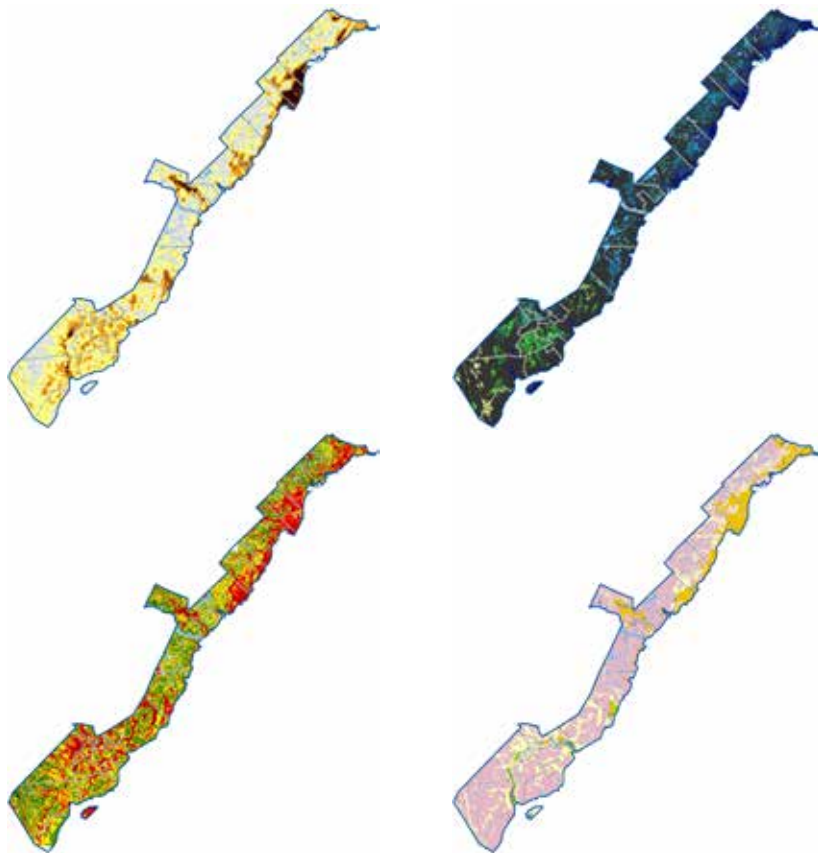


ATELIER B

Appropriation des bases de données hydrogéologiques

Charlevoix - Haute-Côte-Nord



CAHIER DU PARTICIPANT

Novembre 2017

Cet atelier de transfert des connaissances issues du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines des territoires municipalisés de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord (PACES-CHCN) est rendu possible grâce au financement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), les chercheurs du Centre d'études sur les ressources minérales (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et la Chaire de recherche Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) en écologie du paysage et aménagement :

- Alain Rouleau, professeur, UQAC, co-coordonnateur du PACES-CHCN
- Mélanie Lambert, professionnelle de recherche, UQAC, équipe de recherche du PACES-CHCN
- Julien Walter, étudiant au doctorat, UQAC, équipe de recherche du PACES-CHCN
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation et animation de l'atelier
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Sylvain Gagné, agent de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, organisation de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier

Références à citer

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

CERM-PACES, 2015. Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de Charlevoix, Charlevoix-Est et La Haute-Côte-Nord. 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 être citée comme suit :

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

Le cahier du participant de l'Atelier A de transfert des connaissances résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES-CHCN. Il doit être cité comme suit :

Tremblay, Y., Ruiz, J., Lambert, M. 2017. Atelier A - Familiarisation avec les connaissances sur les eaux souterraines de Charlevoix-Haute-Côte-Nord, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAC et de 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. 2017. Atelier B - Appropriation des bases de données hydrogéologiques, Charlevoix-Haute-Côte-Nord, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'UQAC et l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.



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

Les organisateurs de l'atelier

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines

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

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

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

Pour en savoir plus : rqes.ca

Le 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 : cerm.uqac.ca

Table des matières

Le déroulement de l'atelier	7
Votre équipe de formation	8
Résumé du PACES Charlevoix-Haute-Côte-Nord	9
1. Quelques notions de base en hydrogéologie	11
Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines	12
Comprendre les eaux souterraines à l'aide d'une maquette hydrogéologique	15
Les éléments de la maquette hydrogéologique	15
L'écoulement de l'eau souterraine	16
La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine	17
2. Présentation des données géospatiales	19
Restrictions d'utilisation des données, droits d'auteur à respecter et sources à citer	20
Les limites générales des données	20
Glossaire de quelques termes utilisés en géomatique	21
Les bases de données en format géodatabase	22
Les données du MDDELCC	22
Les données confidentielles	23
Les données converties	23
Les données modifiées	23
Procédure utilisée pour modifier les données	24
Les données ponctuelles de base	27
Retrouver les informations hydrogéologiques	28
Par géotadabase	28
Par notion hydrogéologique	30
Le projet mxd pour cet atelier	32
Préparer vos données : découpage de votre territoire	33
3. Interpréter les données disponibles pour comprendre l'hydrogéologie de votre territoire d'action	35
Épaisseur des dépôts meubles	36
Contextes hydrogéologiques	38
Limites hydrogéologiques régionales	40
Piézométrie	42
Recharge	44
Vulnérabilité	46
Qualité de l'eau	48
Les autres résultats du PACES	50

4. Mon territoire d'action face à des enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines	53
Question 1 : Recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine	55
Les résultats du remue-méninges avec les participants	56
Synthèse du cheminement d'expert	57
1. Trouver de l'eau en quantité suffisante	59
2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination	62
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	64
4. Évaluer la qualité de l'eau	65
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	66
Préparer la présentation de vos résultats	68
Intégration de connaissances du milieu humain	70
Question 2 : Protection des zones de recharge	73
Les résultats du remue-méninges avec les participants	74
Synthèse du cheminement d'expert	75
1. Localiser les zones où la recharge est importante	77
2. Identifier les zones vulnérables à la contamination	80
3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement	82
4. Évaluer la qualité de l'eau	83
5. Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures	84
6. Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	85
Préparer la présentation de vos résultats	86
Intégration de connaissances du milieu humain	88
Question 3 : Implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante	91
Les résultats du remue-méninges avec les participants	92
Synthèse du cheminement d'expert	93
1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination	95
2. Évaluer la qualité de l'eau	99
3. Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine	100
Préparer la présentation de vos résultats	102
Intégration de connaissances du milieu humain	104
Mes notes personnelles	106

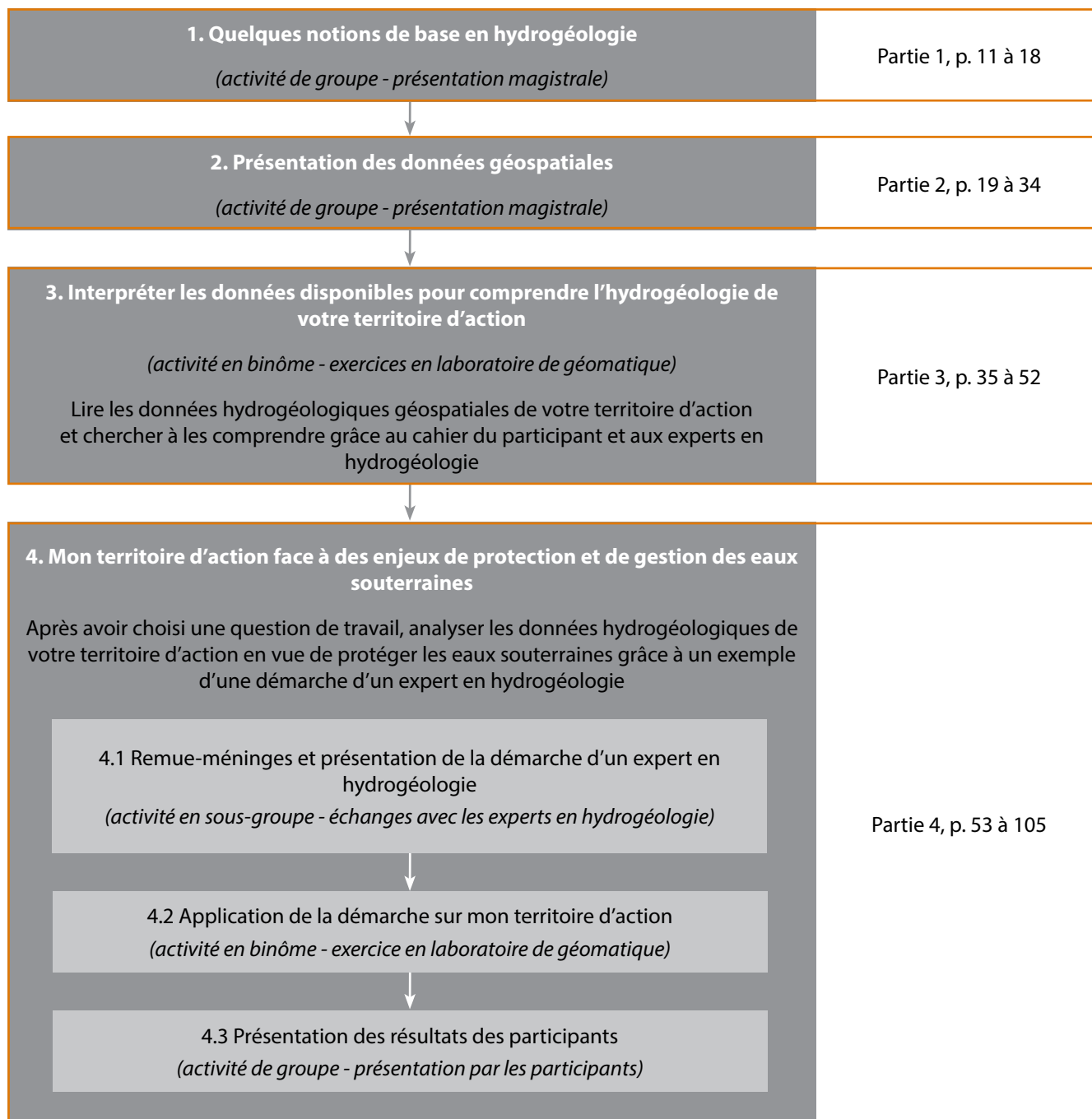
Le déroulement de l'atelier

Objectifs

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

Les activités

Les sections du cahier



Votre équipe de formation

Vos animateurs



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



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@UQÀM.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



Julien Walter
M.Sc.A.
Étudiant au doctorat
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
Julien_Walter@uqac.ca

Résumé du PACES Charlevoix-Haute-Côte-Nord

Le PACES-CHCN s'est effectué entre 2012 et 2015 suivant trois étapes dont :

1. l'acquisition et l'archivage des données existantes auprès d'organismes gouvernementaux et municipaux;
2. l'acquisition de nouvelles données par des travaux d'investigation ciblés sur le territoire CHCN;
3. l'analyse et l'interprétation des données.

La **phase 1** a permis d'acquérir des nombreuses données géologiques et hydrogéologiques provenant principalement de 155 rapports de consultants appartenant aux municipalités et dont l'information n'était pas du domaine public avant le PACES-CHCN. De ces rapports ont notamment été extraits 649 descriptions stratigraphiques en forage, 337 rapports d'essai de pompage sur des puits de pompage et des puits d'observation et leurs propriétés hydrauliques associées, 101 courbes granulométriques, 239 rapports d'analyses chimiques, 19 essais de perméabilité, 12 rapports de sondage au piézocône, 13 545 affleurements et d'autres données pertinentes comme des coupes stratigraphiques, des levés sismiques, des aires d'alimentation et des cartes piézométriques. Ces données a été numérisé et intégré dans une base de données spatiales implantée dans une file geodatabase d'ESRI qui contient 86 tables. Cette base de données inclut également des données publiques provenant de ministères, dont les données du Système d'information hydrogéologique du MDDELCC et les données du Système d'informations géominières du MERN.

La **phase 2** avait comme principal objectif d'acquérir de nouvelles données à caractères géologique et hydrogéologique sur l'ensemble du territoire à l'étude. Ainsi, plusieurs travaux d'investigation ont été réalisés dont 172 levés géophysiques, 13 sondages par rotopercussion et au piézocône, dont 2 ont été aménagés en piézomètre, et 133 stations pour lesquelles la fracturation du roc a été appréciée d'un point de vue qualitatif. De plus, une campagne d'échantillonnage d'eau souterraine ayant permis de prélever 133 échantillons d'eau souterraine sur 116 stations a été réalisée pour d'une part, caractériser les signatures hydrogéochimiques du territoire, et d'autre part apprécier la qualité de l'eau souterraine. Lors des prélèvements d'eau souterraine, 40 essais de pompage de courte durée ont été effectués. Ces données additionnelles ont également été intégrées à la base de données spatiales.

La **phase 3** a consisté à l'analyse des données dont les résultats sont présentés dans le rapport scientifique, sur 29 cartes thématiques et dans un atlas hydrogéologique. Les principaux résultats correspondent à :

- La cartographie des dépôts de surface pour 12 feuillets 1 : 50 000 réalisé en collaboration avec le MERN et l'Université Laval.
- La carte géologique révisée à l'échelle 1 : 225 000 incluant la précision des limites des roches ordoviciennes dans le secteur de l'astroblème de Charlevoix.
- L'interprétation de 147 coupes stratigraphiques à l'échelle régionale qui sont utilisées pour tracer les limites des unités hydrogéologiques enfouies et pour modéliser l'épaisseur des dépôts meubles qui est maximale dans les vallées du Gouffre et de la Malbaie ainsi que dans les basses terres de la Haute-Côte-Nord.
- La cartographie hydrogéologique de 27 aquifères perméables, 40 aquifères semi-perméables et 18 aquitards représentés sur deux cartes, soit les limites des unités hydrogéologiques perméables et imperméables et sur une carte des limites des unités hydrogéologiques semi-perméables.
- La représentation cartographique des sept contextes hydrogéologiques identifiés sur le territoire de CHCN dont les trois contextes principaux en termes de superficie sont :
 - le contexte hydrogéologique A correspond à un aquifère semi-perméable en milieu fracturé caractéristique des hautes terres du territoire d'étude;
 - le contexte hydrogéologique C correspond à deux aquifères superposés en milieux poreux et fracturés caractéristiques de la zone de collines de l'astroblème de Charlevoix et des vallées qui sillonnent les hautes terres de CHCN;
 - le contexte hydrogéologique E correspond à deux aquifères superposés, libre et captif, perméables en milieu poreux caractéristique des basses terres de la Haute-Côte-Nord.

- La valeur moyenne de la conductivité hydraulique pour les dépôts perméables correspond à $6,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et à $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ pour les milieux semi-perméables.
- La caractérisation hydrogéochimique de l'eau souterraine suggère 4 groupes d'eau dont le groupe 1 correspond à des eaux souterraines douces dont la signature géochimique est la moins évoluée et s'apparente aux eaux de recharge, le groupe 4 correspond aux eaux souterraines les plus évoluées et sont généralement salées, les groupes 2 et 3 correspondent à des eaux intermédiaires pouvant être issues de mélanges entre des eaux provenant d'aquifères granulaires et d'aquifères fracturés.
- La profondeur de l'eau souterraine présente une valeur moyenne de 38 mètres. La piézométrie varie le plus dans le secteur de Charlevoix dû aux reliefs accidentés. L'écoulement de l'eau souterraine s'effectue régionalement du nord-ouest vers le sud-est.
- Les zones les plus favorables à la recharge se localisent sur les basses terres de la Haute-Côte-Nord et dans les vallées de Charlevoix. Le territoire présente également plusieurs zones favorables aux résurgences sous forme de sources ou de zones de suintement.
- Des 21 municipalités présentent sur le territoire, 17 alimentent leur population en eau potable à partir d'eau souterraine dont 4 captent des résurgences. Des 17 municipalités, 10 captent leur eau dans des milieux perméables, 5 dans des milieux semi-perméables et 2 captent dans ces deux milieux.
- La quantité totale d'eau consommée (surface et souterraine) est évaluée à $19\,679\,318 \text{ m}^3/\text{année}$ dont le 1/3 correspond à de l'eau souterraine. 52% de la quantité totale d'eau souterraine est destinée à un usage domestique.
- La qualité de la ressource en eau souterraine est généralement bonne pour la potabilité avec environ 10% des échantillons qui présentent des dépassements pour les fluorures et/ou l'uranium et ne respectent pas les concentrations maximales acceptables selon le RQEP. Toutefois, pour les objectifs esthétiques (OE) recommandés par Santé Canada, la qualité de l'eau souterraine est plutôt passable avec 45% des échantillons qui présentent des dépassements.
- La vulnérabilité selon l'indice DRASTIC de l'aquifère situé le plus près de la surface indique que les aquifères localisés sur les hautes terres du territoire ont des indices de vulnérabilité faibles tandis que les aquifères en milieu poreux localisés dans la zone de collines de l'astrolème et dans le secteur des basses terres de la Haute-Côte-Nord ont des indices de vulnérabilité moyens à élevés.

1

Quelques notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

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

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

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

Aire d'alimentation

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

Aquifère

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

Aquifère confiné

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

Aquifère de roc fracturé

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

Aquifère granulaire

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

Aquifère non confiné

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

Aquifère semi-confiné

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

Aquitard

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

Argile

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

Charge hydraulique

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

Concentration maximale acceptable (CMA)

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

Conductivité hydraulique

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

Débit de base

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

Dépôt meuble

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

DRASTIC

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

Eau souterraine

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

Fracture

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

Gradient hydraulique

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

Gravier

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

Nappe (ou nappe phréatique)

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

Nappe captive

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

Nappe libre

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

Nappe semi-captive

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

Niveau piézométrique

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

Objectifs esthétiques (OE)

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

Pore

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

Porosité

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

Potentiel aquifère

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

Propriétés (ou paramètres) hydrauliques

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

Recharge

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

Résurgence

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

Sable

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

Silt

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

Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

Surface piézométrique

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

Temps de résidence

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

Till

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

Vulnérabilité

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

Zone non saturée

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

Zone saturée

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

Zone vadose

Voir Zone non saturée.

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

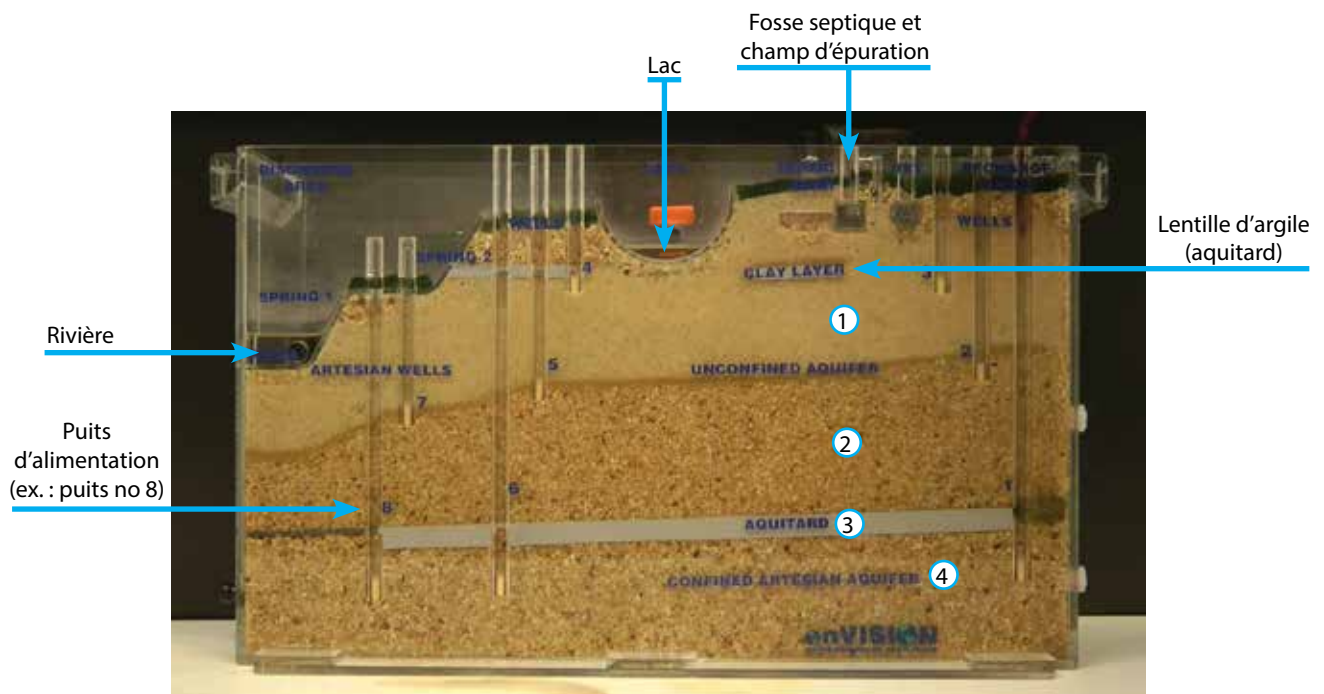
Comme l'eau de surface, l'eau souterraine s'écoule dans un aquifère d'un point haut vers un point bas, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières. La maquette hydrogéologique illustrée ci-dessous permet de visualiser le cheminement de l'eau souterraine, contaminée ou non, dans des aquifères granulaires.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

Les éléments de la maquette hydrogéologique

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

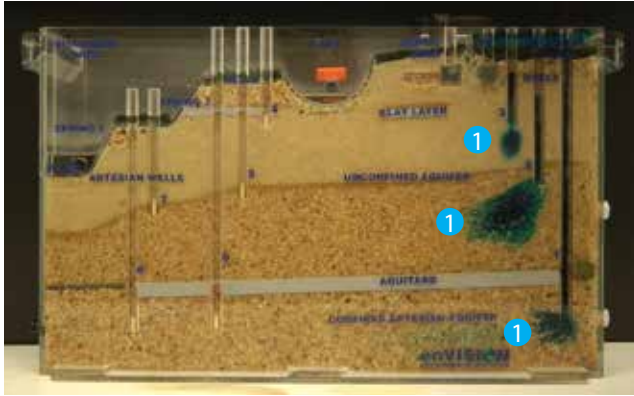
- ① Couche de sable fin dans la partie supérieure d'un aquifère à nappe libre, dans le premier tiers près de la surface,
- ② Couche de sable grossier dans la partie inférieure d'un aquifère à nappe libre, dans le deuxième tiers au centre,
- ③ Couche imperméable représentant un aquitard, qui pourrait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

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

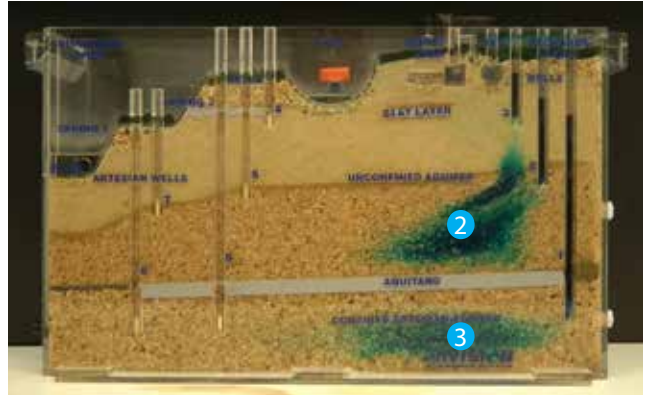


L'écoulement de l'eau souterraine

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



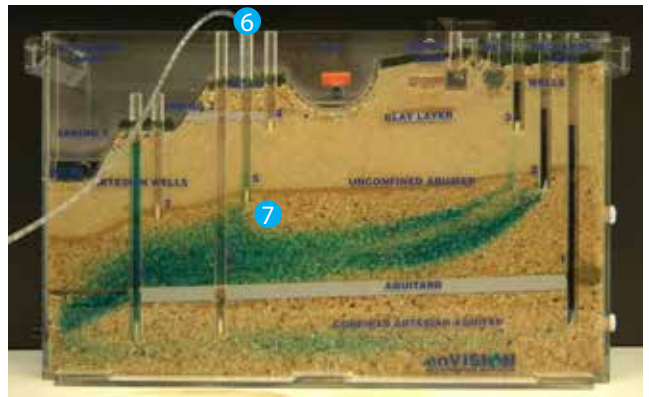
2 L'écoulement progresse de l'amont vers l'aval. Les eaux des couches supérieures de sable fin et de sable grossier de l'aquifère à nappe libre se mélangent : ces couches sont en lien hydraulique. 3 L'eau de l'aquifère à nappe captive inférieur ne se mélange pas avec celle de l'aquifère supérieur. L'aquitard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



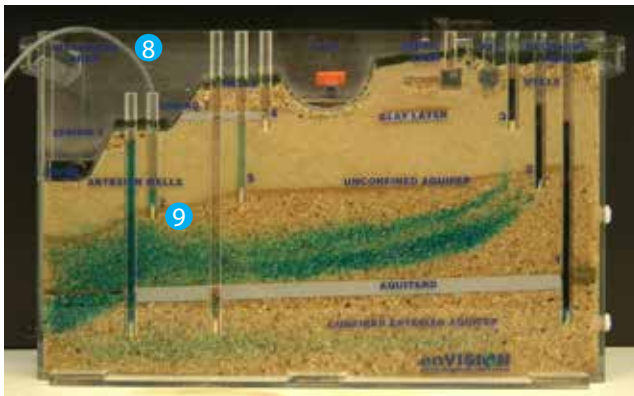
4 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°8. L'eau puisée est colorée, indiquant qu'elle provient réellement de l'amont. 5 L'écoulement est plus rapide dans l'aquifère à nappe captive inférieur, indiquant une conductivité hydraulique plus élevée.



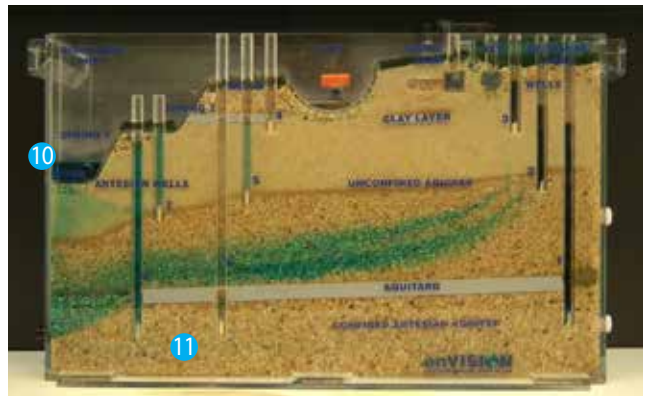
6 Il y a pompage dans le puits d'alimentation n°5. 7 Il y a un « appel » d'eau colorée qui était située plus profondément dans l'image précédente.



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



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



La migration d'un contaminant dans l'eau souterraine

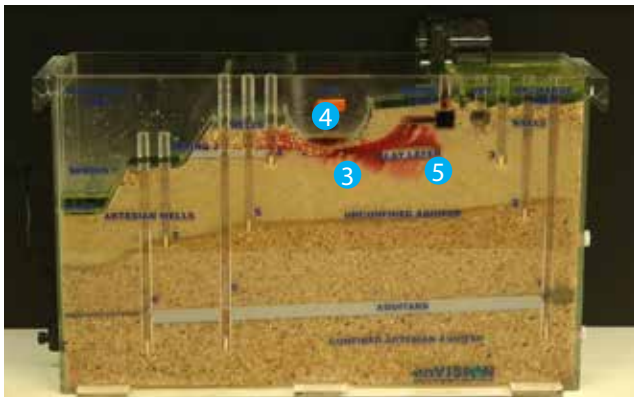
1 Injection d'un «contaminant» (colorant alimentaire) dans la fosse septique pour visualiser la migration d'un contaminant dans les aquifères.



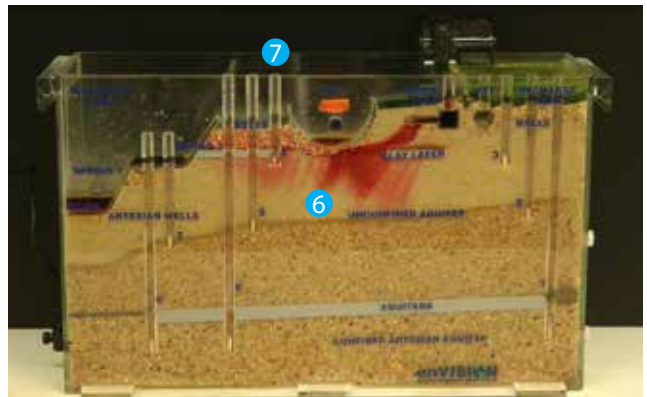
2 Depuis le champ d'épuration, le contaminant migre vers le bas dans la couche de sable fin de l'aquifère à nappe libre.



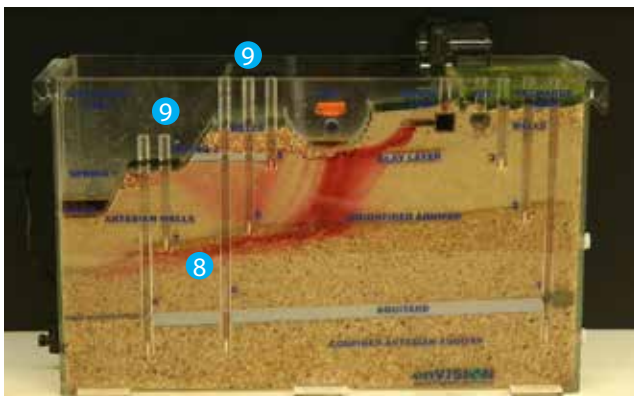
3 Le contaminant poursuit sa migration vers le bas, mais aussi latéralement, vers l'aval. 4 De l'eau souterraine contaminée fait résurgence dans le lac, qui devient coloré. 5 La petite lentille d'argile n'a pas protégé efficacement la portion de l'aquifère située en dessous.



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



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



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



2

Présentation des données géospatiales



Tout au long du cahier

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

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

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

Une part appréciable des données diffusées par le MDDELCC et l'UQAC n'appartient pas à ces deux organismes. Les droits d'utilisation et de diffusion sont autorisés en vertu des diverses licences, ententes et conventions signées entre le MDDELCC, l'UQAC et ces organismes propriétaires d'information géographique. Conséquemment, des conditions légales régissent l'utilisation des données et des produits que l'utilisateur pourrait en dériver. Le détenteur des données est donc tenu d'accepter et de se conformer aux conditions d'utilisation qui suivent.

Le MDDELCC et l'UQAC ne peuvent être tenus responsables de l'utilisation qui est faite des données diffusées, ni des dommages encourus par une utilisation incorrecte de ces mêmes données. Les données peuvent contenir certaines erreurs. De plus, ces données sont évolutives. Le MDDELCC et l'UQAC ne peuvent être tenus responsables de tout dommage causé par l'utilisation d'une donnée incorrecte.

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

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

Les limites générales des données

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES-CHCN ont été préparées pour représenter des conditions régionales à l'échelle 1/225 000. 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 pour ArcGIS afin d'organiser dans une arborescence les différents types d'informations géographiques, dans le but de faciliter leur recherche, leur localisation et leur gestion.

ArcGIS

Système d'information géographique utilisé pour cet atelier.

ArcMap

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

ArcToolbox

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





Données géospatiales

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

Couche

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

Format (de données)

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

Géodatabase

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

Géotraitement

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

Layer file

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

Métadonnées

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

Projet mxd

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

Symbologie

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

Système d'information géographique (SIG)

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

Table relationnelle

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

Les bases de données en format géodatabase

Les données du 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.

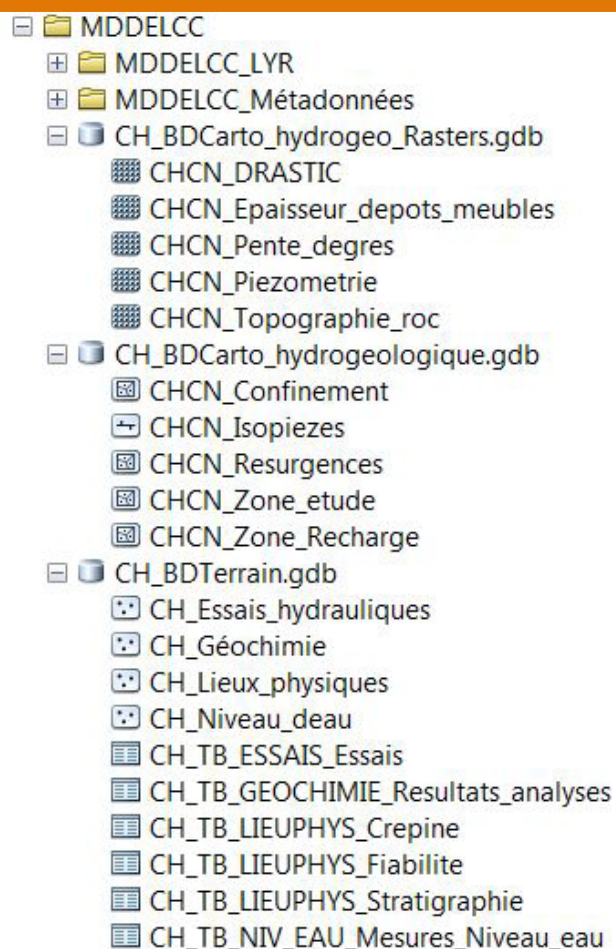
Les données diffusées par le MDDELCC ne comprennent pas l'ensemble de l'information produite par le PACES. Certaines données sont exclues de par leur caractère confidentiel. Toutefois, la plupart des données résultantes des analyses hydrogéologiques du PACES et nécessaires pour traiter des enjeux d'aménagement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



Vos données pour cet atelier

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

Arborescence des bases de données du MDDELCC



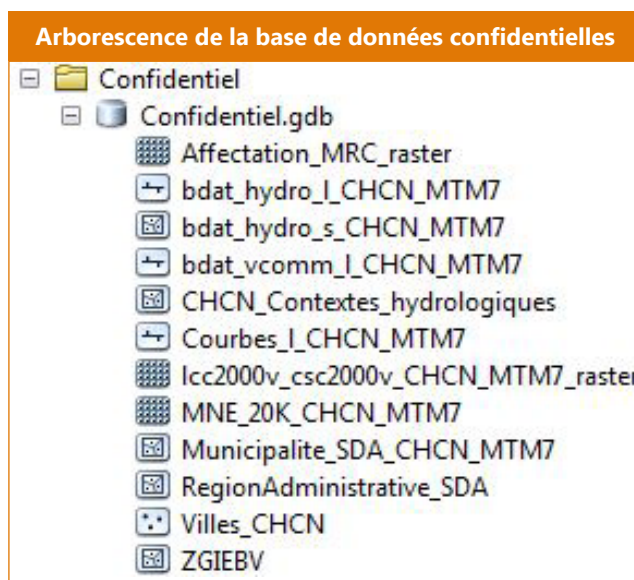
Les données confidentielles

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, la topographie, l'occupation du sol et l'affectation du territoire, ainsi que certaines données produites par le PACES-CHCN et qui s'avèrent nécessaires pour traiter des enjeux liés aux eaux souterraines en aménagement du territoire.



Vos données pour cet atelier

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



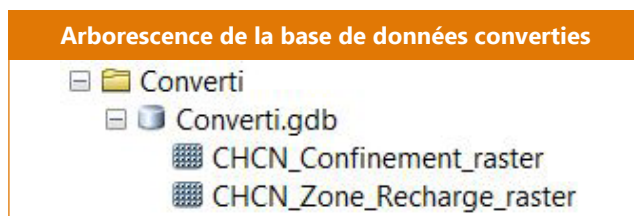
Les données converties

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



Vos données pour cet atelier

- La **géodatabase** **Converti.gdb** dans le dossier **Converti**
- Il n'y a pas de **Layer file** ni de **métadonnée** pour les données converties



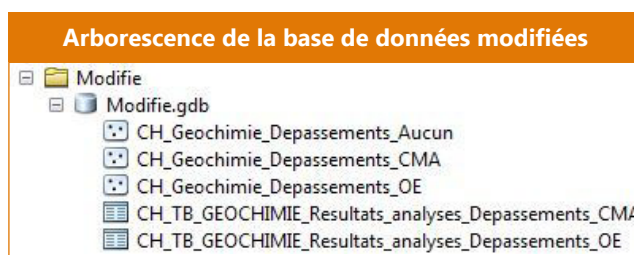
Les données modifiées

Dans le but de faciliter l'analyse de la qualité de l'**eau souterraine** durant les exercices de cet atelier, la **couche** de données ponctuelles de base **CH_Geochemie** a été modifiée, de même que la **table relationnelle** **CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses** 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





- La **géodatabase** **Modifie.gdb** dans le dossier **Modifie**
- Il n'y a pas de **Layer file** ni de **métadonnée** pour les données modifiées



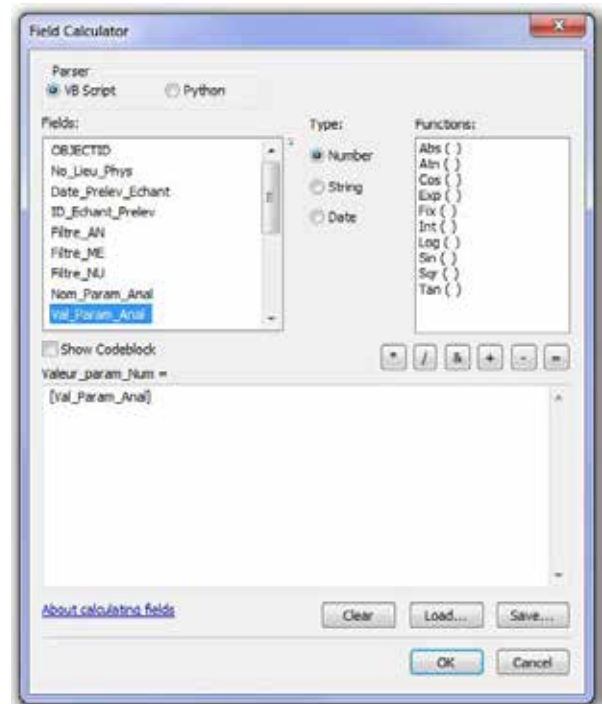
Procédure utilisée pour modifier les données

La procédure qui suit montre comment créer une nouvelle couche incluant exclusivement les 10 stations d'échantillonnage de l'eau souterraine pour lesquels au moins une **concentration maximale acceptable (CMA)** a été dépassée dans le cadre la campagne d'échantillonnage du PACES-CHCN réalisée en 2013 et 2014.






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 depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Modifie**) :









```
(Nom_Param_Anal = 'Uranium (U)' AND Valeur_param_Num > 0.02) OR (Nom_Param_Anal = 'Fluorures' AND Valeur_param_Num > 1.5)
```




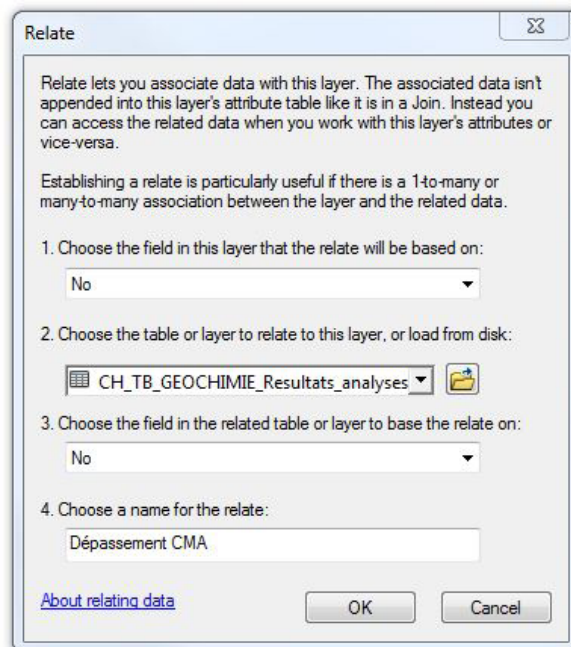
Préparer une nouvelle **couche** :


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 **symbolologie** (ex. : cercle rouge de taille 10).

Ne conserver que les 10 stations d'échantillonnage 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 stations 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 stations 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.

*Attention: Le nombre de stations d'échantillonnage sera de 20 plutôt que de 10, car chaque station a été générée en double par le MDDELCC dans la couche initiale  **CH_Geochimie**.*








Pour créer une nouvelle couche incluant exclusivement les 52 stations d'échantillonnage de l'eau souterraine 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 depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Modifie**) :








```
(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 = 'Soufre (S)' AND Valeur_param_Num > 0.05) 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)
```

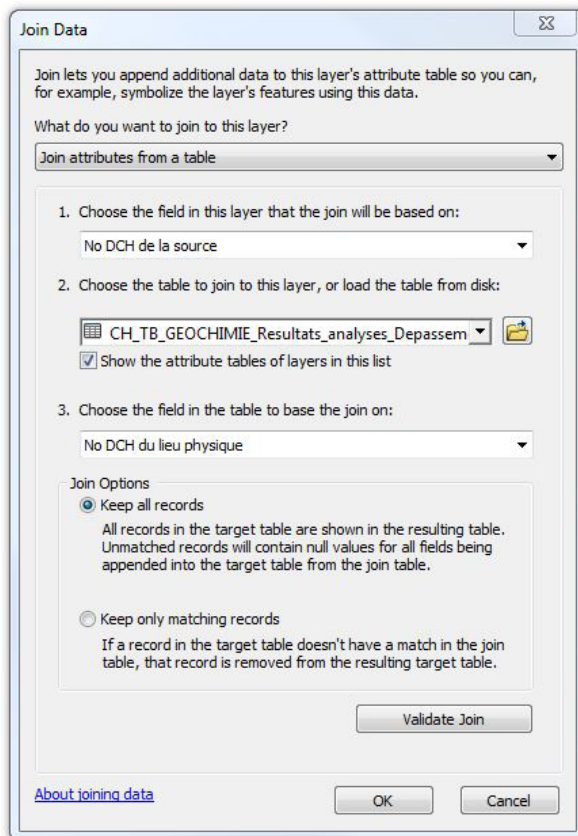
La procédure qui suit montre comment créer une nouvelle **couche** incluant exclusivement les 45 stations d'échantillonnage de l'**eau souterraine** pour lesquels aucun dépassement de norme et recommandation pour l'eau potable n'a été observé.

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 , déplacer la **couche** sous le sous-bloc de données  **Qualite eau**.
4. Refaire la **symbolologie** (ex. : cercle vert de taille 10).

Ne conserver que les 45 stations d'échantillonnage 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.

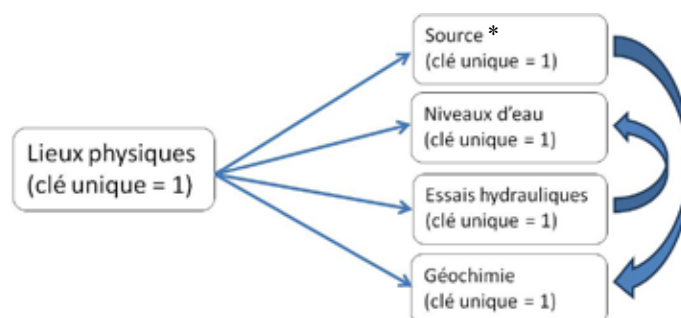


Les données ponctuelles de base

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

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

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



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

Nom de la couche	Alias	Contenu de la couche	Nom de la table relationnelle associée	Contenu de la table
CH_Lieu_physique	Lieux physiques	Lieux d'observation (puits, forages, piézomètres, sondages géophysiques, carrières, sablières, etc.) des caractéristiques du sous-sol et/ou de l'eau souterraine répertoriés dans le cadre du PACES.	CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	Caractéristiques physiques de la crépine. La crépine est la partie perforée du tubage permettant à l'eau souterraine de pénétrer dans le puits tout en empêchant les particules fines d'y entrer.
			CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Description des matériaux géologiques (dépôts meubles ou roc) observés.
			CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	Appréciation de la fiabilité de la localisation géographique du lieu physique attribuée par le projet du PACES.
CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	Lieux physiques où un ou plusieurs niveaux d'eau ont été mesurés.	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Contient les données des mesures de niveau d'eau par rapport à la surface du sol
CH_Essais	Essais hydrauliques	Lieux physiques où un ou plusieurs essais hydrauliques ont été réalisés.	CH_TB_ESSAIS_Essais	Contient les données des essais de pompage ou de conductivité hydraulique.
CH_Geochimie	Géochimie	Lieux physiques où un ou plusieurs échantillons d'eau souterraine ont été prélevés	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Contient les résultats des analyses chimiques.



Retrouver les informations hydrogéologiques

Par géodatabase

Les couches d'information géospatiale par géodatabase					
Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*	
CH_BDTerrain.gdb	CH_Lieu_Physique	Lieux physiques (puits et forages)	s.o.		
	CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	id.	s.o.		
	CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	s.o.		
	CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	s.o.		
	CH_Niveau_eau	Niveau d'eau	s.o.		
	CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	id.	s.o.		
	CH_Essais	Essais hydrauliques	s.o.		
	CH_TB_ESSAIS_Essais	id.	s.o.		
	CH_Geochimie	Géochimie	s.o.		
	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	id.	s.o.		
	CHCN_zone_etude	Zone d'étude - CHCN	s.o.		
	CHCN_Confinement	Contextes hydrogéologiques - CHCN	Contextes hydrogéologiques	X	
	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb	CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	Piézométrie	X
		CHCN_Resurgences	Resurgences - CHCN	Recharge et résurgence	X
CHCN_Zone_Recharge		Recharge préférentielle - CHCN	Recharge et résurgence	X	
CHCN_Epaisseur_depots_meubles		Épaisseur dépôts meubles - CHCN	Épaisseur des dépôts meubles	X	
CHCN_Piezometrie		Piézométrie régionale - CHCN	Piézométrie	X	
CHCN_DRASTIC		Indice DRASTIC - CHCN	Vulnérabilité	X	
CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb	CHCN_Pente_degrees	Pente (degrés) - CHCN	Pente du sol		
	CHCN_Topographie_roc	Topographie roc - CHCN	Topographie du roc		
	CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	Contextes hydrogéologiques	X	
	CHCN_Zone_Recharge_raster	Recharge préférentielle - Converti	Recharge et résurgence	X	
Converti.gdb	CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie – Dépassements CMA	Qualité de l'eau	X	
	CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie – Dépassements OE	Qualité de l'eau	X	
	CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie – Aucun dépassement	Qualité de l'eau	X	
Modifie.gdb	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA	id.	Qualité de l'eau		
	CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_OE	id.	Qualité de l'eau		

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


Les couches d'information géospatiale par géodatabase

Géodatabase	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Notion hydrogéologique	Utilité*
Confidentiel.gdb	 Villes_CHCN	Agglomération	Limites administratives	
	 RegionAdministrative_SDA	Région administrative	Limites administratives	
	 Municipalite_SDA_CHCN_MTM7	Municipalité Territoire autochtone Municipalité régionale de comté	Limites administratives	
	 ZGIEBV	Zone de gestion intégrée par bassin versant	Limites administratives	
	 bdat_vcomm_I_CHCN_MTM7	Réseau routier	Voies de communication	
	 bdat_hydro_s_CHCN_MTM7	Réseau hydrographique surfacique	Hydrographie	
	 bdat_hydro_I_CHCN_MTM7	Réseau hydrographique linéaire	Hydrographie	
	 Courbes_I_CHCN_MTM7	Courbe de niveau BNDT 250k	Topographie	
	 MNE_20K_CHCN_MTM7	Élévation p/r MMM (m)	Topographie	
	 lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	Type d'occupation (% de la zone d'étude)	Occupation du sol	X
	 Affectation_MRC_raster	Affectation du territoire (% de la zone d'étude)	Affectation du territoire	X
	 CHCN_Contextes_hydrologiques	Limites unités hydrogéol. dépôts meubles - CHCN Limites unités hydrogéol. roc - CHCN	Limites hydrogéologiques régionales	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	Géodatabase
Épaisseur des dépôts meubles	X	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Contextes hydrogéologiques	X	 CHCN_Confinement	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 CHCN_Confinement_raster	 Converti.gdb
Limites hydrogéologiques régionales	X	 CHCN_Contextes_hydrologiques	 Confidentiel.gdb
	X	 CHCN_Isopiezies	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Piézométrie	X	 CHCN_Piezometrie	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	 CHCN_Resurgences	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
Recharge et résurgence	X	 CHCN_Zone_Recharge	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
	X	 CHCN_Zone_Recharge_raster	 Converti.gdb
Vulnérabilité DRASTIC	X	 CHCN_DRASTIC	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
	X	 CH_Geochemie_Depassements_CMA	 Modifie.gdb
Qualité de l'eau	X	 CH_Geochemie_Depassements_OE	 Modifie.gdb
	X	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	 Modifie.gdb
	X	 CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses_Depassements_CMA	 id.
Occupation du sol	X	 lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	 Confidentiel.gdb
Affectation du territoire	X	 Affectation_MRC_raster	 Confidentiel.gdb

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

Les couches d'information géospatiale par notion hydrogéologique

Notion hydrogéologique	Utilité*	Nom de la couche ou de la table	Description (Alias)	Géodatabase
Pente du sol		CHCN_Pente_degrees	Pente (degrés) - CHCN	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Topographie du roc		CHCN_Topographie_roc	Topographie roc - CHCN	CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
Limites administratives		Villes_CHCN	Agglomération	Confidentiel.gdb
		RegionAdministrative_SDA	Région administrative	Confidentiel.gdb
		Municipalite_SDA_CHCN_MTM7	Municipalité	Confidentiel.gdb
		ZGIEBV	Territoire autochtone Municipalité régionale de comté	Confidentiel.gdb
		bdat_vcomm_I_CHCN_MTM7	Zone de gestion intégrée par bassin versant	Confidentiel.gdb
Voies de communication		bdat_hydro_s_CHCN_MTM7	Réseau routier	Confidentiel.gdb
Hydrographie		bdat_hydro_I_CHCN_MTM7	Réseau hydrographique surfacique	Confidentiel.gdb
		Courbes_I_CHCN_MTM7	Réseau hydrographique linéaire	Confidentiel.gdb
Topographie		MNE_20K_CHCN_MTM7	Courbe de niveau BNDT 250k	Confidentiel.gdb
		VCHCN_zone_etude	Élévation p/r MMM (m)	Confidentiel.gdb
s.o.		CH_Lieu_Physique	Zone d'étude - CHCN	CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Stratigraphie	Lieux physiques (puits et forages)	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Crepine	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_LIEUPHYS_Fiabilite	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Niveau_eau	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_NIV_EAU_Mesures_Niveau_eau	Niveau d'eau	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Essais	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_ESSAIS_Essais	Essais hydrauliques	CH_BDTerrain.gdb
		CH_Geochimie	id.	CH_BDTerrain.gdb
		CH_TB_GEOCHIMIE_Resultats_analyses	Géochimie	CH_BDTerrain.gdb
			id.	CH_BDTerrain.gdb

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

Le projet mxd pour cet atelier

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

Présentation générale

Échelles d'affichage


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

- Pour les données ponctuelles de base, la restriction de l'échelle d'affichage est fixée à un minimum de 1 : 100 000.
- Pour les données linéaires, polygonales et matricielles, la restriction de l'échelle d'affichage est fixée entre 1 : 1 800 000 et 1 : 5 000.

Relations avec les tables relationnelles

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

Table des matières de votre projet mxd pour cet atelier

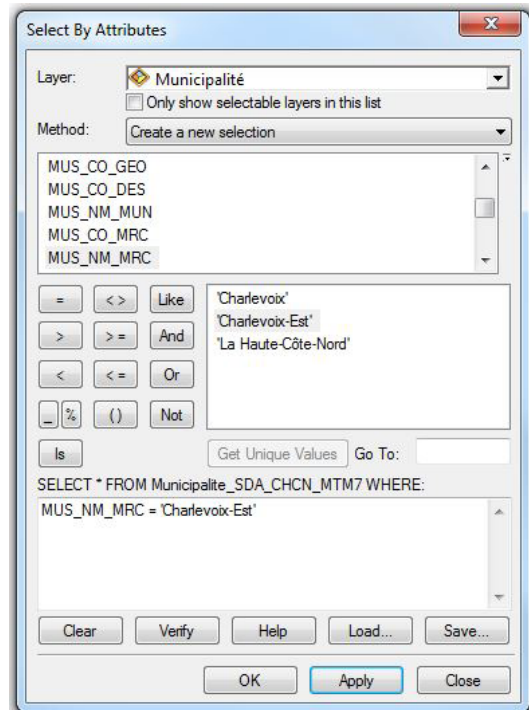
-  PACES-CHCN
 - Zone d'étude - CHCN
 - DONNÉES PONCTUELLES
 - Lieux physiques (puits et forages)
 - Niveaux d'eau
 - Essais hydrauliques
 - Géochimie
 - DONNÉES CONFIDENTIELLES
 - Limites administratives
 - Voies de communication
 - Hydrographie
 - Topographie
 - Occupation du sol
 - Affectation du territoire
 - DONNÉES UTILES EN AMENAGEMENT
 - Épaisseur dépôts meubles
 - Contextes hydrogéologiques
 - Limites hydrogéologiques régionales
 - Piézométrie
 - Recharge et résurgence
 - Vulnérabilité
 - Qualité eau
 - AUTRES DONNÉES
 - Pente du sol
 - Topographie roc
 - EXERCICES
 - Données converties
 - Exercice 1 - Puits
 - Exercice 2 - Recharge
 - Exercice 3 - Activité polluante



Préparez vos données : découpage de votre territoire

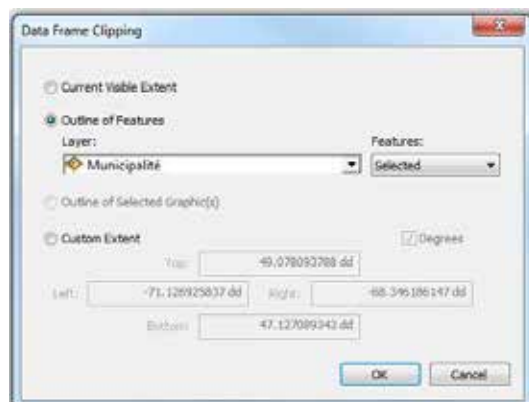
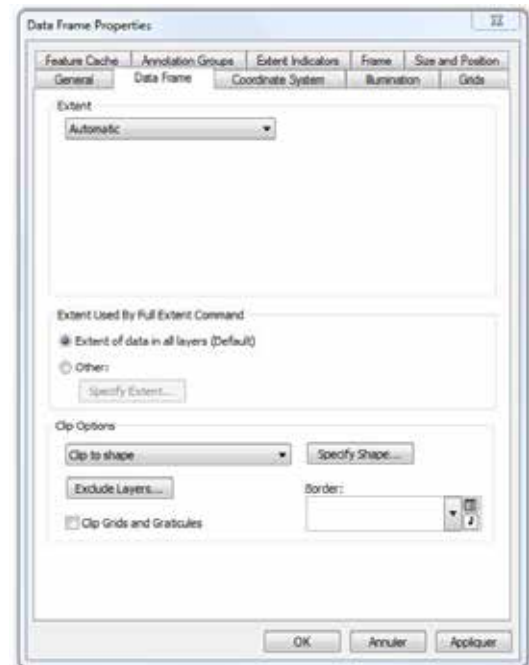
Sélectionnez votre territoire

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



Découpez votre territoire

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




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

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 proposées dans le cahier du participant. Vous travaillerez ainsi directement sur les pages du cahier du participant.

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



Épaisseur des dépôts meubles

Description








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

Atelier A, cahier du participant, pp. 24-25 et 48-49

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur des dépôts meubles - CHCN</i>	Estimation de l'épaisseur des dépôts meubles en mètres par rapport au niveau moyen de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeo_ Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Épaisseur des dépôts meubles (m)	Signification	Information générale à tirer de la notion
 [0 - 1] m	Épaisseur nulle ou très faible 1 m et moins	<ul style="list-style-type: none">• Pas d'aquifère de dépôts meubles possible• Pas de couche imperméable (aquitard) qui protège les aquifères• Aquifère de roc fracturé toujours présent
] 1 - 5] m	Épaisseur faible 1 à 5 m	<ul style="list-style-type: none">• Pas d'aquifère de dépôts meubles possible• Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive ou captive si des sédiments fins sont présents (ex.: argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 5 - 10] m	Épaisseur moyenne 5 à 10 m	<ul style="list-style-type: none">• Aquifère de dépôts meubles au potentiel limité possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier)• Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive ou captive si des sédiments fins sont présents (ex.: argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 10 - 25] m	Épaisseur élevée 10 à 25 m	<ul style="list-style-type: none">• Aquifère de dépôts meubles au potentiel élevé possible si les sédiments sont grossiers et suffisamment épais (ex. : + de 5 m de sable ou gravier)• Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive ou captive si des sédiments fins sont présents (ex.: argile)• Aquifère de roc fracturé toujours présent sous les dépôts meubles
] 25 - 50] m ] 50 - 75] m ] 75 - 120] m	Épaisseur très élevée 25 m et plus	<ul style="list-style-type: none">• Aquifère de dépôts meubles au potentiel très élevé possible si les sédiments sont grossiers et relativement épais (ex. : + de 25 m de sable ou gravier)• Aquitard pouvant causer des conditions de nappe semi-captive ou captive 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 et 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 **nappe captive** sur mon territoire ? Quelle information principale est manquante pour confirmer la présence de ces **aquitards** ?

Les autres observations sur mon territoire d'action





Contextes hydrogéologiques

Description

Les contextes hydrogéologiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **dépôts meubles** recouvrant le **roc fracturé**. Ces contextes exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'**eau souterraine**. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire. Tout autre paramètre étant égal, les **dépôts meubles** grossiers (de **sable** ou **gravier**) ont généralement un **potentiel aquifère** plus élevé que le **roc fracturé** et permettent ainsi le pompage d'un débit plus important d'eau souterraine.

Atelier A, cahier du participant, pp. 26-27 et 50-51

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_Confinement	Contextes hydrogéologiques - CHCN	Type de contexte hydrogéologique (empilement des unités géologiques)	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	Type de contexte hydrogéologique (empilement des unités géologiques)	 Converti.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Contextes hydrogéologiques	Signification	Information générale à tirer de la notion
<p>C - Contexte d'aquifère libre (1), perméable, en milieu poreux</p> <p>E - Contexte d'aquifères (2) superposés, libre et captif, perméables en milieu poreux</p> <p>F - Contexte d'aquifères (2) superposés, libre et captif, en milieu poreux et fracturé</p>	Contexte d'aquifère libre perméable en milieu poreux	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère de dépôts meubles potentiel en surface, en condition de nappe libre <ul style="list-style-type: none"> Recharge élevée Vulnérabilité élevée Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable
<p>D - Contexte d'aquifère (1) captif, perméable en milieu poreux</p> <p>E - Contexte d'aquifères (2) superposés, libre et captif, perméables en milieu poreux</p>	Contexte d'aquifère captif perméable en milieu poreux	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'argile dans la séquence des unités hydrogéologiques Aquifère de dépôts meubles potentiel enfoui sous les argiles, en condition de nappe captive <ul style="list-style-type: none"> Recharge faible Vulnérabilité faible Eau souterraine possiblement légèrement minéralisée, probablement de qualité passable
<p>A - Contexte d'aquifère (1), semi-perméable, en milieu fracturé</p> <p>B - Contexte d'aquifères (2), semi-perméables, en milieu fracturé et mixte</p> <p>C - Contexte d'aquifère libre (1), perméable, en milieu poreux</p>	Contexte d'aquifère libre semi-perméable en milieu fracturé	<ul style="list-style-type: none"> Aquifère de roc fracturé ou mixte, en surface ou sous les dépôts meubles, en condition de nappe libre <ul style="list-style-type: none"> Recharge moyenne Vulnérabilité moyenne Eau souterraine possiblement faiblement minéralisée, de bonne qualité probable
<p>D - Contexte d'aquifère (1) captif, perméable en milieu poreux</p> <p>E - Contexte d'aquifères (2) superposés, libre et captif, perméables en milieu poreux</p> <p>F - Contexte d'aquifères (2) superposés, libre et captif, en milieu poreux et fracturé</p> <p>G - Contexte d'aquifère (1) captif, semi-perméable, en milieu fracturé</p>	Contexte d'aquifère captif semi-perméable en milieu fracturé	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'argile dans la séquence des unités hydrogéologiques Aquifère de roc fracturé ou mixte sous les argiles, en condition de nappe captive <ul style="list-style-type: none"> Recharge faible Vulnérabilité faible Eau souterraine possiblement minéralisée, dont la qualité pourrait être mauvaise



Questions d'interprétation

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

Où se situent les **aquitards** pouvant causer des conditions de **nappe captive** sur mon territoire ? Quels sont les effets sur les autres paramètres hydrogéologiques (**recharge**, **vulnérabilité**, qualité de l'eau) ?

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Limites hydrogéologiques régionales



Description

La cartographie régionale constitue la représentation selon un ordre absolu des unités hydrogéologiques de base regroupées selon leur perméabilité. Ce mode de visualisation permet d'observer la superposition de grandes unités délimitées par leurs perméabilités, mais pouvant être hydrogéologiquement distinctes.









Atelier A, cahier du participant, pp. 28-31 et 52-55

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_Contextes_hydrologiques	<i>Limites unités hydrogéol. dépôts meubles - CHCN</i> <i>Limites unités hydrogéol. roc - CHCN</i>	Limites des unités hydrogéologiques situées dans le socle rocheux et dans les dépôts meubles	 Confidential.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende :		
Limites hydrogéologiques régionales	Signification	Informations générales à tirer de la notion
 Perméable, sous couverture  Perméable, affleurante	Milieu perméable	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'un aquifère de dépôts meubles potentiel Pompage d'un débit important d'eau souterraine possible
 Imperméable, sous couverture  Imperméable, affleurante	Milieu imperméable	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'un aquitard pouvant causer des conditions de nappe captive aux aquifères sous-jacents
 Fracturée sous couverture  Fracturée (roche cristalline) affleurante	Milieu fracturé	<ul style="list-style-type: none"> Présence de roc cristallin Aquifère où la porosité secondaire contrôle l'écoulement
 Mixte sous couverture  Mixte (roche sédimentaire) affleurante	Milieu mixte	<ul style="list-style-type: none"> Présence de roc sédimentaire Aquifère où aucune dominante entre porosité primaire et secondaire n'est vérifiée



Questions d'interprétation

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

Où se situent les **aquifères** de **dépôts meuble** à **nappe libre** sur mon territoire ?

Où se situent les **aquifères** dans le socle rocheux où aucune **porosité** dominante n'est vérifiée 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 à nappe libre**, le **niveau piézométrique** correspond à la surface de la **nappe** dans l'**aquifère**. Dans le cas d'un **aquifère à nappe captive**, le **niveau piézométrique** est différent de la surface de la **nappe** et représente l'élévation de la pression d'eau au sein de l'**aquifère**. Par exemple, si l'**aquifère** est situé sous 20 m d'**argile**, la surface de la **nappe** est limitée à 20 m de profondeur par la base de la couche d'**argile**. Le **niveau piézométrique** pourrait toutefois correspondre à une profondeur de 1 m sous la surface du sol, soit 19 m au-dessus de l'**aquifère**.

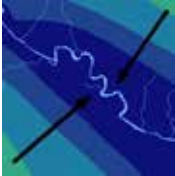


Atelier A, cahier du participant, pp. 32-33 et 56-57

La **surface piézométrique** est interprétée en interpolant les points de cote piézométrique issus de l'élévation du réseau hydrographique. Elle permet de connaître le sens de l'écoulement de l'**eau souterraine** dans l'**aquifère**, qui s'écoule des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_Piezometrie	<i>Piézométrie régionale</i> - CHCN	Élévation en mètre du toit de la nappe d' eau souterraine régionale par rapport au niveau moyen de la mer	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb
 CHCN_Isopiezies	<i>Courbes piézométriques (20 m)</i> - CHCN	Lignes iso-piézométriques à un intervalle de 20 mètres	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

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



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action







Recharge et résurgence

Description



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

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_Resurgences	<i>Résurgences - CHCN</i>	Zones de résurgence	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 CHCN_Zone_Recharge	<i>Recharge préférentielle - CHCN</i>	Zones de recharge préférentielle	 CH_BDCarto_hydrogeologique.gdb
 CHCN_Zone_Recharge_raster	<i>Recharge préférentielle - Converti</i>	Zones de recharge préférentielle	 Converti.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Recharge ou résurgence	Signification	Information générale à tirer de la notion
 Recharge préférentielle - CHCN	Recharge préférentielle	<ul style="list-style-type: none">Présence probable de dépôts meubles perméables en surface, ou affleurement rocheuxRenouvellement de l'eau souterraine rapideVulnérabilité probablement moyenne à élevéeEau souterraine possiblement peu minéralisée, de bonne qualité potentielle
 Résurgences - CHCN	Résurgences de l' eau souterraine	<ul style="list-style-type: none">Source, suintement ou affleurement de la nappeMélange d'eau souterraine dans l'eau de surfaceAssure le débit de base des cours d'eauCrée parfois ou maintient des milieux humides



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Vulnérabilité

Description







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

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

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CHCN_DRASTIC	Indice DRASTIC - CHCN	Indice de vulnérabilité DRASTIC des eaux souterraines du premier aquifère rencontré à partir de la surface	 CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters.gdb

Interprétation générale de la couche d'informations

Légende : Indice DRASTIC	Signification	Information générale à tirer de la notion
 [50 - 75] ] 75 - 100]	Vulnérabilité faible indice de 100 ou moins*	<ul style="list-style-type: none"> • Bien protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe élevée • (R) Recharge faible • (A) Aquifère peu perméable • (S) Sol en surface peu perméable • (T) Forte pente du sol • (I) Zone vadose peu perméable • (C) Faible conductivité hydraulique de l'aquifère
] 100 - 125] ] 125 - 150] ] 150 - 180]	Vulnérabilité moyenne indice entre 100 et 180*	<ul style="list-style-type: none"> • Modérément protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe moyenne • (R) Recharge moyenne • (A) Aquifère modérément perméable • (S) Sol en surface modérément perméable • (T) Pente du sol moyenne • (I) Zone vadose modérément perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère moyenne
] 180 - 204]	Vulnérabilité élevée indice de 180 ou plus*	<ul style="list-style-type: none"> • Peu protégé de la contamination provenant directement de la surface • On retrouve plusieurs des caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • (D) Profondeur de la nappe faible • (R) Recharge élevée • (A) Aquifère très perméable • (S) Sol en surface très perméable • (T) Faible pente du sol • (I) Zone vadose très perméable • (C) Conductivité hydraulique de l'aquifère élevée

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



Questions d'interprétation

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

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action







Qualité de l'eau

Description




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

Atelier A, cahier du participant, pp. 38-41 et 62-65

Couches de données géospatiales concernées

Nom de la couche	Description (Alias)	Contenu de la couche	Géodatabase
 CH_Geochimie_Depassements_CMA	Géochimie – Dépassements CMA	Dépassements des concentrations maximales acceptables (CMA)	 Modifie.gdb
 CH_Geochimie_Depassements_OE	Géochimie – Dépassements OE	Dépassements des objectifs esthétiques (OE)	 Modifie.gdb
 CH_Geochimie_Depassements_Aucun	Géochimie – Aucun dépassement	Aucun dépassement des normes ou recommandations pour l'eau potable	 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
 Dépassements CMA	Dépassement d'au moins une concentration maximale acceptable (CMA)	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de mauvaise qualité• Non potable• Risque pour la santé
 Dépassements OE	Dépassement d'au moins un objectif esthétique (OE)	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de qualité passable• Potable• Avec désagrément esthétique (couleur, odeur, goût), mais sans danger pour la santé
 Aucun dépassement	Aucun dépassement	<ul style="list-style-type: none">• Eau souterraine de bonne qualité• Potable• Sans désagrément esthétique ni risque pour la santé



Questions d'interprétation

Les stations d'échantillonnage ayant une eau non potable sont-elles nombreuses sur mon territoire? Dans quel(s) secteur(s) sont-elles concentrées?

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

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

Les autres observations sur mon territoire d'action

Les autres résultats du PACES

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

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

4

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

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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 1

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

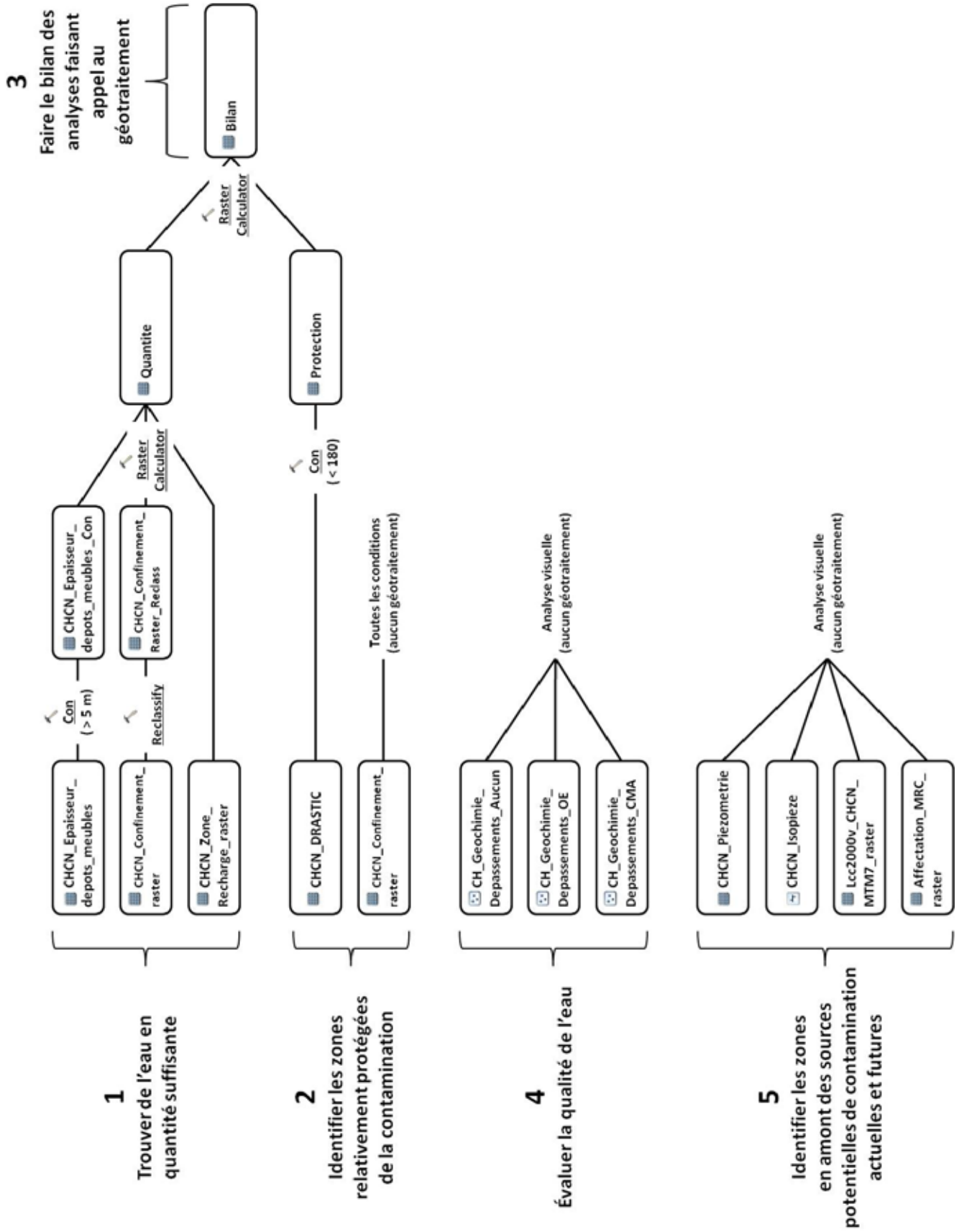
Question

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

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles






1. Trouver de l'eau en quantité suffisante

Les paramètres d'analyse proposés


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


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

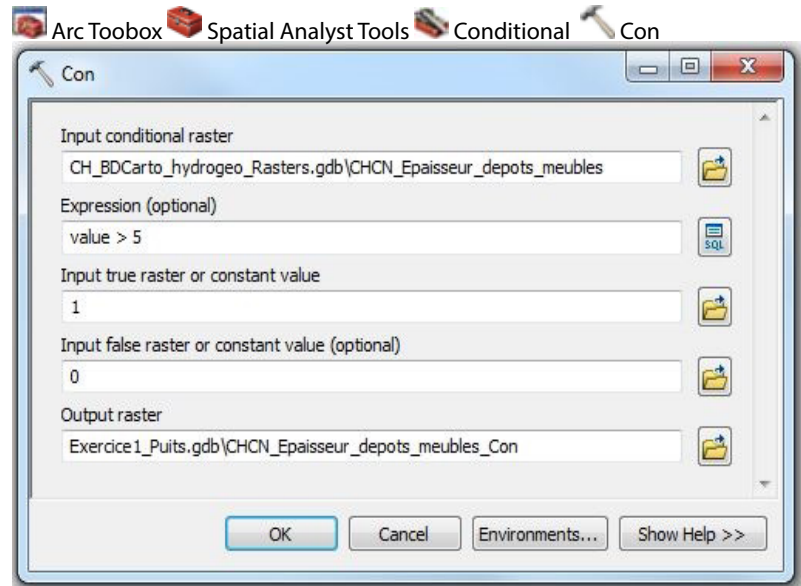
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence potentielle d'aquifères de dépôts meubles d'épaisseur suffisante	Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur moyenne : 5 à 10 m Épaisseur élevée : 10 à 20 m Épaisseur très élevée : 20 m et plus
	Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Contextes d'aquifères perméables en milieu poreux
Recharge élevée	Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	<i>Recharge préférentielle - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge préférentielle

Procédure étape par étape


ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

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

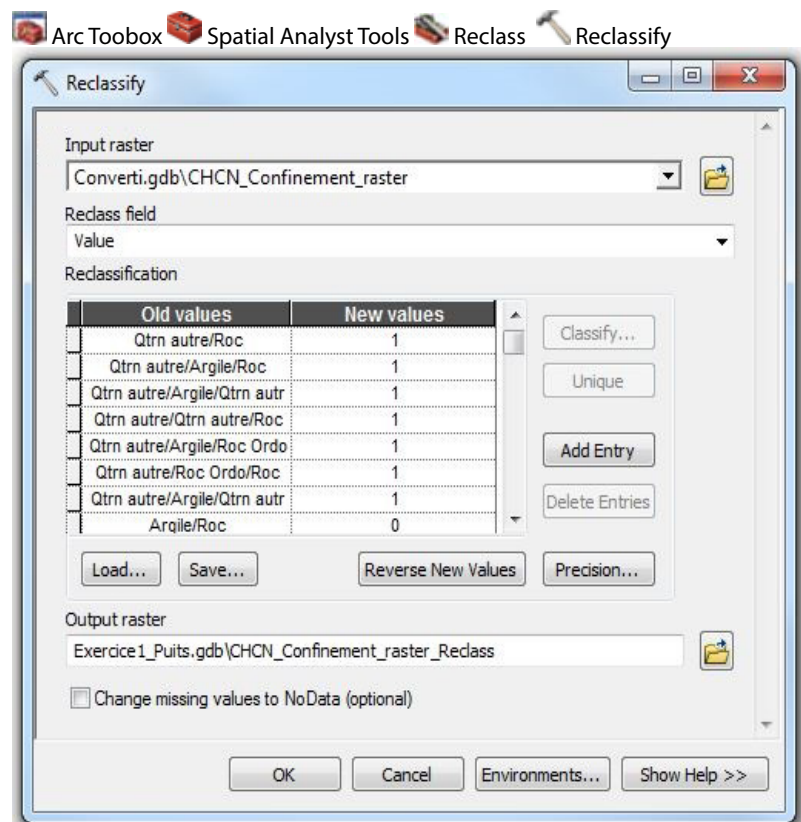
Les cellules de  **CHCN_Epaisseur_depots_meubles_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

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



RECHARGE ET RÉSURGENCE

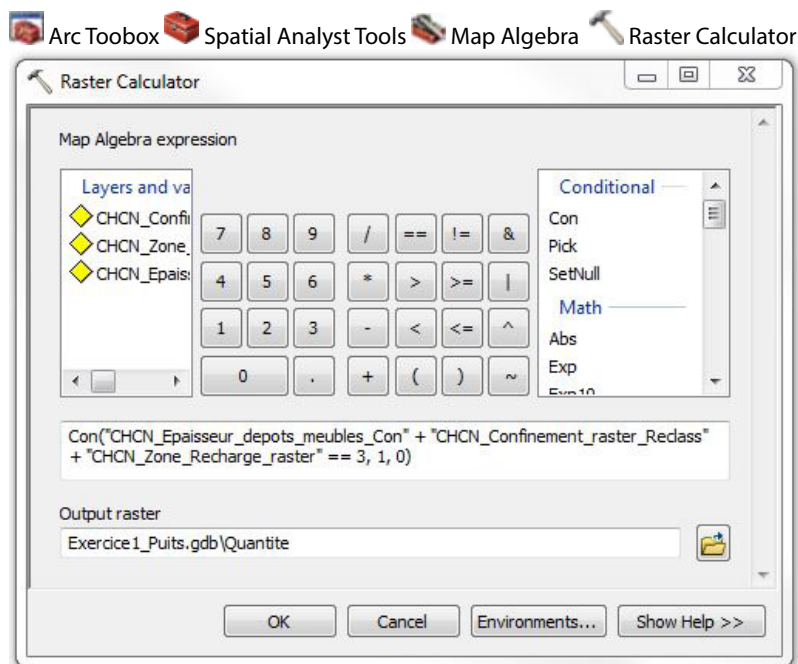
Aucun géotraitement nécessaire, car les cellules de **CHCN_Zone_Recharge_raster** (*alias: Recharge préférentielle - Converti*) qui ont une valeur de 1 correspondent à celles où la recharge est préférentielle, alors que les cellules sans valeurs («Nodata») correspondent à celle où la recharge n'est pas préférentielle.

BILAN

Combiner les résultats des couches **CHCN_Epaisseur_depots_meubles_Con**, **CHCN_Confinement_raster_Reclass** et **CHCN_Zone_Recharge_raster** en effectuant le calcul ci-contre.

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

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





2. Identifier les zones relativement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Aquifère peu vulnérable	Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180
Toutes les conditions de confinement	Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Nappe libre Nappe captive

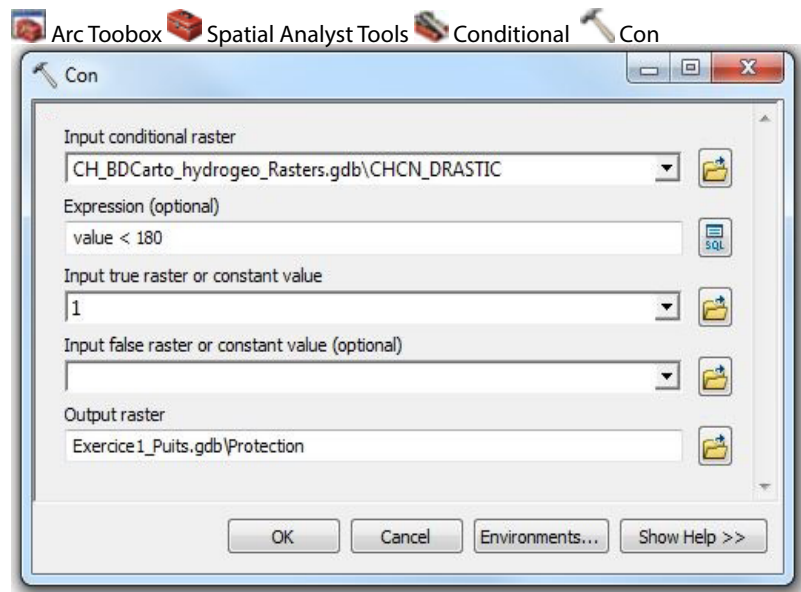


Procédure étape par étape

VULNÉRABILITÉ

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

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






CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

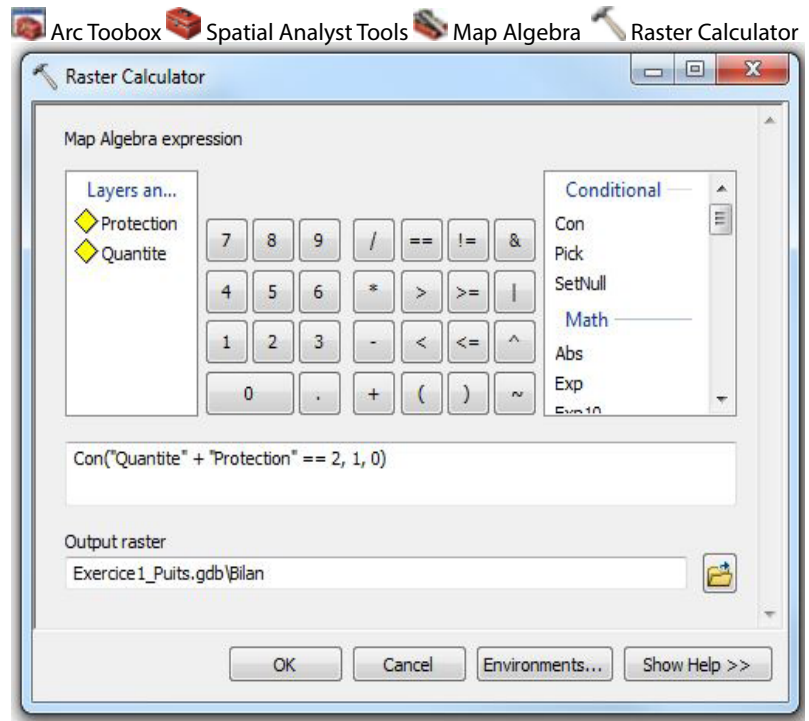
Aucune analyse à faire puisque toutes les conditions de confinement (nappe libre et nappe captive) sont considérées par les critères.

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






4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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



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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 CH_Geochimie_Depassements_Aucun	<i>Géochimie – Aucun dépassement</i>	<ul style="list-style-type: none"> Idéalement, aucun dépassement des normes ou recommandations pour l'eau potable
		 CH_Geochimie_Depassements_OE	<i>Géochimie – Dépassements OE</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dépassements des objectifs esthétiques (OE) possibles
		 CH_Geochimie_Depassements_CMA	<i>Géochimie – Dépassements CMA</i>	<ul style="list-style-type: none"> Aucun dépassement de concentrations maximales acceptables (CMA)




Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochimie_Depassements_Aucun** pour visualiser les stations d'échantillonnage sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochimie_Depassements_OE** pour visualiser les stations d'échantillonnage ayant au moins un dépassement d'OE.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochimie_Depassements_CMA** pour visualiser les stations d'échantillonnage 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 sources potentielles de contamination actuelles et futures

Les paramètres d'analyse proposés

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


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


Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
	Occupation du sol	 Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	Type d'occupation (% de la zone d'étude)	
	Affectation du territoire	 Affectation_MRC_raster	Affectation du territoire (% de la zone d'étude)	






Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster** (alias : Type d'occupation (% de la zone d'étude)), sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones agricoles et urbaines). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

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

Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie  **CHCN_Piezometrie** (alias : Piézométrie régionale - CHCN) ou  **CHCN_Isopiezes** (alias : Courbes piézométriques (20 m) - CHCN). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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













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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Trouver de l'eau en quantité suffisante			Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CHCN
			Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti
			Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	Recharge préférentielle - Converti
Identifier les zones relativement protégées de la contamination			Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti
			Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	Indice DRASTIC - CHCN
Évaluer la qualité de l'eau				 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie – Aucun dépassement
		Qualité de l'eau		 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie – Dépassements OE
				 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie – Dépassements CMA
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures			Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN
				 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN
			Occupation du sol	 Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	Type d'occupation (% de la zone d'étude)
			Affectation du territoire	 Affectation_MRC_raster	Affectation du territoire (% de la zone d'étude)

Intégration des connaissances du milieu humain

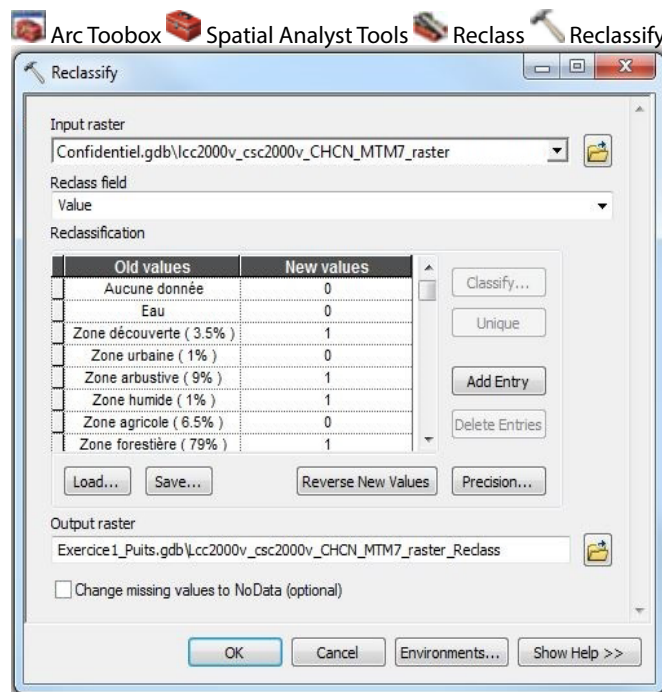
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à la recherche d'une nouvelle source d'eau potable souterraine (ex. : l'emplacement du réseau d'aqueduc existant, la distance aux noyaux urbains, les propriétaires terriens, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter l'exercice en cours d'atelier, les informations sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire sont fournies avec les données du PACES. Les clés d'interprétation et les critères ne sont toutefois pas proposés par l'exemple d'un cheminement d'expert. Ils sont choisis par les participants. Le déroulement ci-dessous montre un exemple d'opérations de géotraitement qu'il est possible de faire.

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster** (alias: *Type d'occupation (% de la zone d'étude)*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

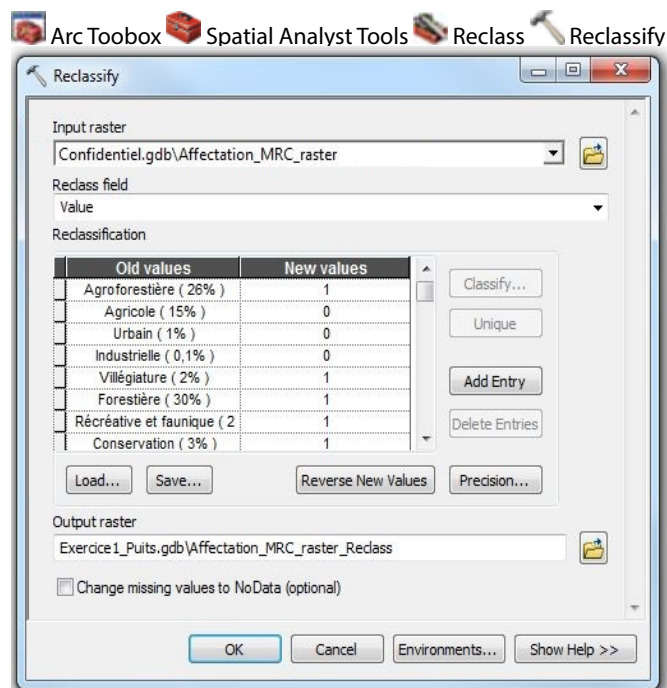
Les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Affectation_MRC_raster** (alias : *Affectation du territoire (% de la zone d'étude)*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

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

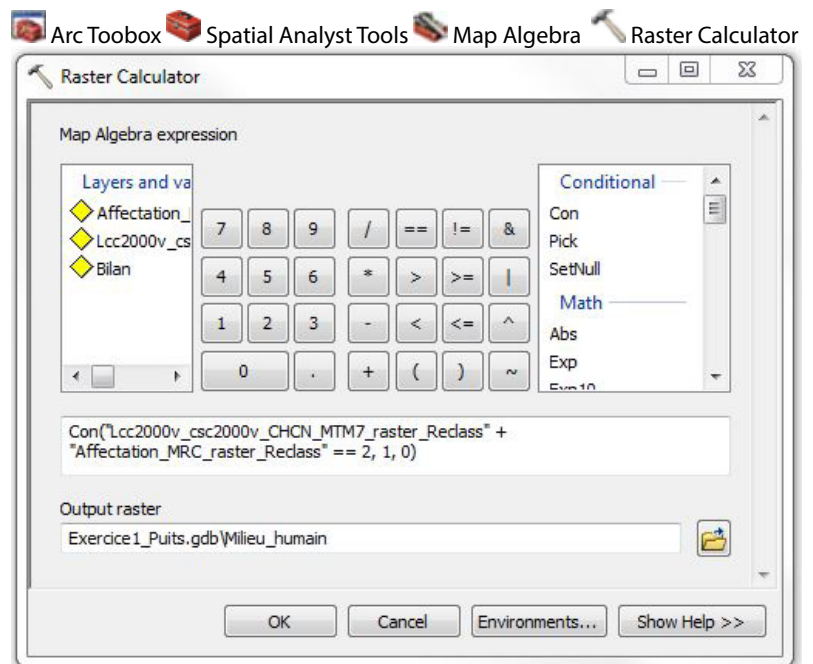


BILAN

Combiner les résultats des couches

Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass et **Affectation_MRC_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

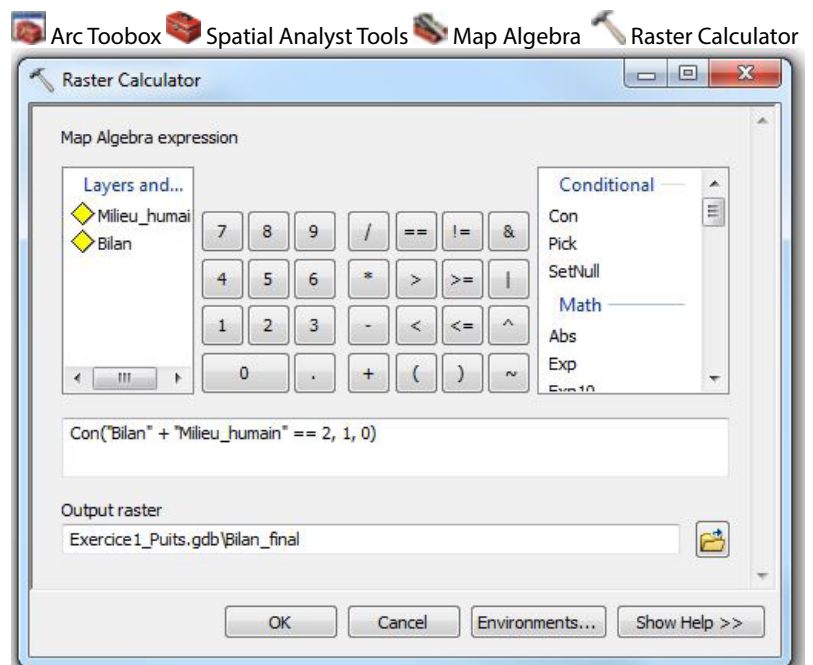
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'exploiter la ressource selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 2

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

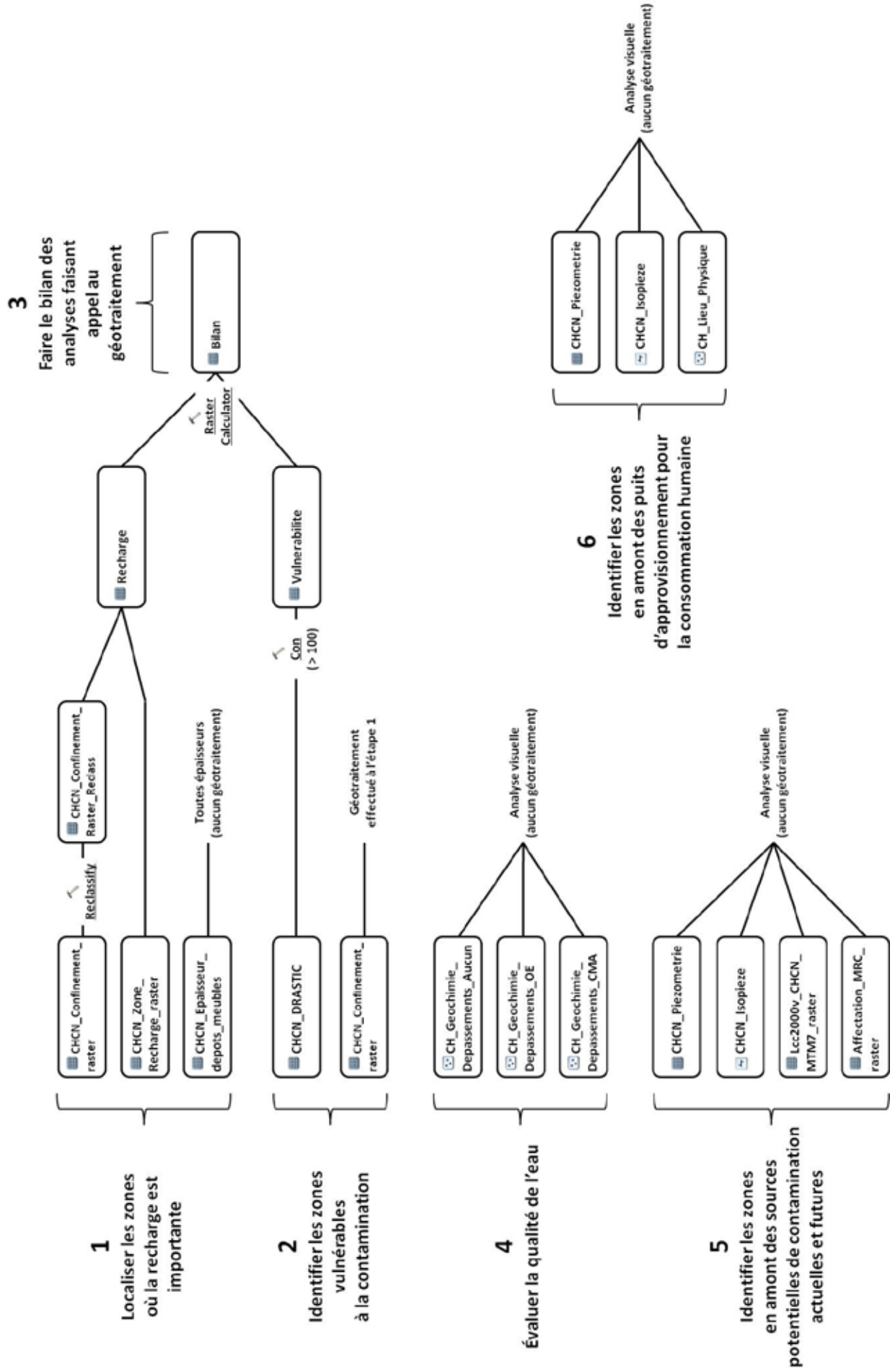
Question

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles






1. Localiser les zones où la recharge est importante

Les paramètres d'analyse proposés


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

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

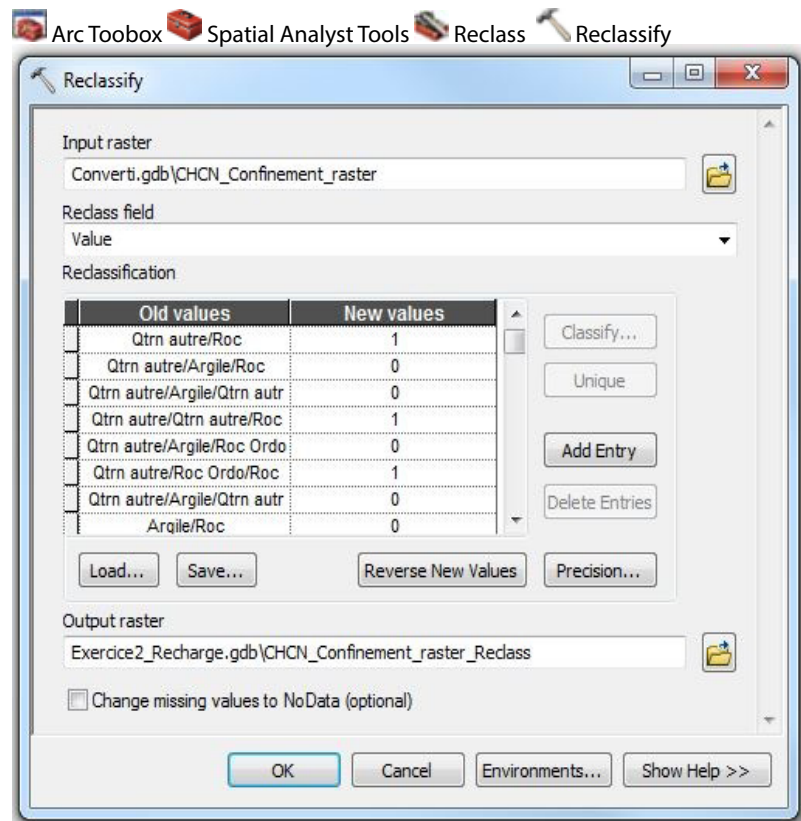
Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Absence d'aquitard	Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'argile dans la séquence des unités hydrogéologiques
Taux de recharge annuelle important	Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	<i>Recharge préférentielle - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recharge préférentielle
Toutes épaisseurs de dépôts meubles	Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Toutes épaisseurs

Procédure étape par étape


CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

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



RECHARGE ET RÉSURGENCE

Aucun géotraitement nécessaire, car les cellules de  **CHCN_Zone_Recharge_raster** (*alias: Recharge préférentielle - Converti*) qui ont une valeur de 1 correspondent à celles où la recharge est préférentielle, alors que les cellules sans valeurs («Nodata») correspondent à celle où la recharge n'est pas préférentielle.

ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

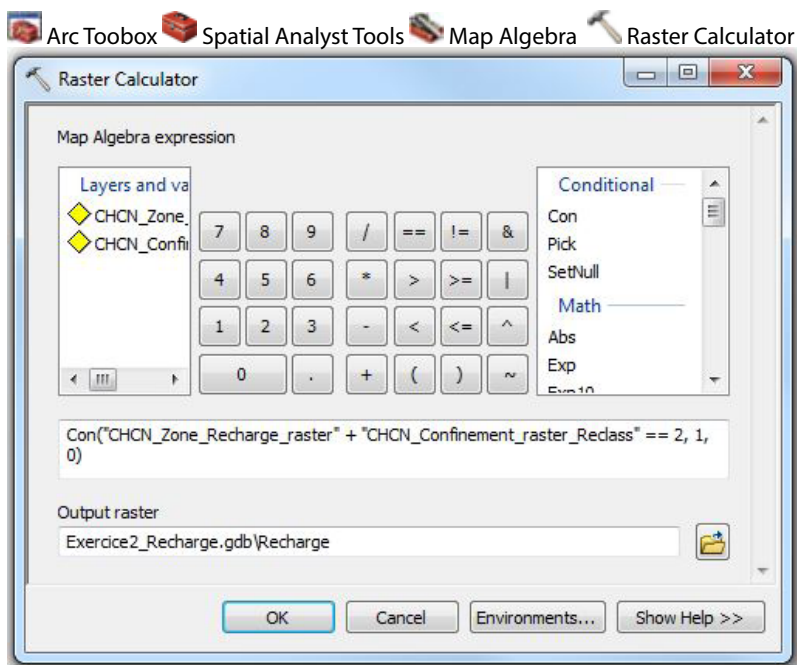
Aucune analyse à faire puisque toutes les épaisseurs de dépôts meubles sont considérées par les critères.

BILAN

Combiner les résultats des couches
CHCN_Confinement_raster_Reclass et
CHCN_Zone_Recharge_raster en effectuant le calcul ci-contre.

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

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





2. Identifier les zones vulnérables à la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

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

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 à nappe libre	Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Absence d'argile dans la séquence des unités hydrogéologiques
Aquifère vulnérable	Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité moyenne : indice entre 100 et 180 Vulnérabilité élevée: indice de 180 ou plus

Procédure étape par étape

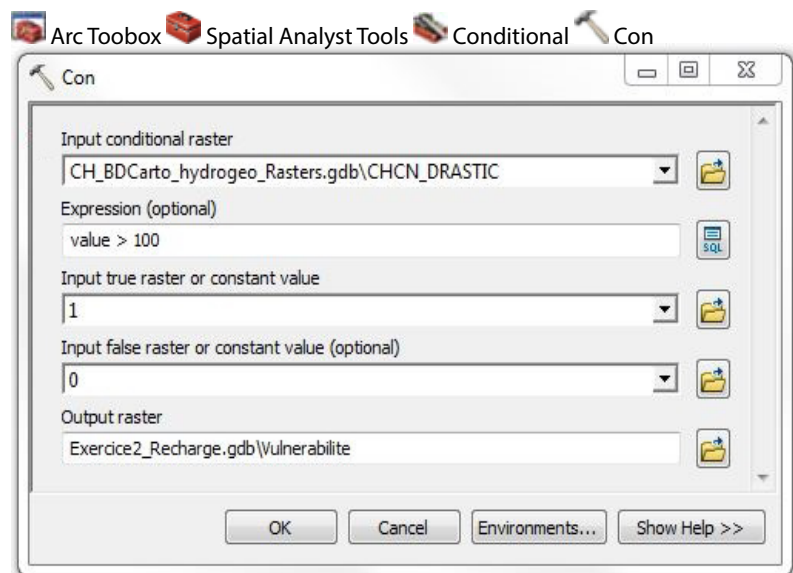
CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Les cellules de  **CHCN_Confinement_raster** (*alias : Contextes hydrogéologiques - Converti*) qui répondent aux critères ont été identifiées à l'étape précédente. Les cellules de  **CHCN_Confinement_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.

VULNÉRABILITÉ

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

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

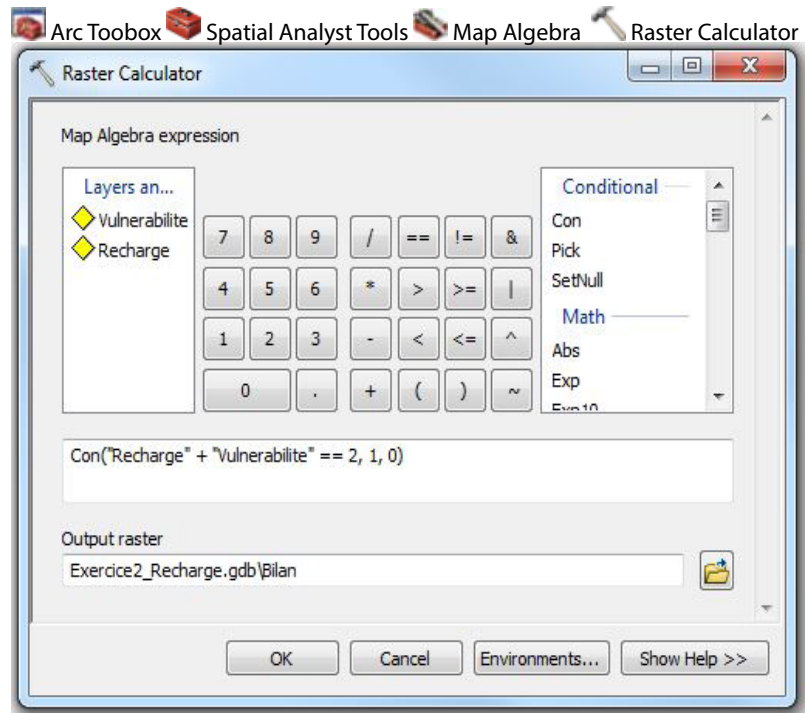


3. Faire le bilan des analyses faisant appel au géotraitement

Procédure étape par étape

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

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






4. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Eau de qualité passable à bonne	Qualité de l'eau	 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	<i>Géochimie – Aucun dépassement</i>	<ul style="list-style-type: none">Idéalement, aucun dépassement des normes ou recommandations pour l'eau potable
		 CH_Geochemie_Depassements_OE	<i>Géochimie – Dépassements OE</i>	<ul style="list-style-type: none">Dépassements des objectifs esthétiques (OE) possibles
		 CH_Geochemie_Depassements_CMA	<i>Géochimie – Dépassements CMA</i>	<ul style="list-style-type: none">Aucun dépassement de concentrations maximales acceptables (CMA)




Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochemie_Depassements_Aucun** pour visualiser les stations d'échantillonnage sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochemie_Depassements_OE** pour visualiser les stations d'échantillonnage ayant au moins un dépassement d'OE.

À la couche  **Bilan**, superposer la couche  **CH_Geochemie_Depassements_CMA** pour visualiser les stations d'échantillonnage 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 sources potentielles de contamination actuelles et futures

Les paramètres d'analyse proposés

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


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


Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
En amont des activités humaines représentant un danger pour la qualité de l'eau	Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	<ul style="list-style-type: none"> En amont des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau
		 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
	Occupation du sol	 Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	Type d'occupation (% de la zone d'étude)	
	Affectation du territoire	 Affectation_MRC_raster	Affectation du territoire (% de la zone d'étude)	






Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour identifier des sources potentielles de contamination actuelles, dans la couche  **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster** (*alias* : Type d'occupation (% de la zone d'étude)), sous l'onglet Symbology de la fenêtre Layer Properties, regrouper les valeurs des occupations correspondantes à des activités humaines pouvant représenter un danger pour la qualité de l'eau souterraine (ex. : zones agricoles et urbaines). Nommer l'étiquette de ce regroupement **Contamination potentielle actuelle**.

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




Ensuite, dans le projet mxd, superposer les deux couches précédentes aux couches de piézométrie  **CHCN_Piezometrie** (*alias* : Piézométrie régionale - CHCN) ou  **CHCN_Isopiezes** (*alias* : Courbes piézométriques (20 m) - CHCN). Les aquifères des zones de  **Bilan** localisées en aval d'un nombre significatif de cellules des regroupements **Contamination potentielle actuelle** ou **future** sont potentiellement plus à risque de contamination que les autres.

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

Les paramètres d’analyse proposés

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



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

Paramètres d’analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
En amont des puits d’approvisionnement pour la consommation humaine	Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	<ul style="list-style-type: none"> En amont des puits d’alimentation
		 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
	s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	







Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour afficher les puits d’alimentation individuels et collectifs, dans la couche  **CH_Lieu_physique** (alias : *Lieux physiques (puits et forages)*), faire la requête suivante sous l’onglet Definition Query de la fenêtre Layer Properties (peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**) :

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

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie  **CHCN_Piezometrie** (alias : *Piézométrie régionale - CHCN*) ou  **CHCN_Isopiezes** (alias : *Courbes piézométriques (20 m) - CHCN*), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où la quantité de recharge serait importante et les aquifères vulnérables, tels que définis par la couche  **Bilan**.

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

Préparer la présentation de vos résultats

Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge ?

Nom de votre territoire d'action :

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

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
















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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales			
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Localiser les zones où la recharge est importante			Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CHCN	
			Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	
			Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	Recharge préférentielle - Converti	
Identifier les zones vulnérables à la contamination			Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti	
			Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	Indice DRASTIC - CHCN	
Évaluer la qualité de l'eau			Qualité de l'eau	 CH_Geochimie_Depassements_Aucun	Géochimie – Aucun dépassement	
				 CH_Geochimie_Depassements_OE	Géochimie – Dépassements OE	
				 CH_Geochimie_Depassements_CMA	Géochimie – Dépassements CMA	
Identifier les zones en amont des sources potentielles de contamination actuelles et futures			Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	
				 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
			Occupation du sol	 Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster	Type d'occupation (% de la zone d'étude)	
			Affectation du territoire	 Affectation_MRC_raster	Affectation du territoire (% de la zone d'étude)	
Identifier les zones en amont des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine			Piézométrie	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	
				 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
			s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	

Intégration des connaissances du milieu humain

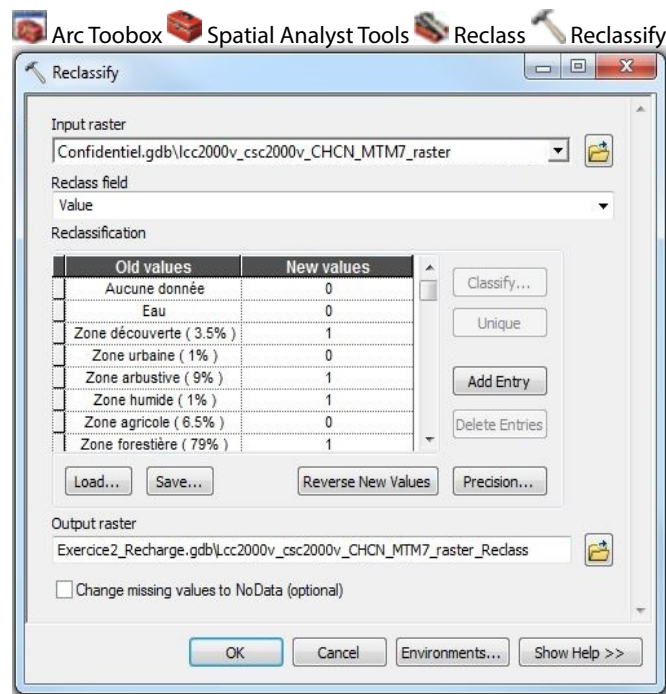
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones à protéger en priorité pour la recharge (ex. : zone de conservation, les propriétaires terriens, zonage agricole, l'occupation du sol, l'affectation du territoire, etc.). Pour compléter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

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster** (alias: *Type d'occupation (% de la zone d'étude)*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

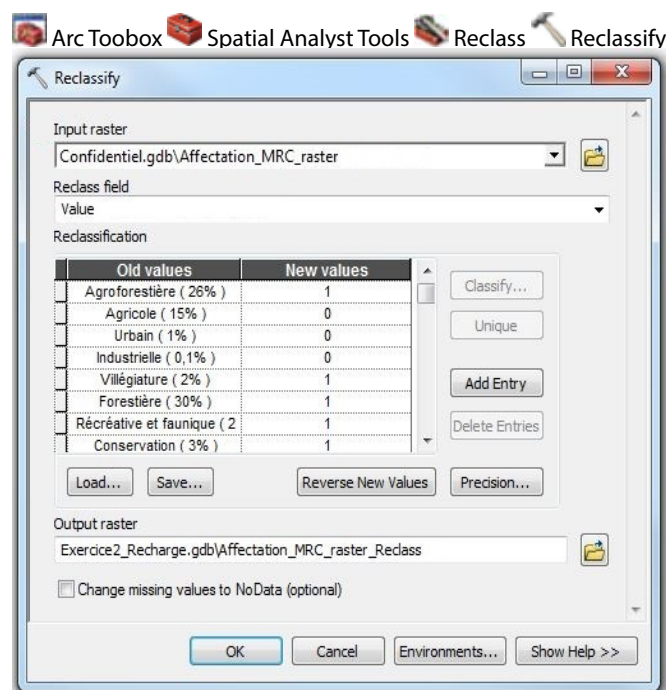
Les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Affectation_MRC_raster** (alias : *Affectation du territoire (% de la zone d'étude)*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

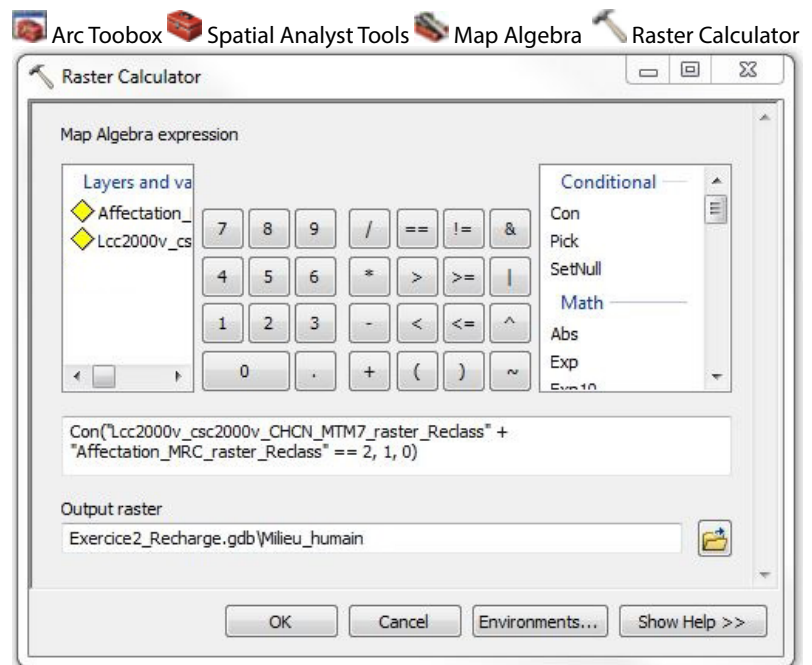
Les cellules de **Affectation_MRC_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



BILAN

Combiner les résultats des couches **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass** et **Affectation_MRC_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

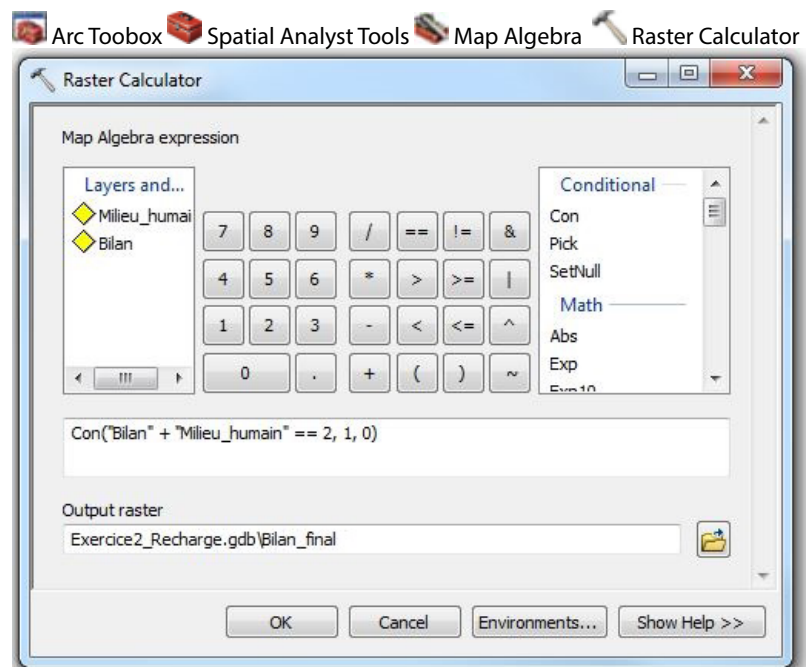
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait prioritaire de protéger la recharge selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



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

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

L'exercice comprend trois activités distinctes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Activité 3 – Présentation des résultats des exercices d'aménagement

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

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

Question 3

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

Les résultats du remue-méninges avec les participants

CE QUE L'ON CHERCHE

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Synthèse du cheminement d'expert

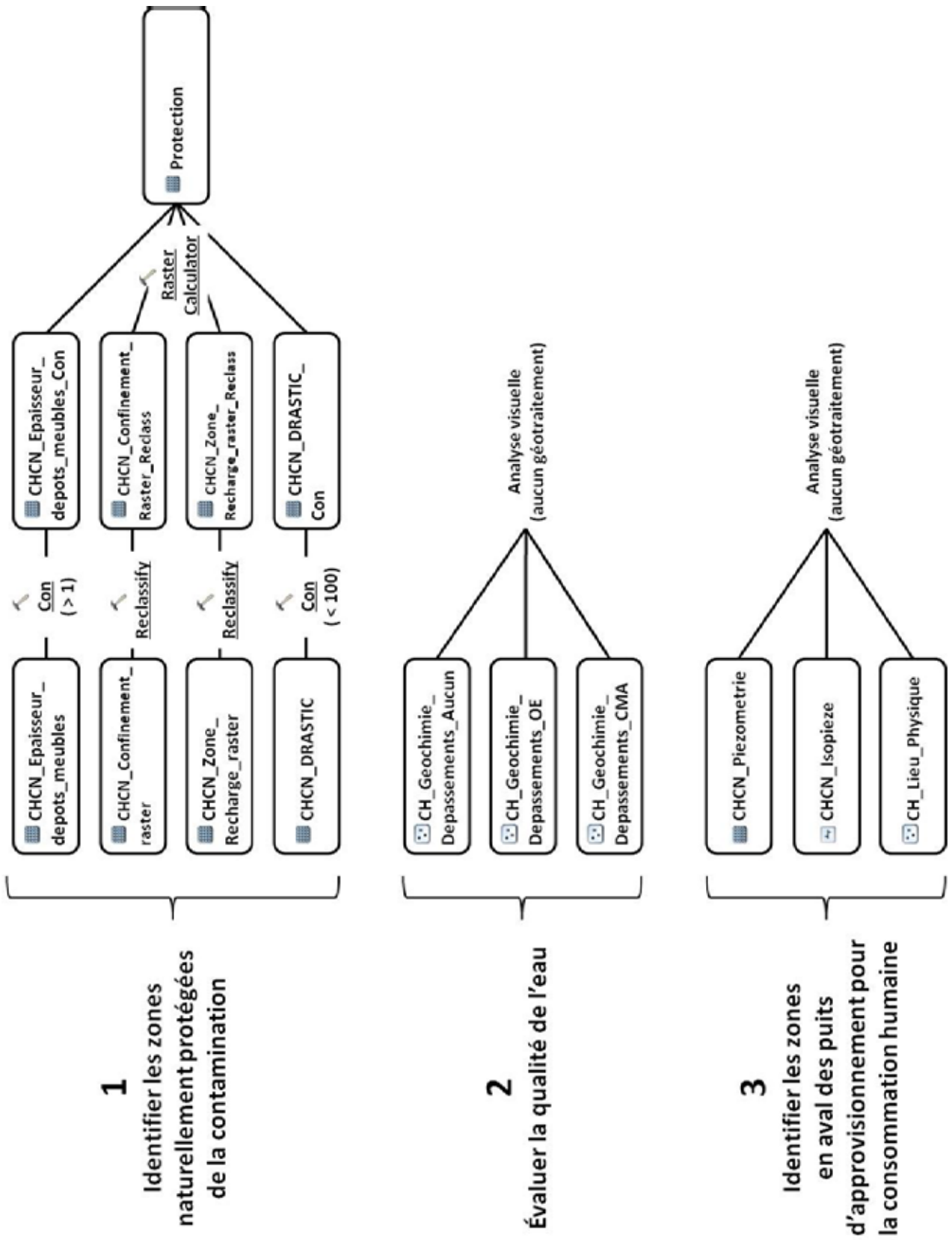
Question

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

Ce qui est recherché

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

Le géotraitement proposé avec les données disponibles







1. Identifier les zones naturellement protégées de la contamination

Les paramètres d'analyse proposés

Paramètres d'analyse	Pourquoi ?	Limites et commentaires
Présence d'un aquitard	<ul style="list-style-type: none"> Les aquitards confinent les aquifères sous-jacents et limitent leur recharge, soit le volume d'eau des précipitations qui s'infiltré et atteint ces aquifères. 	<ul style="list-style-type: none"> L'épaisseur des sédiments constituant les aquitards devrait être considérée, car il est possible par exemple qu'une couverture d'argile de moins de 3 m d'épaisseur ne confine pas complètement les aquifères sous-jacents et peut laisser passer l'eau et donc, les contaminants.
Aquifère à nappe captive	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. Leur eau est possiblement de moins bonne qualité, ce qui peut diminuer la gravité d'une contamination potentielle. 	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères à nappe captive ne sont pas protégés d'une contamination provenant de l'écoulement souterrain latéral.
Taux de recharge annuel faible	<ul style="list-style-type: none"> La recharge doit être faible pour limiter le volume d'eau des précipitations atteignant l'aquifère et qui peut mobiliser les contaminants depuis la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> L'occupation du sol a un effet significatif sur l'infiltration des précipitations dans le sol (ex. : pavage en milieu urbain ou sol à nu versus champ cultivé ou forêt). Un terrain pentu favorise le ruissellement de surface plutôt que la recharge.
Vulnérabilité faible	<ul style="list-style-type: none"> Les aquifères peu vulnérables sont bien protégés de la contamination provenant de la surface. 	<ul style="list-style-type: none"> Un indice de vulnérabilité est subjectif. Il faut être prudent dans l'interprétation de son résultat. La vulnérabilité DRASTIC ne considère que ce qui provient par infiltration depuis la surface, sans considérer ce qui peut provenir de l'écoulement souterrain latéral. Pour tenir compte du risque de contamination, la vulnérabilité n'est pas suffisante : il faut y jumeler l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination, incluant la toxicité du contaminant, la quantité de contaminants associés à l'activité, la zone d'impact et la fréquence du rejet. Il faut donc inventorier les activités potentiellement polluantes sur le territoire de l'aquifère et qualifier leur impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine.

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (<i>Alias</i>)	Critères
Présence d'un aquitard	Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	<i>Épaisseur dépôts meubles - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur faible : 1 à 5 m Épaisseur moyenne : 5 à 10 m Épaisseur élevée : 10 à 20 m Épaisseur très élevée : 20 m et plus
Aquifère à nappe captive	Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	<i>Contextes hydrogéologiques - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'argile dans la séquence des unités hydrogéologiques
Taux de recharge annuel faible	Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	<i>Recharge préférentielle - Converti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Absence de recharge préférentielle
Vulnérabilité faible	Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	<i>Indice DRASTIC - CHCN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité faible : indice de 100 ou moins

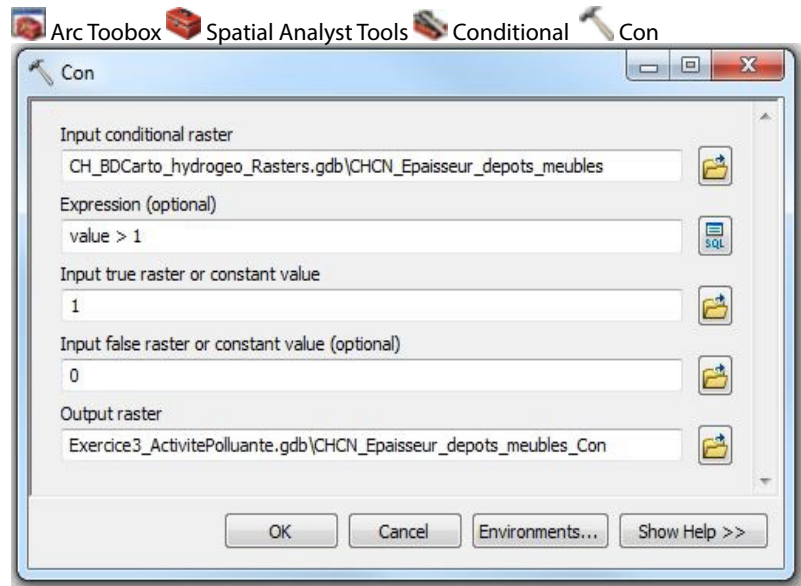


Procédure étape par étape

ÉPAISSEURS DES DÉPÔTS MEUBLES

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

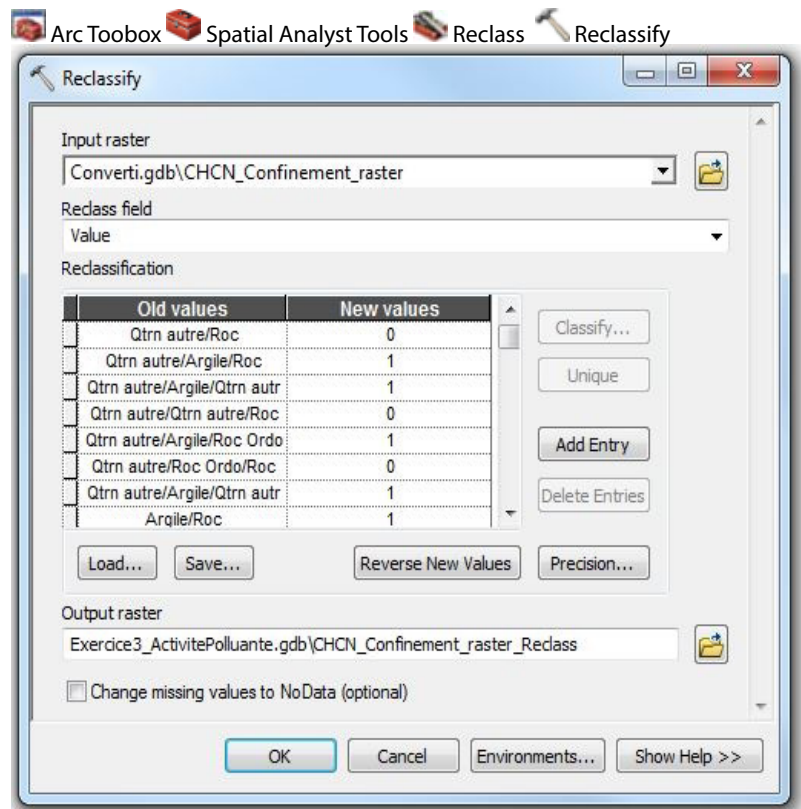
Les cellules de **CHCN_Epaisseur_depots_meubles_Con** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

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

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

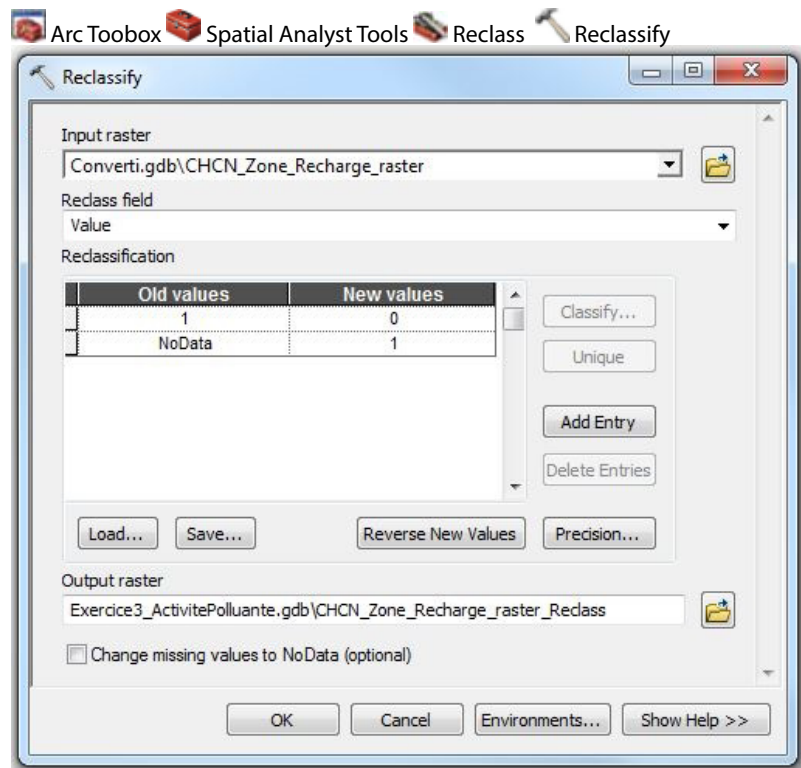


RECHARGE ET RÉSURGENCE

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

Attribuer une valeur de 1 lorsque la cellule est sans valeur (NoData).

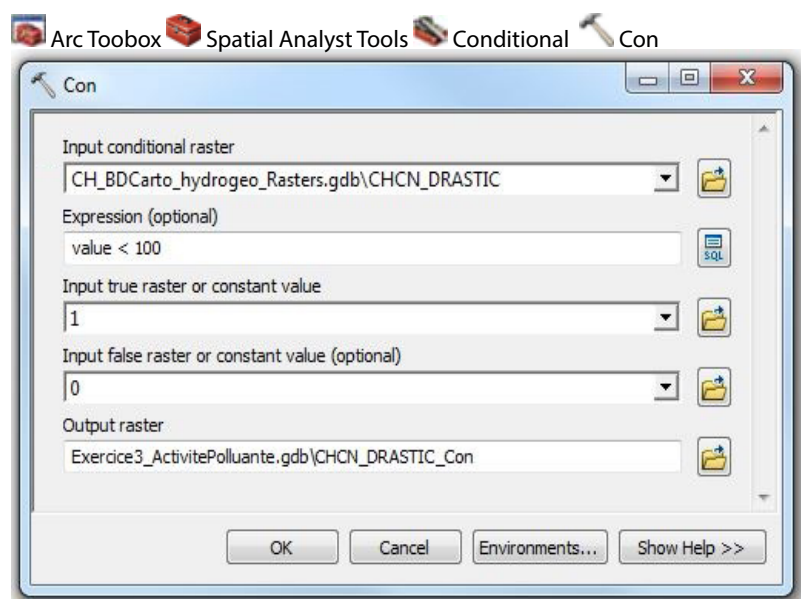
Les cellules de **CHCN_Zone_Recharge_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



VULNÉRABILITÉ




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

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



BILAN


Combiner les résultats des couches

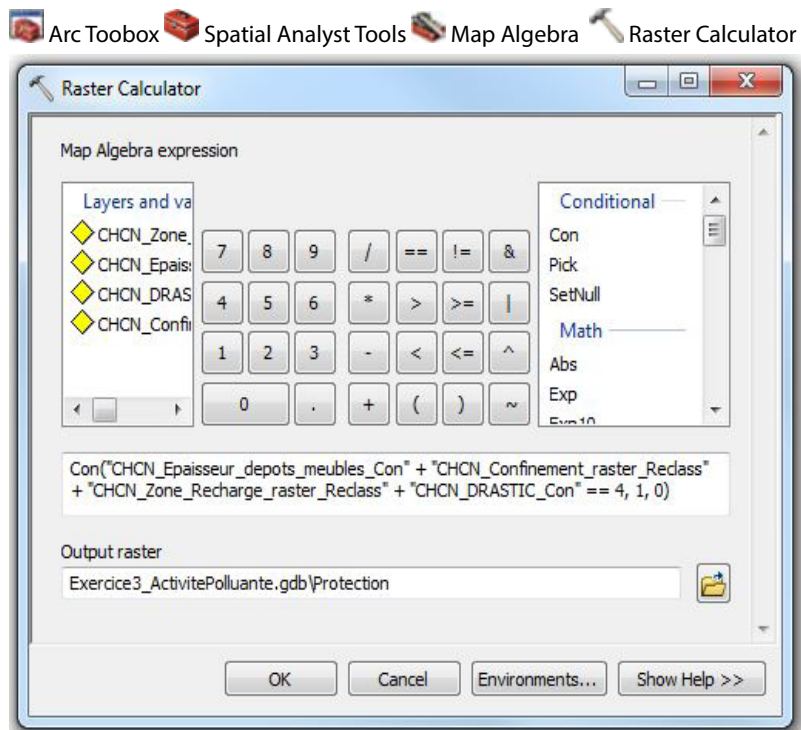
 **CHCN_Confinement_raster_Reclass,**
 **CHCN_Confinement_raster_Reclass,**
 **CHCN_Zone_Recharge_raster_Reclass**

et  **CHCN_DRASTIC_Con**

en effectuant le calcul ci-contre.

Le calcul conditionnel est inscrit en langage de programmation Python supporté par ArcGIS. Il peut être décrit ainsi : pour une cellule de la matrice, si la condition avant la première virgule est vraie, alors la cellule prend la valeur indiquée après la première virgule, sinon elle prend la valeur indiquée après la deuxième virgule. Dans ce cas-ci, si la somme de l'addition des quatre couches est 4, alors la cellule prend la valeur de 1, sinon elle prend la valeur de 0.

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



2. Évaluer la qualité de l'eau

Les paramètres d'analyse proposés

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

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

Paramètres d'analyse	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias)	Critères
Toutes les qualités de l'eau	Qualité de l'eau	CH_Geochemie_Depassements_Aucun	<i>Géochimie – Aucun dépassement</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de bonne qualité (aucun dépassement de CMA et d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination très élevée
		CH_Geochemie_Depassements_OE	<i>Géochimie – Dépassements OE</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de qualité passable (au moins un dépassement d'OE dans l'aquifère) : gravité de contamination élevée
		CH_Geochemie_Depassements_CMA	<i>Géochimie – Dépassements CMA</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eau souterraine de mauvaise qualité (au moins un dépassement de CMA dans l'aquifère) : gravité de contamination modérée



Procédure étape par étape

QUALITÉ DE L'EAU

À la couche **Bilan**, superposer la couche **CH_Geochemie_Depassements_Aucun** pour visualiser les stations d'échantillonnage sans dépassement de critère de qualité de l'eau.

À la couche **Bilan**, superposer la couche **CH_Geochemie_Depassements_OE** pour visualiser les stations d'échantillonnage ayant au moins un dépassement d'OE.

À la couche **Bilan**, superposer la couche **CH_Geochemie_Depassements_CMA** pour visualiser les stations d'échantillonnage ayant au moins un dépassement de CMA.




La gravité d'une contamination potentielle des aquifères des zones de **Protection** est potentiellement très élevée si on n'y retrouve que des puits ayant une eau de bonne qualité, 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	<ul style="list-style-type: none"> Afin de prévenir la contamination des puits d’approvisionnement, l’activité potentiellement polluante devrait être située en aval des puits d’alimentation en eau potable. 	<ul style="list-style-type: none"> Plus la densité de puits est élevée, plus la gravité potentielle de la contamination peut être importante dû au grand nombre de personnes pouvant être affectées. Les données du PACES donnent une bonne idée des secteurs où il y a une grande densité de puits d’approvisionnement, mais ne correspondent 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	 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN	<ul style="list-style-type: none"> En aval des puits d’alimentation
		 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN	
	s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)	







Procédure étape par étape

PIÉZOMÉTRIE

Pour afficher les puits d’alimentation individuels et collectifs, dans la couche  **CH_Lieu_physique** (alias : *Lieux physiques (puits et forages)*), faire la requête suivante sous l’onglet **Définition Query** de la fenêtre **Layer Properties** (peut être copiée depuis le fichier texte **Requêtes** dans le dossier  **Exercices**) :

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

Superposer la couche ci-dessus aux couches de piézométrie  **CHCN_Piezometrie** (alias : *Piézométrie régionale - CHCN*) ou  **CHCN_Isopiezes** (alias : *Courbes piézométriques (20 m) - CHCN*), puis visualiser les puits d’approvisionnement en aval des zones où les aquifères sont protégés naturellement, tels que définis par la couche  **Protection**.

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

Page laissée vide intentionnellement

Préparer la présentation de vos résultats

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

Nom de votre territoire d'action :

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

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












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

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

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

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

Votre cheminement sur votre territoire d'action

Ce qui est recherché	Clés d'interprétation spécifiques à l'enjeu		Traitement des données géospatiales		
	Paramètre d'analyse	Pourquoi ?	Notions hydrogéologiques	Données à utiliser	Description (Alias) Critères
Identifier les zones naturellement protégées de la contamination			Épaisseur des dépôts meubles	 CHCN_Epaisseur_depots_meubles	Épaisseur dépôts meubles - CHCN
			Contextes hydrogéologiques	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti
			Conditions de confinement	 CHCN_Confinement_raster	Contextes hydrogéologiques - Converti
			Recharge et résurgence	 CHCN_Zone_Recharge_raster	Recharge préférentielle - Converti
			Vulnérabilité	 CHCN_DRASTIC	Indice DRASTIC - CHCN
Évaluer la qualité de l'eau				 CH_Geochemie_Depassements_Aucun	Géochimie – Aucun dépassement
			Qualité de l'eau	 CH_Geochemie_Depassements_OE	Géochimie – Dépassements OE
				 CH_Geochemie_Depassements_CMA	Géochimie – Dépassements CMA
Identifier les zones en aval des puits d'approvisionnement pour la consommation humaine				 CHCN_Piezometrie	Piézométrie régionale - CHCN
			Piézométrie	 CHCN_Isopiezes	Courbes piézométriques (20 m) - CHCN
			s.o.	 CH_Lieu_physique	Lieux physiques (puits et forages)

Intégration des connaissances du milieu humain

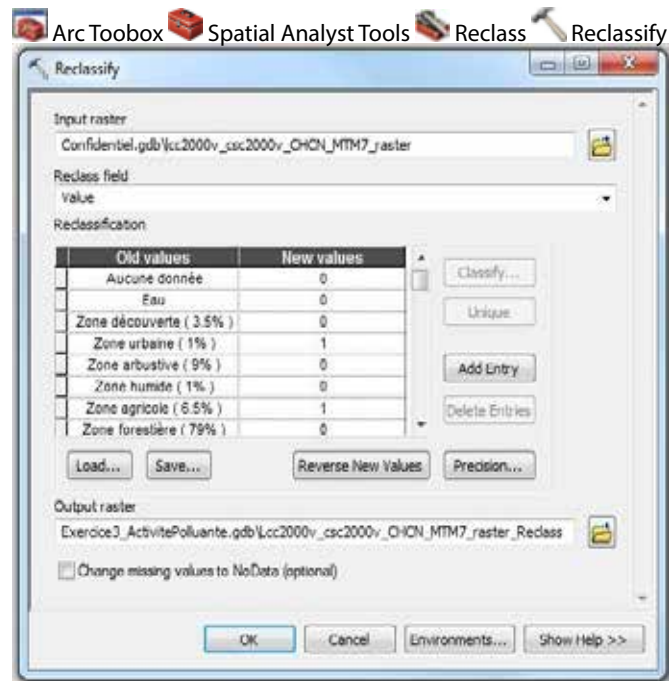
Dans la pratique, de nombreuses connaissances sur le milieu humain devraient être intégrées à l'identification des zones où implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines (ex. : les propriétaires terriens, l'occupation du sol,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

Procédure étape par étape

OCCUPATION DU SOL

Identifier les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster** (alias: *Occupation du sol*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

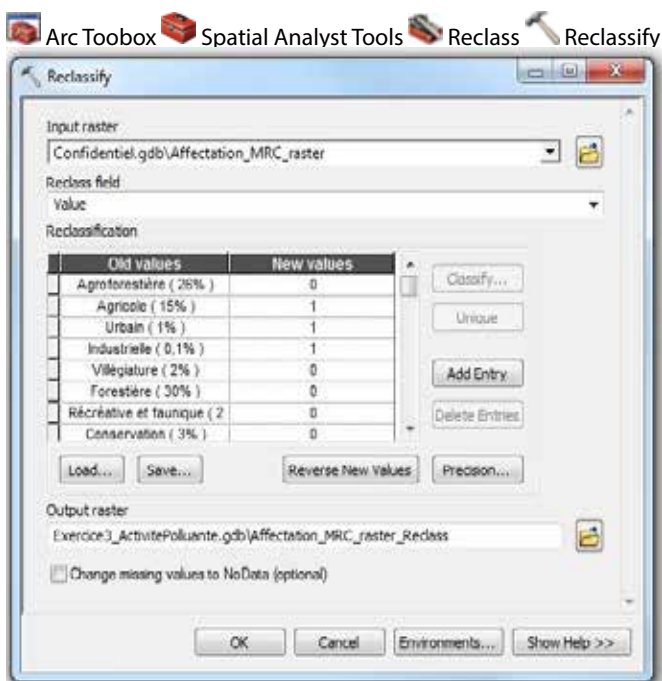
Les cellules de **Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass** ayant une valeur de 1 correspondent aux critères.



AFFECTATION DU TERRITOIRE

Identifier les cellules de **Affectation_MRC_raster** (alias : *Affectation du territoire (% de la zone d'étude)*) qui répondent à vos critères en effectuant l'exemple de géotraitement ci-contre.

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

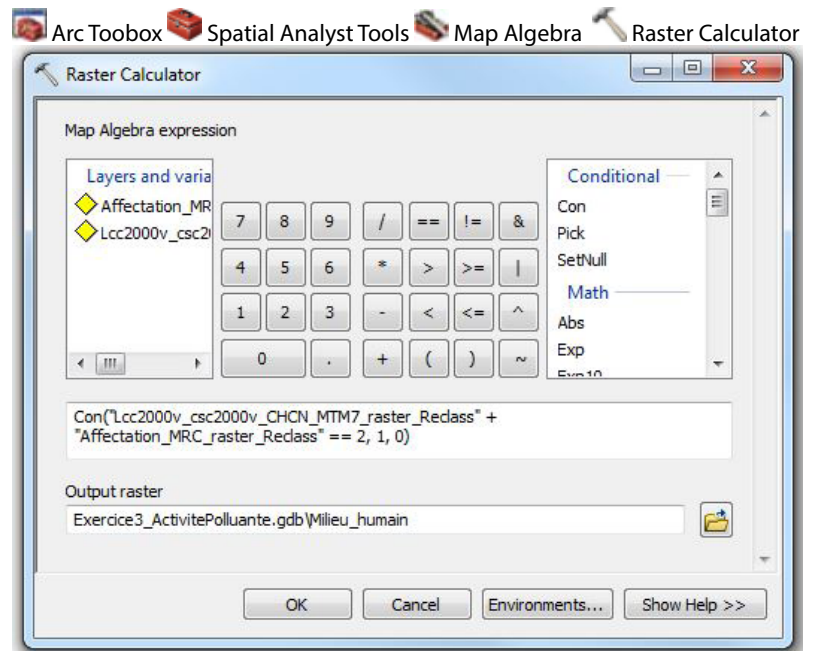


BILAN

Combiner les résultats des couches

Lcc2000v_csc2000v_CHCN_MTM7_raster_Reclass et **Affectation_MRC_raster_Reclass** en effectuant le calcul ci-contre.

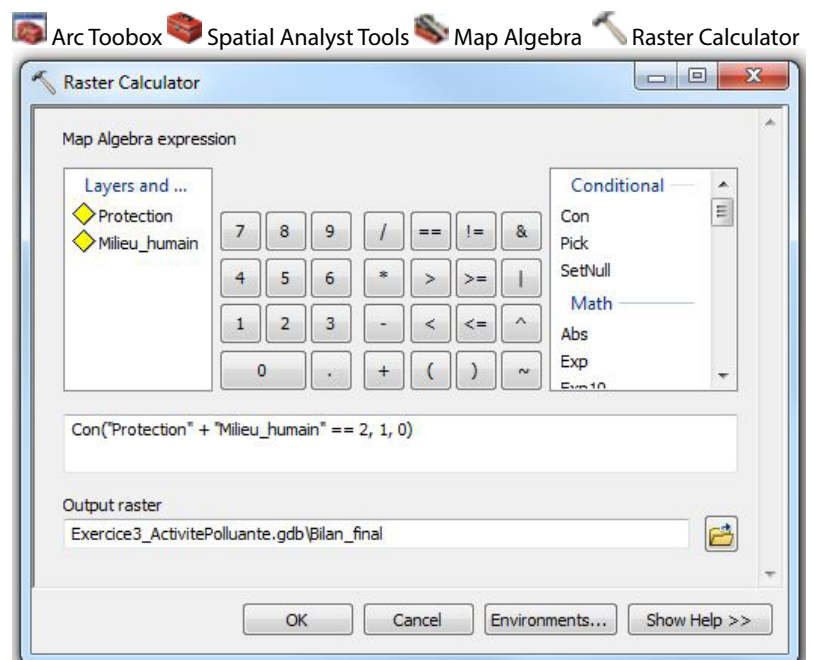
Les cellules de **Milieu_humain** ayant une valeur de 1 correspondent aux zones où il serait possible d'implanter une nouvelle activité polluante selon les connaissances sur l'occupation du sol et l'affectation du territoire.



BILAN FINAL

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

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



Mes notes personnelles

Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux des territoires municipalisés de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord :



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

