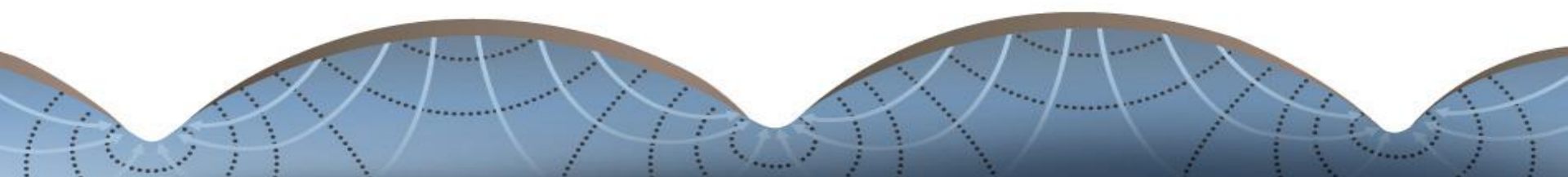


# Atelier A

## Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

*Charlevoix-Haute-Côte-Nord*

15 septembre 2017



**UQAC**  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC  
À CHICOUTIMI





# La licence Creative Commons

Cette œuvre est sous licence Creative Commons. Cette licence vous permet de remixer, arranger, et adapter cette œuvre à des fins non commerciales tant que vous créditez le RQES en citant son nom et que les nouvelles œuvres sont diffusées selon les mêmes conditions.



**Creative Commons** = œuvre sous licence Creative Commons.



**Paternité** = vous pouvez de copier, distribuer, adapter et modifiée l'œuvre à condition que le crédit soit donné en citant l'auteur (RQES).



**Pas d'utilisation commerciale** = vous ne pouvez pas utiliser l'œuvre à des fins commerciales.



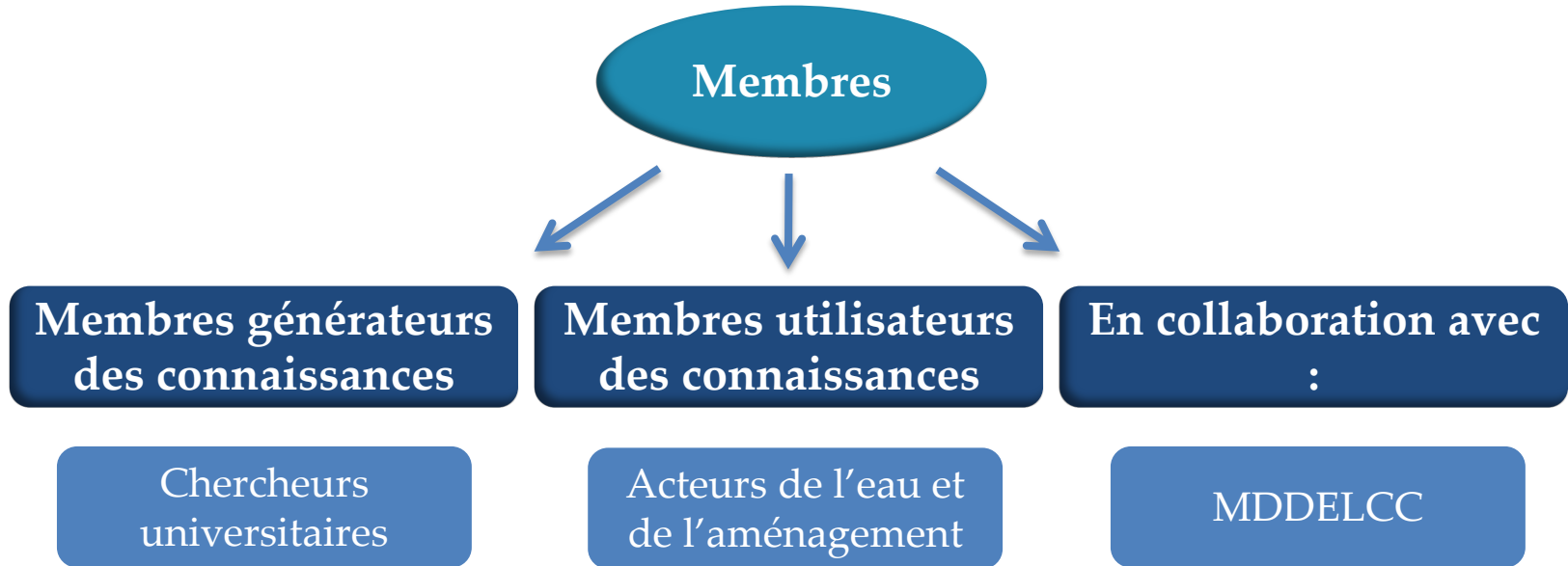
**Partage selon les conditions initiales** = vous pouvez distribuer l'œuvre modifiée sous une licence identique à l'œuvre originale.



Comment utiliser le logo et la licence sur vos documents? <https://creativecommons.org/>



# Le Réseau québécois sur les eaux souterraines



**Mission :** Consolider et étendre les collaborations en vue de la mobilisation des connaissances sur les eaux souterraines.



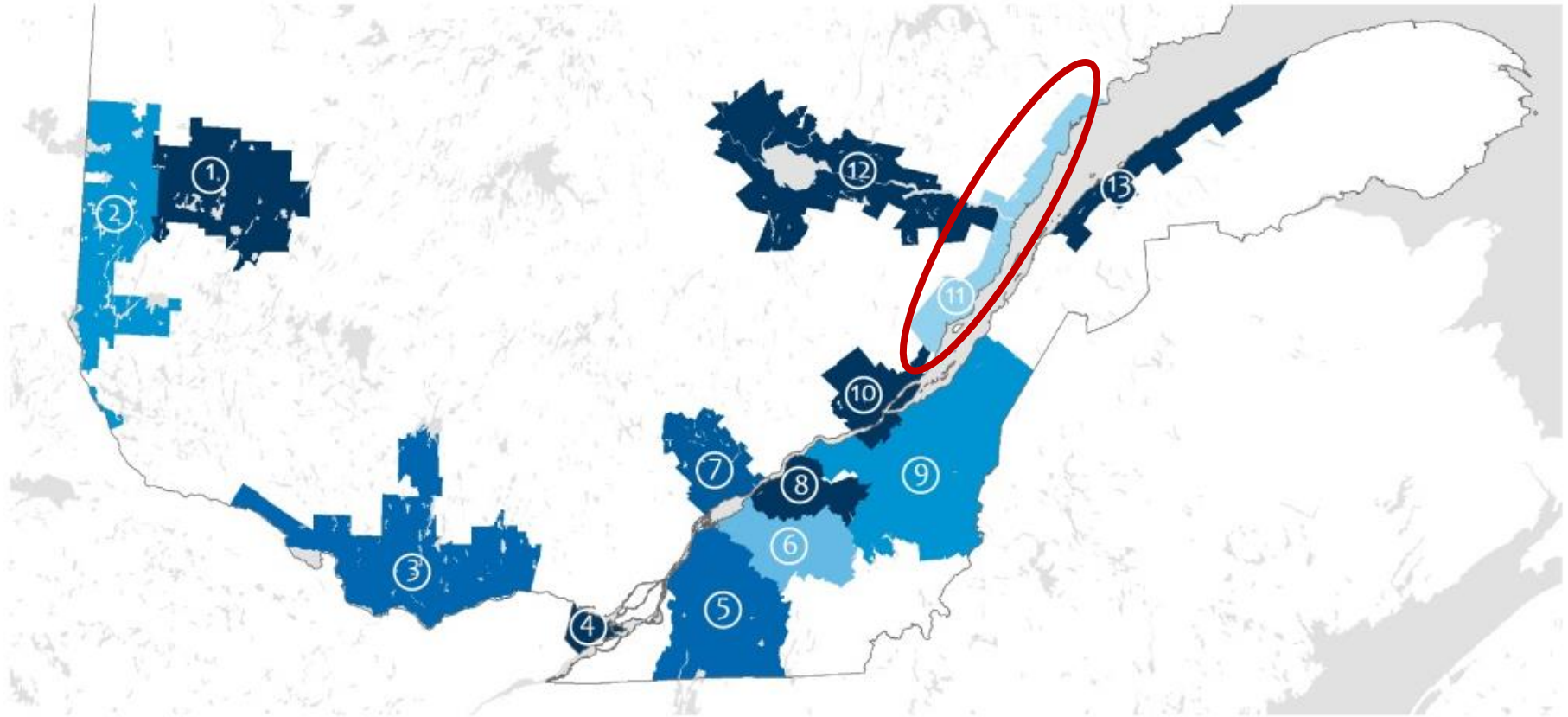
# Les ateliers de transfert des connaissances sur les eaux souterraines

- Prend appui sur des travaux de recherche (Ruiz, Pelchat, Campeau, 2013) où l'on a évalué :
  - les freins rencontrés par les acteurs de l'aménagement et de l'eau dans le développement de mesures de protection et de gestion des eaux souterraines
  - les besoins d'appropriation des connaissances sur les eaux souterraines de ces mêmes acteurs





# Le programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines

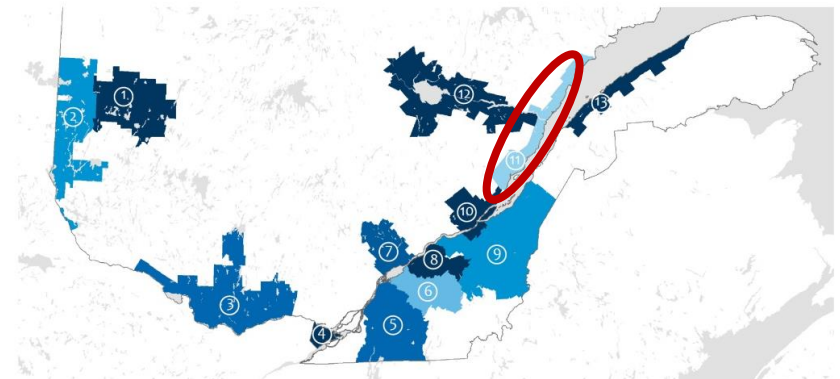




Programme d'Acquisition de **C**onnaissances  
sur les **E**aux **S**outerraines  
Charlevoix - Haute-Côte-Nord

□ Le PACES-CHCN visait à répondre aux questions suivantes :

- D'où vient l'eau souterraine et où va-t-elle ?
- Est-elle potable et quelle est sa qualité ?
- Quelle est la nature des formations géologiques qui la contiennent ?
- En quelle quantité la retrouve-t-on ?
- Est-elle vulnérable aux activités humaines ?



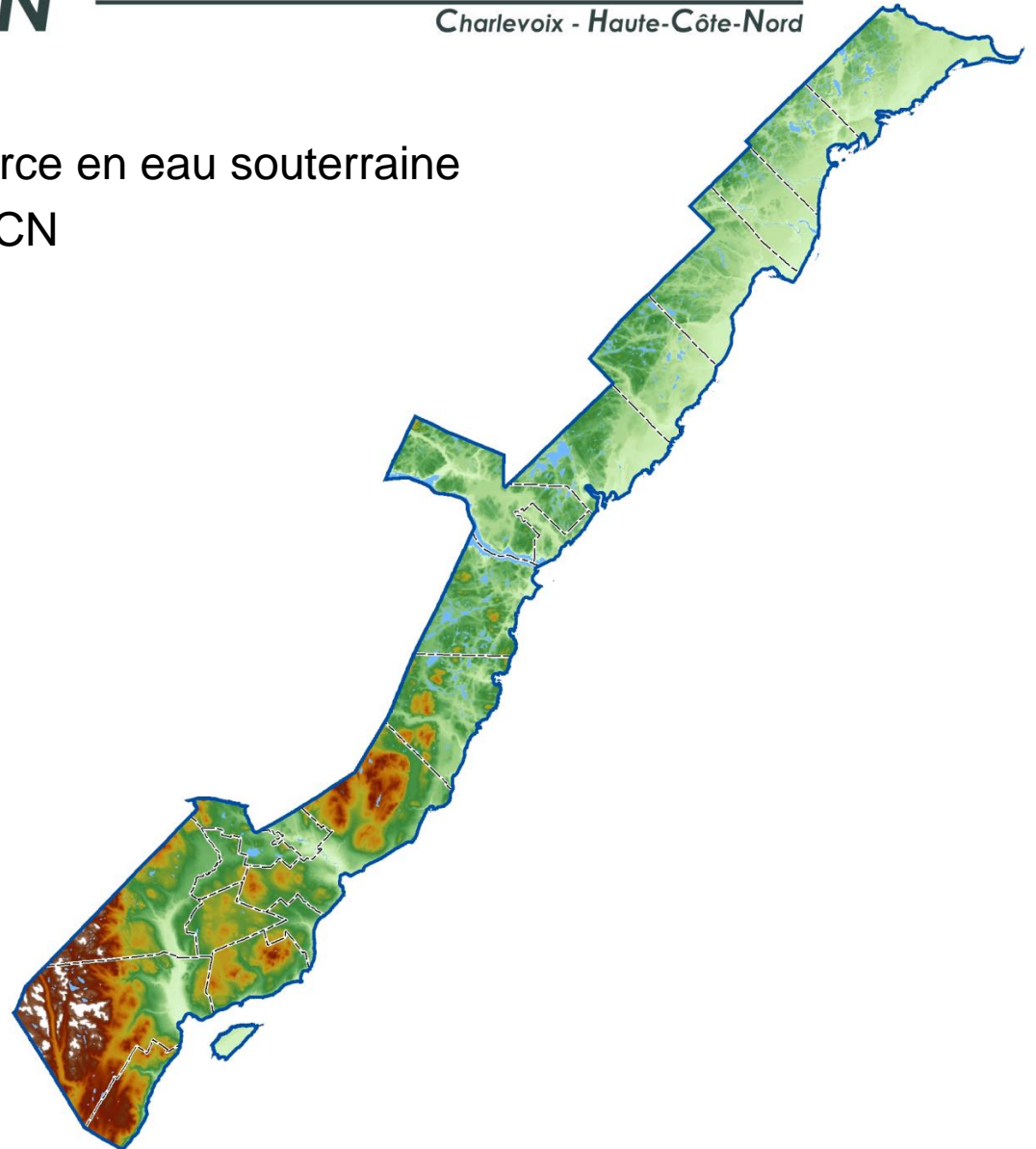


Programme d'Acquisition de **C**onnaissances  
sur les **E**aux **S**outerraines  

---

Charlevoix - Haute-Côte-Nord

- ❑ 1<sup>er</sup> portrait régional de la ressource en eau souterraine du territoire municipalisé de CHCN
  
- ❑ Superficie de 4 588 km<sup>2</sup>
  
- ❑ Comprend :
  - 3 MRC
  - 21 municipalités
  - 1 territoire autochtone
  - 2 OBV
  
- ❑ Population de 40 930 habitants

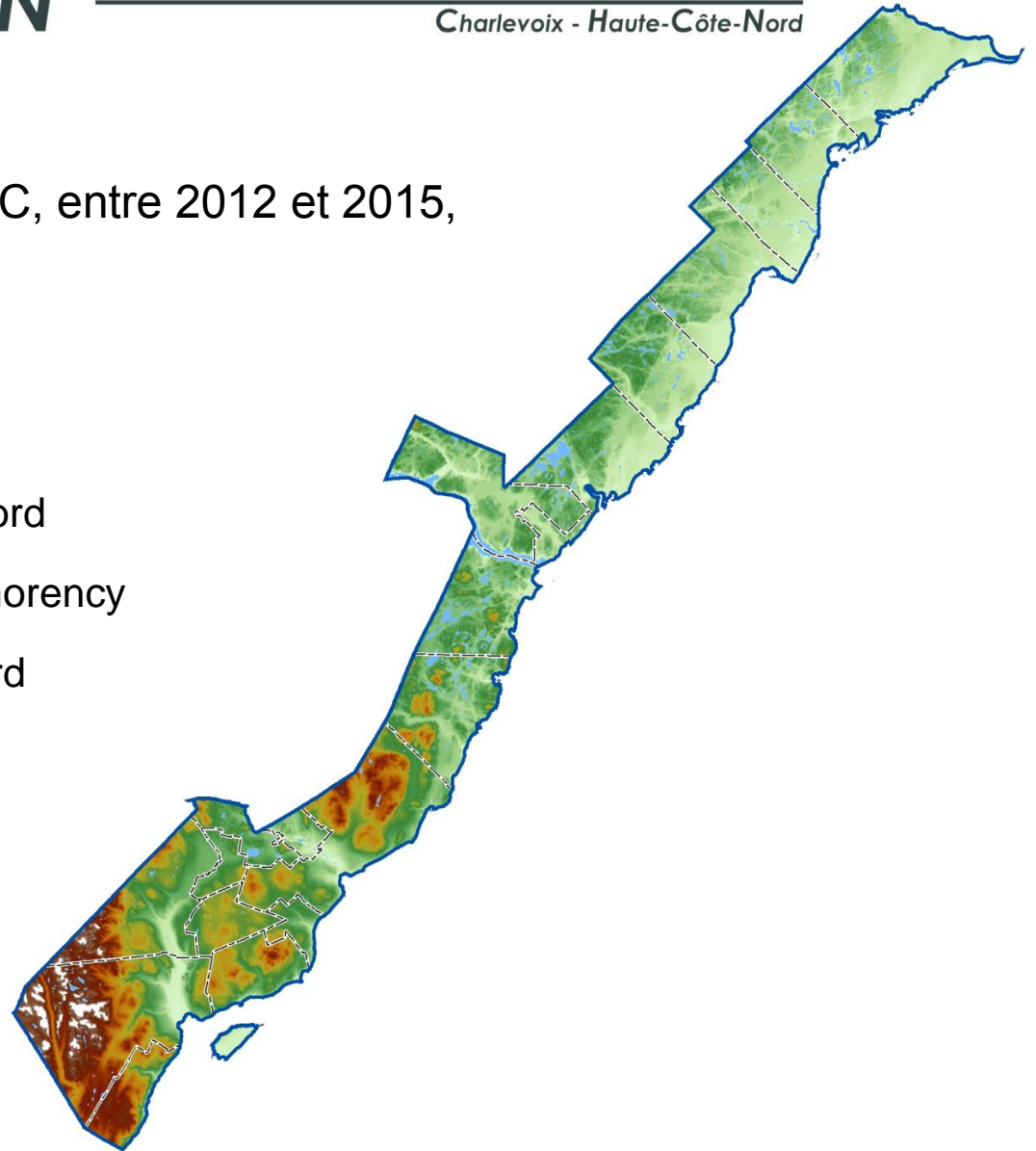






Programme d'Acquisition de **C**onnaissances  
sur les **E**aux **S**outerraines  
Charlevoix - Haute-Côte-Nord

- ❑ Réalisé par le CERM de l'UQAC, entre 2012 et 2015,  
en partenariat avec:
  - MRC de Charlevoix
  - MRC de Charlevoix-Est
  - MRC de La Haute-Côte-Nord
  - OBV de Charlevoix-Montmorency
  - OBV de la Haute-Côte-Nord
  
- ❑ Principalement financé par le  
MDDELCC







## *Quelques motifs à la base de cet atelier*

- ❑ Beaucoup de connaissances sur le sous-sol de votre territoire produites
- ❑ Hydrogéologie est un domaine complexe et peu connu
- ❑ Réglementation pour la protection des eaux souterraines est en changement (ex. : nouveau Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection, MDDELCC)
- ❑ Coût de décontamination très important si pollution
  - TCE Valcartier → 100 M\$ d'ici 2030
  - Lagunes de Mercier → 50 M\$ d'ici 2050
  - Importance de s'assurer que ceux qui possèdent des outils pour protéger et gérer les eaux souterraines s'approprient les connaissances sur les eaux souterraines de leur territoire d'action



## Nos objectifs

- ❑ Développer une base commune de connaissances en hydrogéologie entre les acteurs d'une même région :
- Revenir sur les principaux résultats du PACES-CHCN
- Acquérir des notions hydrogéologiques 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 projet afin de pouvoir facilement échanger avec un expert en hydrogéologie

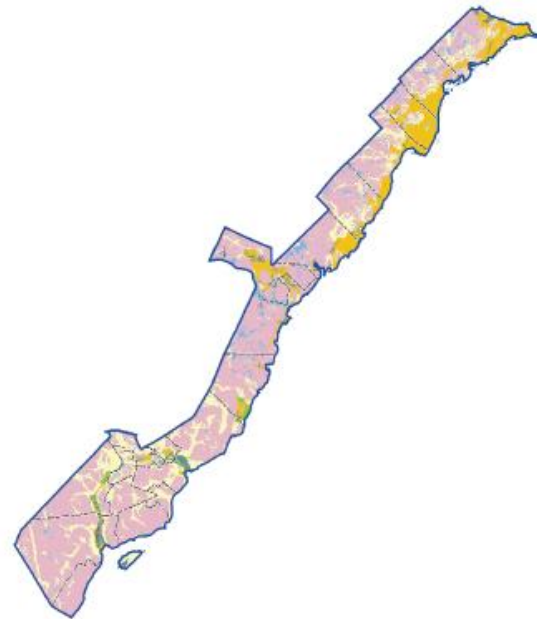


# ATELIER A

## Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

---

Charlevoix - Haute-Côte-Nord



CAHIER DU PARTICIPANT

Septembre 2017

---

**8h45-9h45** : Notions hydrogéologiques fondamentales  
et caractéristiques régionales



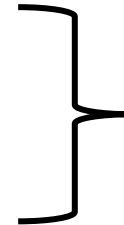
**Présentation de  
Yohann Tremblay**



**9h45-10h00** : *Pause-café*

**10h00-12h30** : L'hydrogéologie de la **HAUTE-CÔTE-NORD**

- Exercices sur données spécifiques
- Exercices de synthèse



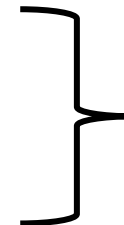
**Ateliers en trois  
sous-groupes de  
10 participants  
max.**



**12h30-13h45**: *Pause-Repas*

**13h45-16h15** : L'hydrogéologie de **CHARLEVOIX**

- Exercices sur données spécifiques
- Exercices de synthèse

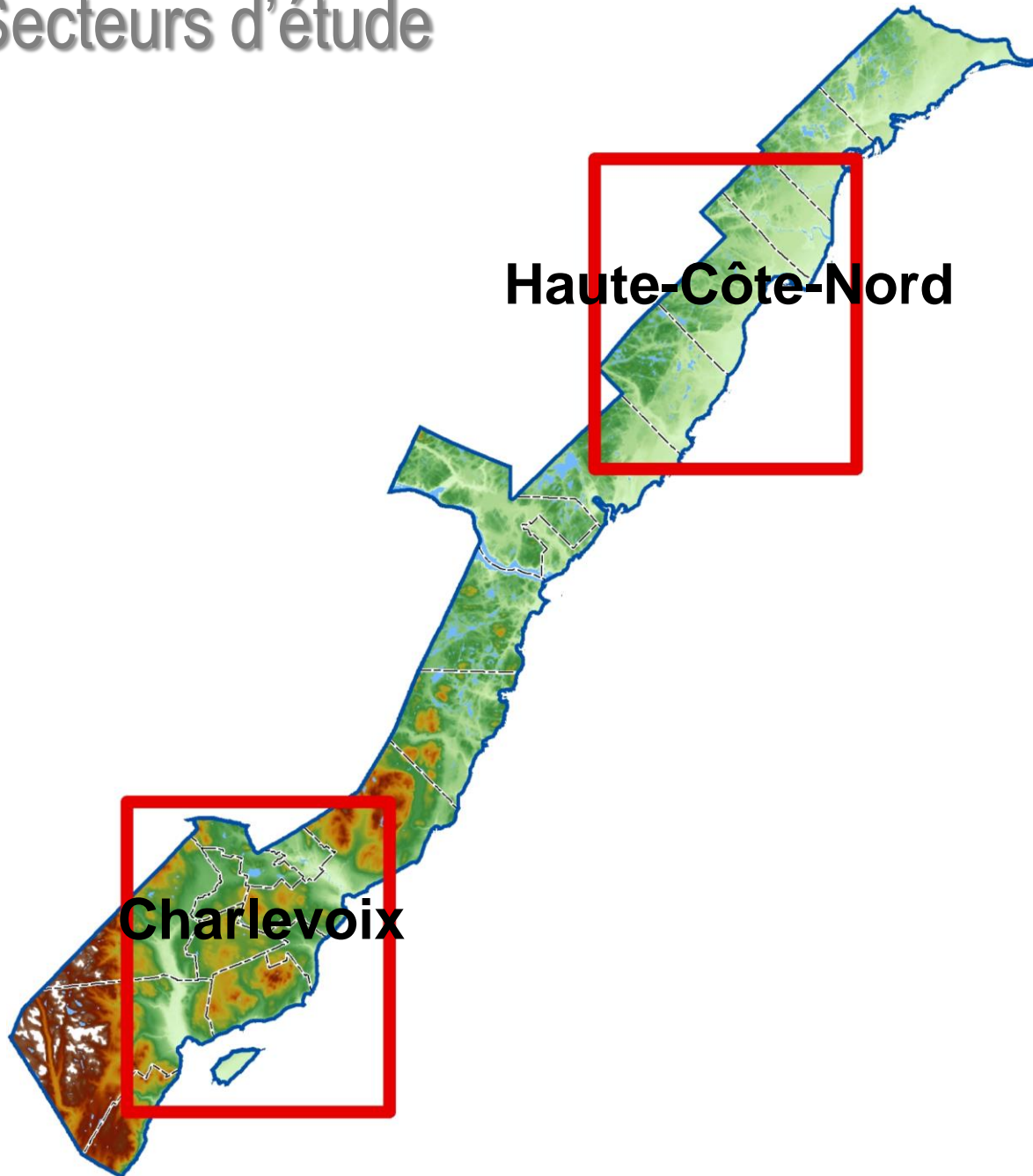
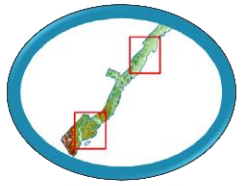


**Ateliers en trois  
sous-groupes de  
10 participants  
max.**



**16h15-16h30** : Bilan et mot de la fin

# Secteurs d'étude



**Haute-Côte-Nord**

**Charlevoix**



# L'équipe pour vous accompagner

CdP  
p. 9

## Vos animateurs



**Yohann Tremblay**  
M.Sc. Sciences de l'eau  
Agent de transfert du RQES  
Département de géologie et  
génie géologique  
Université Laval



**Miryane Ferlatte**  
M.Sc. Hydrogéologie  
Coordinatrice du RQES  
Département des sciences de  
la Terre et de l'Atmosphère  
UQAM



# L'équipe pour vous accompagner

## Vos experts en eaux souterraines



**Alain Rouleau**  
Ph.D. Hydrogéologie  
Professeur  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi



**Mélanie Lambert**  
M.Sc. Sciences géomatiques  
Professionnelle de recherche et  
chargées de cours  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi



**Julien Walter**  
M.Sc.A.  
Étudiant au doctorat  
Centre d'études sur les ressources  
minérales, Université du Québec à  
Chicoutimi



# L'équipe pour vous accompagner

Les animateurs

Les chercheurs de l'UQAC



Miryane Ferlatte



Julien Walter

**Binôme 1**



Yohann Tremblay



Mélanie Lambert

**Binôme 2**

# Autres informations

- ❑ Utilisation du cahier du participant pour suivre les exercices et prendre des notes
- ❑ En tout temps, possibilité de poser des questions aux experts en hydrogéologie
- ❑ Ateliers en sous-groupes limités à 10 participants pour faciliter l'apprentissage

→ À chaque activité, changer de table pour pouvoir échanger avec chacun des experts et des participants présents

- ❑ Feuille de présence pour le suivi
- ❑ Sondage d'appréciation

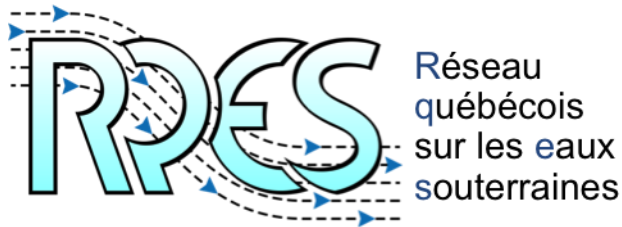
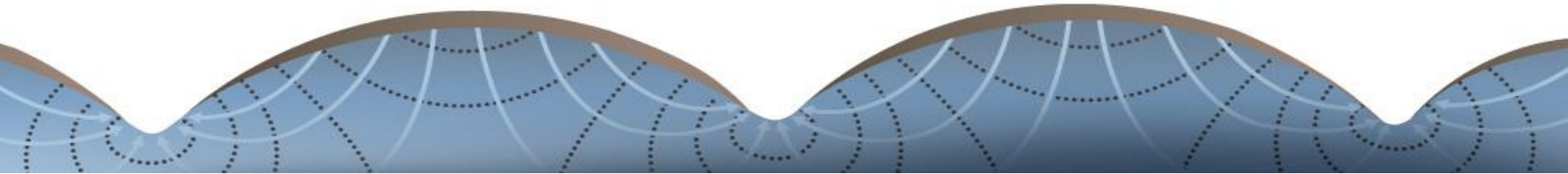
# Les partenaires du projet de transfert des connaissances sur les eaux souterraines



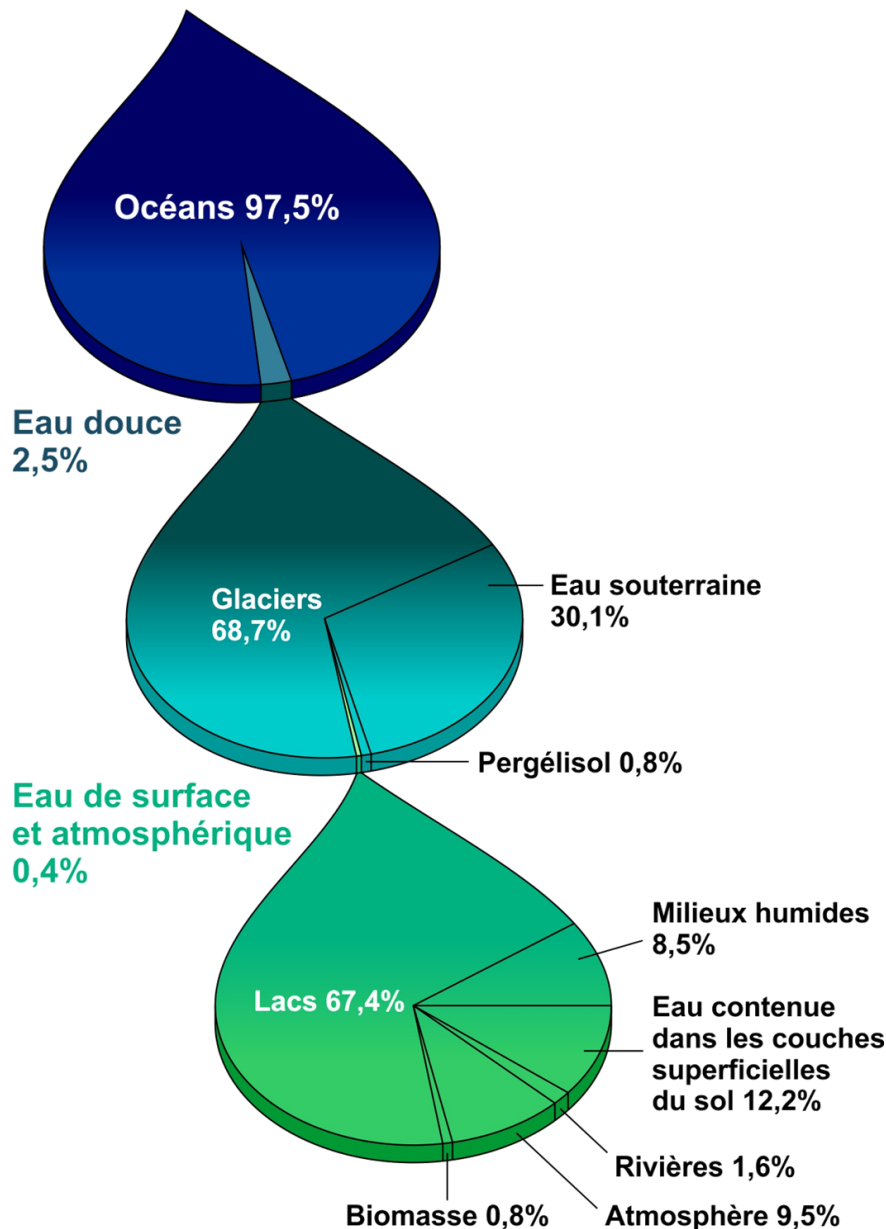


# Les notions hydrogéologiques fondamentales

Par Yohann Tremblay



# Eau souterraine : une ressource à protéger



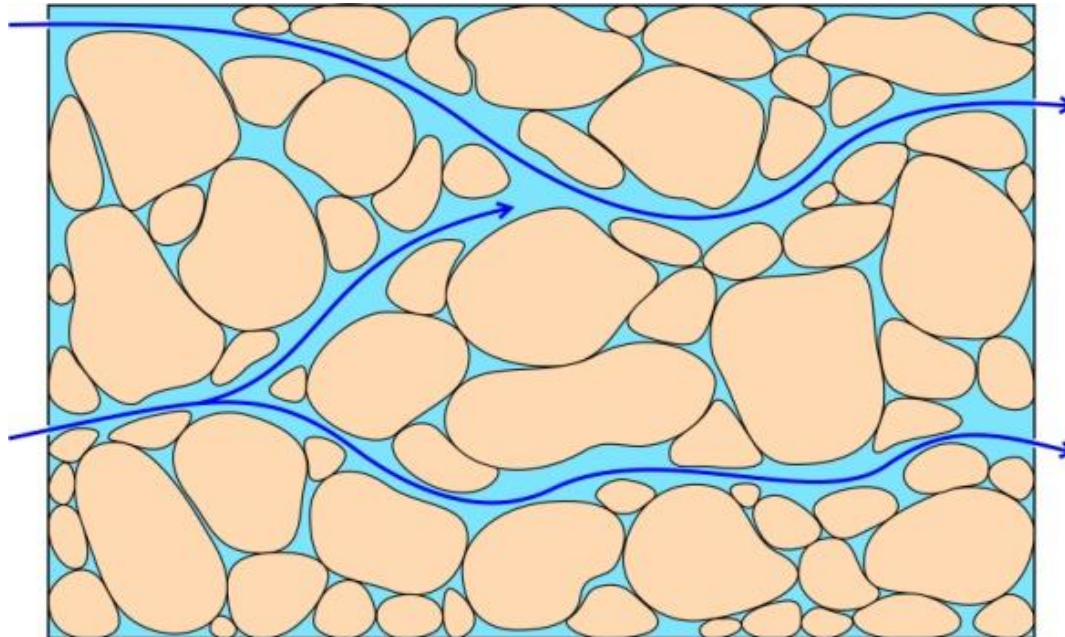
- ❑ 75 X plus abondante que l'eau de surface
- ❑ Au Québec, alimente:
  - 20% de la population
  - 70% des municipalités
  - 90% du territoire habité
- ❑ Plus abordable
- ❑ De meilleure qualité
- ❑ Nécessaire de bien la protéger
- ❑ Joue de multiples rôles
- ❑ Elle est pourtant relativement peu connue

# Plan de la présentation

1. Définitions de base
2. Différents types d'aquifère
3. Types de dépôts meubles
4. Conditions de confinement
5. Piézométrie
6. Recharge et résurgence
7. Vulnérabilité de l'eau souterraine
8. Qualité de l'eau

# EAU SOUTERRAINE

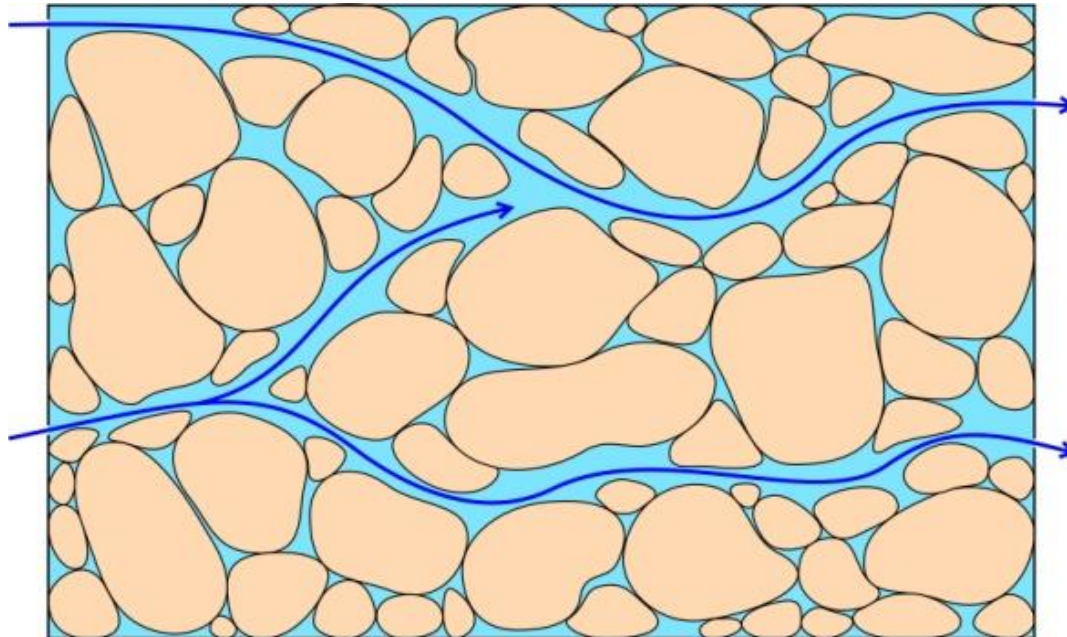
- L'**EAU SOUTERRAINE** est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les espaces vides du milieu géologique
  - On en retrouve partout sous nos pieds !
  - Comme pour l'eau en surface, l'eau souterraine s'écoule dans l'aquifère, mais beaucoup plus lentement





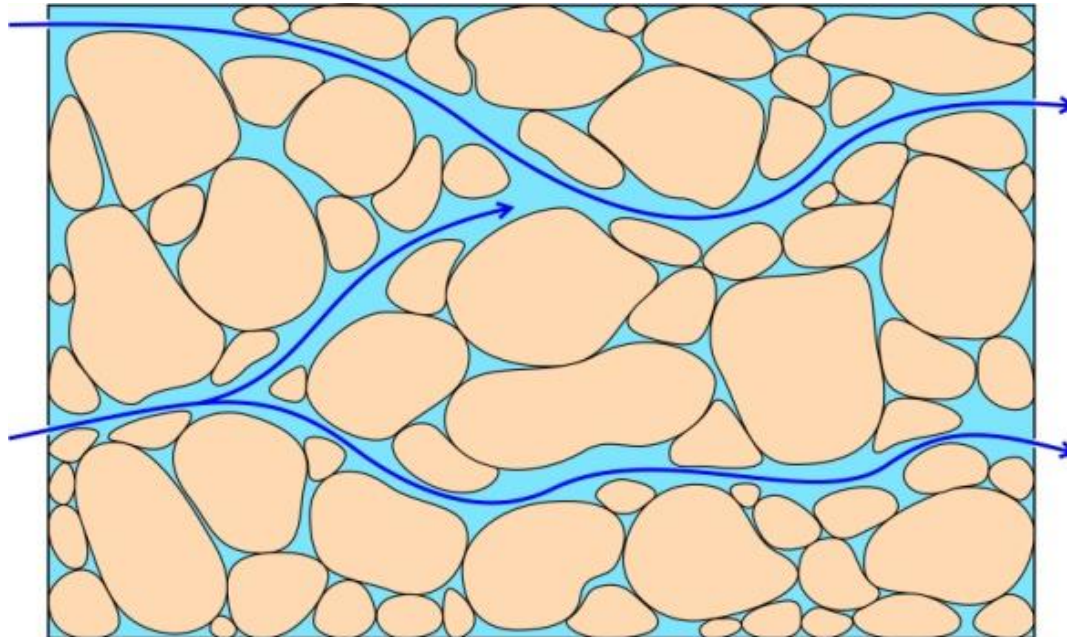
# POROSITÉ

- La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.
  - Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.



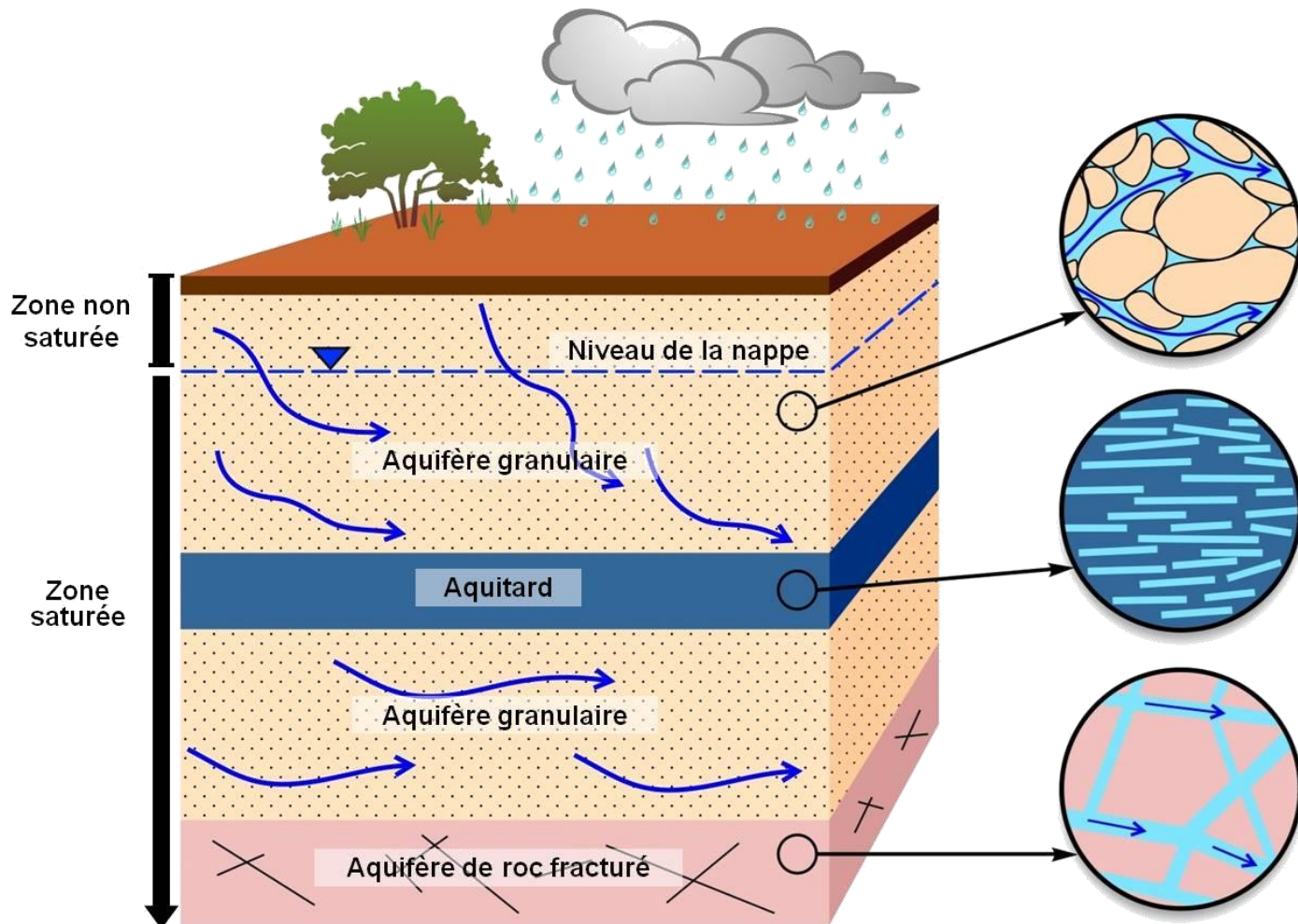
# CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

- La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'aptitude du milieu à se laisser traverser par l'eau.
  - Plus les **pores** sont interconnectés, plus le milieu géologique est **perméable** et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement



# NAPPE PHRÉATIQUE

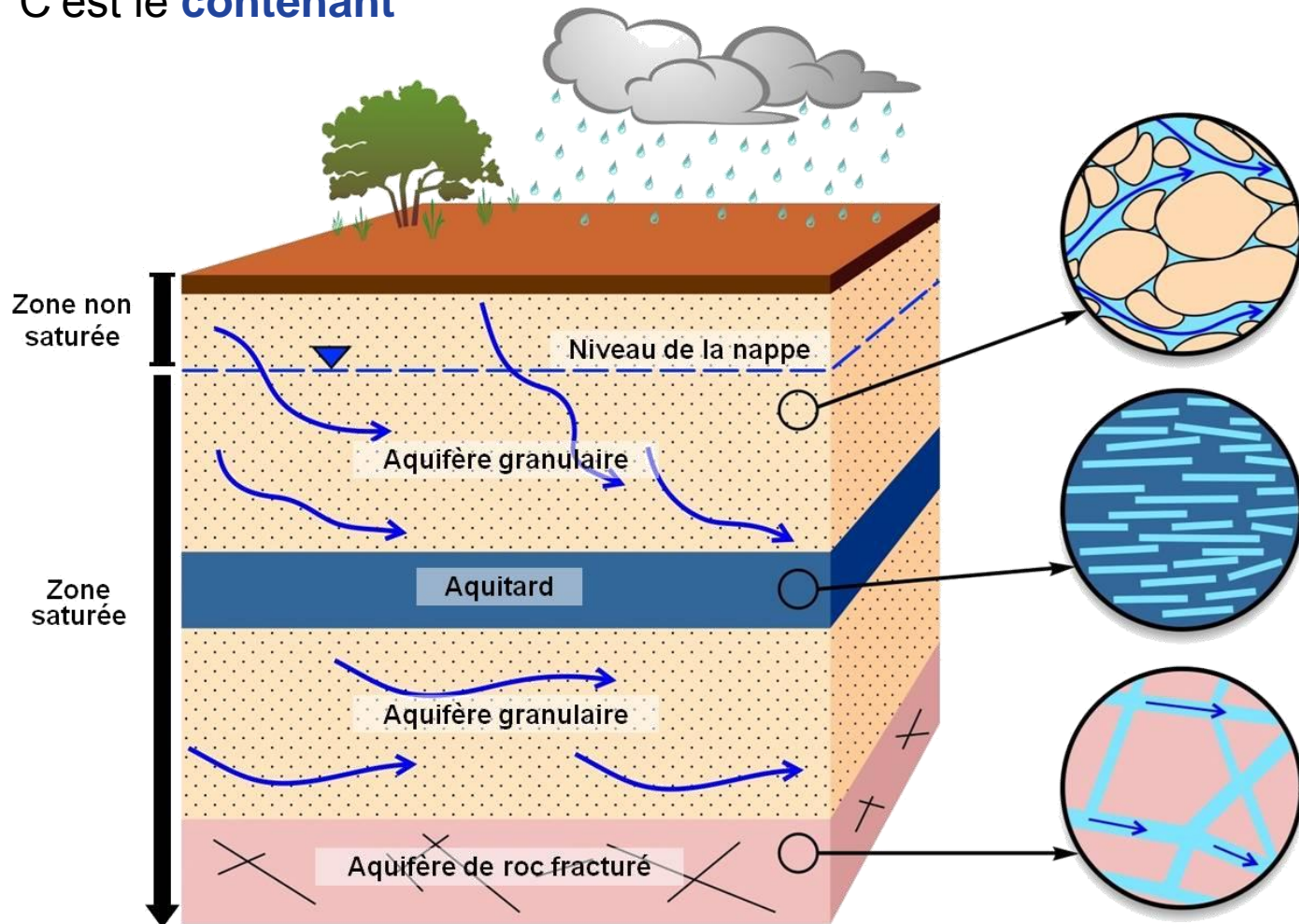
- La **NAPPE** représente l'**eau souterraine** qui circule dans un aquifère  
→ C'est le **contenu**





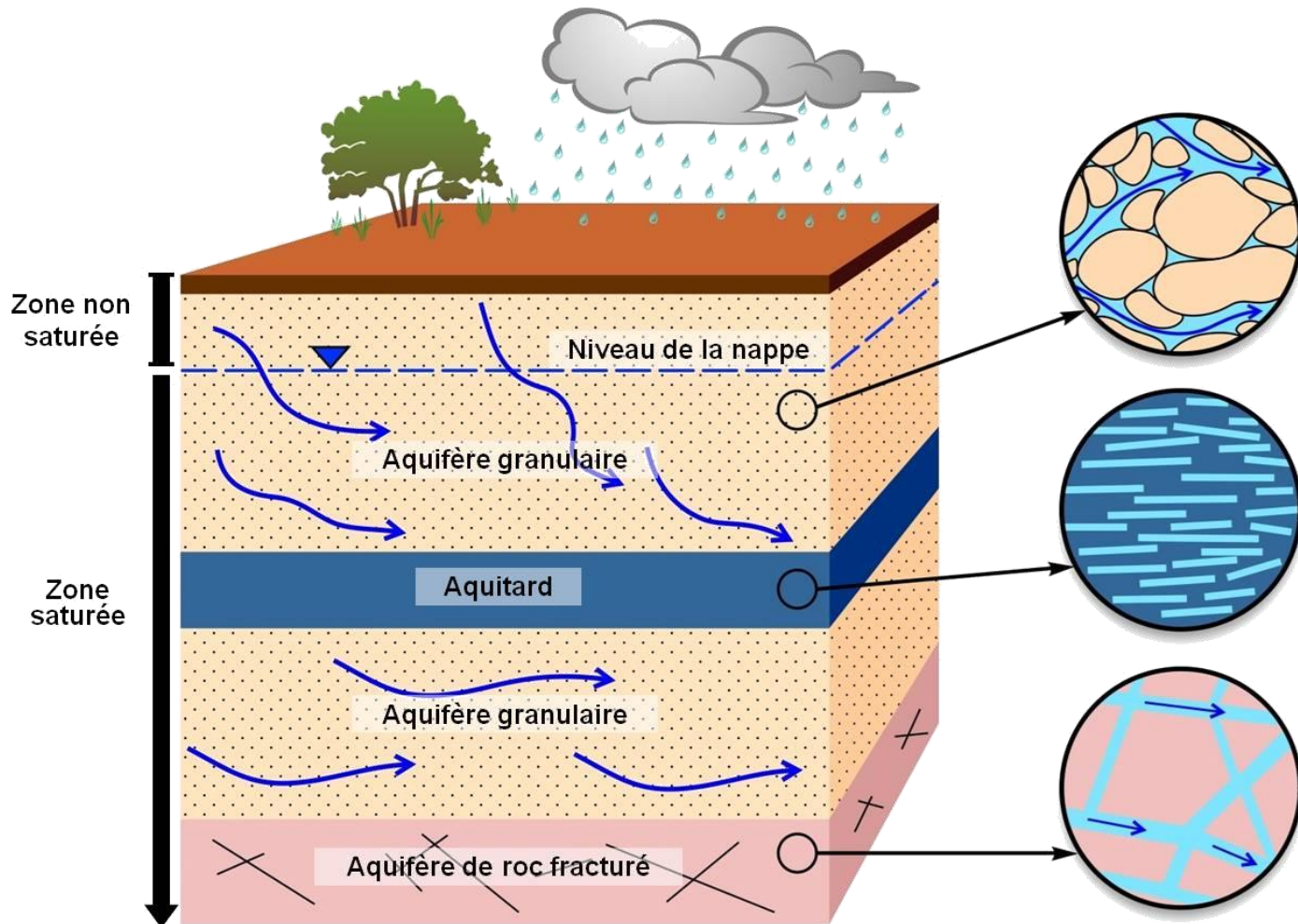
# AQUIFÈRE

- Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre son pompage  
→ C'est le **contenant**



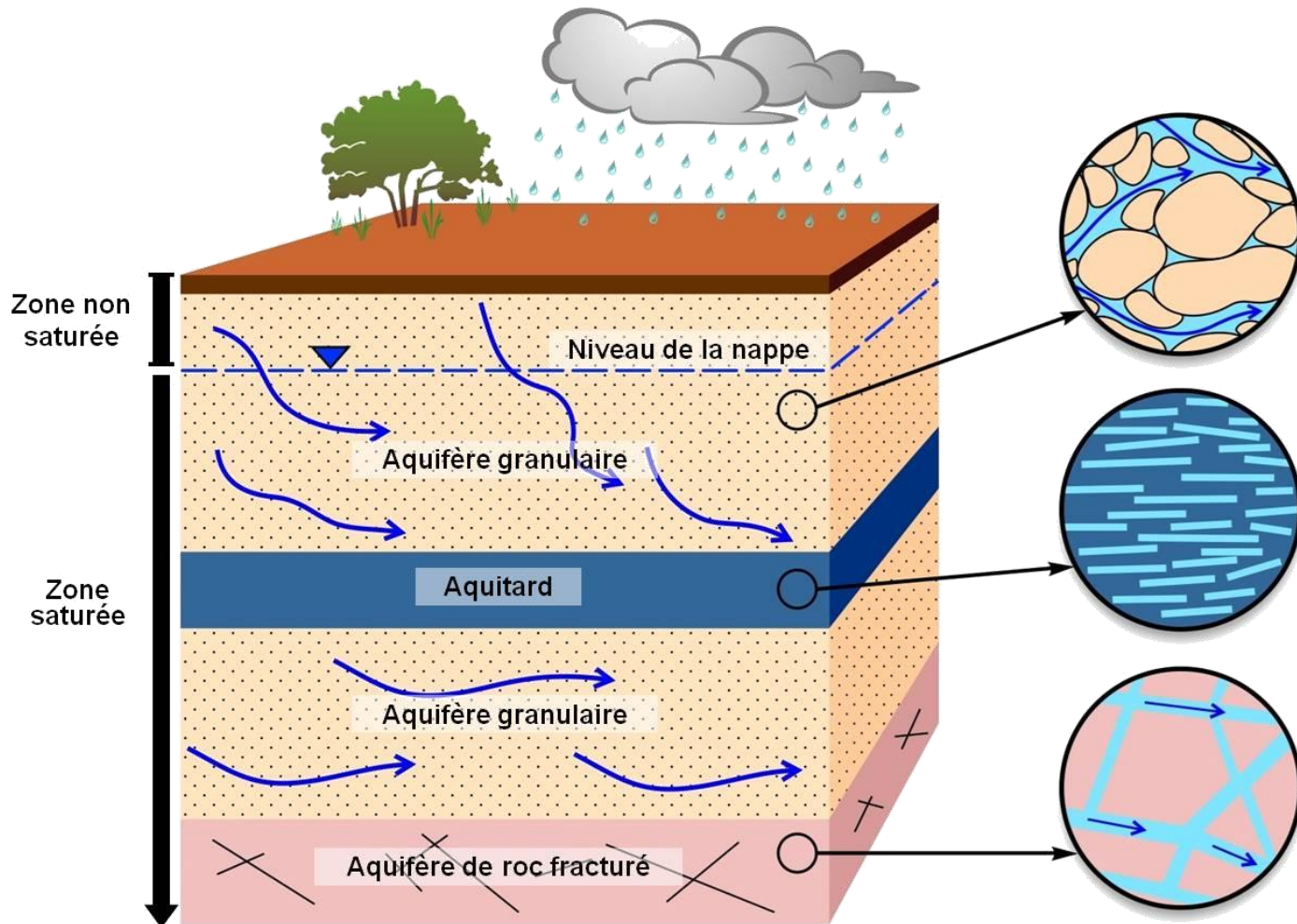
# AQUITARD

- Un **AQUITARD** est une unité géologique qui n'est pas suffisamment perméable pour qu'il soit possible d'y extraire l'eau  
→ Considéré **impermeable**



# AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

- Le **ROC FRACTURÉ** constitue la partie supérieure de la croûte terrestre

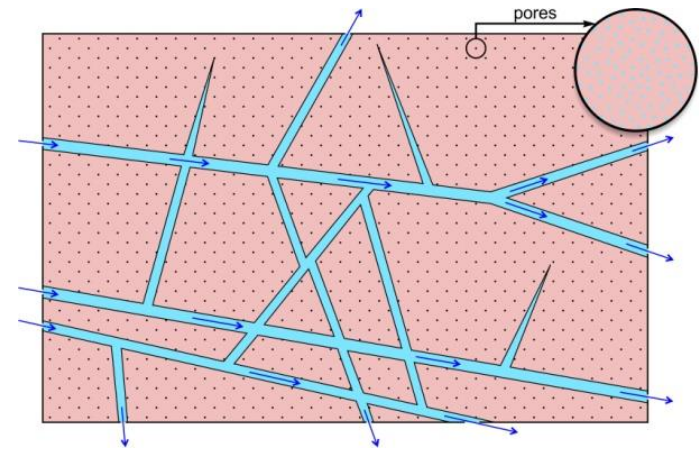




# AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ

CdP  
p. 13

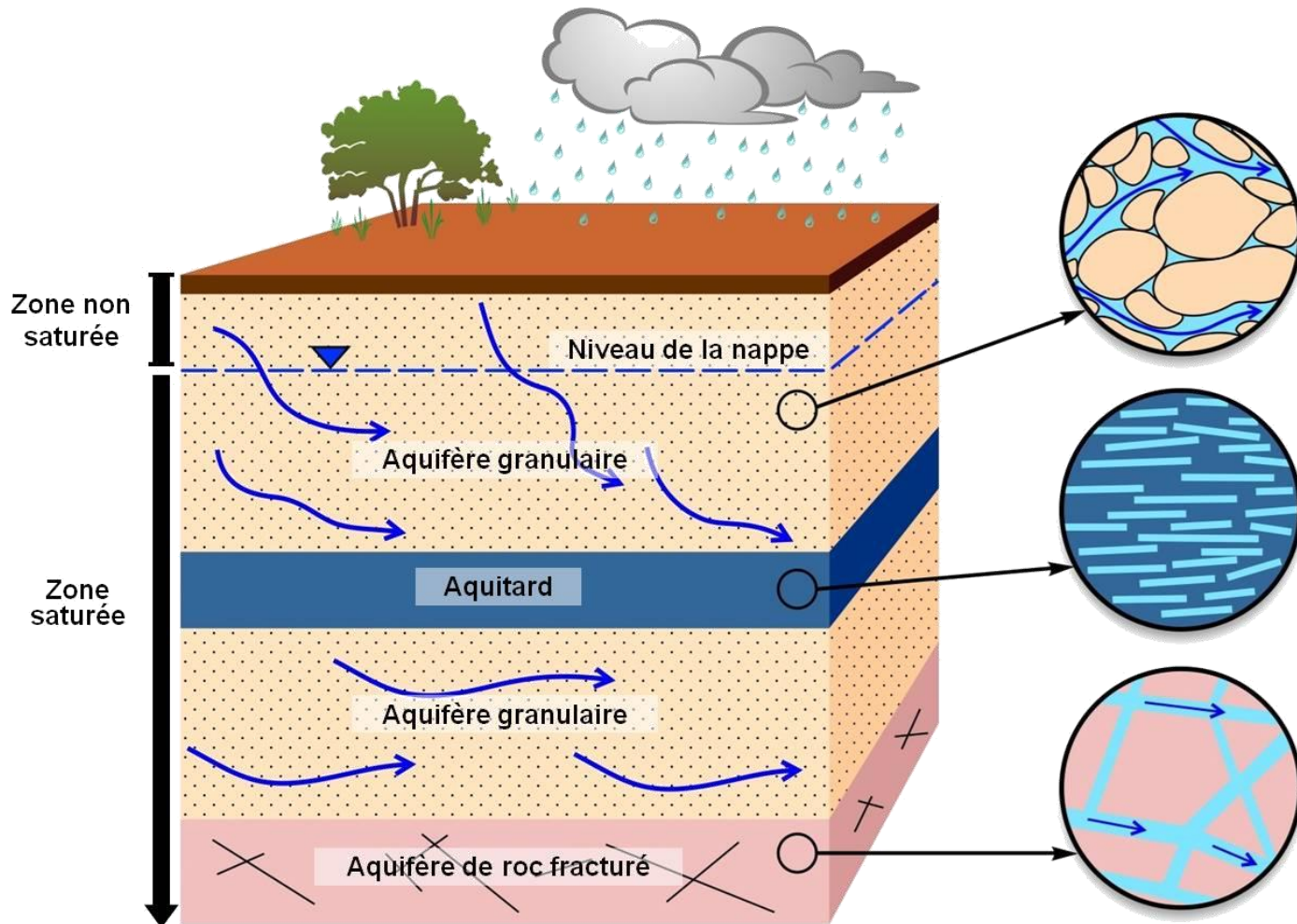
- ❑ L'eau se retrouve :
  - Dans les **pores** de la roche, mais leur faible interconnexion ne permet pas une circulation efficace de l'eau
  - Dans les **fractures** qui permettent une circulation d'eau parfois suffisante pour le captage
- ❑ En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer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





# AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

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



# AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

- ❑ Plus les particules sont grossières, plus les pores sont larges et interconnectés, et plus la perméabilité est élevée

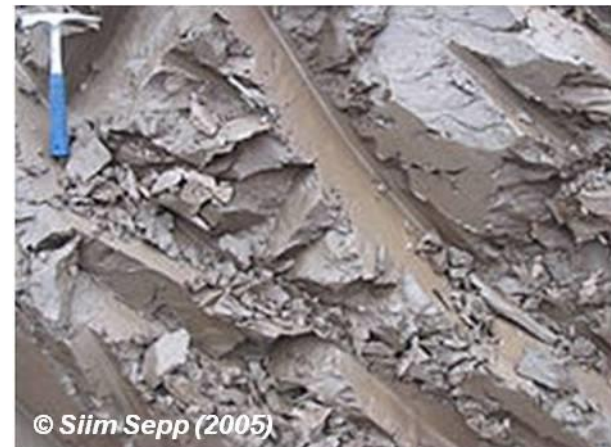
- ❑ **Sables et graviers** → **aquifère**

- Le pompage de débits importants est souvent possible



- ❑ **Argiles et silts** → **aquitard**

- Considéré imperméable





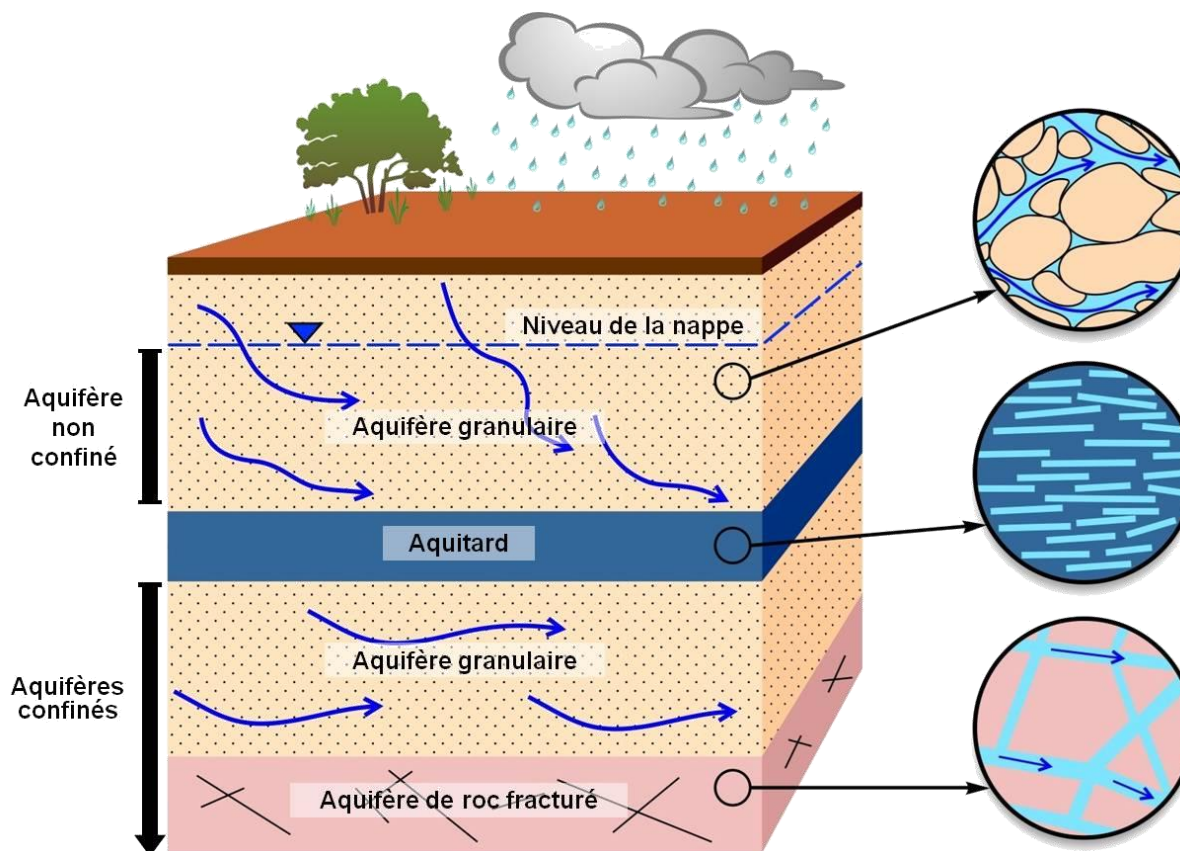
# TYPES DE SÉDIMENTS

- ❑ Sédiments glaciaires (Till) → ni **aquifère** ni **aquitard**
- ❑ Sédiments fluvioglaciaires → **aquifère**
- ❑ Sédiments marins et lacustres d'eau profonde → **aquitard**
- ❑ Sédiments littoraux
- ❑ Sédiments alluviaux
- ❑ Sédiments organiques



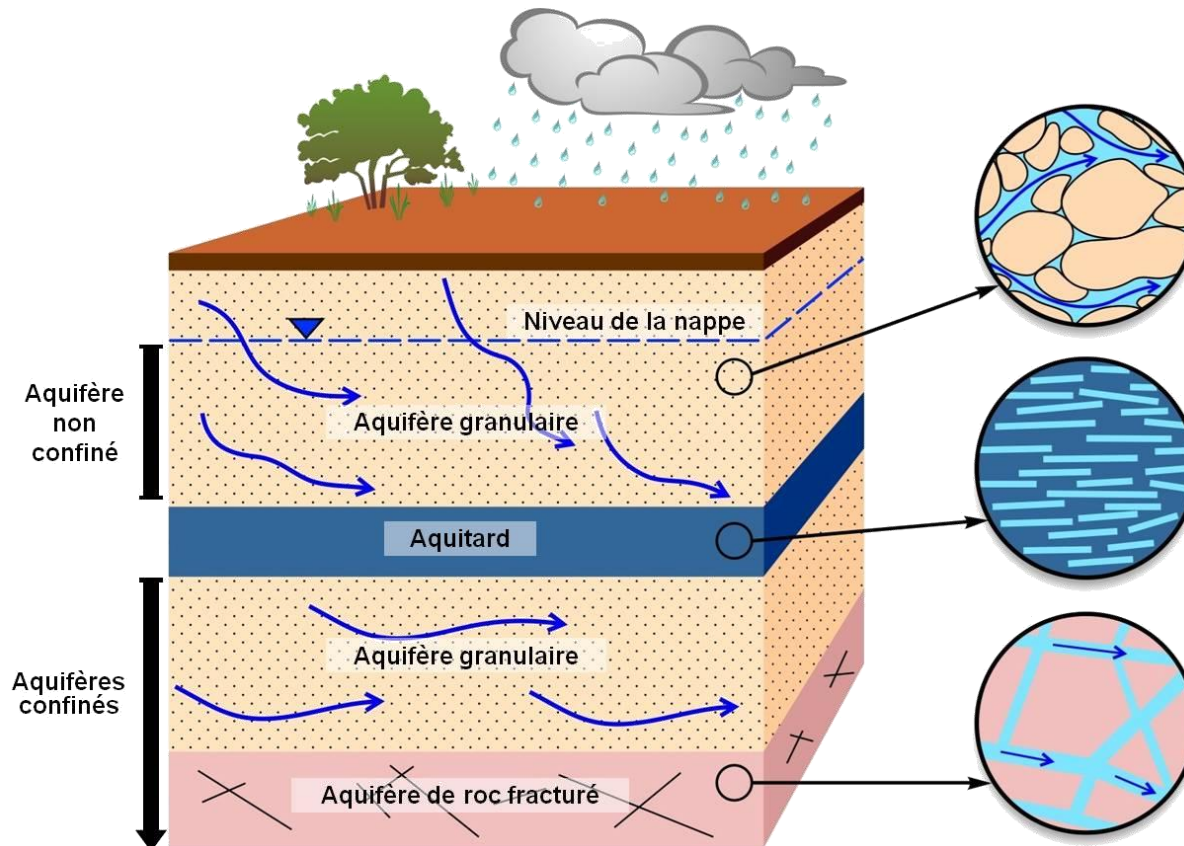
# AQUIFÈRE CONFINÉ

- Un aquifère à **CONFINÉ** est emprisonné sous un **aquitard**
  - Pas directement rechargé par l'infiltration verticale
  - Protégé des contaminants provenant directement de la surface



# AQUIFÈRE NON CONFINÉ

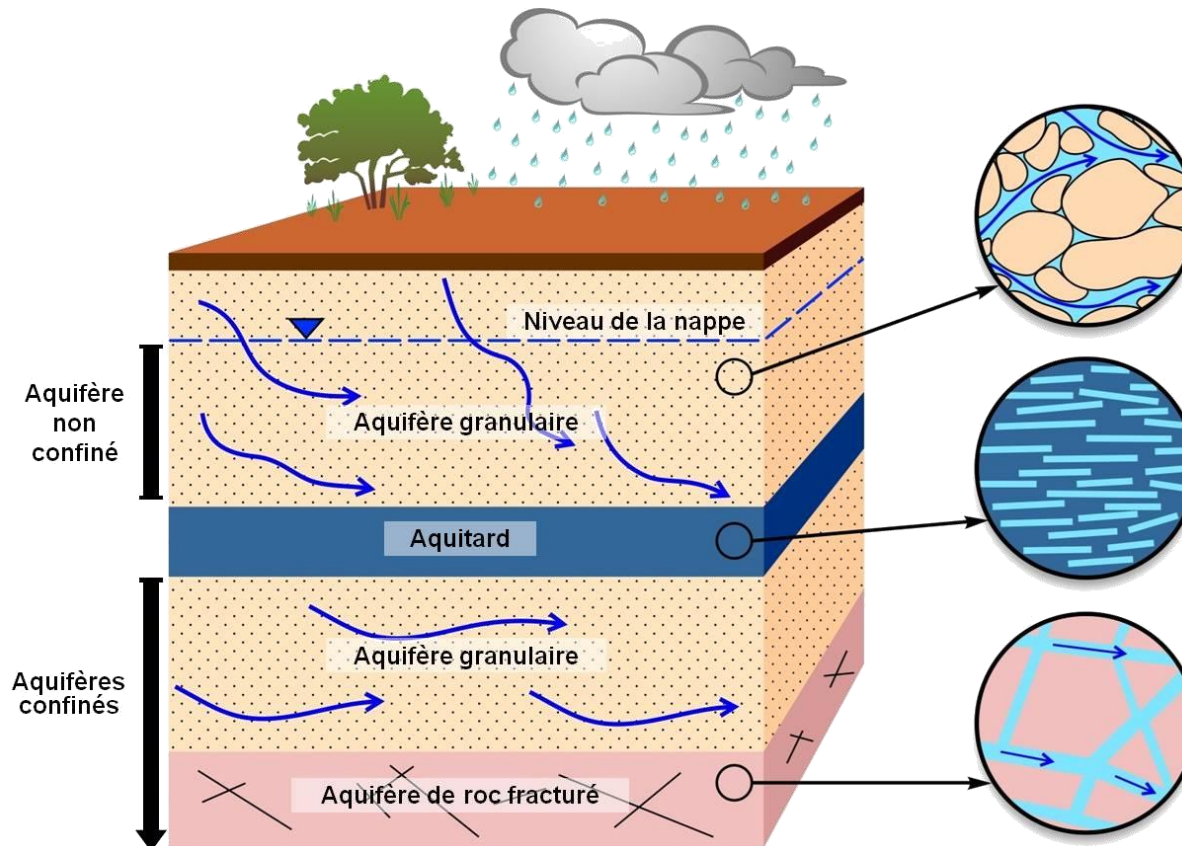
- Un aquifère **NON CONFINÉ** n'est pas recouvert par un **aquitard**
  - Directement rechargé par l'infiltration verticale
  - Plus vulnérable à la contamination

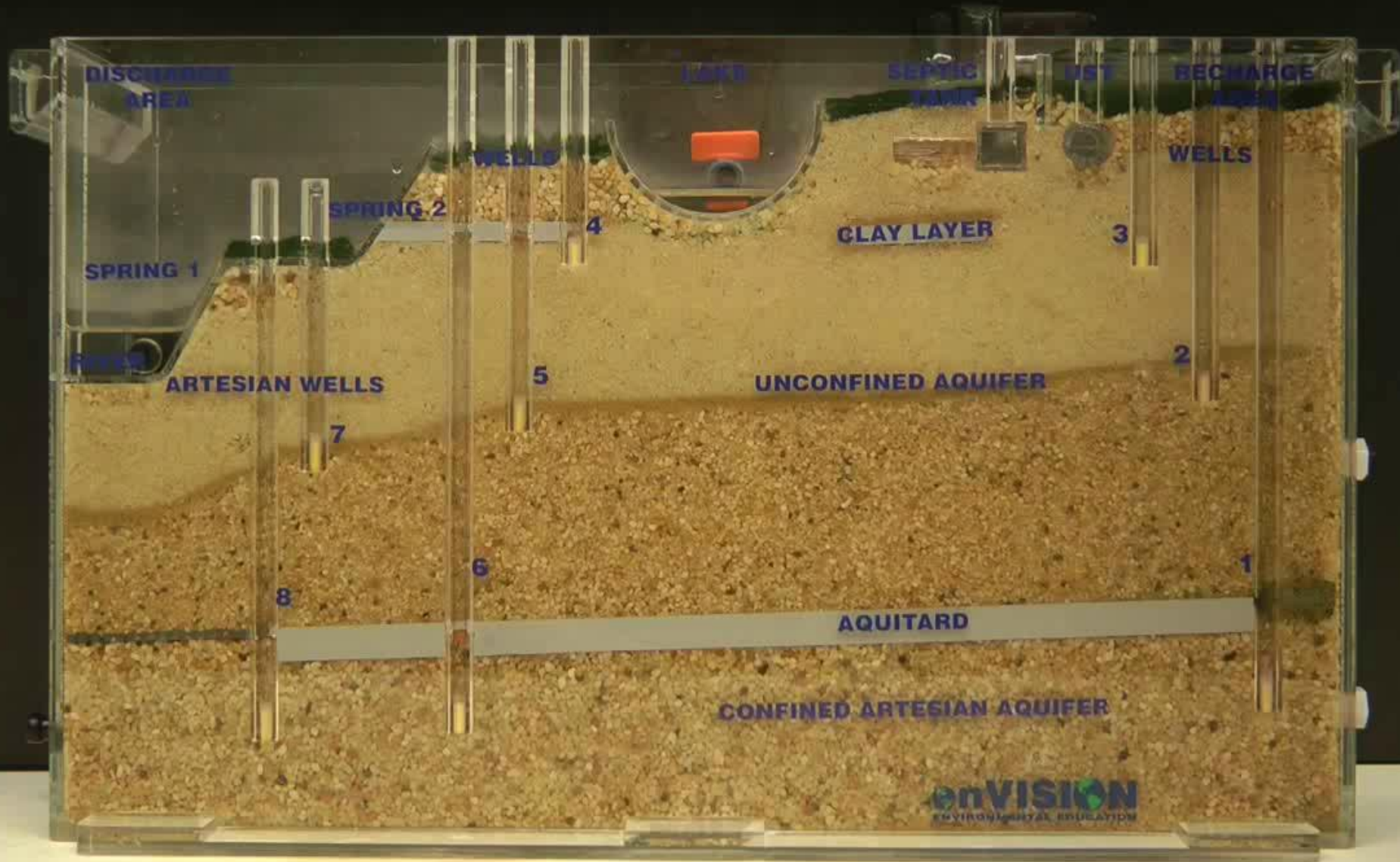




# AUTRES CAS DE CONFINEMENT

- Un aquifère **SEMI-CONFINÉ** est recouvert de couches confinantes qui ne sont pas totalement imperméables ou de faible épaisseur
  - Modérément rechargé par l'infiltration verticale
  - Modérément vulnérables à la contamination

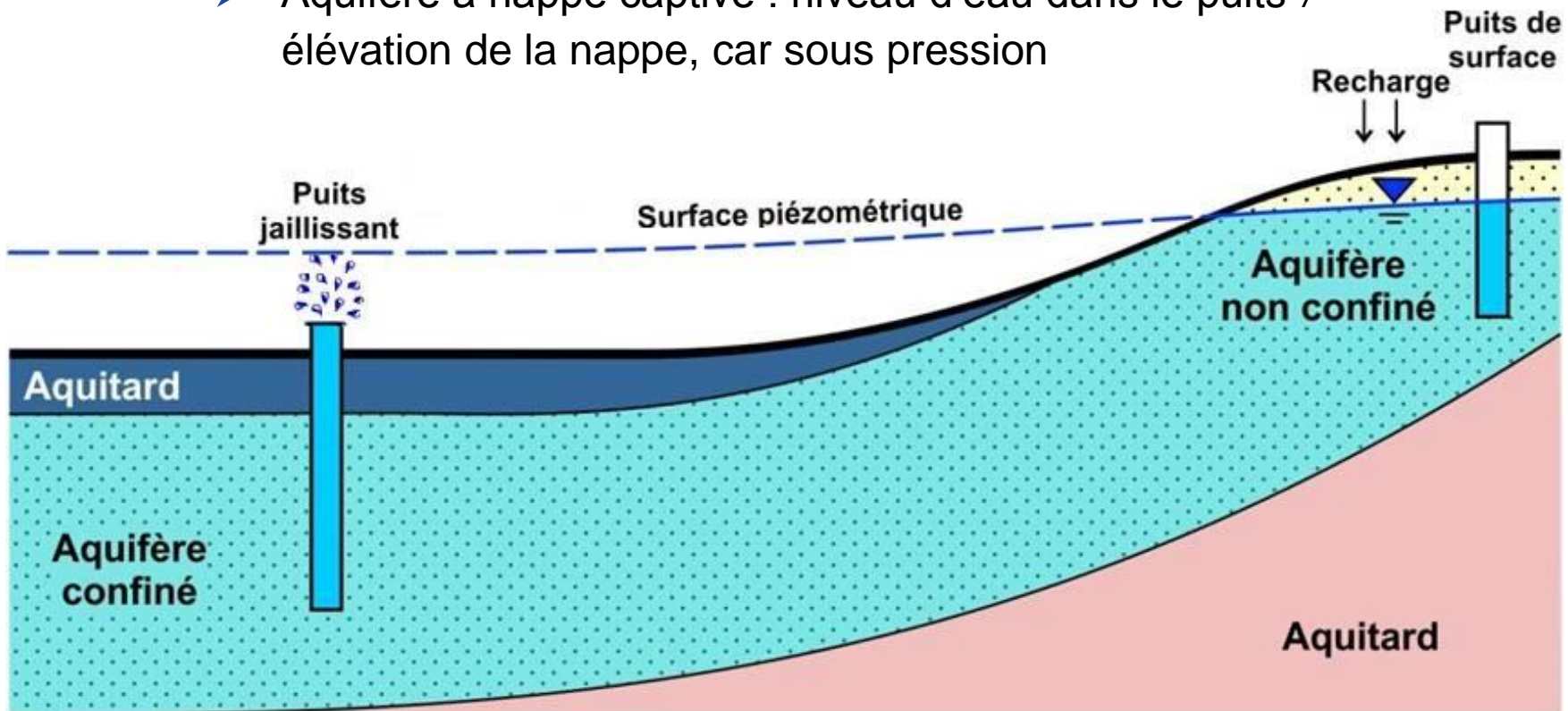






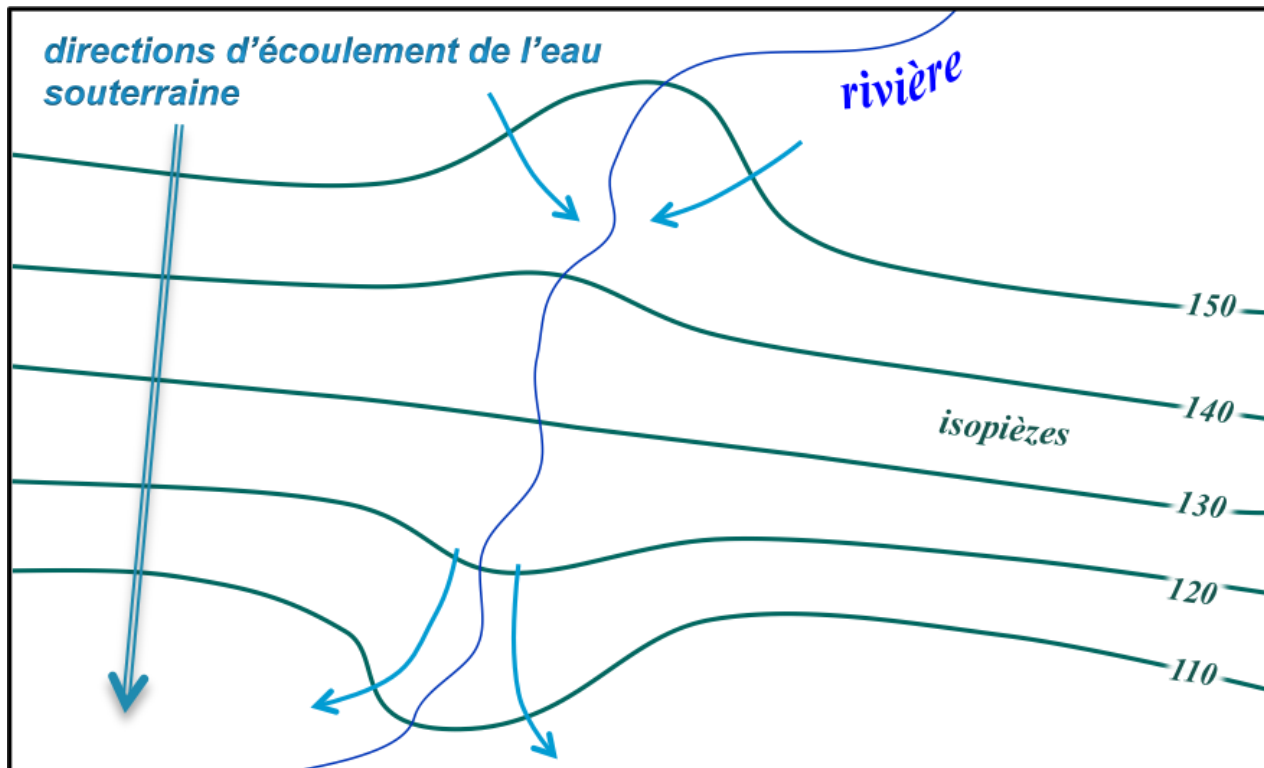
# PIÉZOMÉTRIE

- Le **niveau piézométrique** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation du niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits.
  - Aquifère à nappe libre : niveau d'eau dans le puits = élévation de la nappe
  - Aquifère à nappe captive : niveau d'eau dans le puits  $\neq$  élévation de la nappe, car sous pression



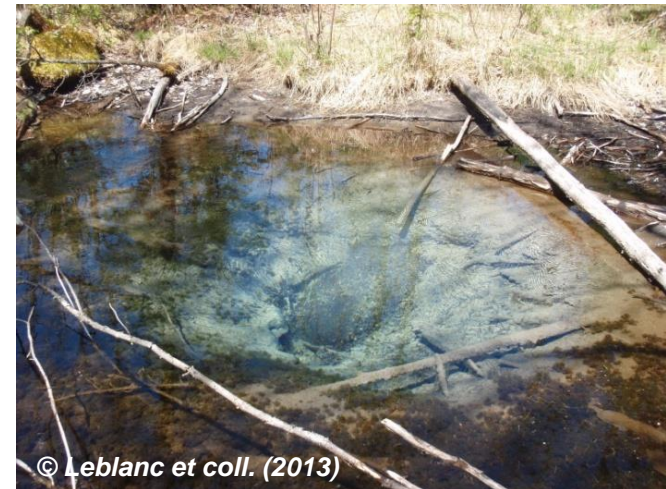
# PIÉZOMÉTRIE

- ❑ La **PIÉZOMÉTRIE** représente l'élévation de la nappe dans un aquifère à nappe libre et la pression dans un aquifère à nappe captive
  - Indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine, qui circule des zones à piézométrie élevée vers celles à piézométrie plus basse.



# RECHARGE ET RÉSURGENCE

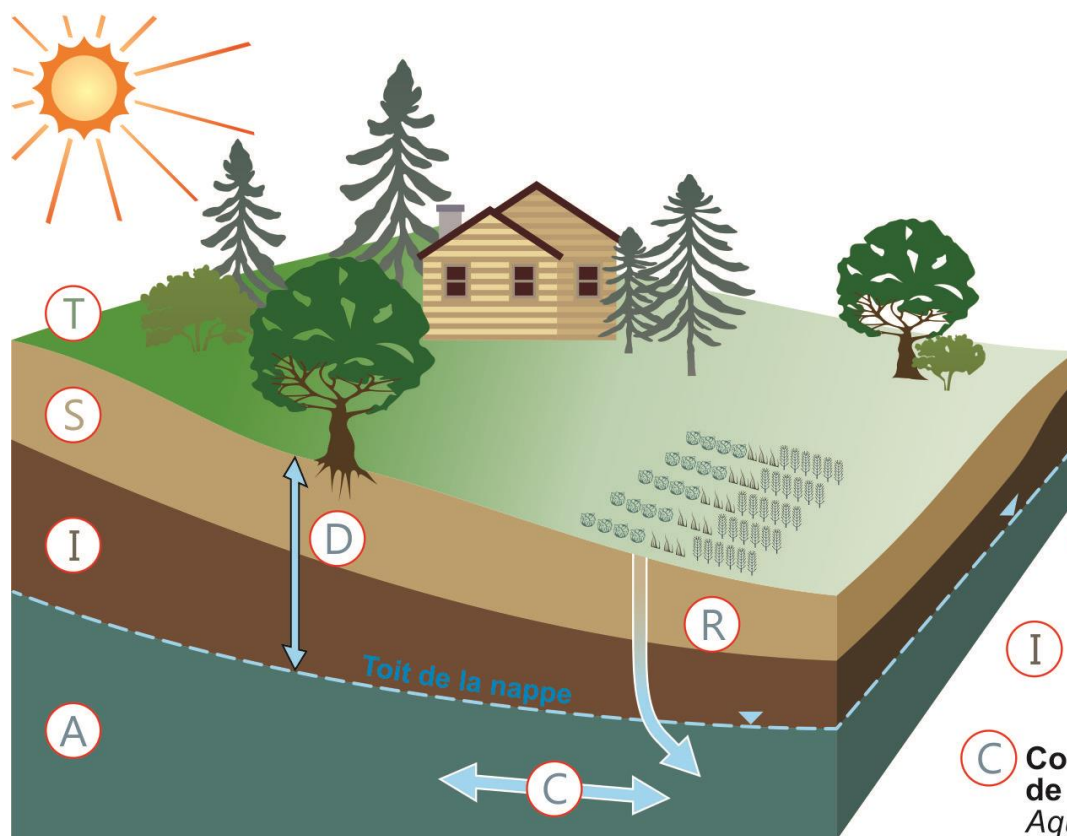
- ❑ La **RECHARGE** est le renouvellement de l'eau souterraine par l'infiltration des précipitations depuis la surface.
- ❑ Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface.
  - Sont généralement **diffuses** : par ex., les cours d'eau et les **milieux humides** sont souvent des zones de résurgence.
  - Sont parfois **ponctuelles** : constituent des **sources**.



# MÉTHODE DRASTIC

□ 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 :



**D** Profondeur de la nappe  
*Depth to water table*

**R** Recharge  
*Recharge*

**A** Nature de l'aquifère  
*Aquifer media*

**S** Type de sol superficiel  
*Soil media*

**T** Pente du terrain  
*Topography slope*

**I** Nature de la zone vadose  
*Impact of vadose zone*

**C** Conductivité hydraulique de l'aquifère  
*Aquifer conductivity*

POIDS

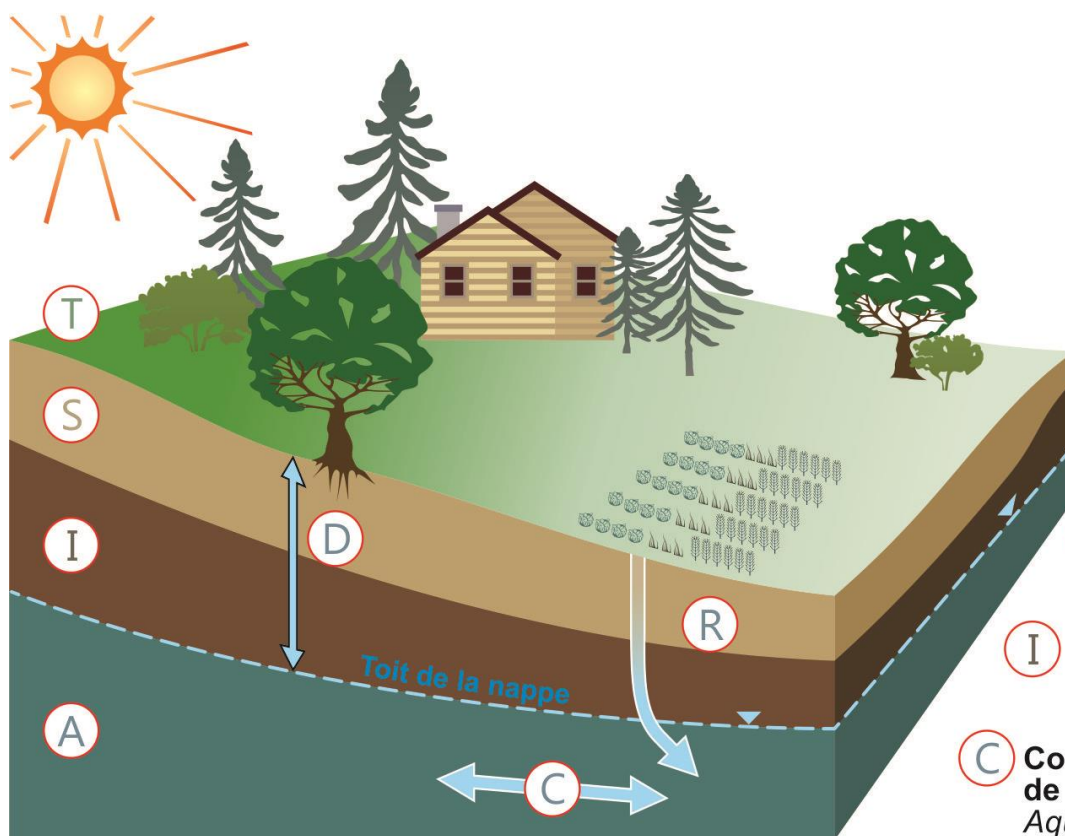




# INDICE DRASTIC

□ L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226

➤ Plus l'indice est élevé, plus la **vulnérabilité** est élevée



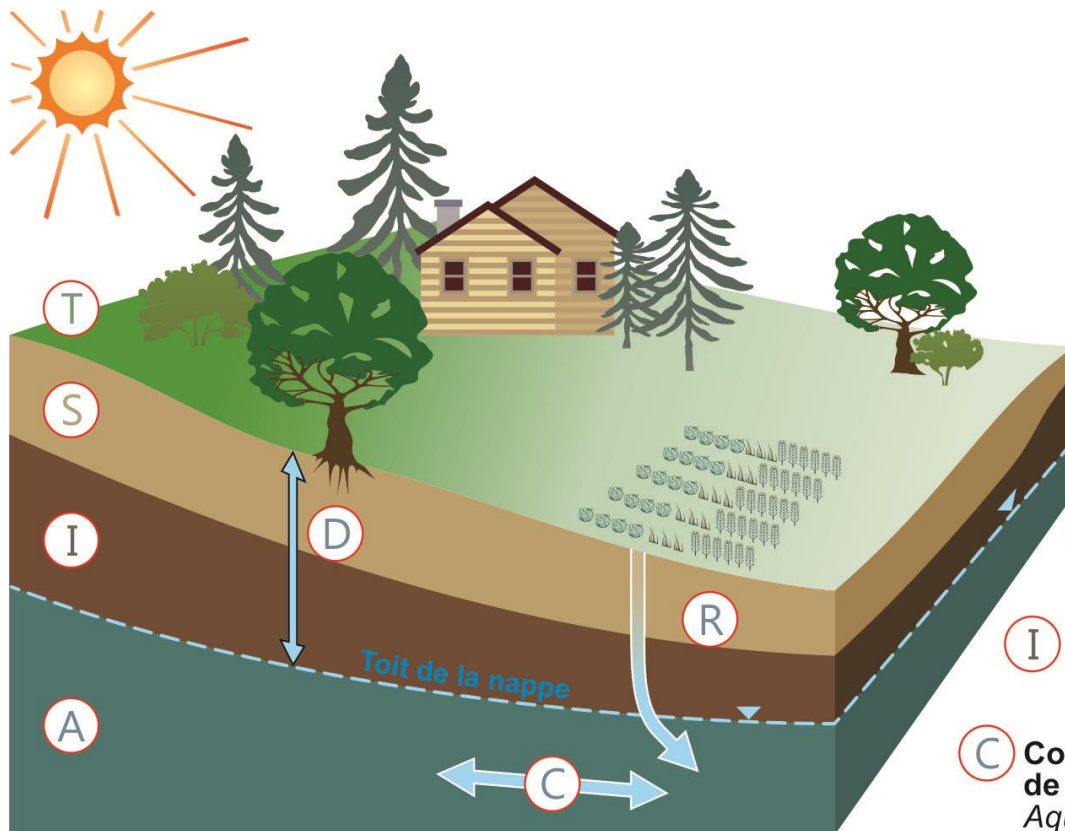
- D** Profondeur de la nappe  
*Depth to water table*
- R** Recharge  
*Recharge*
- A** Nature de l'aquifère  
*Aquifer media*
- S** Type de sol superficiel  
*Soil media*
- T** Pente du terrain  
*Topography slope*
- I** Nature de la zone vadose  
*Impact of vadose zone*
- C** Conductivité hydraulique de l'aquifère  
*Aquifer conductivity*

POIDS



# RISQUE DE CONTAMINATION

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



- D** Profondeur de la nappe  
*Depth to water table*
- R** Recharge  
*Recharge*
- A** Nature de l'aquifère  
*Aquifer media*
- S** Type de sol superficiel  
*Soil media*
- T** Pente du terrain  
*Topography slope*
- I** Nature de la zone vadose  
*Impact of vadose zone*
- C** Conductivité hydraulique de l'aquifère  
*Aquifer conductivity*

POIDS



- ❑ La composition géochimique de l'eau souterraine est influencée par la **dissolution** de certains minéraux présents dans les matériaux géologiques.
  - Plus la distance parcourue par l'eau souterraine dans l'aquifère est grande, et plus le temps de résidence est long, plus l'eau souterraine sera **évoluée** et **minéralisée**.
  
- ❑ Deux **types d'eau** peuvent être distingués :
  - **Type carbonaté (Na-Ca)-HCO<sub>3</sub>** : eau récente, peu minéralisée, signature géochimique s'apparentant aux eaux douces de recharge
  - **Type chloruré (Na-Ca)-Cl** : eau plus ancienne, plus minéralisée, signature géochimique s'apparentant aux eaux salines
  - **Eaux intermédiaires** : entre les eaux de recharge et les eaux à salinité élevée

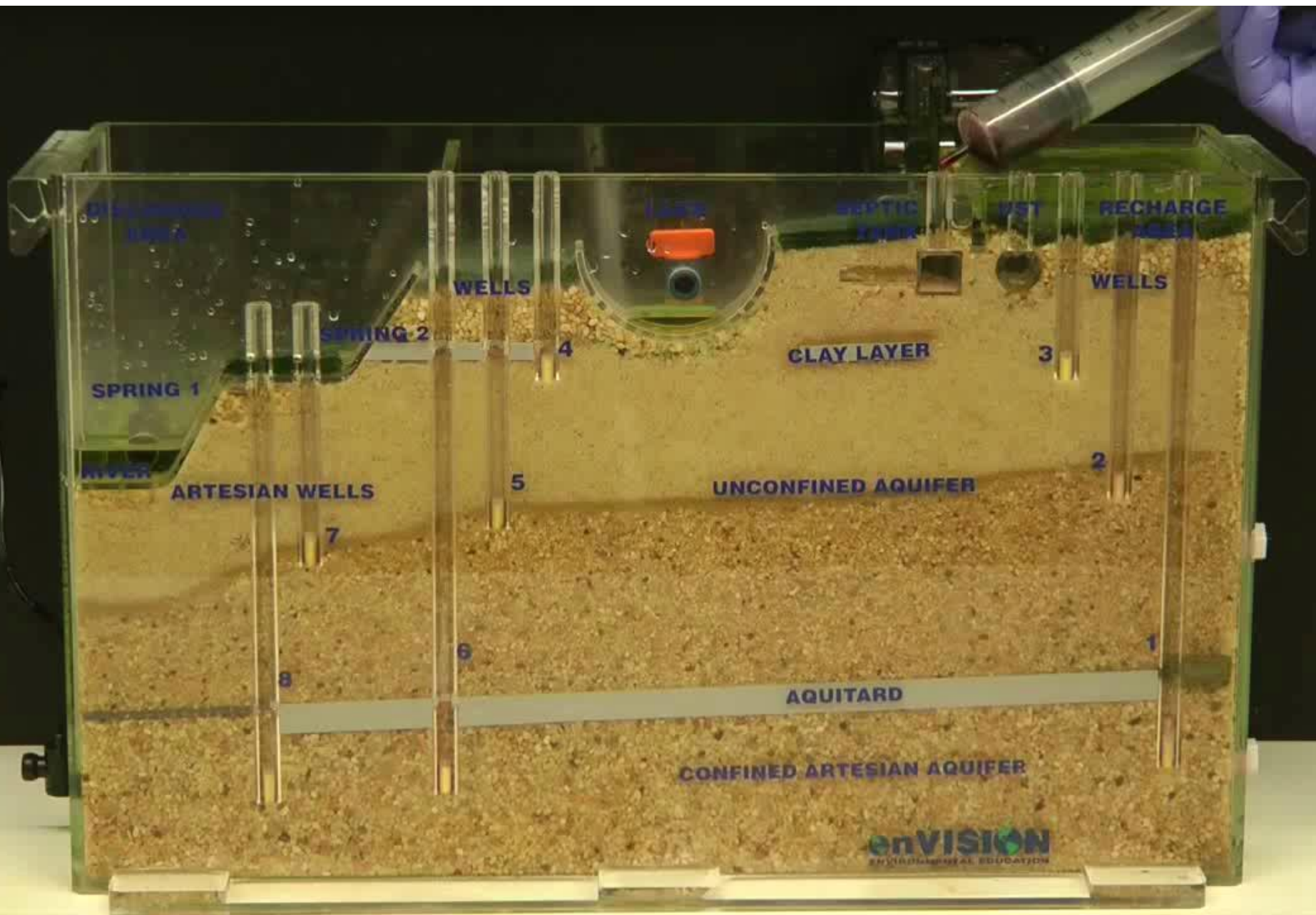
# CRITÈRES DE POTABILITÉ

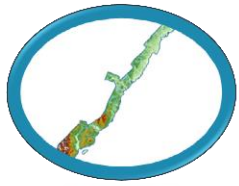
- ❑ **Concentrations maximales acceptables (CMA) : normes bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine.**
  - Ex. Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire



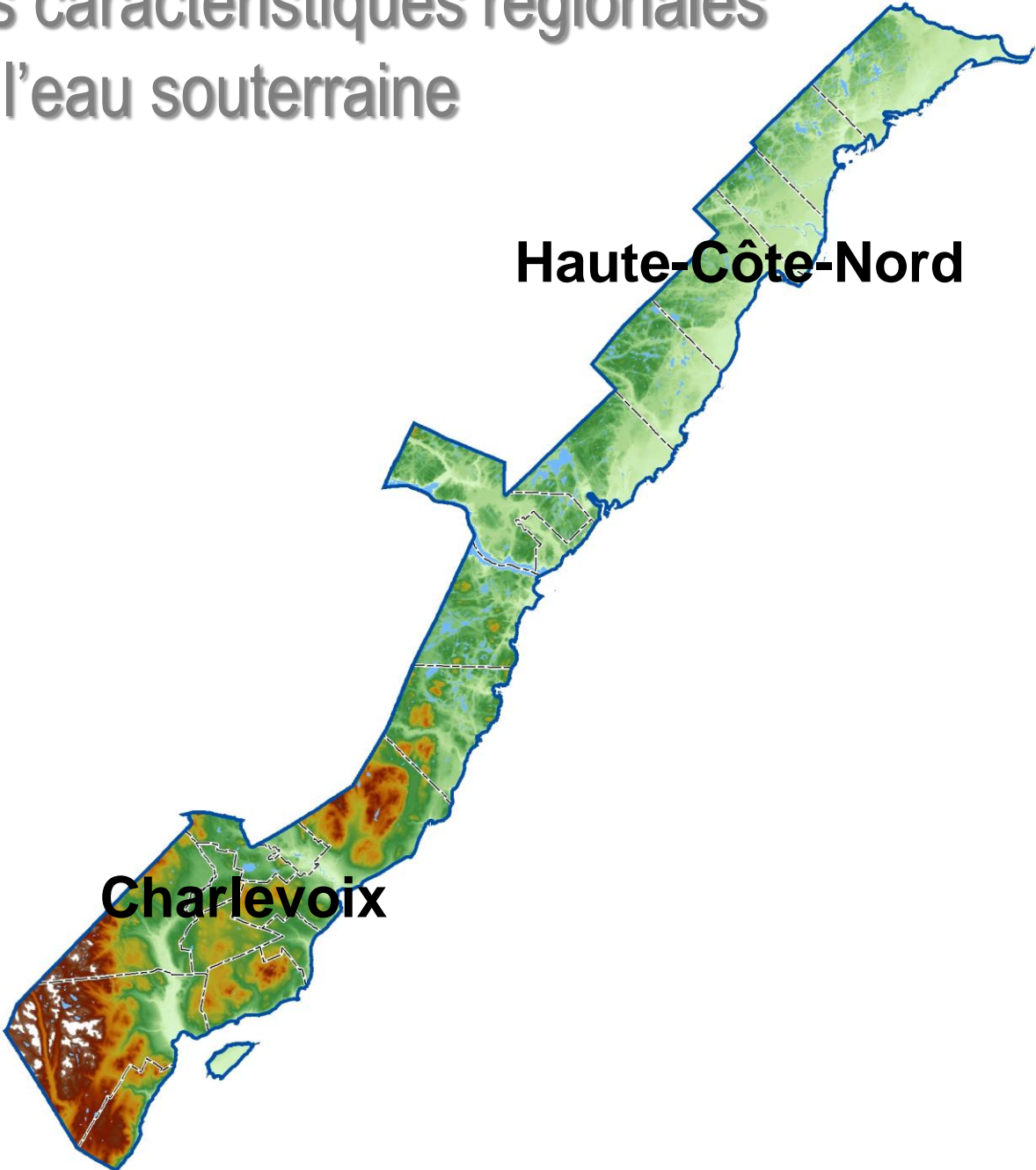
# OBJECTIFS ESTHÉTIQUES

- **Objectifs esthétiques** (OE) : **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'effet néfaste reconnu sur la santé humaine.
  - Ex : Fer < 0,3 mg/L, fondé sur le goût et les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie.





# Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine



## Réalisation du projet en trois étapes :

1. L'acquisition et l'archivage des données existantes auprès d'organismes gouvernementaux et municipaux
  - 155 rapports de consultant
  - SIH, SGÉOM
2. L'acquisition de nouvelles données par des travaux d'investigation ciblés
  - 172 levés géophysiques
  - 13 sondages, dont 2 aménagés en piézomètre
  - 133 stations d'appréciation de la fracturation du roc
  - 133 échantillons d'eau souterraine
  - 40 essais de pompage
3. L'analyse et l'interprétation des données
  - Rapport scientifique
  - 29 cartes thématiques
  - Atlas hydrogéologique

## Principaux résultats :

- ❑ Nouvelle cartographie des dépôts de surface
- ❑ Cartographie géologique révisée
- ❑ Interprétation de 147 coupes stratigraphiques à l'échelle régionale
- ❑ Cartographie hydrogéologique de 27 aquifères perméables, 40 aquifères semi-perméables et 18 aquitards
- ❑ Représentation cartographique de sept contextes hydrogéologiques
- ❑ Valeur moyenne de conductivité hydraulique :
  - $6,3 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s pour les dépôts perméables
  - $1,0 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s pour les milieux semi-perméables
- ❑ Caractérisation hydrogéochemique de l'eau souterraine suggère 4 groupes d'eau :
  - Groupe 1 = eaux douce de recharge
  - Groupe 4 = eaux salée
  - Groupes 2 et 3 = eaux intermédiaires

# RÉSUMÉ DU PACES-CHCN



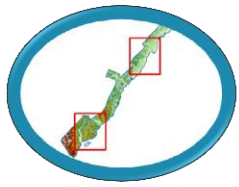
- ❑ Profondeur moyenne de l'eau souterraine = 38 m
- ❑ Écoulement souterrain régional du nord-ouest vers le sud-est
- ❑ Forte recharge sur les basses terres de la Haute-Côte-Nord et dans les vallées de Charlevoix
- ❑ Plusieurs zones favorables aux résurgences sous forme de sources ou zones de suintement
- ❑ Utilisation de l'eau :
  - 17 municipalités sur 21 alimentent la population en eau souterraine
  - Quantité totale d'eau consommée (surface et souterraine) = près de 20 Mm<sup>3</sup>/an
  - 1/3 correspond à de l'eau souterraine
  - 52% de l'eau souterraine pour l'usage domestique
- ❑ Qualité généralement bonne pour la potabilité :
  - 10% des échantillons avec dépassements de CMA
  - 45 % avec dépassements des OE
- ❑ Vulnérabilité faible sur les hautes-terres, moyenne à élevée dans les collines de l'astroblièmes et les basses-terres de la Haute-Côte-Nord

- ❑ Analyses **régionales** réalisées à l'échelle 1/225 000
- ❑ 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

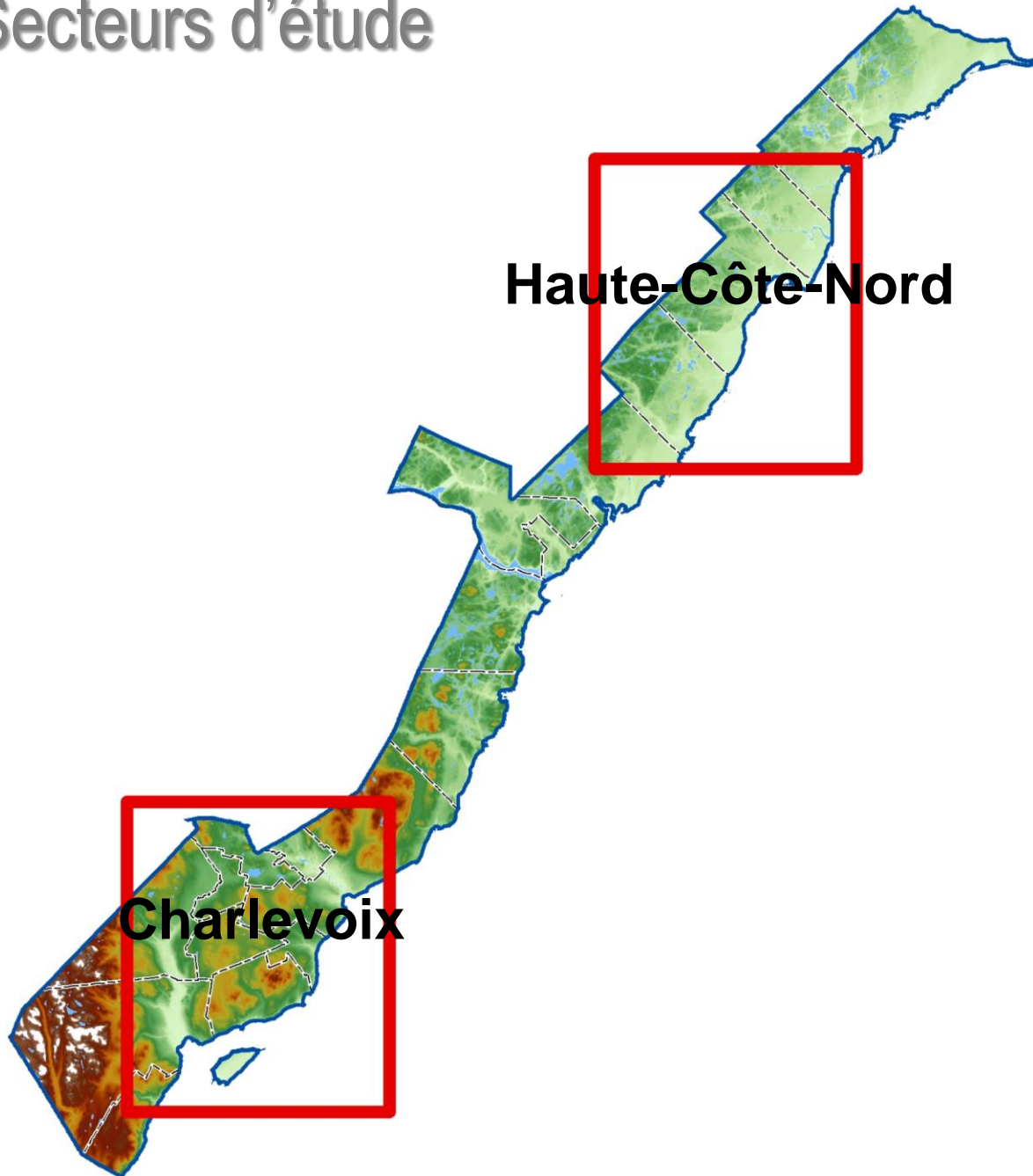
**→ Des études locales complémentaires sont nécessaires pour obtenir des informations spécifiques à une problématique donnée dans un endroit précis de la zone d'étude.**



# Secteurs d'étude



CdP  
pp.  
23 et  
+



**Haute-Côte-Nord**

**Charlevoix**





# PRÊTS POUR LES ATELIERS?

