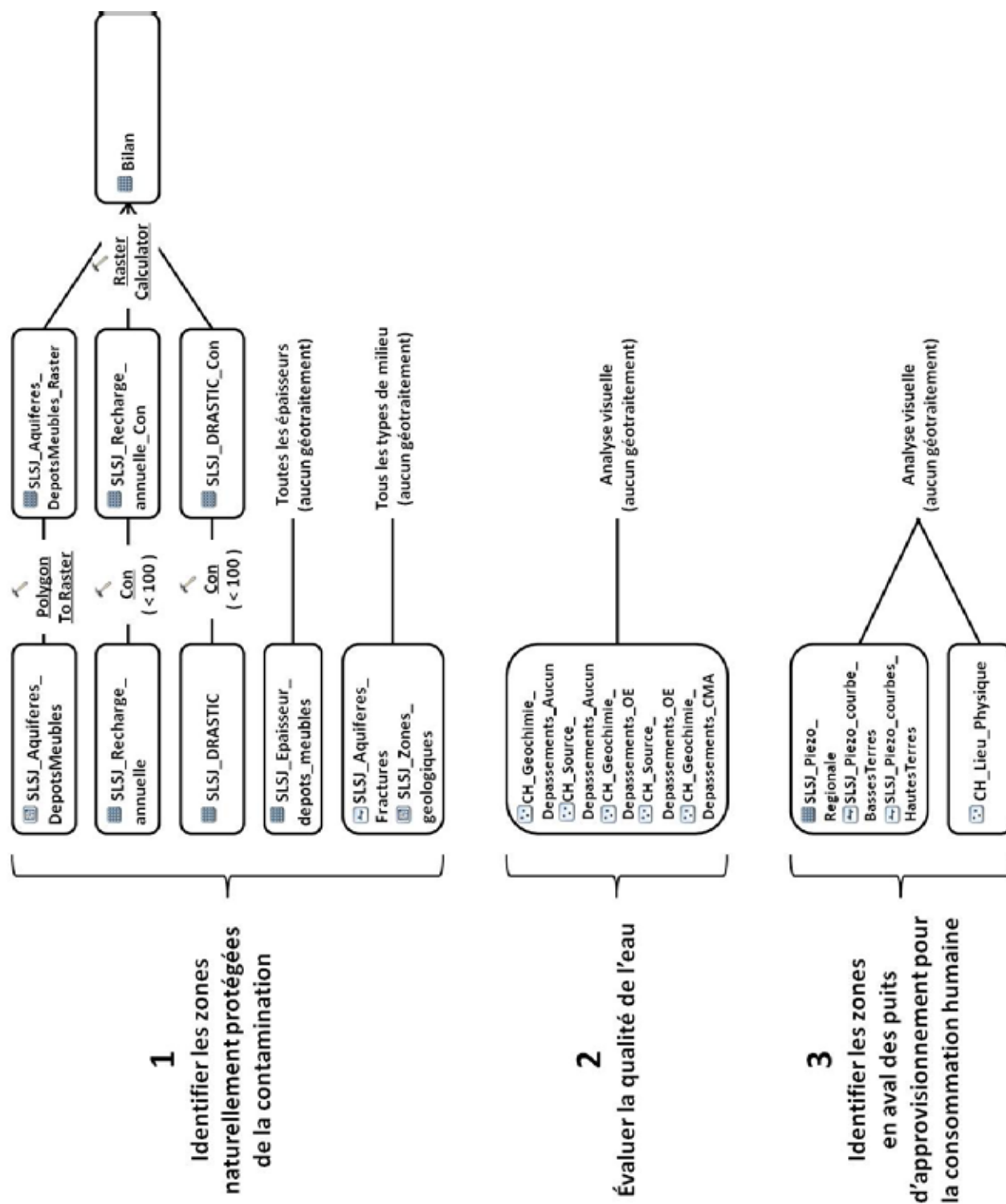
Question

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

Ce qui est recherché

1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination
2. Évaluer la qualité de l'eau
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine

Le géotraitement proposé avec les données disponibles



1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Aquitard en surface	Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et les protègent de la contamination pouvant provenir de la surface.	- L'épaisseur de l'argile constituant les aquitards devrait être considérée, car, par exemple, une couverture de moins de quelques mètres d'argile ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et les contaminants. - L'eau des aquifères confinés est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle.
Taux de recharge annuel faible	La recharge doit être faible pour limiter le volume d'eau des précipitations atteignant l'aquifère et qui peut mobiliser les contaminants depuis de la surface.	- L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain, sol à nu versus champ cultivé ou forêt). - Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge.
Aquifère peu vulnérable	Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface.	- Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. - La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration de la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. - Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante: il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ne prend pas en compte le type de dépôts meubles et donc leur caractère aquifère ou aquitard.	
Tous les types de milieux aquifères de roc fracturé	Pas nécessaire pour répondre à l'enjeu, car ce sont les dépôts meubles (présence d'argile ou non) qui contrôlent les conditions de confinement.	

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

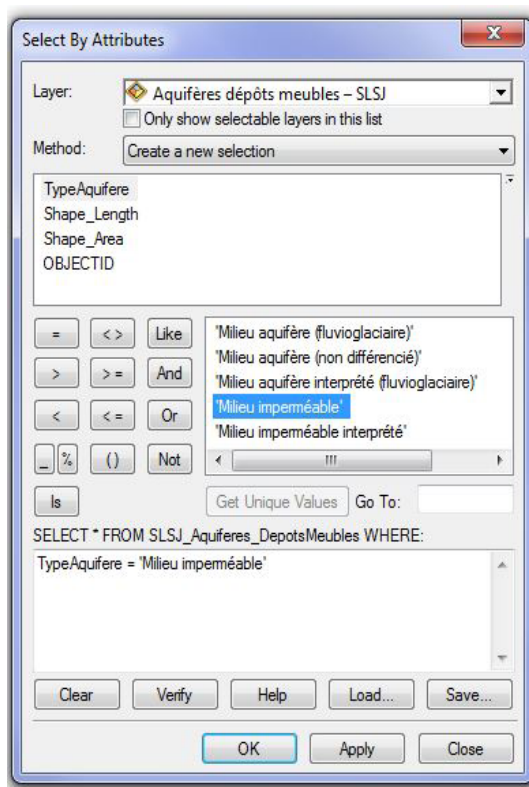
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Aquitard en surface	Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	<i>Aquifères dépôts meubles - SLSJ</i>	Milieu imperméable en surface
Taux de recharge annuel faible	Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	<i>Recharge annuelle - SLSJ</i>	Recharge nulle ou faible: moins de 100 mm/an
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - SLSJ</i>	Vulnérabilité faible: indice de 100 ou moins
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - SLSJ</i>	Toutes épaisseurs
Tous les types de milieux aquifères de roc fracturé	Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	<i>Aquifères roc linéaments - SLSJ</i> <i>Aquifères roc - SLSJ</i>	Tous les types de milieux



Procédure étape par étape

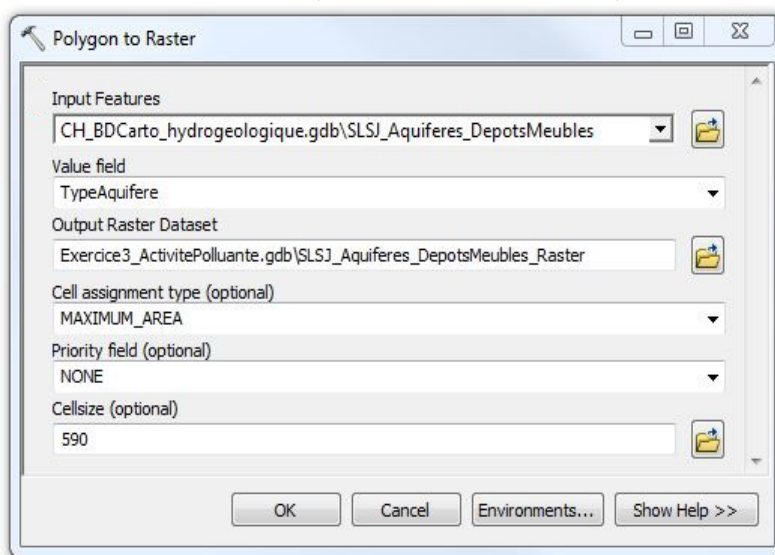
LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE DÉPÔTS MEUBLES

Sélectionner les polygones de **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (alias : *Aquifères dépôts meubles – SLSJ*) qui répondent aux critères depuis la fenêtre Select By Attributes du menu Selection, tel que montré ci-contre.



Convertir la couche vectorielle **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles** (alias : *Aquifères dépôts meubles – SLSJ*) en couche matricielle en effectuant le géotraitement ci-contre

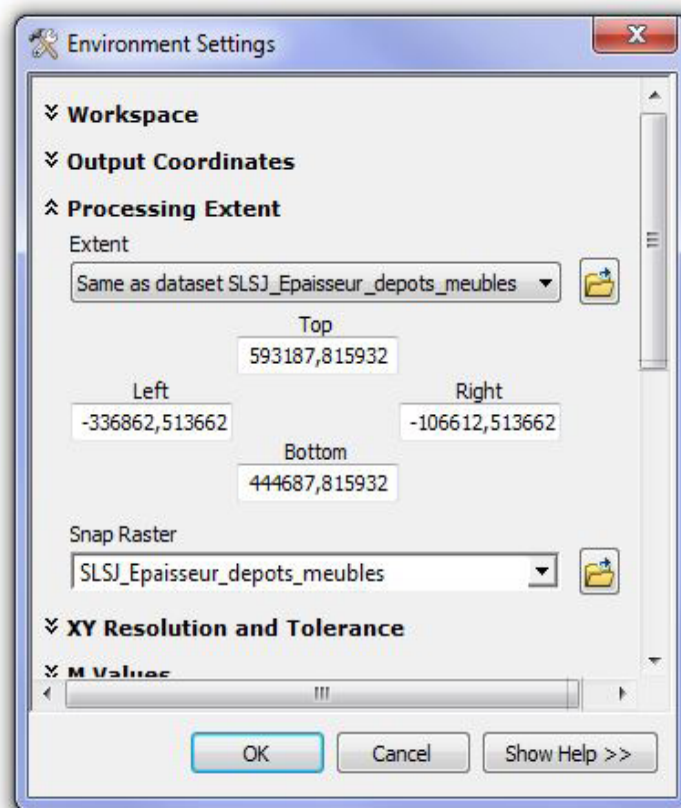
Arc Toolbox Spatial Analyst Tools To Raster Polygon to Raster



Dans la fenêtre **Environment Settings** (accessible en cliquant sur **Environments...** de la fenêtre **Polygon to Raster**), sélectionner à deux reprises la couche **SLSJ_Epaisseur_depots_meubles**, sous **Extent** et **Snap Raster**.

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

Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Reclass Reclassify

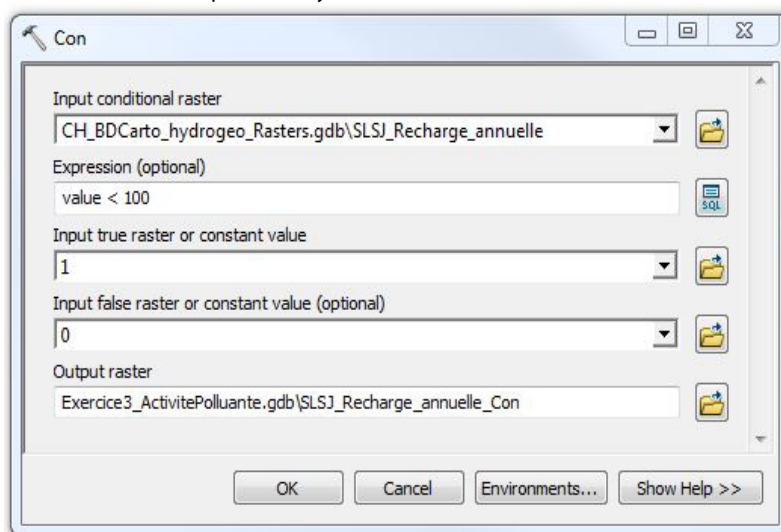


RECHARGE PRÉFÉRENTIELLE ET RÉSURGENCE

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

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

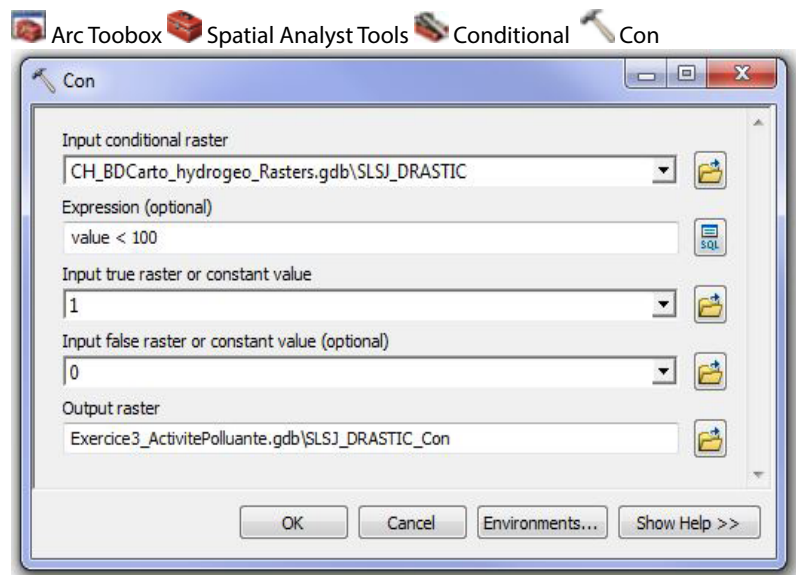
Arc Toolbox Spatial Analyst Tools Conditional Con



VULNÉRABILITÉ

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

Les cellules de **SLSJ_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 dans les critères.

LIMITES DES MILIEUX AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ

Aucune analyse à faire puisque tous les types de milieu sont considérés dans les critères.

BILAN

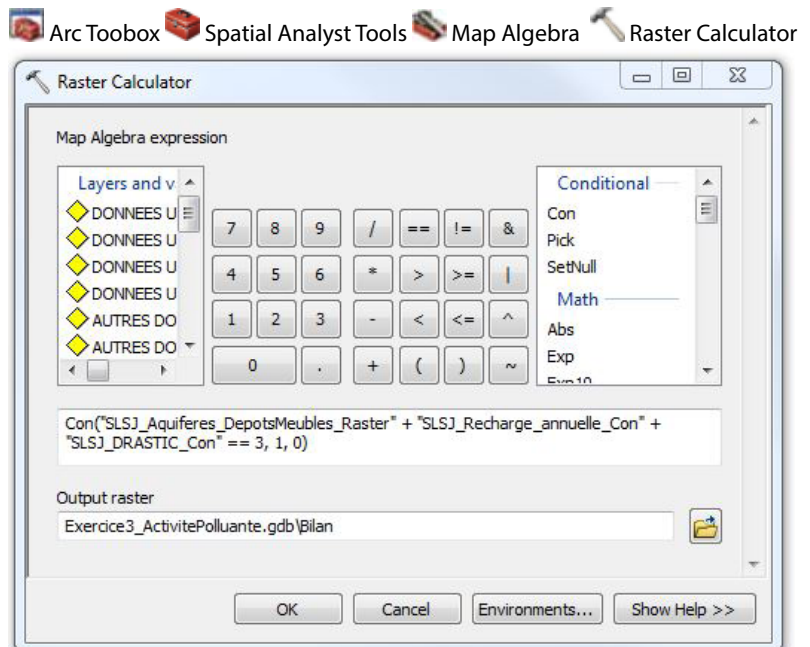
Combiner les résultats des couches **SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles_Raster**, **SLSJ_Recharge_annuelle_Con** et **SLSJ_DRASTIC_Con** en effectuant le calcul ci-contre.

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes les qualités de l'eau	Qualité de l'eau	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	Eau souterraine de bonne qualité : gravité de contamination très élevée
		 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	
		 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	Eau souterraine de qualité passable : gravité de contamination élevée
		 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	
		 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	Eau souterraine de mauvaise : gravité de contamination modérée



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche  **Bilan**, superposer les couches  **CH_Geochemie_Depassements_Aucun** et  **CH_Source_Depassements_Aucun** pour visualiser les puits et sources sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche  **Bilan**, superposer les couches  **CH_Geochemie_Depassements_OE** et  **CH_Source_Depassements_OE** pour visualiser les puits et sources ayant au moins un dépassement d'OE, mais aucun dépassement de CMA.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochemie_Depassements_CMA** pour visualiser les puits ayant au moins un dépassement de CMA.

La gravité d'une contamination potentielle des aquifères des zones de  **Bilan** est potentiellement très élevée si on n'y retrouve que des puits ayant une eau de bonne qualité, c'est-à-dire sans dépassement de critère de qualité de l'eau. Si on y retrouve au moins un puits ayant une eau de qualité passable, c'est-à-dire ayant au moins un dépassement d'OE, la gravité d'une contamination est potentiellement élevée. Si on y retrouve au moins un puits ayant une eau de mauvaise qualité, c'est-à-dire ayant au moins un dépassement de CMA, la gravité d'une contamination est potentiellement modérée.

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

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
En aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	Afin de prévenir la contamination des puits d'approvisionnement, l'activité potentiellement polluante doit être située en aval des puits d'alimentation en eau potable.	- Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectés. - Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d'approvisionnement, mais ne correspond pas à un inventaire exhaustif. - Un inventaire exhaustif des puits municipaux ou alimentant un réseau d'aqueduc devrait être effectué, car la contamination d'un seul de ces puits risque d'affecter beaucoup de personnes, augmentant ainsi la gravité.

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	- SLSJ_Piezo_regionale - SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres - SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres - CH_Lieu_physique	- Piézométrie régionale – SLSJ - Piézo. 10 m (Basses terres) – SLSJ - Piézo. 20 m (Hautes terres) – SLSJ - Lieux physiques	En amont des puits d'alimentation



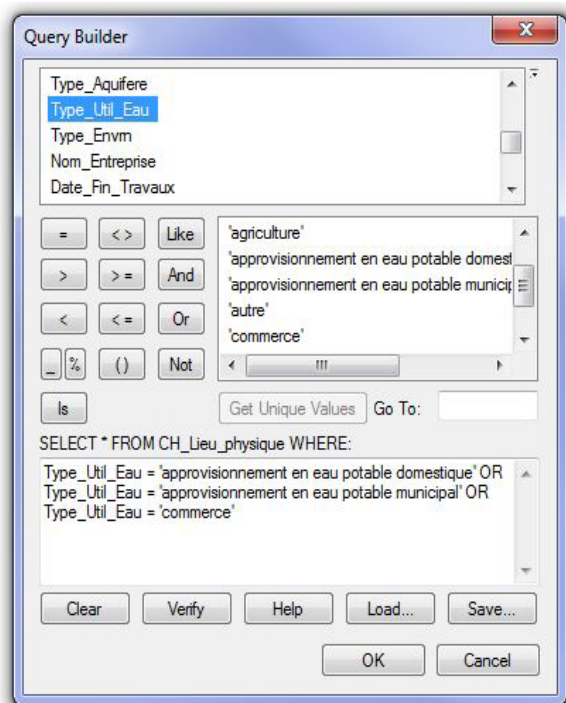
Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

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

Aux couches **SLSJ_Piezo_regionale**, **SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres** et **SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres**, superposer la couche **CH_Lieu_physique** physique pour visualiser les puits d'approvisionnement en aval des zones où les aquifères sont naturellement protégés de la contamination, tels que définis par la couche **Bilan**.

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



Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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

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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination			Limites des milieux aquifères de dépôts meubles	 SLSJ_Aquiferes_DepotsMeubles	Aquifères dépôts meubles – SLSJ	
			Recharge préférentielle et résurgence	 SLSJ_Recharge_annuelle	Recharge annuelle - SLSJ	
			Vulnérabilité	 SLSJ_DRASTIC	Indice DRASTIC - SLSJ	
			Épaisseur des dépôts meubles	 SLSJ_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - SLSJ	
			Limites des milieux aquifères de roc fracturé	 SLSJ_Aquiferes_Fractures  SLSJ_Zones_geologiques	Aquifères roc linéaments – SLSJ Aquifères roc - SLSJ	
Évaluer la qualité de l'eau		Qualité de l'eau		 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie - Aucun dépassement	
				 CH_Source_Depassements_Aucun	Source - Aucun dépassement	
				 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie - Dépassements OE	
				 CH_Source_Depassements_OE	Source - Dépassements OE	
				 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie - Dépassements CMA	
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine		Piézométrie		 SLSJ_Piezo_regionale	Piézométrie régionale - SLSJ	
				 SLSJ_Piezo_courbe_BassesTerres	Piézo. 10 m (Basses terres) - SLSJ	
				 SLSJ_Piezo_courbes_HautesTerres	Piézo. 20 m (Hautes terres) – SLSJ	
				 CH_Lieu_physique	Lieux physiques	

Les partenaires du projet



- Conférence régionale des élus du Saguenay – Lac-Saint-Jean
- Ville de Saguenay
- MRC du Domaine-du-Roy
- MRC du Fjord-du-Saguenay
- MRC de Lac Saint-Jean-Est
- MRC de Maria-Chapdelaine
- Conseil de bande Pekuakamiulnuatsh
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
- Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay – Lac-Saint-Jean
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les Changements climatiques

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

