

1^{ER} ATELIER DE TRANSFERT DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

du PACES de l'Abitibi-Témiscamingue

Rouyn-Noranda, le 3 juin 2014

Yohann Tremblay, RQES

Miryane Ferlatte, RQES

Julie Ruiz, UQTR

Olivier Pitre, SESAT

Vincent Cloutier, UQAT

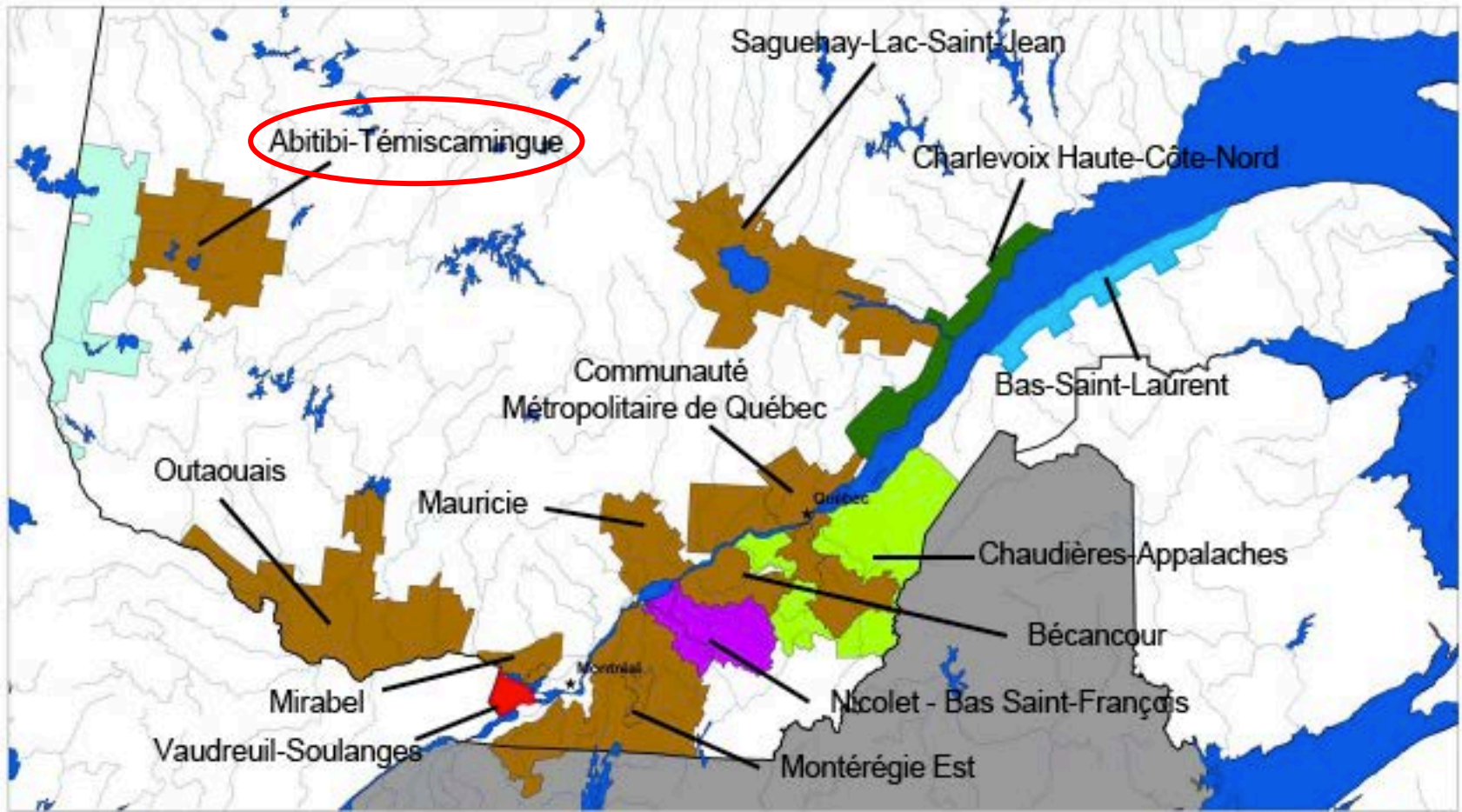
Éric Rosa, UQAT

Simon Nadeau, UQAT



LE PACES-AT1

- ❑ 1^{er} portrait régional de la ressource en eau souterraine de Abitibi-Témiscamingue
- ❑ Coordonné par le GRES de l'UQAT, avec comme partenaires régionaux :
 - Conférence Régionale des Elus de l'Abitibi-Témiscamingue
 - MRC d'Abitibi
 - MRC d'Abitibi-Ouest
 - MRC de La Vallée-de-l'Or
 - Organisme de Bassin Versant Abitibi-Jamésie
 - Organisme de Bassin Versant du Témiscamingue
 - Société de l'eau souterraine Abitibi-Témiscamingue
 - Ville de Rouyn-Noranda
- ❑ Financé par le MDDELCC (80%) et les partenaires régionaux (20%) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)
- ❑ Présentation des réalisations du projet le 18 mars 2014 à Rouyn-Noranda



LES DÉFIS DE LA COMPRÉHENSION DES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

- ❑ Beaucoup de connaissances sur le sous-sol de votre territoire produites
- ❑ Hydrogéologie est un domaine complexe et peu connu
 - Importance de s'assurer que les intervenants s'approprient les connaissances sur les eaux souterraines
- ❑ Réglementation pour la protection des eaux souterraines est en changement (ex. : projet de règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection, MDDELCC)
- ❑ Importance de protéger la ressource eau souterraine car coût de décontamination très important

LES ATELIERS DE TRANSFERT DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

- ❑ Développés par le RQES :
 - Un regroupement de chercheurs universitaires, le MDDELCC, les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec.
 - Mission : consolider et étendre les collaborations en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.
- ❑ Prend appui sur des travaux de recherche où l'on a évalué les besoins d'appropriation des connaissances sur les eaux souterraines par les acteurs de l'aménagement et du développement des territoires au Québec (Ruiz, Pelchat, Campeau, 2013)

LES OBJECTIFS DE L'ATELIER D'AUJOURD'HUI

- ❑ Développer une base de connaissances en hydrogéologie commune aux acteurs d'une même région → favoriser le partage des enjeux de gestion et de protection de l'eau souterraine entre les acteurs d'une même région
 - Acquérir des notions hydrogéologiques fondamentales
 - Connaître les résultats du **PACES-AT1** pour votre territoire d'action **et** acquérir des connaissances pour comprendre les caractéristiques des aquifères de votre territoire d'action
 - Être capable de lire seul, à un premier niveau, les documents produits dans le cadre du **PACES-AT1**

LA FORMULE DE FORMATION PROPOSÉE

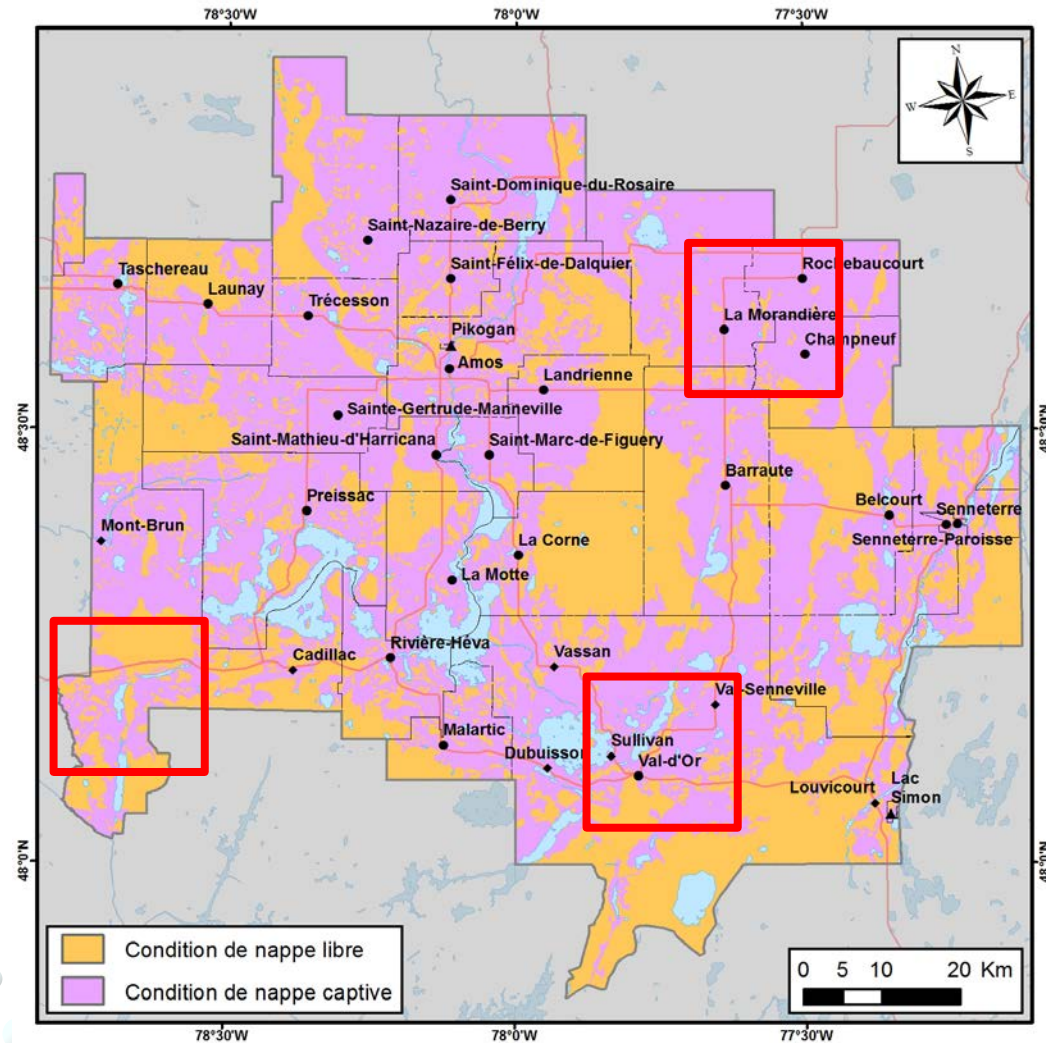
- ❑ Combine un apprentissage **passif** et **actif** des connaissances
 - ❑ Apprentissage **passif** :
 - Présentation magistrale des connaissances
 - ❑ Apprentissage **actif** postule que l'on apprend des questions et du raisonnement des autres participants :
 - Se base sur des exercices réalisés en groupe
 - Permet de manipuler des connaissances, de les mettre en pratique
- ➔ découvrir les intervenants qui sont les plus à l'aise avec les connaissances hydrogéologiques

DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS

1. Remise du cahier du participant
2. Notions hydrogéologiques fondamentales et faits saillants du **PACES-AT1**
3. Explications du déroulement des activités en 3 sous-groupes
4. *Activité 1 : Les caractéristiques des conditions de nappe captive – cas du secteur de Rochebaucourt*
5. *Activité 2 : Les caractéristiques des conditions de nappe libre – cas de la Moraine d'Harricana près de Val-d'Or **ou** cas de l'esker Vaudray-Joannès*
6. Pause repas
7. *Activité 3 : Les caractéristiques de l'ensemble du territoire de l'AT1*
8. *Activité 4 : Exercices de synthèse*
9. Synthèse et clôture

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE

- Deux conditions distinctes d'écoulement de la nappe : les conditions de **nappe libre** et les conditions de **nappe captive**



L'ÉQUIPE

- Les animateurs/organisateur :
 - Julie Ruiz, Ph.D. Aménagement
 - Yohann Tremblay, M.Sc. Sciences de l'eau
 - Myrienne Ferlatte, M.Sc. Hydrogéologie
 - Olivier Pitre, SESAT

- Les chercheurs du GRES :
 - Vincent Cloutier, Ph.D. Hydrogéologie
 - Éric Rosa, Ph.D. Hydrogéologie
 - Simon Nadeau, M. Géographie

ACTIVITÉ 1, 2, 3 ET 4

- ❑ Utilisation du cahier du participant pour suivre les exercices et prendre des notes
- ❑ En tout temps, possibilité de poser des questions à l'expert
 - ➔ À chaque activité, changer de table pour pouvoir échanger avec chacun des experts présents
- ❑ Feuille de présence pour le suivi
- ❑ Sondage d'appréciation

CONNAISSANCES HYDROGÉOLOGIQUES FONDAMENTALES

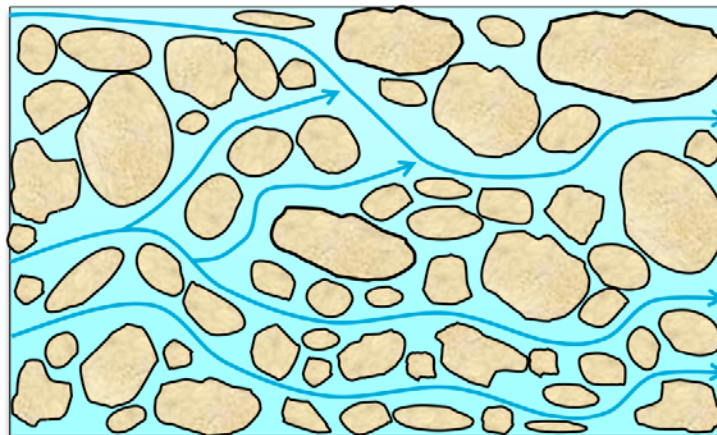
et faits saillants du PACES-AT1

YOHANN TREMBLAY



1. Eau souterraine, nappe, aquifère et aquitard
 2. Différents types d'aquifères
 3. Types de dépôts meubles
 4. Stratigraphie
 5. Conditions d'écoulement de la nappe
 6. Piézométrie
 7. Recharge et résurgences
 8. Vulnérabilité de l'eau souterraine
 9. Qualité de l'eau
 10. Limites générales
- **Présentation des résultats généraux du PACES-AT1**

- ❑ L'**EAU SOUTERRAINE** est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les espaces vides du milieu géologique
 - On en retrouve partout sous nos pieds !
 - Comme pour l'eau en surface, l'eau souterraine s'écoule dans l'aquifère sous l'effet de la **gravité**, mais beaucoup plus lentement
 - Plus les **pores** sont interconnectés, plus le milieu géologique est **perméable** et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement

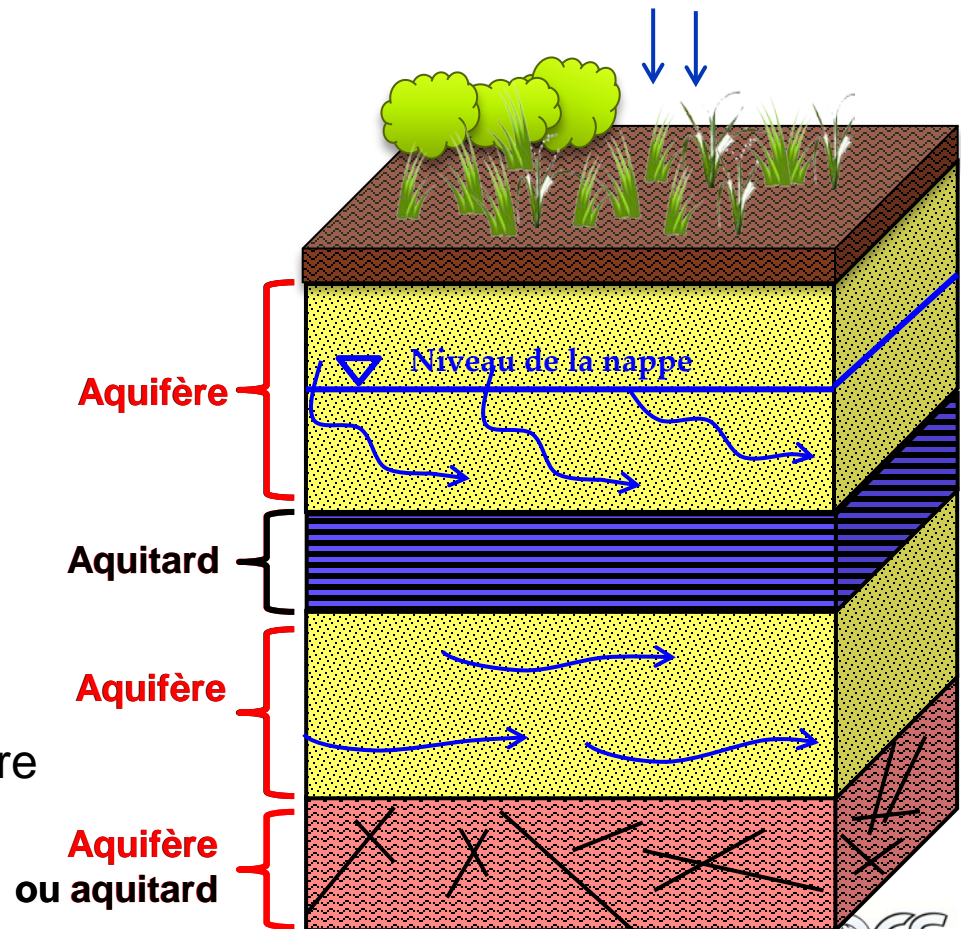


- ❑ La **NAPPE** représente l'**eau souterraine** qui circule dans un aquifère
 - C'est le **contenu**

- ❑ Un **AQUIFÈRE** est une unité géologique transportant de l'eau, sans égard à son potentiel d'exploitation

- C'est le **contenant**

- ❑ Un **AQUITARD** est une unité géologique considérée **imperméable** si sa perméabilité est négligeable lorsque comparée à un aquifère



DEUX TYPES DE MILIEUX GÉOLOGIQUES CONSTITUENT DES AQUIFÈRES

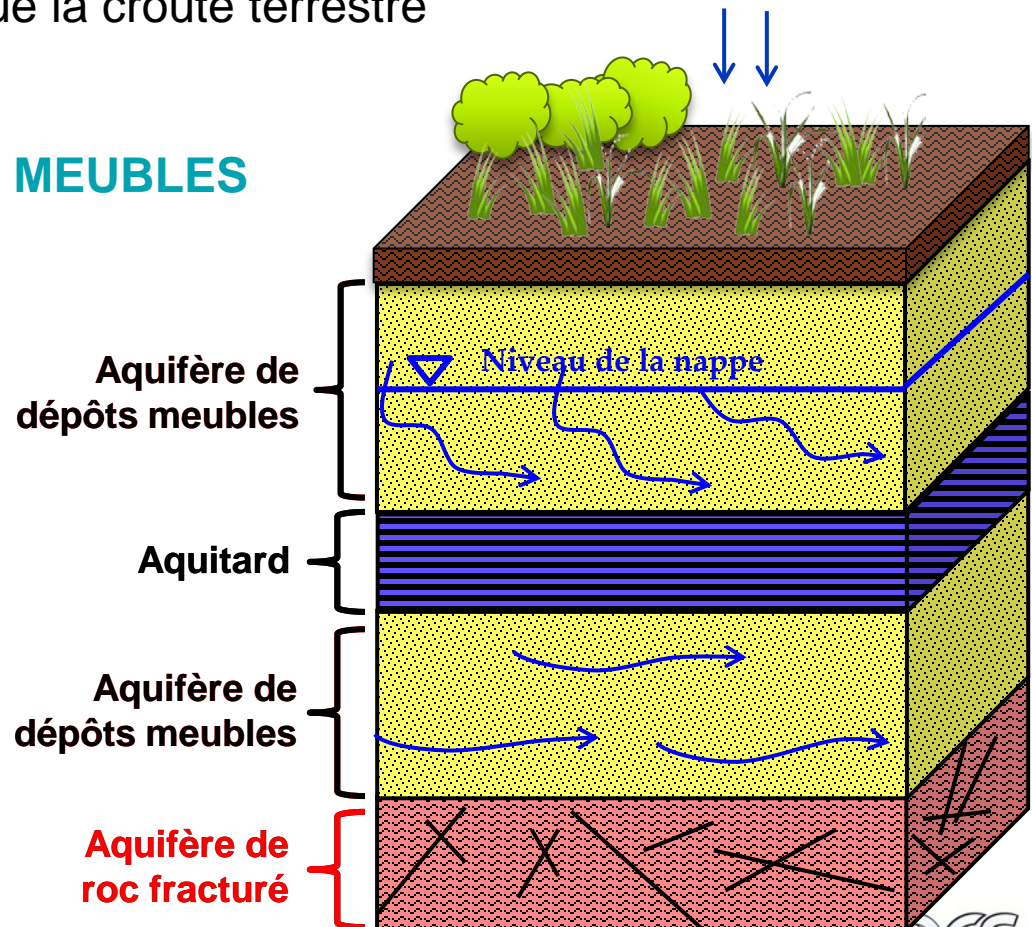
CdP
p. 13

❑ AQUIFERE DE ROC FRACTURÉ

- Le **roc fracturé** constitue la croûte terrestre

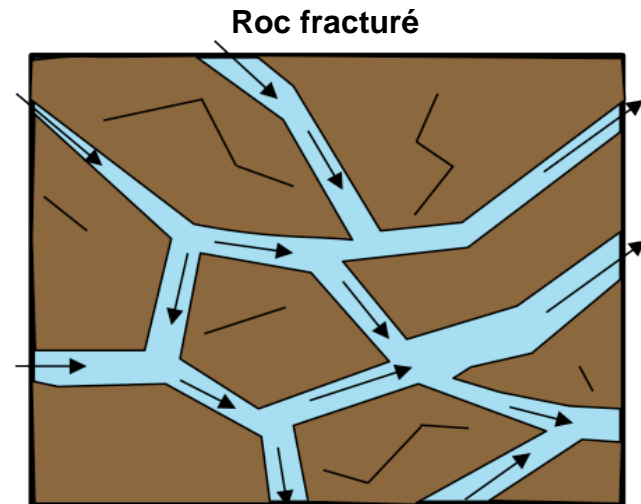
❑ AQUIFERE DE DÉPÔTS MEUBLES (ou granulaire)

- Les **dépôts meubles** sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent



❑ L'eau se retrouve :

- Dans les **pores** de la roche, mais leur faible interconnexion ne permet pas une circulation efficace de l'eau
- Dans les **fractures** qui permettent une circulation d'eau parfois suffisante pour le captage
- En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer le plus de **fractures** possibles



Source : Leblanc et coll. (2013)

- ❑ Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules grossières (**sables** et **graviers**), il forme un **AQUIFÈRE**
 - Plus les **pores** sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable
 - Le pompage de débits importants est souvent possible

- ❑ Lorsqu'un dépôt meuble est constitué de particules fines (**argiles** et **silts**), il forme un **AQUITARD**
 - Plus les **pores** sont petits, moins ils sont interconnectés et moins le dépôt meuble est perméable

Graviers



Source : Leblanc et coll. (2013)

Argiles



Source : Sim Sepp (2005)

□ TILL

- Résultant du transport par les glaciers de fragments arrachés au substrat rocheux et la reprise en charge de dépôts meubles anciens
- Pour l'AT1, composés de grains de toutes tailles dans une **matrice sableuse** – perméables (**aquifère**)



❑ SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

- **ESKER** : Formé sous ou à l'intérieur du glacier par les eaux de fonte
- **MORAINE** : Formé en bordure ou marge du glacier par les eaux de fonte
- Composés de **sables**, **graviers** et **blocs** – perméables (**aquifère**)



❑ SÉDIMENTS GLACIOLACUSTRES D'EAU PROFONDE

- Déposé dans le lac Barlow-Ojibway, lors de la dernière déglaciation
- Composés de rythmites d'**argiles** et de **silts** (varves) – imperméables (**aquitard**)



❑ SÉDIMENTS LITTORAUX

- Remaniement des sédiments fluvioglaciaires par l'action des vagues du lac Barlow-Ojibway

❑ SÉDIMENTS ÉOLIENS

- Remaniement des sédiments fluvioglaciaires ou littoraux par l'action du vent
- Composés de **sables**, **sables silteux** et **graviers** – perméables (**aquifère**)



❑ DÉPÔTS ORGANIQUES

- Constituent les **milieux humides**, surtout des **tourbières**
- Couche inférieure composée de matière organique décomposée – peu perméable (**aquitard**)
- Couche supérieure composée de matière organique fraîche – perméable (**aquifère**)



Colonne stratigraphique simplifiée
utilisée pour le Projet PACES-AT1

Sédiments éoliens,
alluvionnaires et organiques.

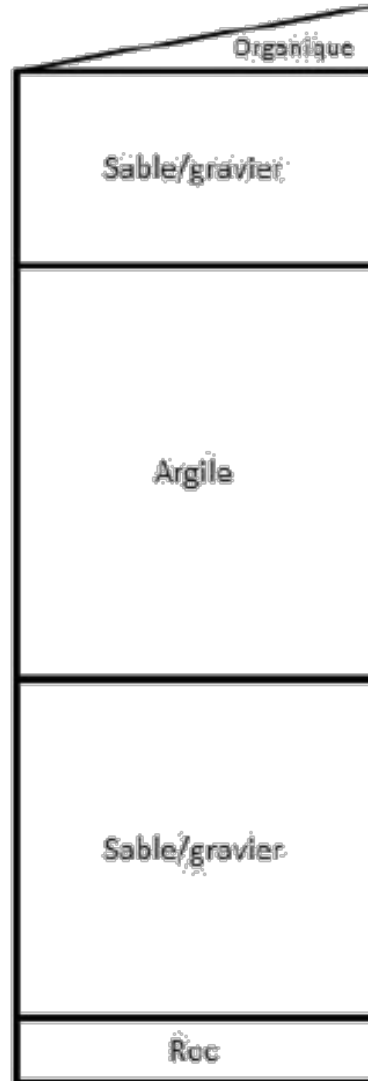
Sédiments littoraux

Sédiments glaciolacustres
d'eau profonde

Sédiments
fluvio-glaciaires

Till

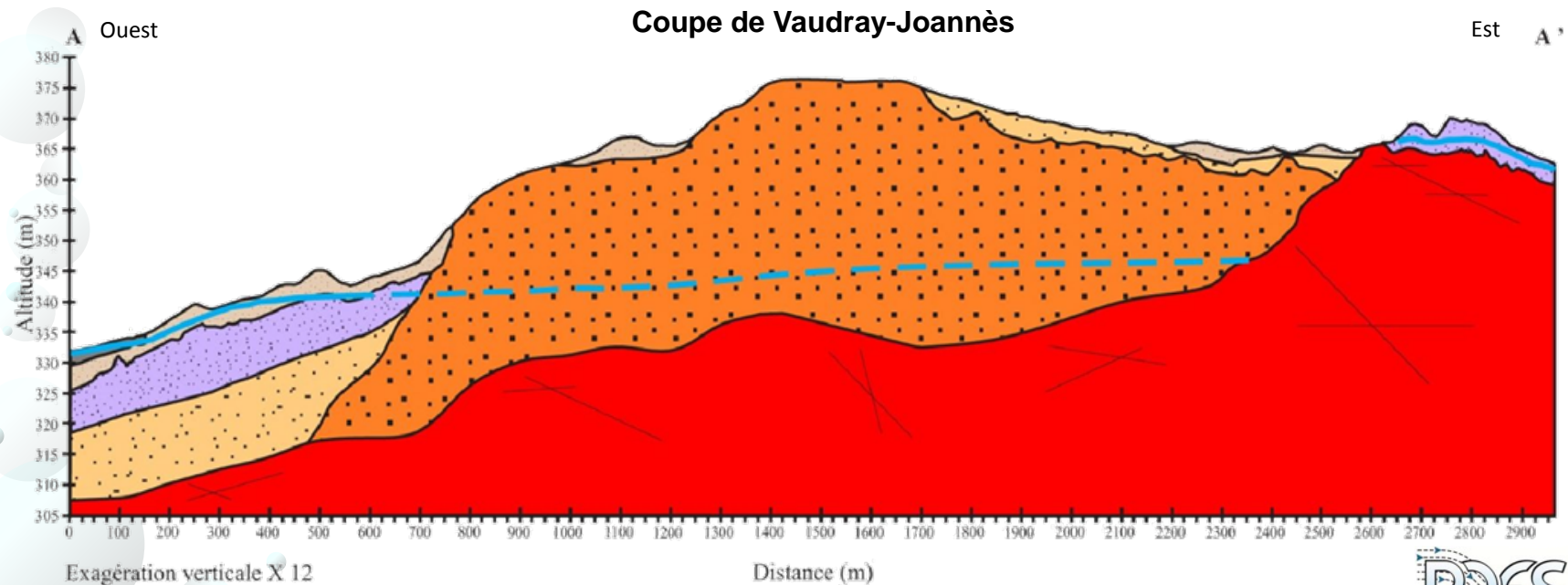
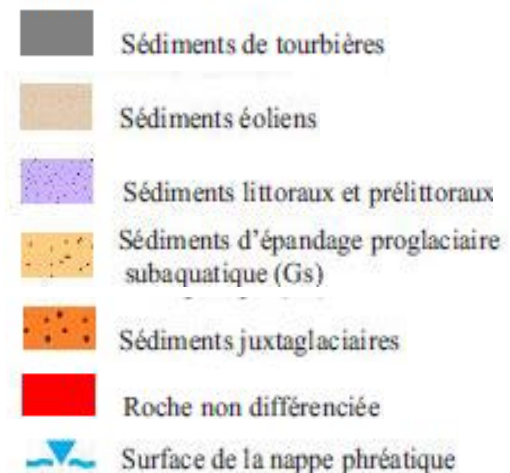
Roc.



- La **colonne stratigraphique** illustre la séquence complète de sédimentation des dépôts meubles rencontrés en profondeur
 - Sédiments les plus récents en surface
 - Sédiments les plus anciens en contact avec le roc












STRATIGRAPHIQUE

- La **coupe stratigraphique** représente la superposition des dépôts meubles et du roc en profondeur, ce qui permet d'en apprécier leur continuité, leur étendue et leur épaisseur



SÉQUENCES STRATIGRAPHIQUES

LÉGENDE

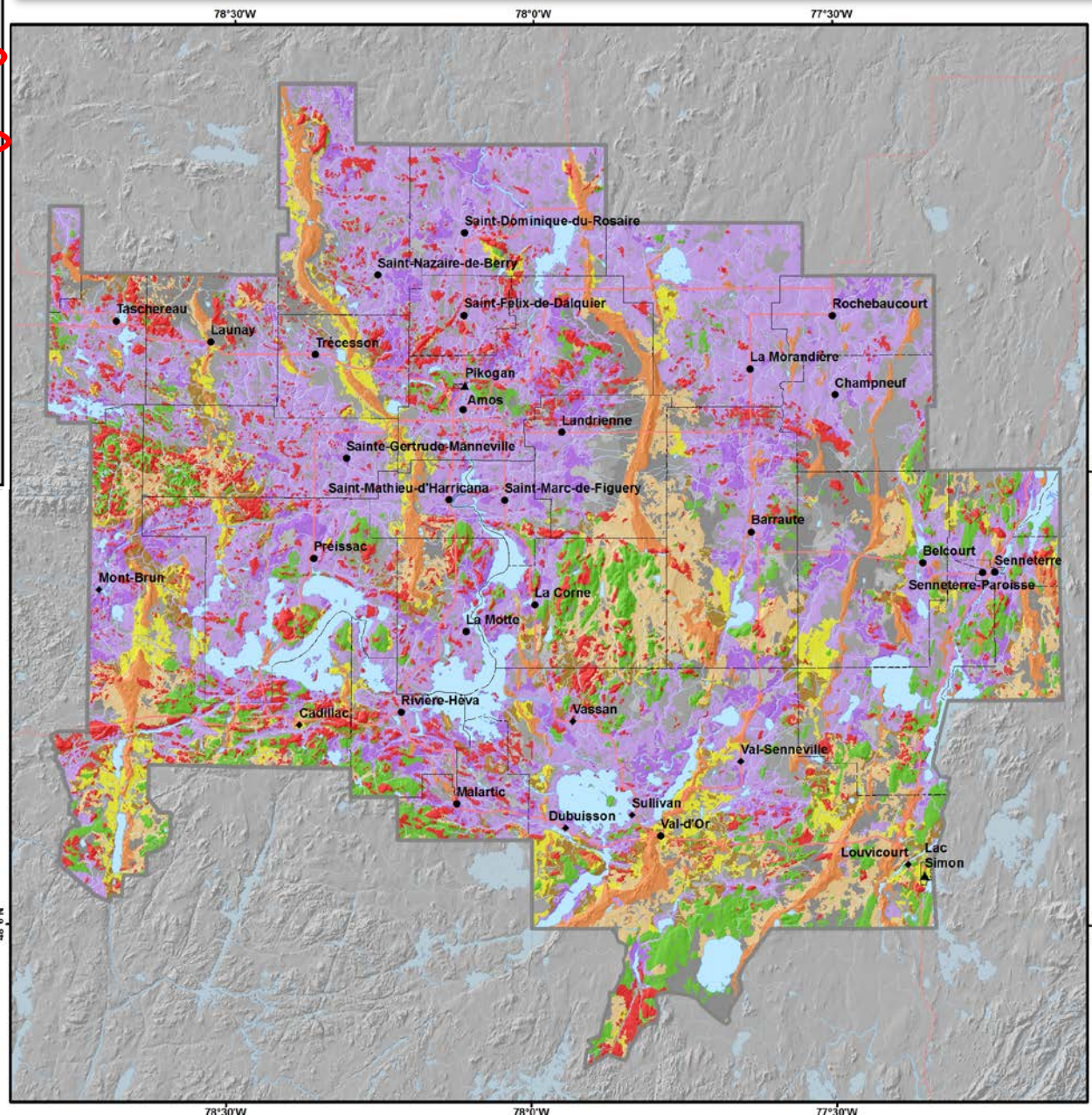
	1: Roc
	2: Till sur roc
	3: Sable/gravier sur roc
	4: Sable/gravier sur till sur roc
	5: Argile sur sable/gravier sur roc
	6: Sable/gravier sur argile sur sable/gravier sur roc
	7: Argile sur roc
	8: Sable/gravier sur argile sur roc
	9: Organique sur argile sur roc
	10: Organique sur argile sur sable/gravier sur roc
	11: Organique sur sable/gravier sur till sur roc

- Représentent la répartition spatiale de séquences types de dépôts meubles

- 11 séquences stratigraphiques

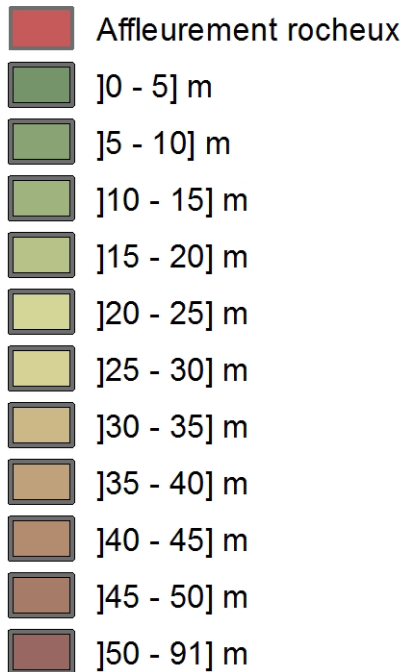
- Séquence 5 = la plus commune (34% du territoire)

- Eskers/moraines = 6% du territoire

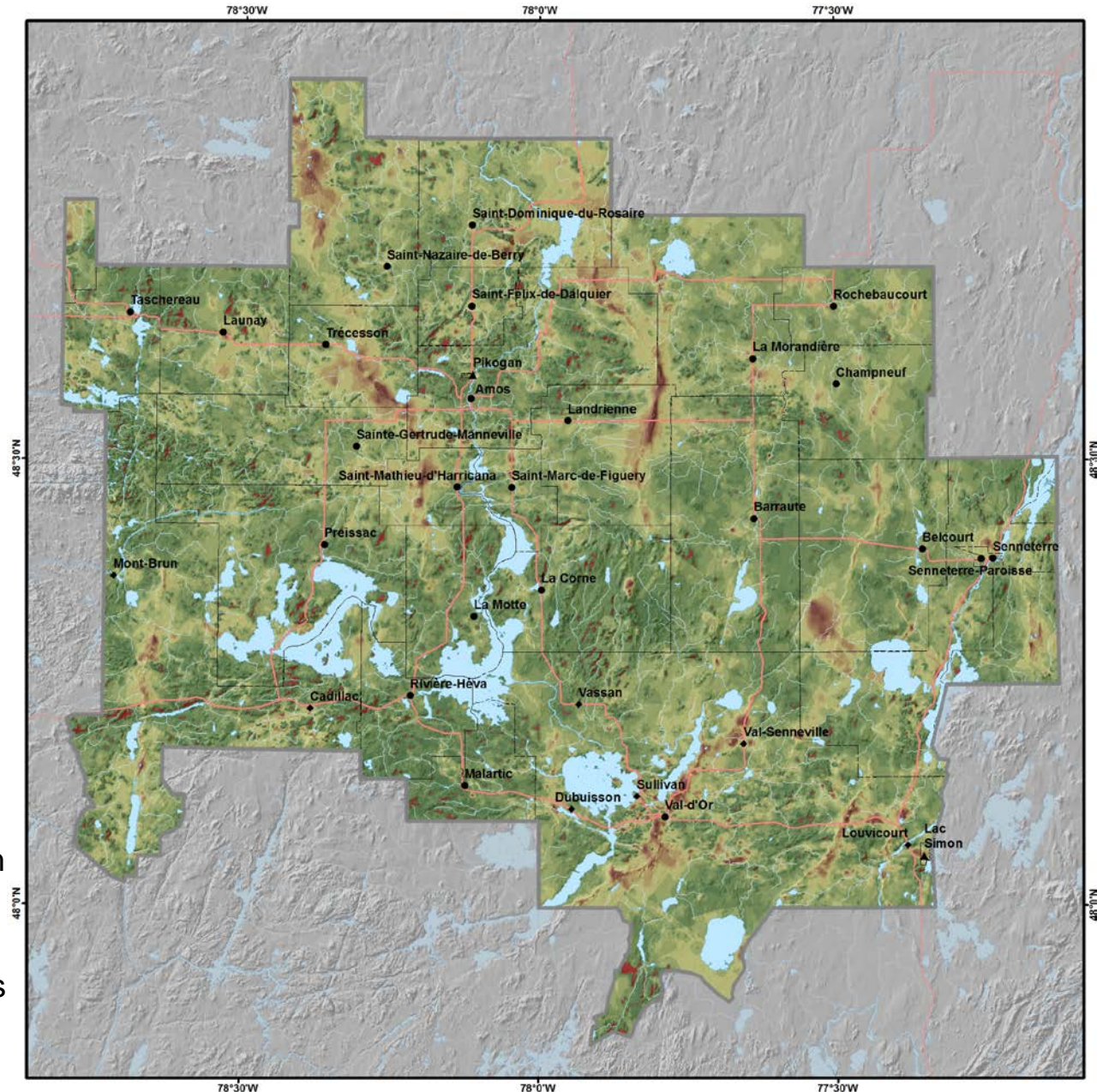


ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

LÉGENDE



- Utile pour identifier l'épaisseur des aquifères granulaires (ex.: eskers)
- Épaisseur max = 90 m
- Eskers/moraines = > 35 m
- Hauts topographiques + remontées du roc = les plus faibles épaisseurs



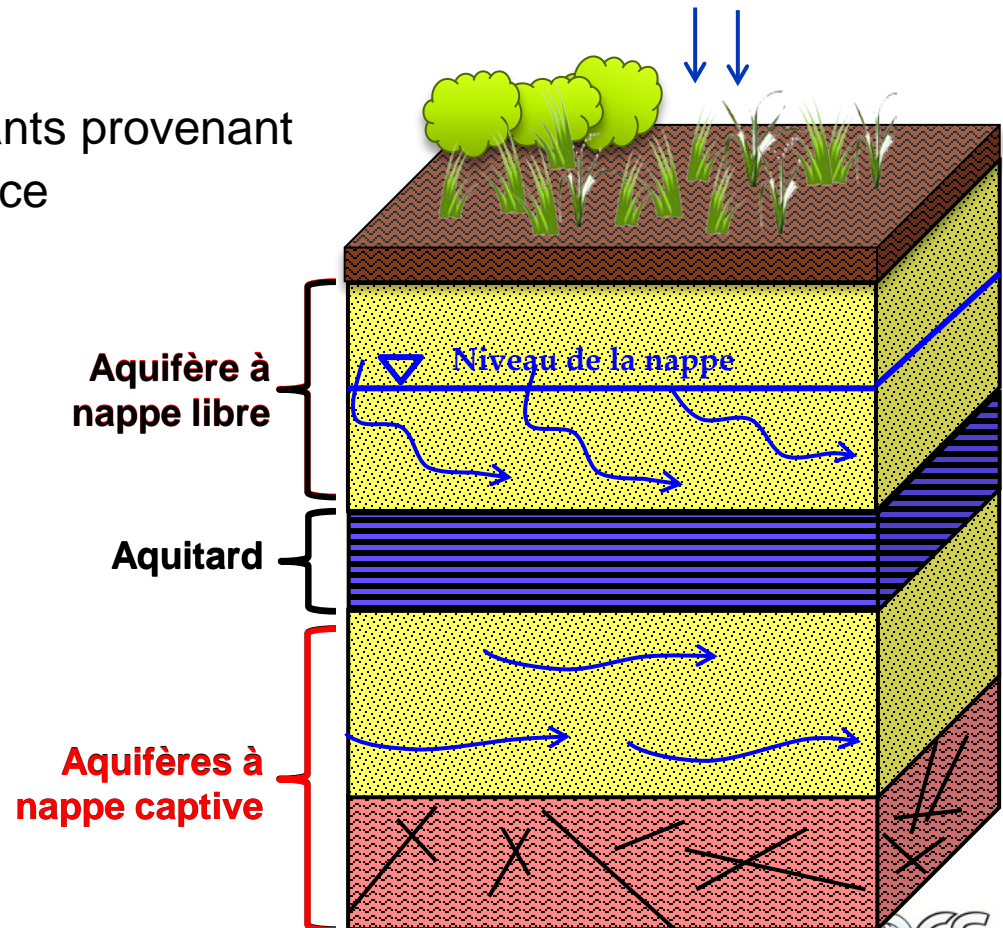
❑ Aquifère à **NAPPE CAPTIVE** → emprisonné sous un **aquitard**

- Pas directement rechargé par l'infiltration verticale
- Protégé des contaminants provenant directement de la surface

❑ Aquifère à **NAPPE LIBRE**

→ pas recouvert par un **aquitard**, est en contact direct avec l'atmosphère

- Directement rechargé par l'infiltration verticale
- Plus vulnérable à la contamination



CONDITIONS DÉCOULEMENT DE LA NAPPE

LÉGENDE

Condition de nappe libre

■ Roc fracturé

■ Till généralement continu

■ Sédiments granulaires

Condition de nappe captive

■ Argile et limon recouvrant le roc et/ou des sédiments granulaires

• Aquifères à **nappe libre** :

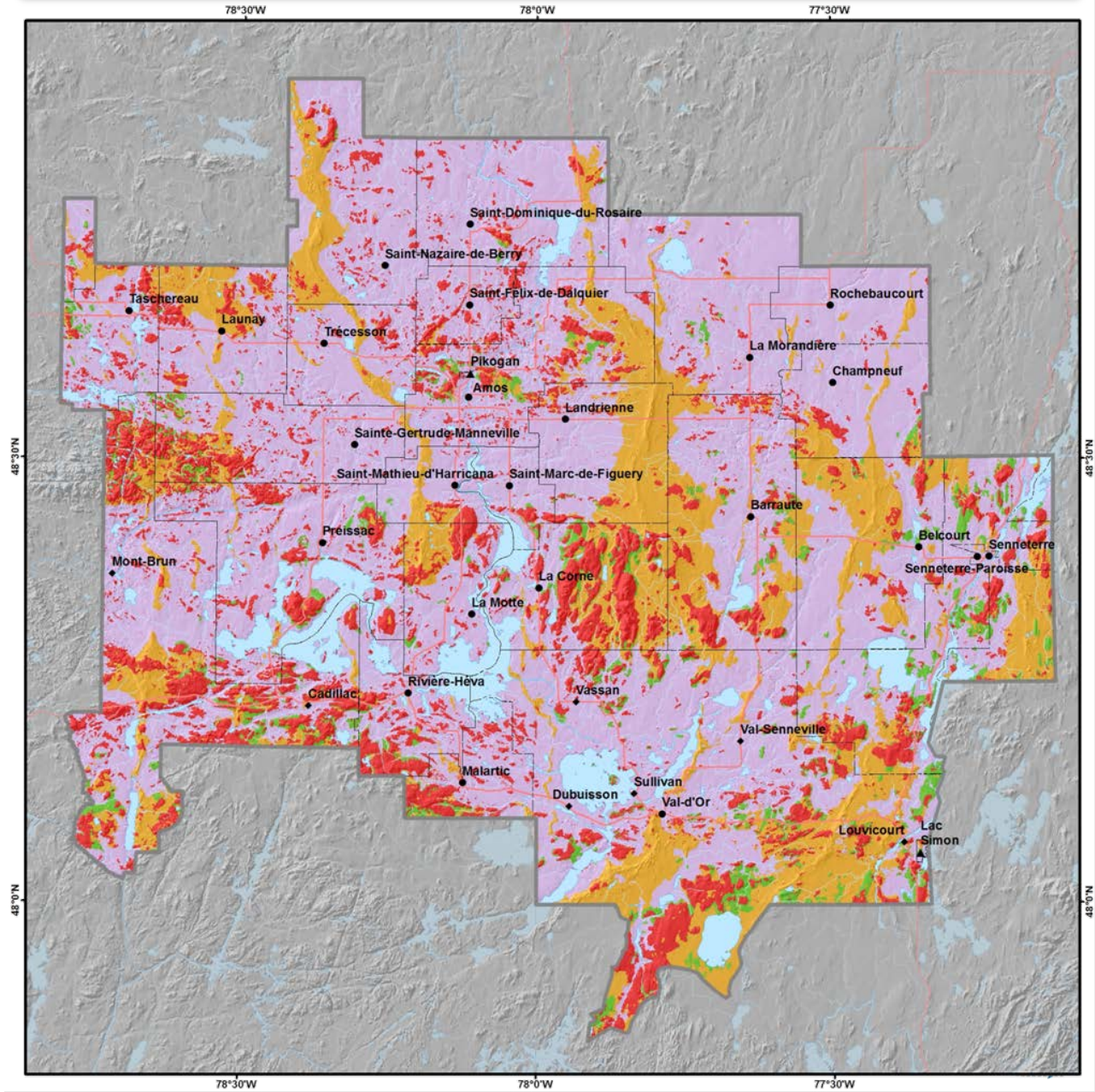
- ✓ 37% du territoire
- ✓ crêtes et flancs d'eskers/moraines
- ✓ remontées du roc

• Aquifères à **nappe captive** :

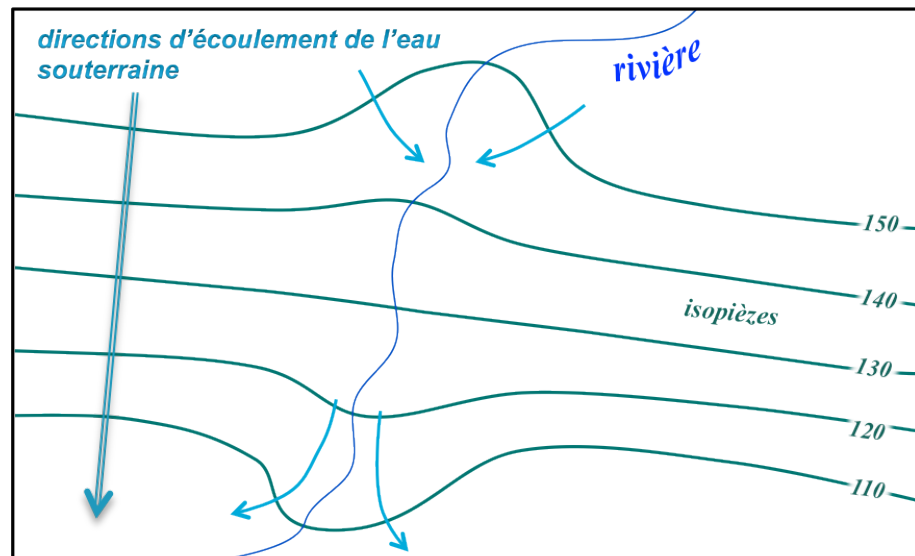
- ✓ 63% du territoire
- ✓ plaine argileuse

• Altitude **320 m** :

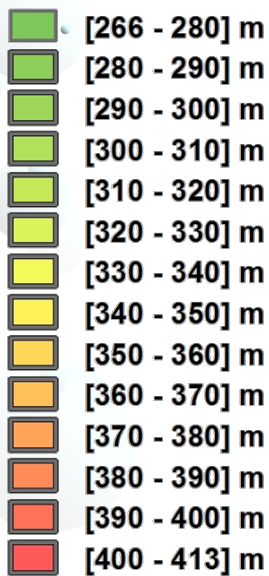
- ✓ limite de déposition des argiles
- ✓ sépare les deux types d'aquifères



- ❑ Le **niveau piézométrique** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation du niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits.
- ❑ La **PIÉZOMÉTRIE** indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui circule des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.



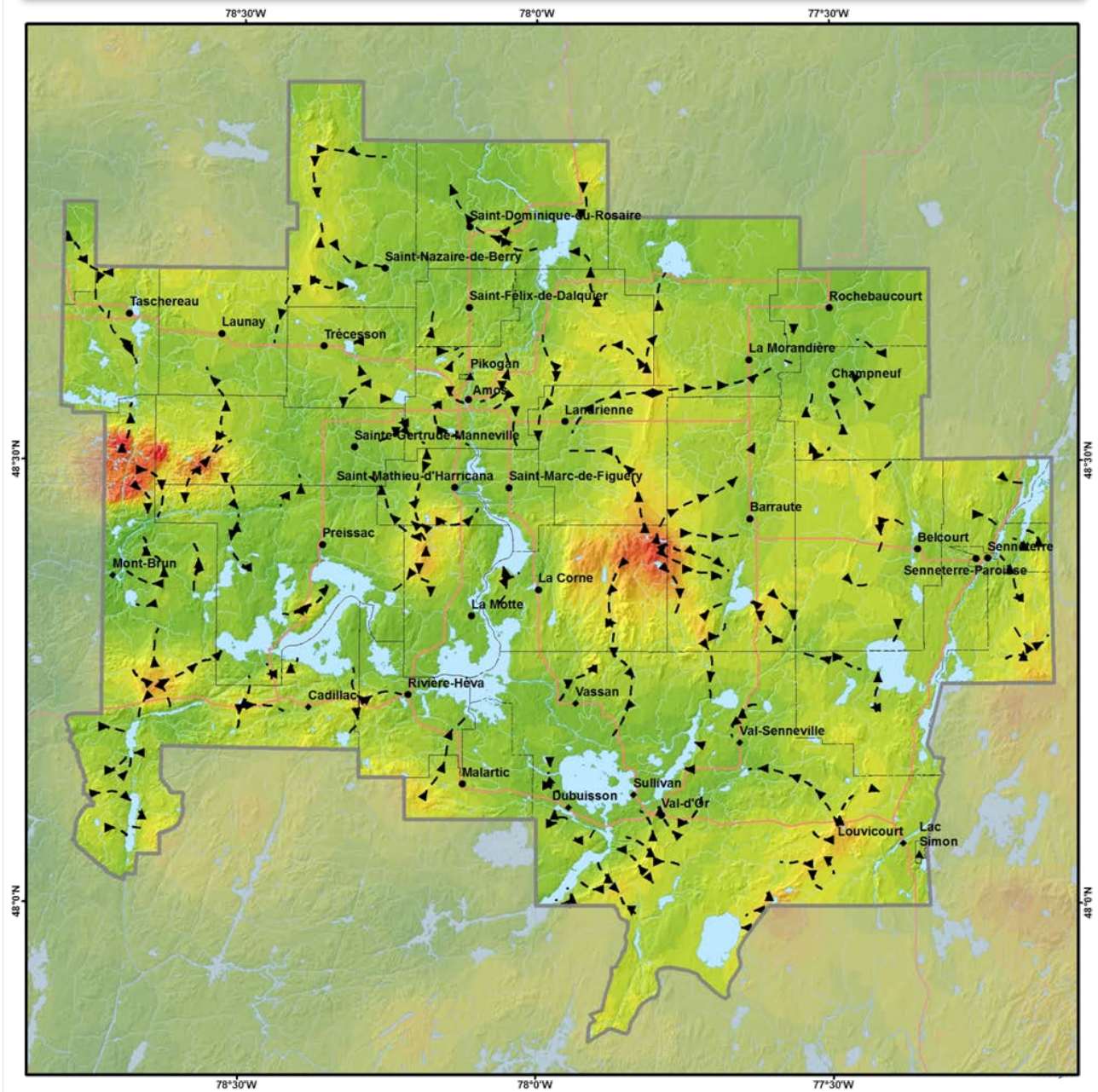
LÉGENDE



► -- ► Direction d'écoulement

- Entre 266 et 413 m d'altitude
- Niveau élevé = Collines Abijévis et Mont Vidéo + les crêtes d'eskers/moraine
- Niveau bas = plaine argileuse
- Écoulement depuis les hauts vers les bas topographiques

PIÉZOMÉTRIE




- ❑ La **RECHARGE** contribue au renouvellement de l'eau souterraine en alimentant l'aquifère par l'infiltration des précipitations à la surface.
 - Les **zones préférentielles de recharge** sont situées où la couverture de dépôts meubles est la plus perméable.
- ❑ Les **RÉSURGENCES** désignent les endroits où l'eau souterraine réapparaît en surface, au terme de son parcours souterrain.
 - Elles sont généralement **diffuses** (c.-à.-d. largement étendue), et se manifestent par la présence de **milieux humides** ou par l'**exfiltration** d'eau souterraine dans les cours d'eau.
 - Elles sont parfois **ponctuelles** (c.-à.-d. en un point précis) et forment des **sources**.





RECHARGE PRÉFÉRENTIELLE ET RÉSURGENCE




LÉGENDE

 Zone de recharge préférentielle

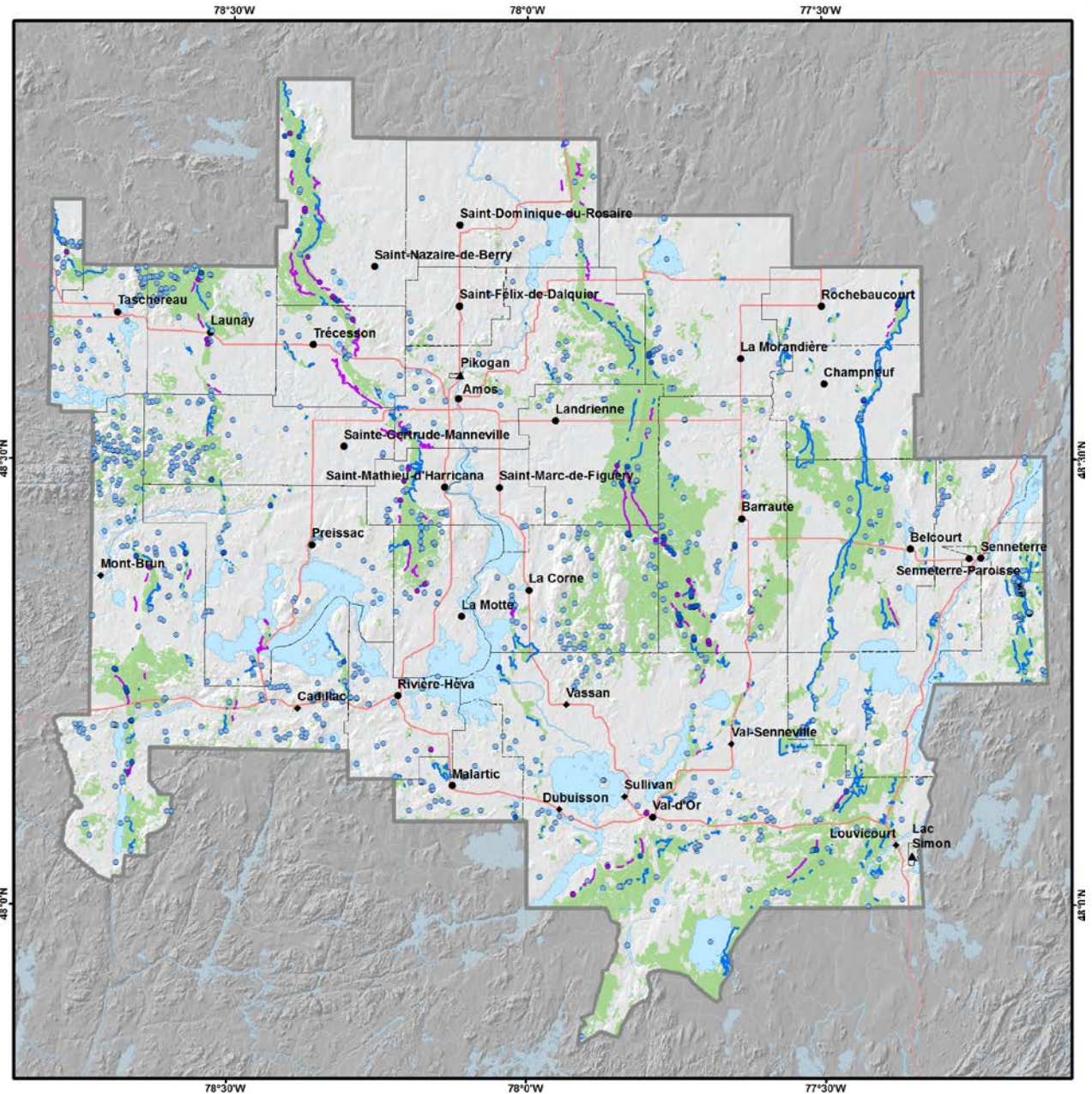
Sources ponctuelles

-  source
-  source probable

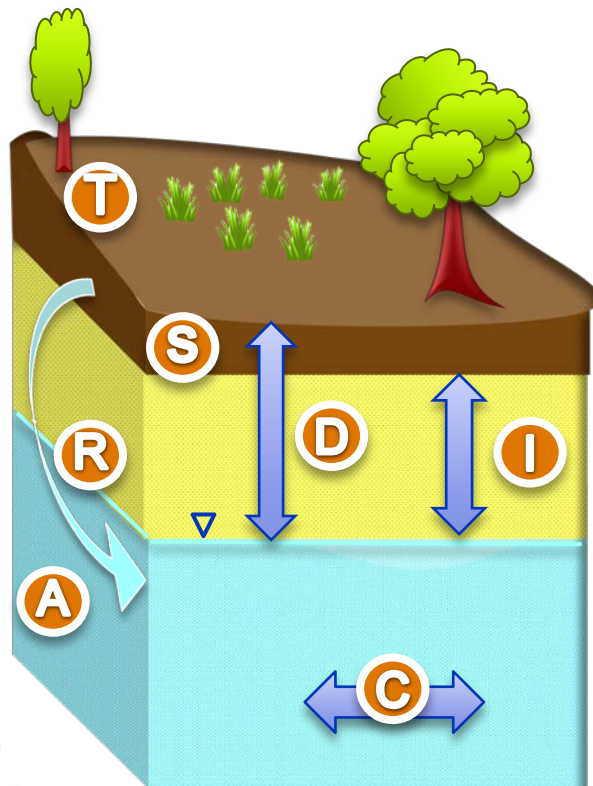
Sources diffuses

-  Source diffuse développant un réseau dendritique
-  Source diffuse (contact esker/tourbière)
-  Élément du réseau hydrographique en contact avec une nappe libre

- Recharges calculées entre 10 et 399 mm/an
- Valeurs les plus élevées = eskers et moraines
- Valeurs les plus faibles = plaine argileuse
- **Zones préférentielles de recharge** > 254 mm/an
- **Zones préférentielles de résurgence** au niveau des flancs d'eskers et moraines



- ❑ La méthode **DRASTIC** évalue la **vulnérabilité** intrinsèque d'un aquifère, soit sa susceptibilité de se voir affecter par une contamination provenant de la surface
- ❑ Le calcul de l'indice **DRASTIC** tient compte de sept paramètres physiques et hydrogéologiques :



D : profondeur de la nappe (*Depth*)

R : Recharge

A : nature de l' **A**quifère

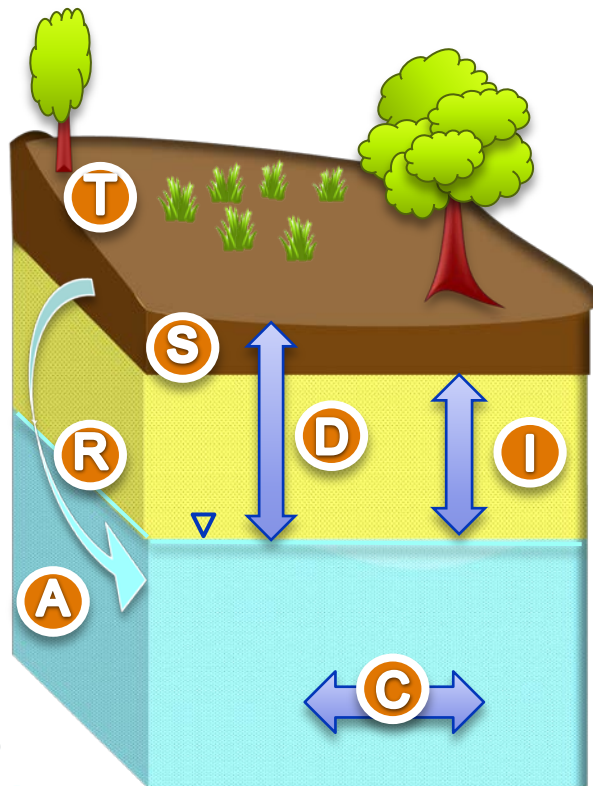
S : type de **S**ol

T : pente du terrain (*Topography*)

I : **I**mpact de la zone vadose

C : **C**onductivité hydraulique de l'aquifère

- L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226
 - Plus il est élevé, plus la **vulnérabilité** est élevée



D : profondeur de la nappe (*Depth*)

R : Recharge

A : nature de l' **A**quifère

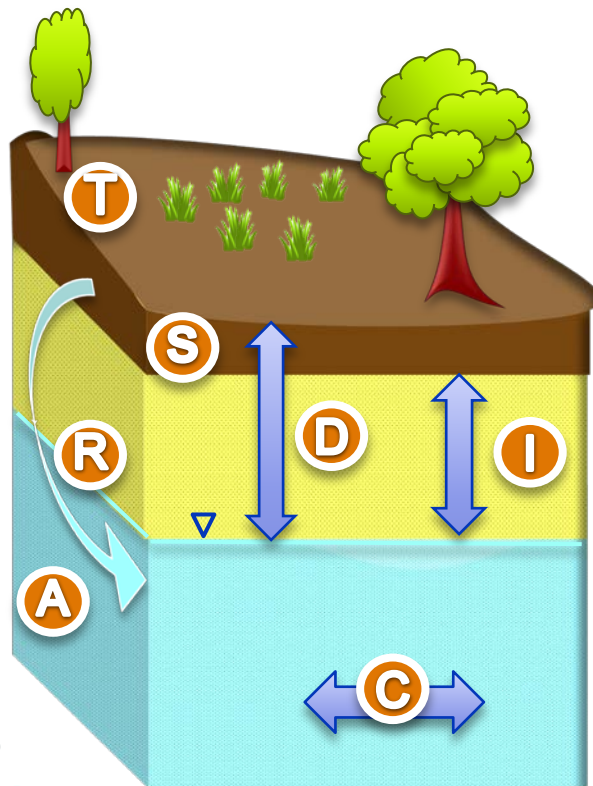
S : type de **S**ol

T : pente du terrain (*Topography*)

I : **I**mpact de la zone vadose

C : **C**onductivité hydraulique de l'aquifère

- Le **risque de contamination** des eaux souterraines peut être estimé en jumelant l'indice **DRASTIC** et l'impact des **activités humaines potentiellement polluantes**



D : profondeur de la nappe (*Depth*)

R : Recharge

A : nature de l' **A**quifère

S : type de **S**ol

T : pente du terrain (*Topography*)

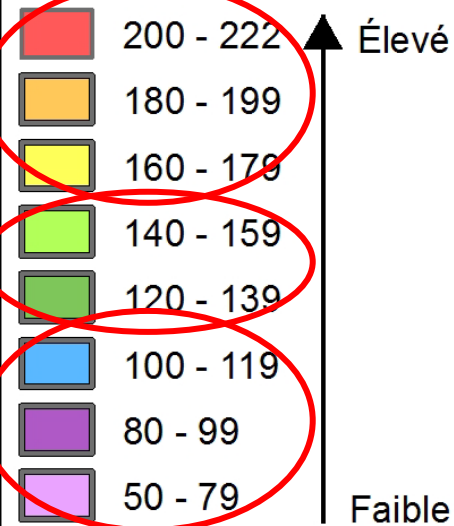
I : **I**mpact de la zone vadose

C : **C**onductivité hydraulique de l'aquifère

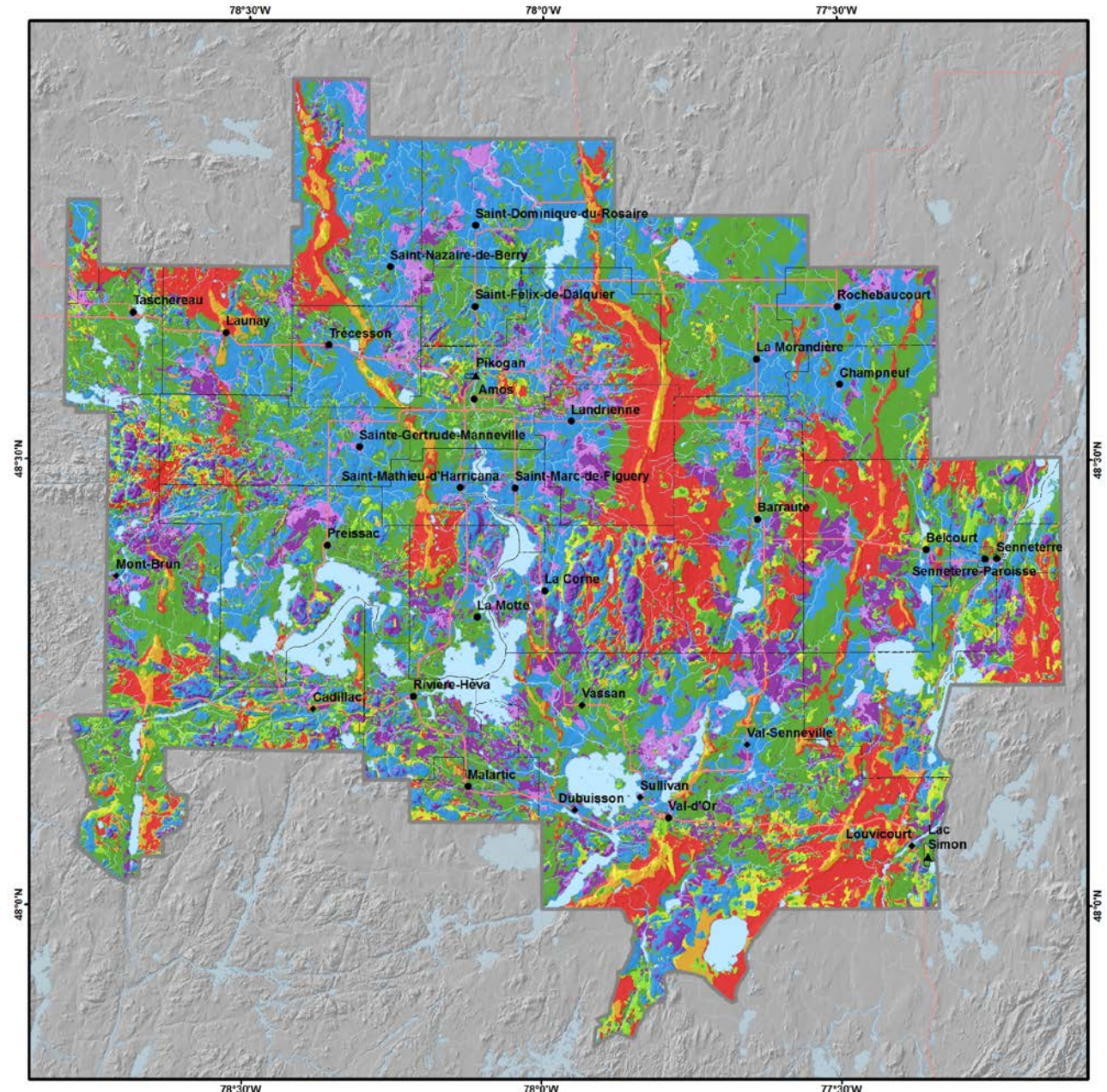
VULNÉRABILITÉ DES AQUIFÈRES

LÉGENDE

Indice DRASTIC



- Vulnérabilité relativement **élevée** :
 - ✓ 25% du territoire
 - ✓ eskers et moraines
- Vulnérabilité relativement **faible** :
 - ✓ 40% du territoire
 - ✓ plaine argileuse
- Vulnérabilité relativement **moyenne** :
 - ✓ 35% du territoire



- ❑ La composition géochimique de l'eau souterraine est influencée par la **dissolution** de certains minéraux présents dans les matériaux géologiques.
 - Plus le **temps de résidence** de l'eau dans un aquifère est long, plus l'eau souterraine sera concentrée en **matière dissoute totale** (MDT).

- ❑ Les **conditions d'écoulement de la nappe** influencent la géochimie de l'eau souterraine.
 - **Nappe libre** : eau récente, peu de MDT, signature géochimique associée à l'eau de précipitation
 - **Nappe captive** : eau ancienne, plus concentrée en MDT, parfois saumâtre.

- ❑ SANTÉ HUMAINE : Les **concentrations maximales acceptables** (CMA) sont des **normes** bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine.
 - Ex : Arsenic < 0,01 mg/L afin de prévenir certains cancers et des effets cutanés, vasculaires et neurologiques.
 - Ex : Baryum < 1 mg/L pour éviter des maladies cardiovasculaires ou une augmentation de la pression artérielle

DÉPASSEMENTS DE CRITÈRES DE SANTÉ

LÉGENDE

● Site d'échantillonnage

Dépassements de la CMA

Arsenic (As)

⊗ Puits dans aquifère indéterminé

■ Puits au roc

Baryum (Ba)

■ Puits au roc

Cadmium (Cd)

▲ Puits dans sédiments

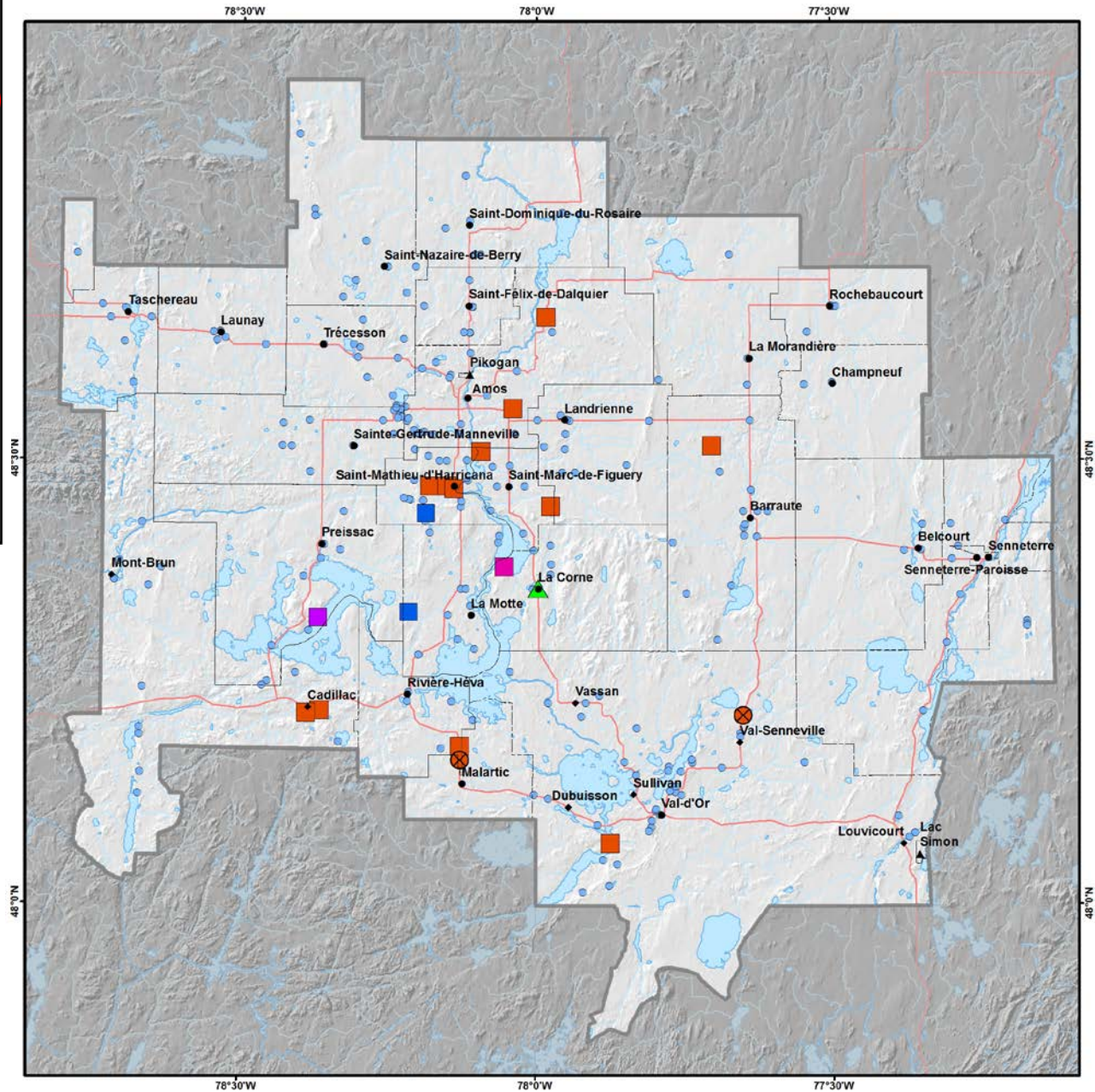
Fluorures (F)

■ Puits au roc

Uranium (U)

■ Puits au roc

- 309 échantillons
- 14 dépassements en As
- 1 ou 2 dépassements pour les autres paramètres
- Dépassements plus nombreux dans l'**aquifère de roc fracturé**, en conditions de **nappe captive**



- ❑ Les **objectifs esthétiques** (OE) sont des **recommandations** pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine.
 - Ex : Fer < 0,3 mg/L, fondé sur le goût et les taches sur la lessives et accessoires de plomberie
 - Ex : Sulfures < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et l'odeur

LÉGENDE

Sites d'échantillonnage

Sans dépassement d'OE

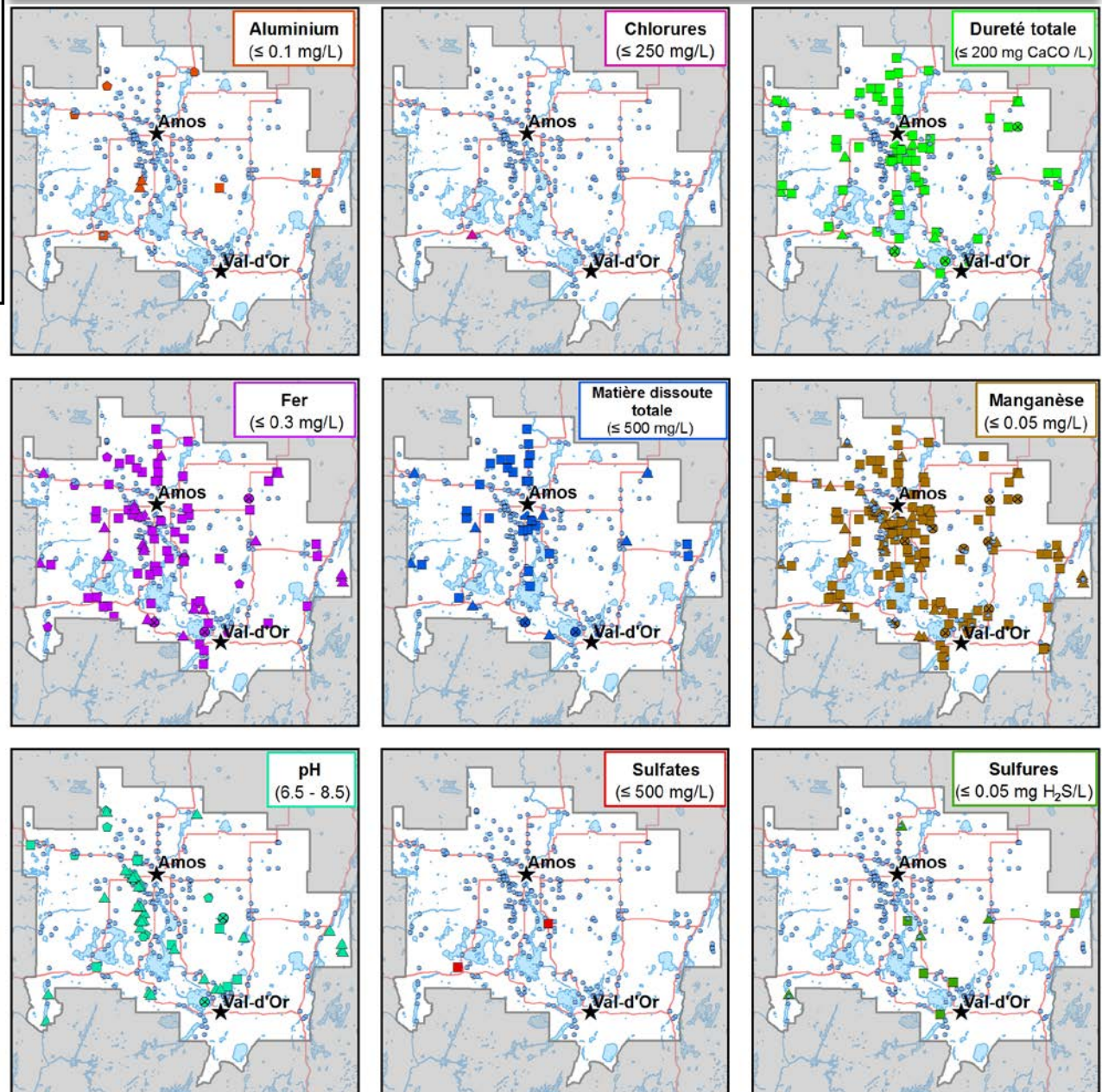
- Site d'échantillonnage

Avec dépassement d'OE

- ◻ Puits au roc
- ◴ Puits dans sédiments
- ⊗ Puits dans aquifère indéterminé
- ◊ Source

- 309 échantillons
- 444 dépassements :
 - ✓ 163 en Mg
 - ✓ 91 en Fe
 - ✓ 75 en dureté totale
 - ✓ 53 en pH
 - ✓ 40 en MDT
- Dépassements plus nombreux dans l'**aquifère de roc fracturé**, en conditions de **nappe captive**
- Exception pH, dans **aquifères granulaires**, en conditions de **nappe libre**

DÉPASSEMENTS DES CRITÈRES ESTHÉTIQUES



- ❑ Analyses **régionales** réalisées à l'échelle 1/100 000
- ❑ Méthodes de traitement impliquent des généralisations et une importante simplification de la complexité du milieu naturel
- ❑ Méthodes d'interpolation à partir de données de forage ponctuelles
- ❑ Répartition non-uniforme des données de base
- ❑ Qualité des données de base variable selon la source
- ❑ Variations temporelles de certaines mesures

→ Des études locales complémentaires sont nécessaires pour obtenir des informations spécifiques à une problématique donnée dans un endroit précis de la zone d'étude.

MERCI !

Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs

Québec 

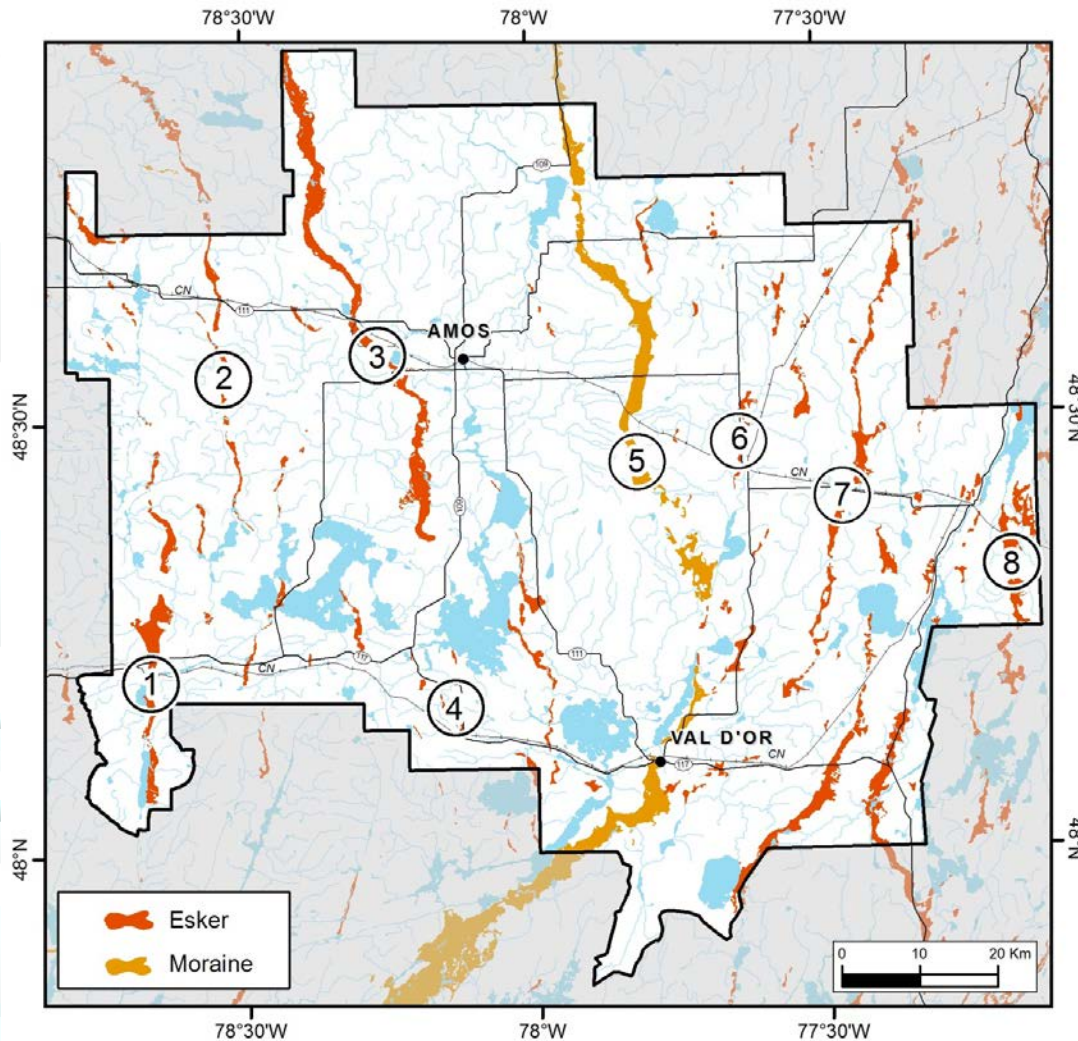
Partenaires du PACES-AT1 :



Contributeur de l'atelier :



ESKERS ET MORAINES



1. Esker Vaudray-Joannès
2. Esker de Launay
3. Esker St-Mathieu-Berry
4. Esker de Malartic
5. Moraine d'Harricana
6. Esker de Barraute
7. Esker du lac Despinassy
8. Esker de Senneterre