

# 1<sup>ER</sup> ATELIER DE TRANSFERT DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

## de la Communauté métropolitaine de Québec

Québec, le 7 mai 2015

*Yohann Tremblay, RQES*  
*Anne-Marie Decelles, RQES*  
*Marie-Audray Ouellet, RQES*

*René Therrien, ULaval*  
*Marie-Catherine Talbot Poulin, ULaval*  
*Guillaume Comeau, ULaval*



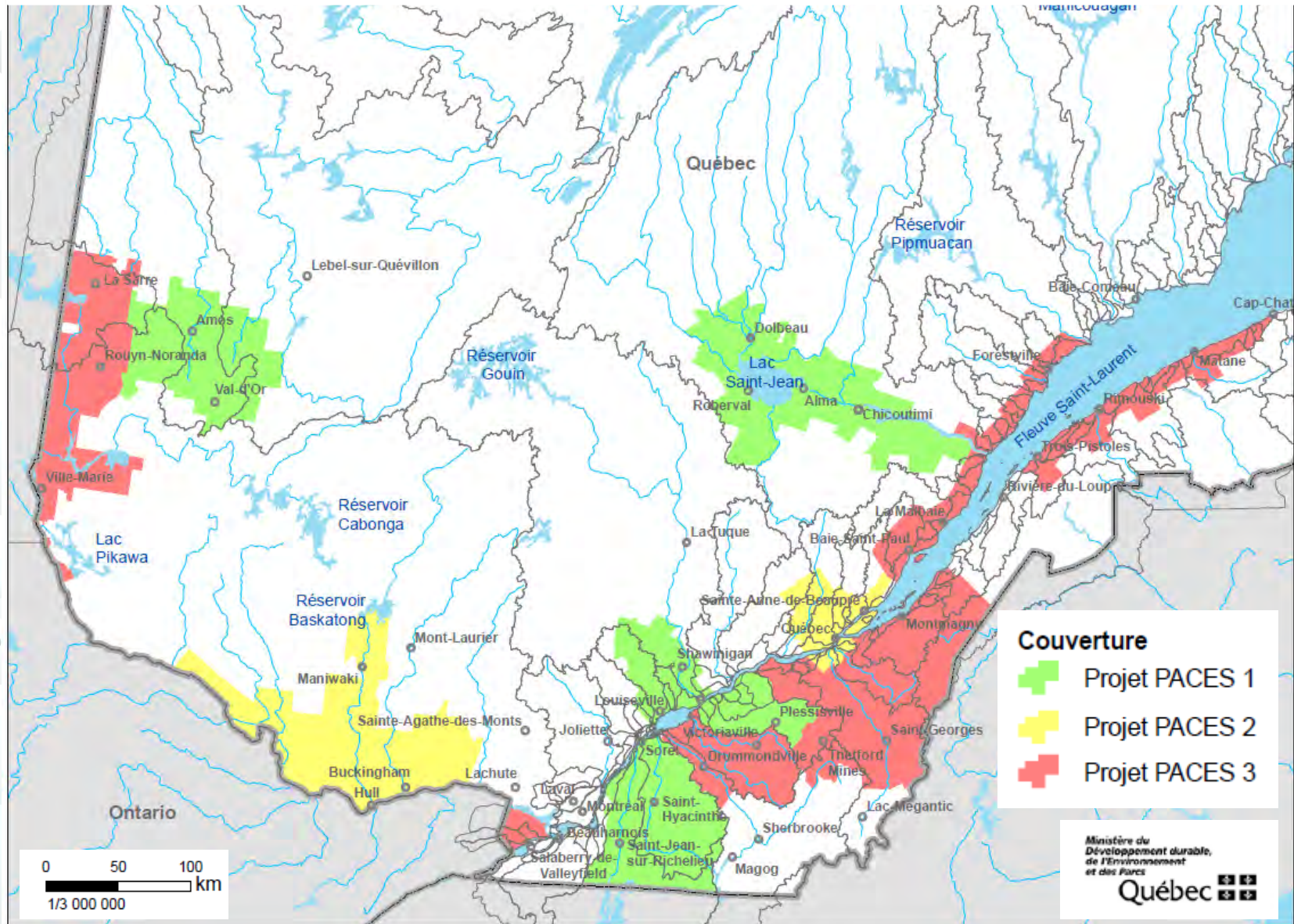
# *LES ATELIERS DE TRANSFERT DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES*

- Développés par le RQES :
  - Un regroupement de :
    - Membres générateur des connaissances → chercheurs universitaires
    - Membres utilisateurs des connaissances → municipalités, MRC, OBV
    - En collaboration avec le MDDELCC
  - Mission : consolider et étendre les collaborations en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

# ***LES ATELIERS DE TRANSFERT DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES***

- ❑ Prend appui sur des travaux de recherche où l'on a évalué (Ruiz, Pelchat, Campeau, 2013) :
  - ❑ 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 (PACES)



# LE PACES DE LA CMQ

- ❑ 1<sup>er</sup> portrait régional de la ressource en eau souterraine du territoire municipalisé de la CMQ
- ❑ Superficie de 3 663 km<sup>2</sup>
- ❑ Comprend l'Agglomération de Québec, la ville de Lévis et les MRC de La Jacques-Cartier, de L'Île-d'Orléans et de La Côte-de-Beaupré
- ❑ Population d'environ 760 000 habitants, dont 21% utilisent l'eau souterraine
- ❑ Objectif principal :
  - Améliorer les connaissances sur la ressource en eau souterraine de la CMQ afin d'assurer sa gestion durable

# LE PACES DE LA CMQ

## ❑ Réalisé par l'ULaval, la CMQ et plusieurs partenaires régionaux :

- Ville de Québec;
- Ville de Lévis;
- Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures;
- MRC de La Côte-de-Beaupré;
- MRC de L'Île-d'Orléans;
- MRC de La Jacques-Cartier;
- Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency;
- Organisme des bassins versants de la Capitale;
- Organisme des bassins versants de la Côte-du-Sud;
- Conseil de bassin de la rivière Etchemin;
- Corporation du bassin de la Jacques-Cartier.

## ❑ Financé par le MDDELCC (80%) et les partenaires régionaux (20%) dans le cadre du *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)*

## 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
  - 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

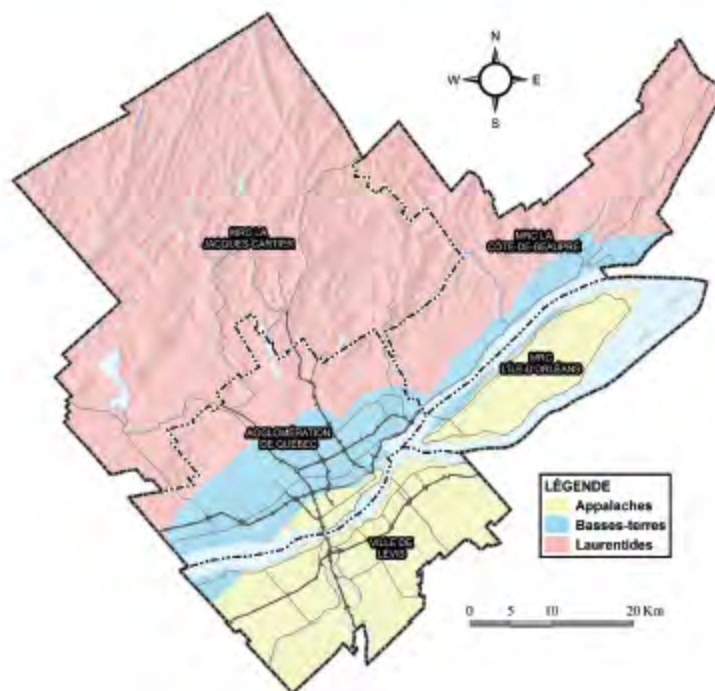
## LES OBJECTIFS DE L'ATELIER D'AUJOURD'HUI

- ❑ Développer une base commune de connaissances en hydrogéologie entre les acteurs d'une même région :
  - Revenir sur les principaux résultats du **PACES-CMQ**
  - 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 **PACES-CMQ** afin de pouvoir facilement échanger avec un expert en hydrogéologie



# 1<sup>er</sup> atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec

## CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :  
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,  
l'UQTR, l'Université Laval  
et la Communauté métropolitaine de Québec

Mai 2015

8h30-8h45 : Introduction

8h45-9h45 : Notions hydrogéologiques fondamentales et caractéristiques régionales de l'eau souterraine

Présentation  
magistrale

*9h45-10h00 : Pause*

10h00-11h15 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices sur données spécifiques

11h15-12h00 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices de synthèse

*12h00-13h00 : Pause-Repas*

13h00-13h15 : Démonstration de la maquette hydrogéologique

13h15-14h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
– exercices sur données spécifiques

*14h15-14h30 : Pause*

14h30-15h30 : Les contextes hydrogéologiques des **APPALACHES**  
– exercices sur données spécifiques

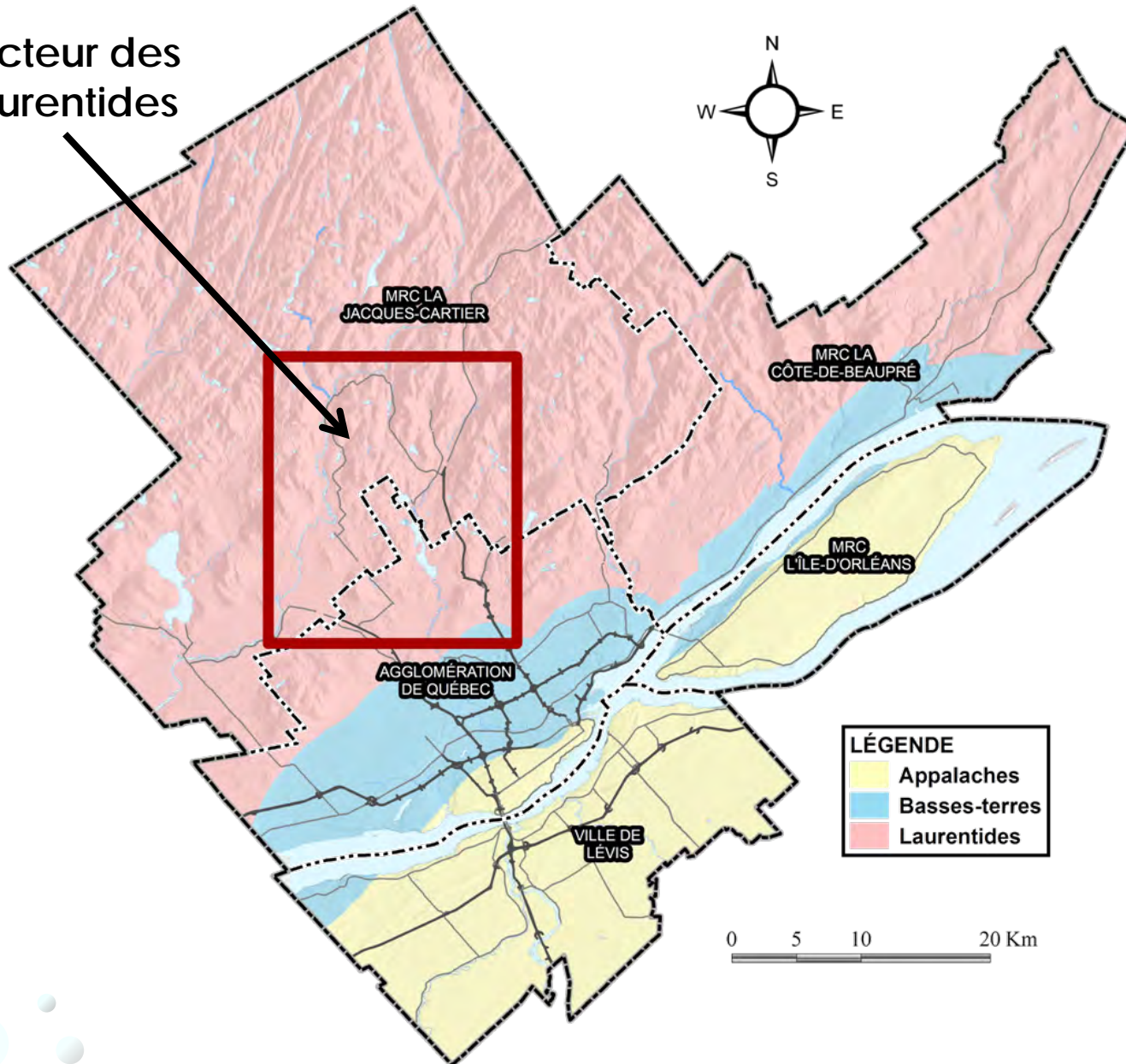
15h30-16h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
ou des **APPALACHES** – exercices de synthèse

Ateliers en trois  
sous-groupes de  
10 participants  
max.

16h15-16h30 : Mot de la fin

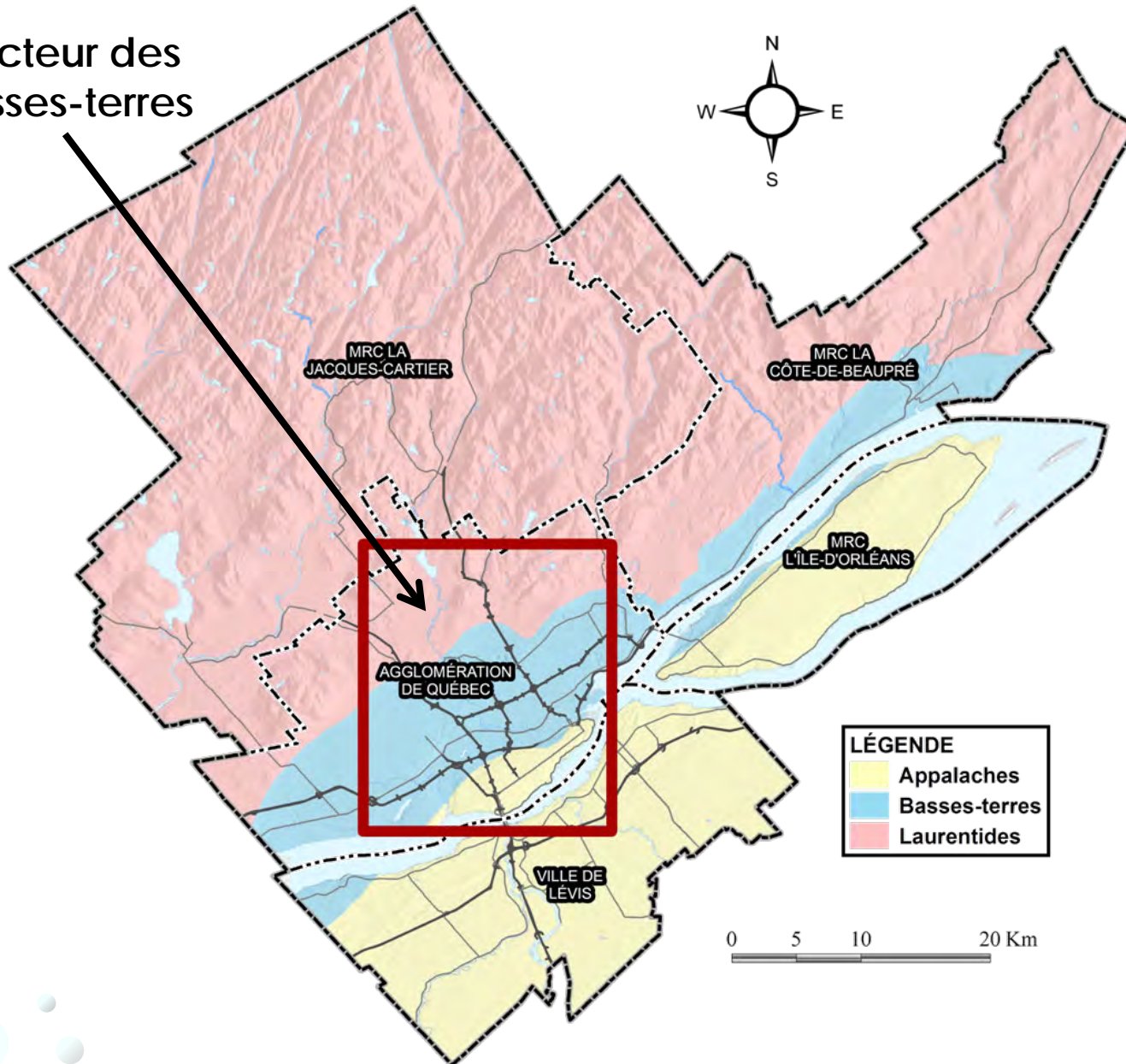
# SECTEURS D'ÉTUDE POUR LES ATELIERS

Secteur des  
Laurentides



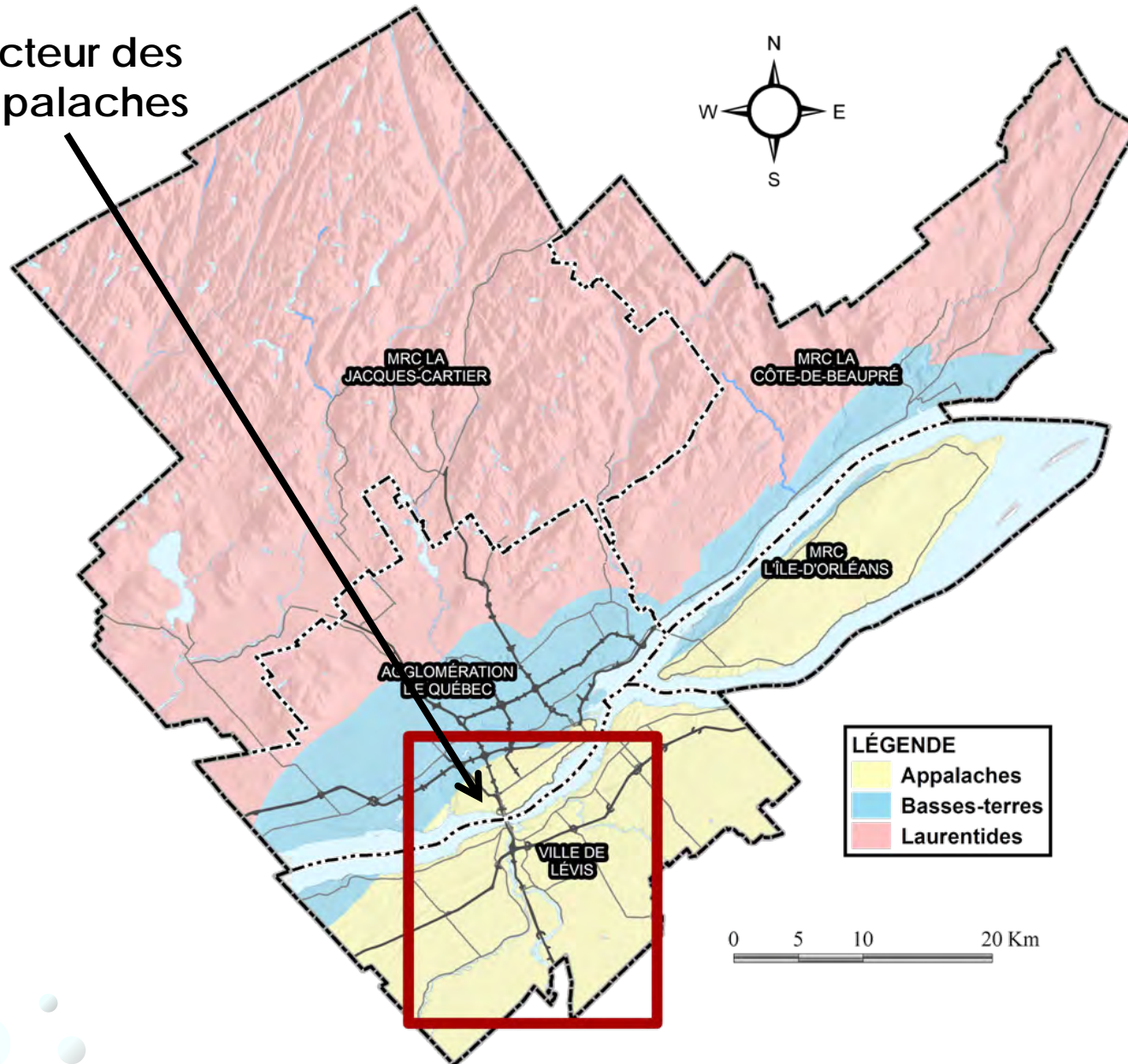
# SECTEURS D'ÉTUDE POUR LES ATELIERS

Secteur des  
Basses-terres



# SECTEURS D'ÉTUDE POUR LES ATELIERS

Secteur des  
Appalaches



8h30-8h45 : Introduction

8h45-9h45 : Notions hydrogéologiques fondamentales et caractéristiques régionales de l'eau souterraine

Présentation  
magistrale

*9h45-10h00 : Pause*

10h00-11h15 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices sur données spécifiques

11h15-12h00 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices de synthèse

*12h00-13h00 : Pause-Repas*

13h00-13h15 : Démonstration de la maquette hydrogéologique

13h15-14h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
– exercices sur données spécifiques

*14h15-14h30 : Pause*

14h30-15h30 : Les contextes hydrogéologiques des **APPALACHES**  
– exercices sur données spécifiques

15h30-16h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
ou des **APPALACHES** – exercices de synthèse

Ateliers en trois  
sous-groupes de  
10 participants  
max.

16h15-16h30 : Mot de la fin

# L'ÉQUIPE POUR VOUS ACCOMPAGNER

❑ Les animateurs :

❑ Les chercheurs de l'ULaval:

- Marie-Audray Ouellet  
M.Sc. Géographie

- Marie-Catherine Talbot  
M.Sc. en hydrogéologie

Binôme 1

- Yohann Tremblay,  
M.Sc. Sciences de l'eau

- René Therrien  
Ph.D. en hydrogéologie

Binôme 2

- Anne-Marie Decelles,  
M.A. Développement  
régional

- Guillaume Comeau  
M.Sc. en hydrogéologie

Binôme 3

8h30-8h45 : Introduction

8h45-9h45 : Notions hydrogéologiques fondamentales et caractéristiques régionales de l'eau souterraine

Présentation  
magistrale

*9h45-10h00 : Pause*

10h00-11h15 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices sur données spécifiques

11h15-12h00 : Les contextes hydrogéologiques des **LAURENTIDES**  
– exercices de synthèse

*12h00-13h00 : Pause-Repas*

13h00-13h15 : Démonstration de la maquette hydrogéologique

13h15-14h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
– exercices sur données spécifiques

*14h15-14h30 : Pause*

14h30-15h30 : Les contextes hydrogéologiques des **APPALACHES**  
– exercices sur données spécifiques

15h30-16h15 : Les contextes hydrogéologiques des **BASSES-TERRES**  
ou des **APPALACHES** – exercices de synthèse

Ateliers en trois  
sous-groupes de  
10 participants  
max.

16h15-16h30 : Mot de la fin



## 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

## ☐ Partenaires du PACES-CMQ :



## ☐ Partenaires du projet Protéger et gérer les eaux souterraines:



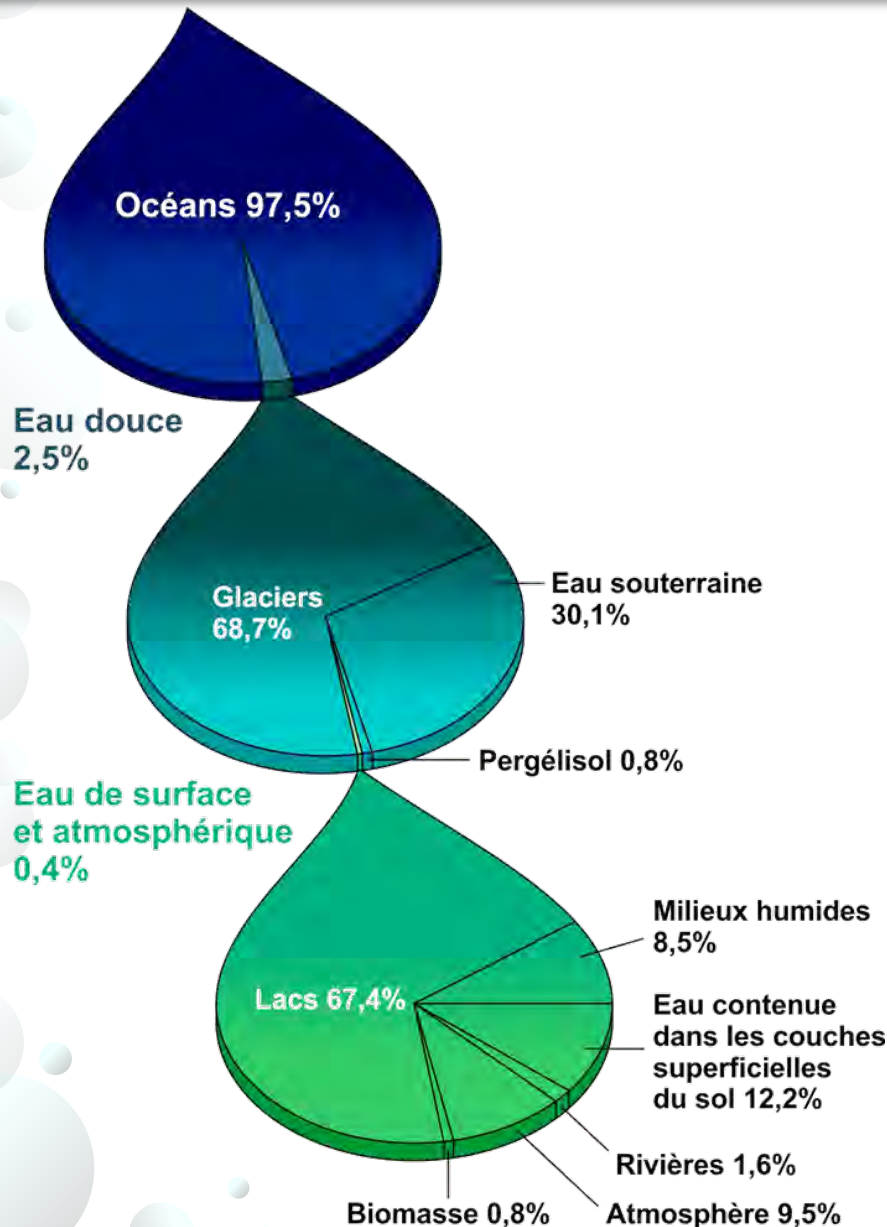
# CONNAISSANCES HYDROGÉOLOGIQUES FONDAMENTALES

## et faits saillants du PACES-CMQ

YOHANN TREMBLAY



# UNE RESSOURCE À PROTÉGER

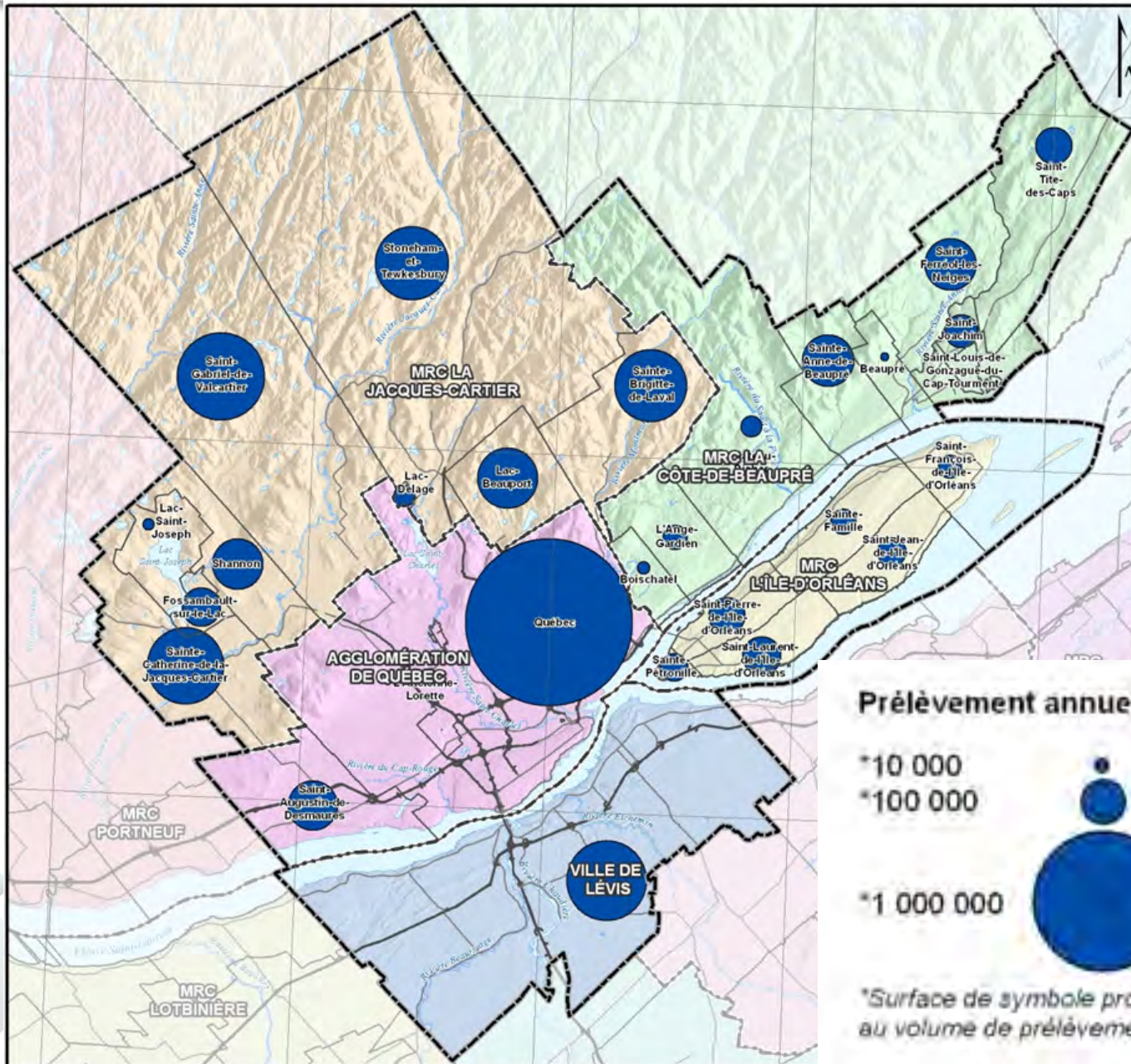


UNESCO-WWAP (2006)

- ❑ 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

# PRÉLÈVEMENTS DANS LA CMQ

CdP  
p. 22



Prélèvement annuel (m<sup>3</sup>)

\*10 000  
\*100 000

\*1 000 000



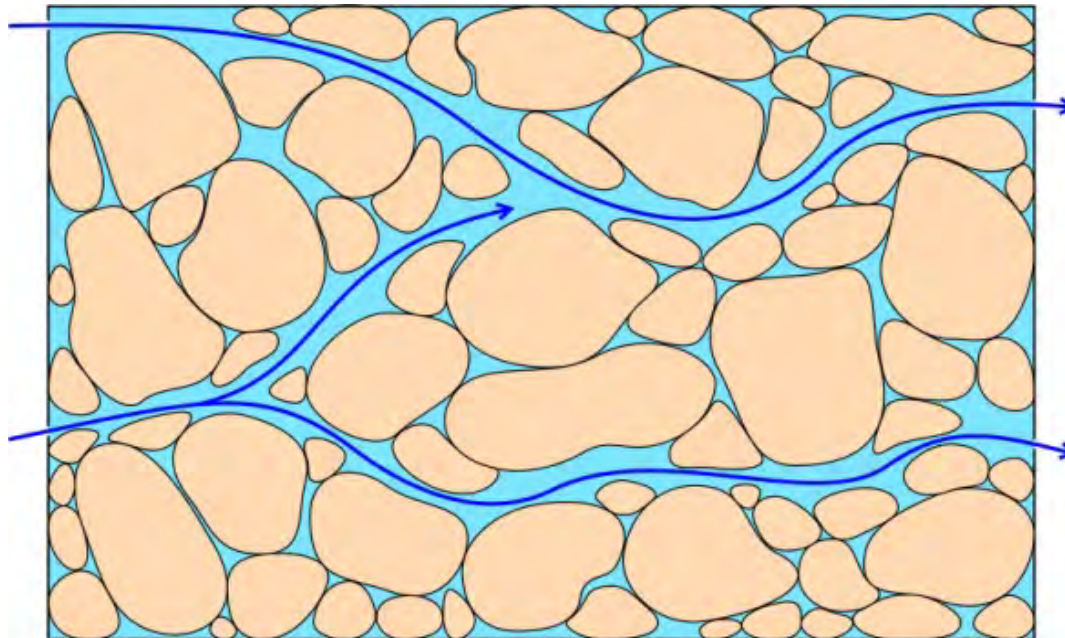
\*Surface de symbole proportionnelle au volume de prélèvement

## → **Connaissances fondamentales :**

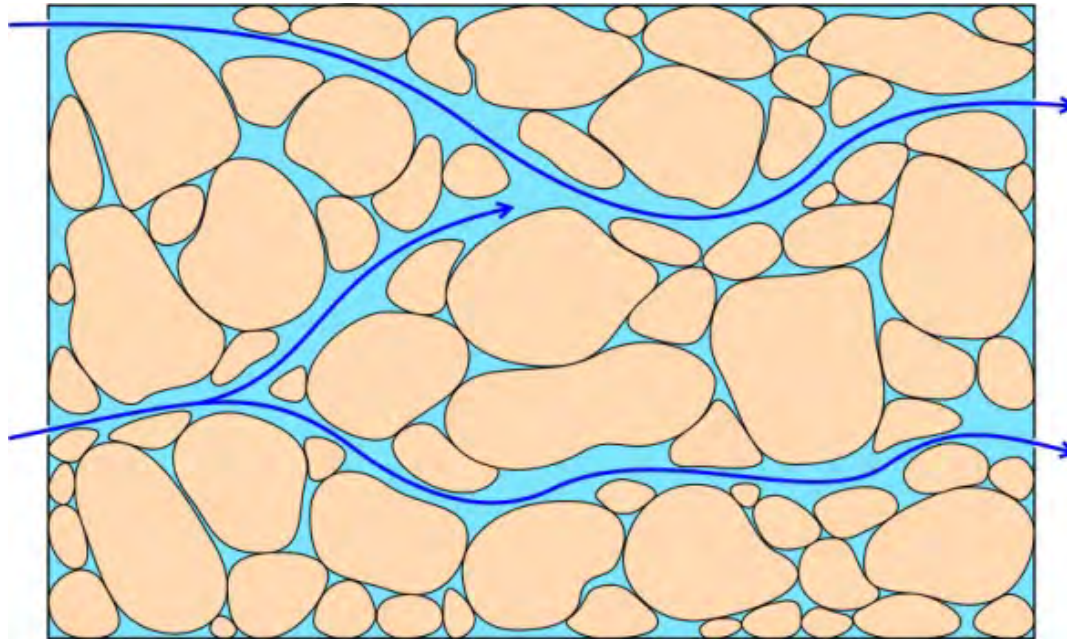
1. Définitions de base
2. Différents types d'aquifère
3. Conditions de confinement
4. Types de dépôts meubles
5. Piézométrie
6. Recharge et résurgence
7. Vulnérabilité de l'eau souterraine
8. Qualité de l'eau

## → **Les caractéristiques régionales de l'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

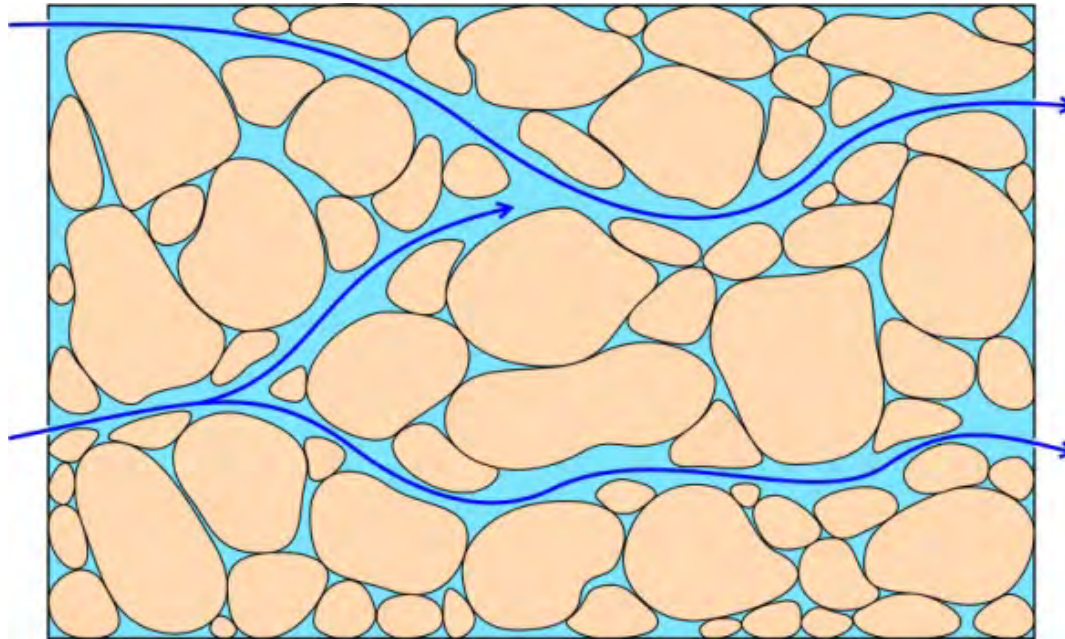


- ❑ La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.
- Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.





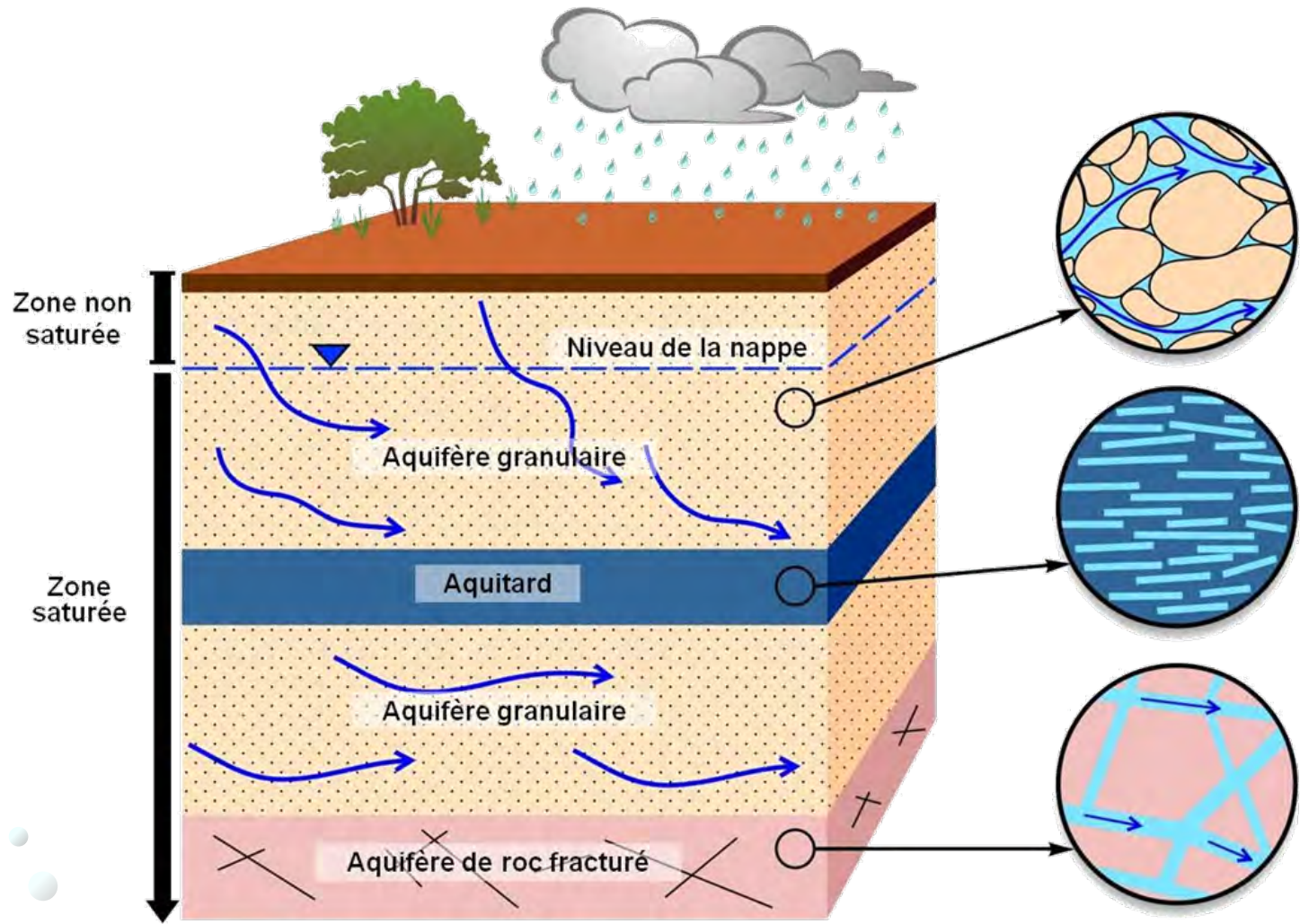
- ❑ La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'aptitude du milieu à se laisser traverser par l'eau.
- Plus les **pores** sont interconnectés, plus le milieu géologique est **perméable** et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement



# NAPPE PHRÉATIQUE

CdP  
p. 12

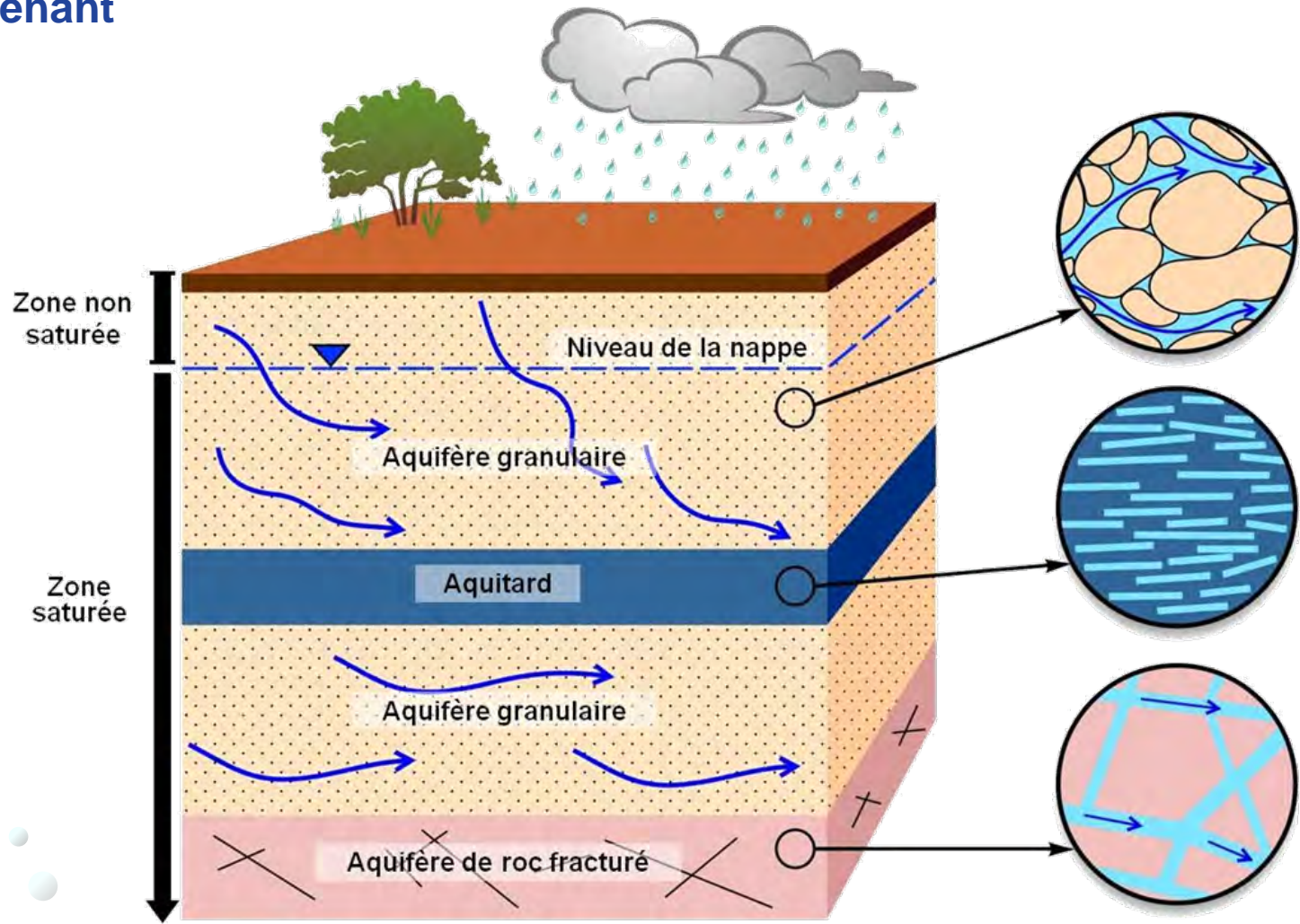
- La **NAPPE** représente l'eau souterraine qui circule dans un aquifère → C'est le contenu



# AQUIFÈRE

CdP  
p. 12

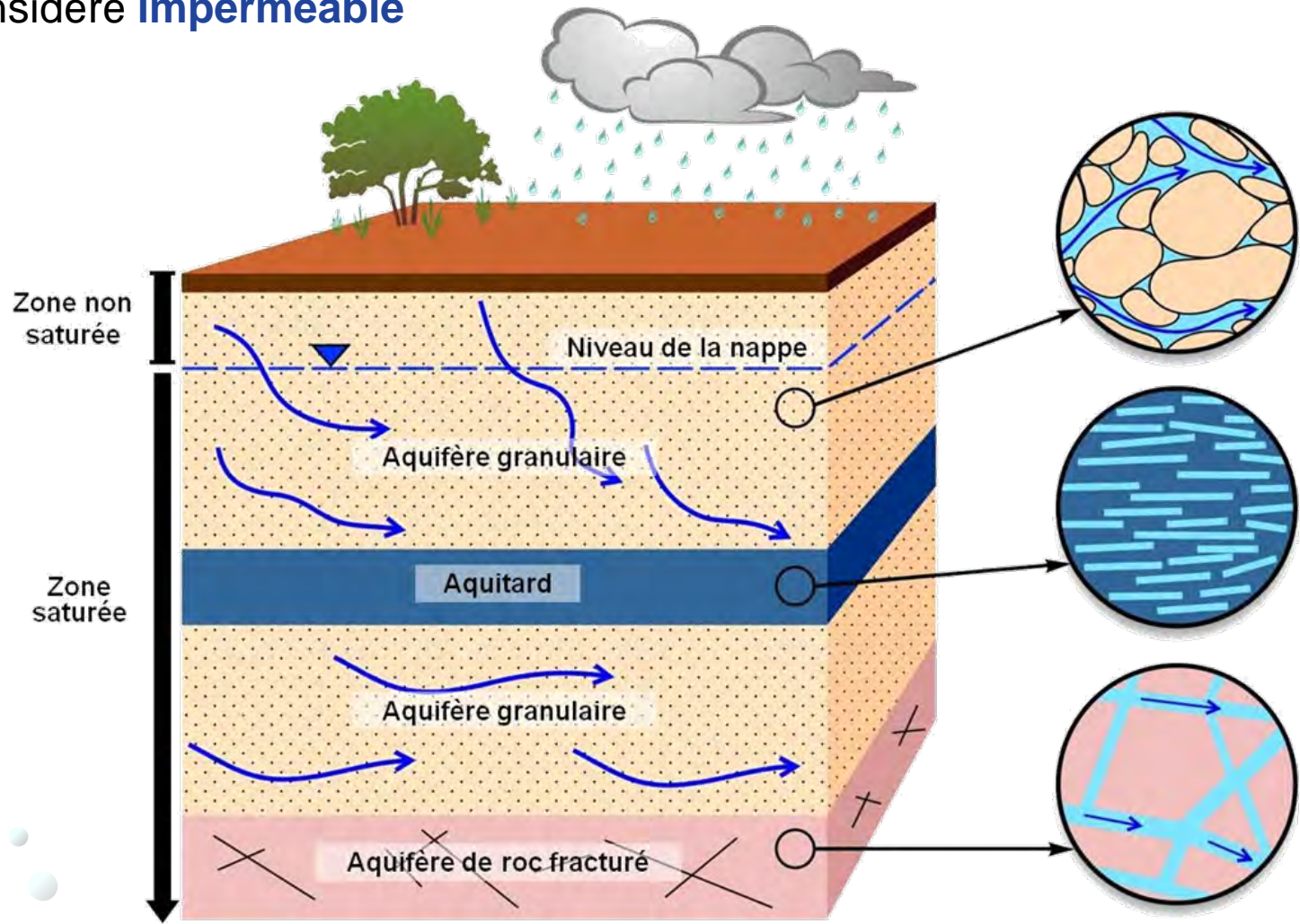
- Un **AQUIFÈRE** est une formation géologique saturée en eau et suffisamment perméable pour permettre son pompage → C'est le **contenant**



# AQUITARD

CdP  
p. 12

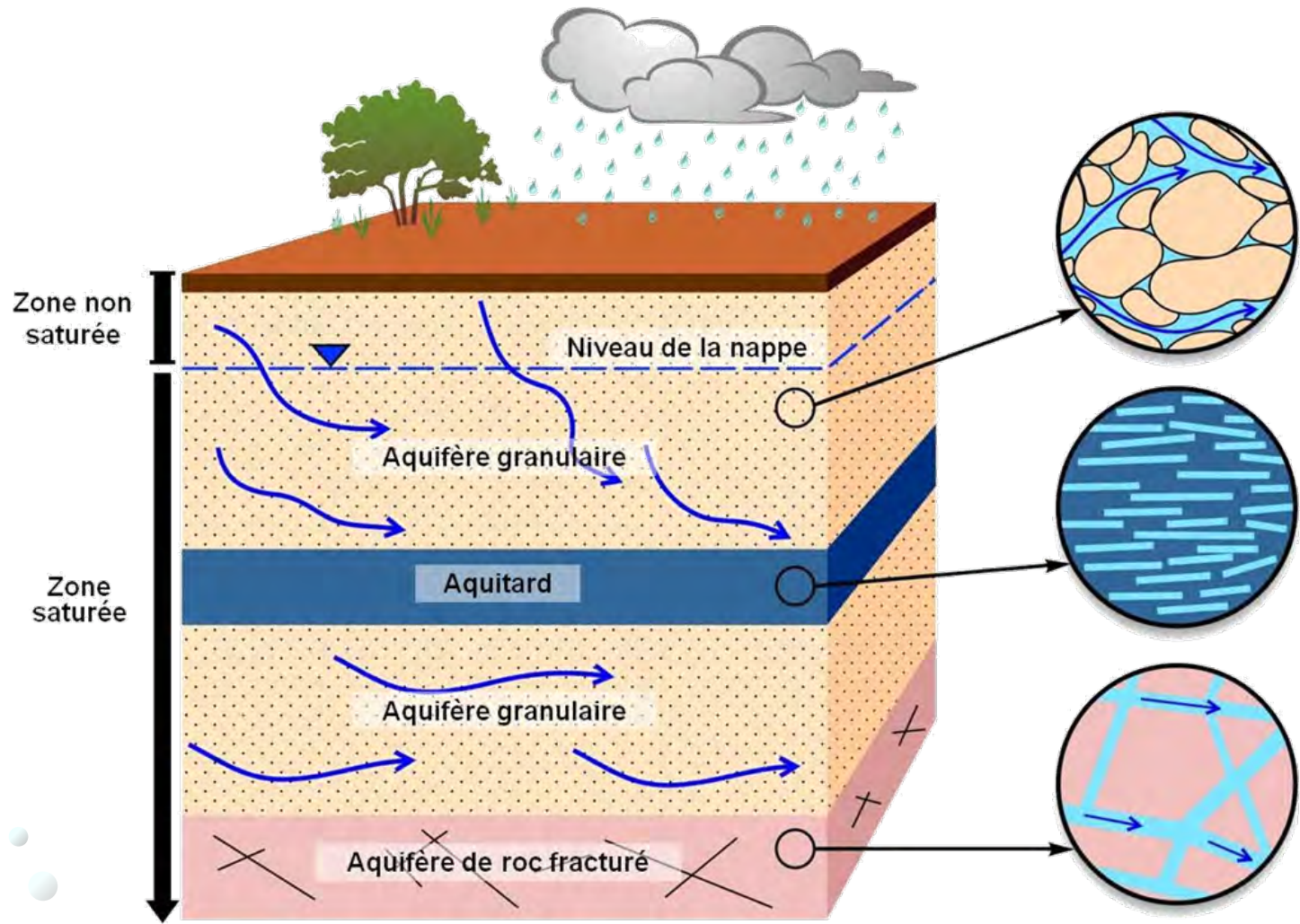
- Un **AQUITARD** est une unité géologique qui n'est pas suffisamment perméable pour qu'il soit possible d'y extraire l'eau  
→ Considéré **imperméable**



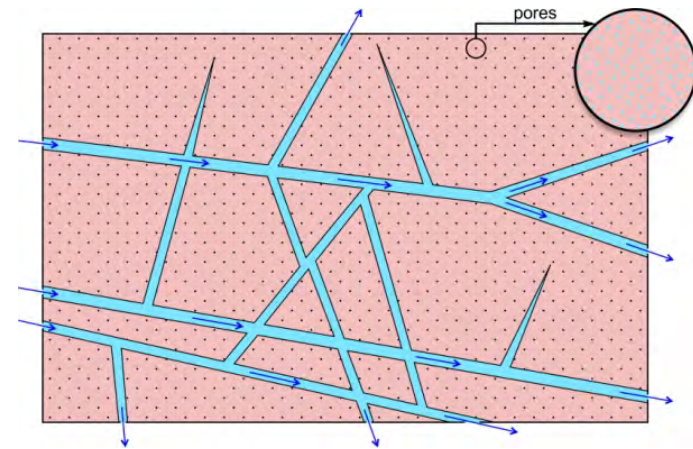
# AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

CdP  
p. 14

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

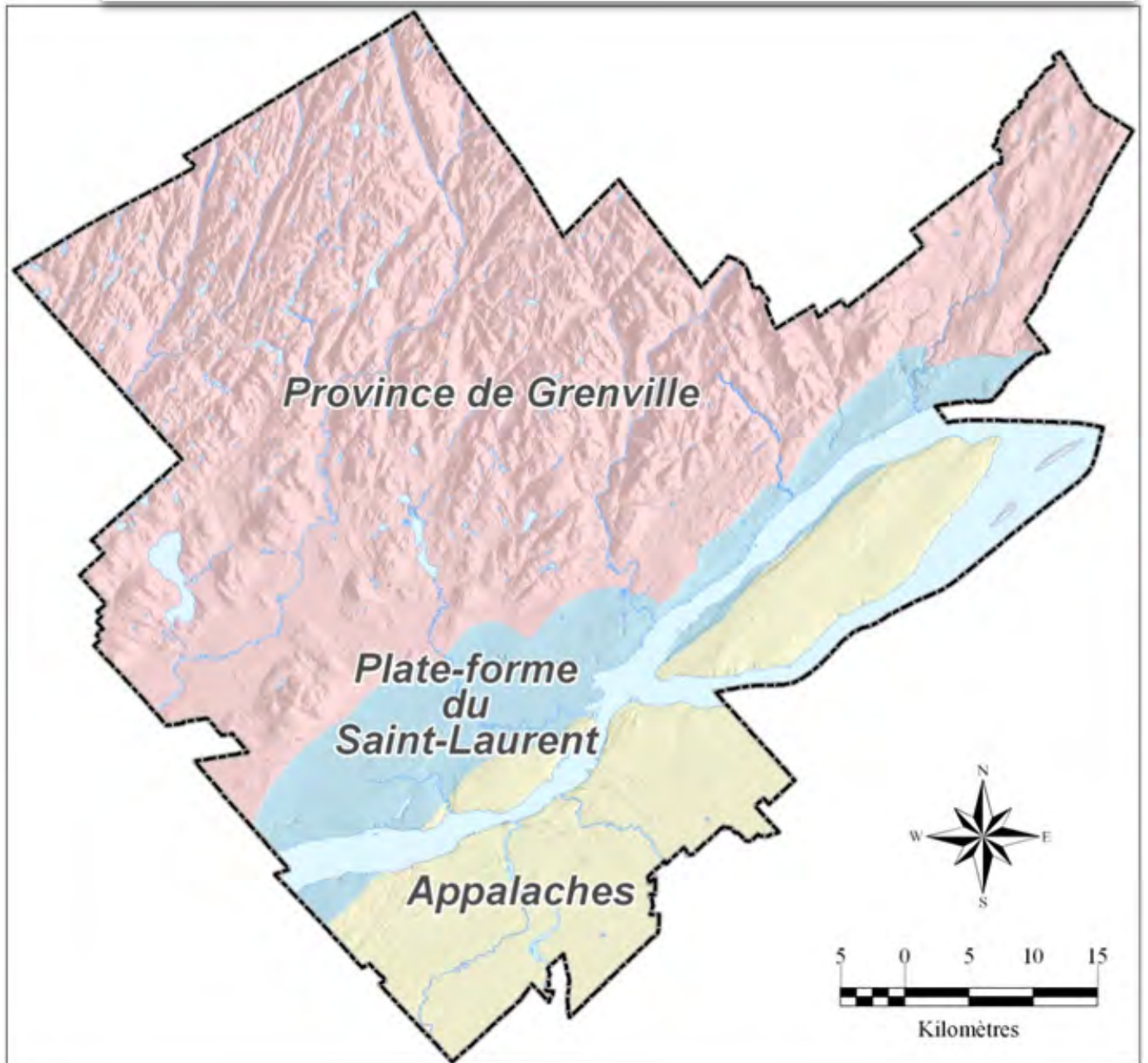


- ❑ L'eau se retrouve :
  - Dans les **pores** de la roche, mais leur faible interconnexion ne permet pas une circulation efficace de l'eau
  - Dans les **fractures** qui permettent une circulation d'eau parfois suffisante pour le captage
- ❑ En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer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



© Leblanc et coll. (2013)

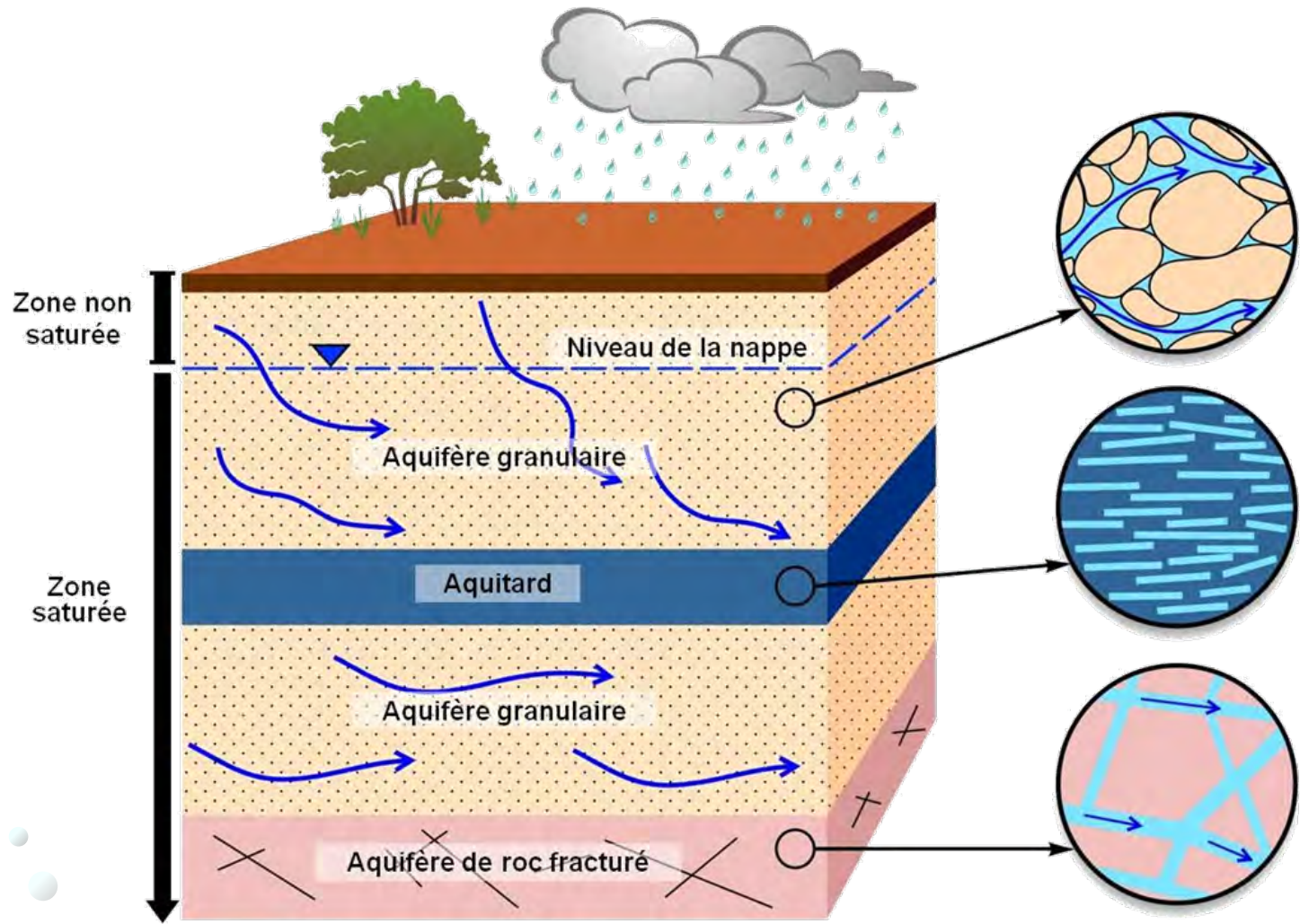
# GÉOLOGIE SIMPLIFIÉE DU ROC



# AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

CdP  
p. 14

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





- ❑ 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

- ❑ **Mélange de matériaux :**

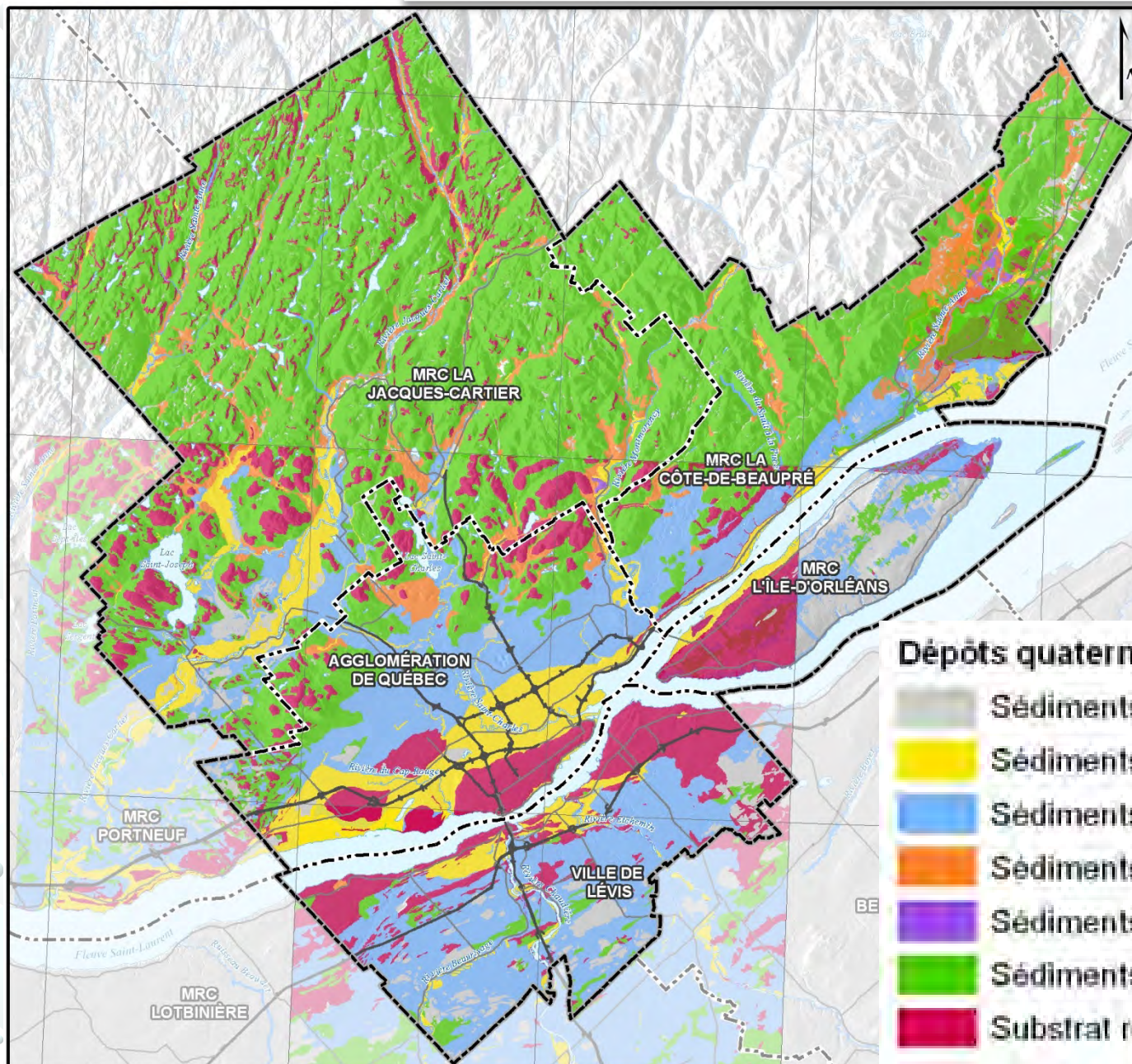
- Ex. silt avec du sable ou gravier → Ni **aquifère**, ni **aquitard**
- Ex. Sable avec horizons de silt discontinus → Variable (**aquifère** ou **aquitard**)

- ❑ **Argiles et silts → aquitard**

- Considéré imperméable



# GÉOLOGIE DU QUATÉNAIRE SIMPLIFIÉ

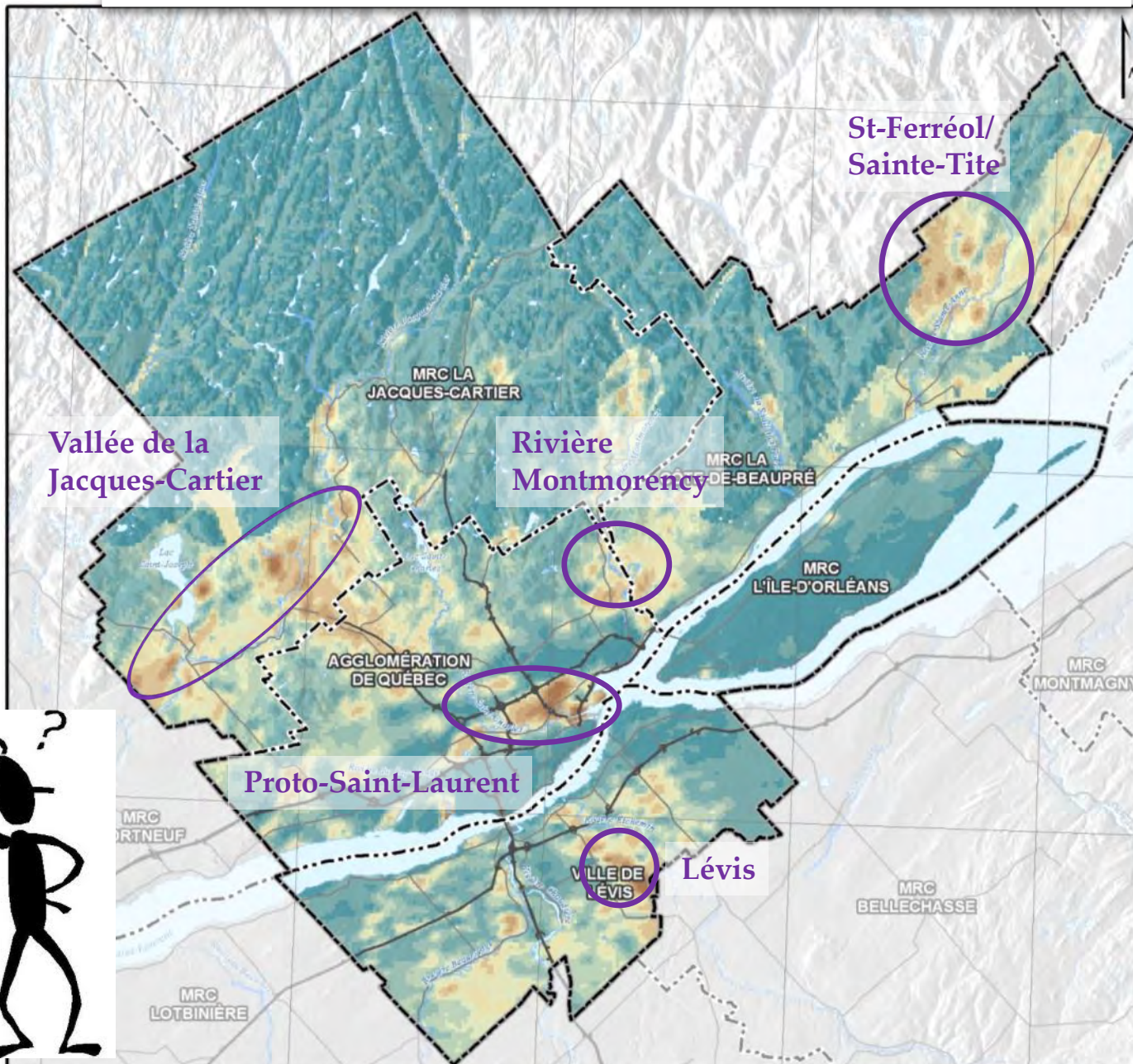


### Dépôts quaternaires

-  Sédiments organique
-  Sédiments alluviaux
-  Sédiments marins
-  Sédiments fluvio-glaciaires
-  Sédiments glaciolacustres
-  Sédiments glaciaires (till)
-  Substrat rocheux

# ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

Épaisseur (m)

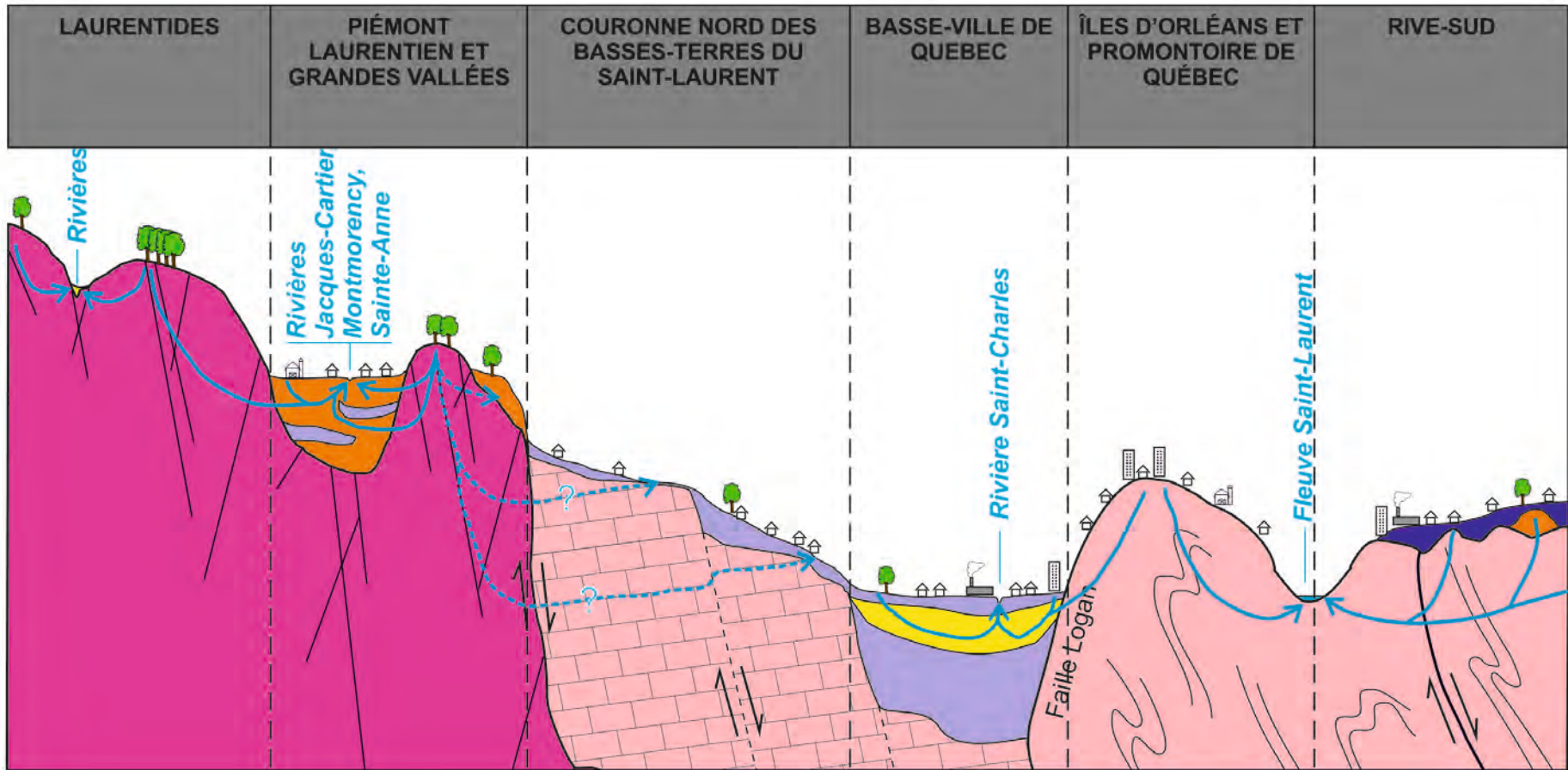


# SYNTHÈSE DES CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

CdP  
p. 26

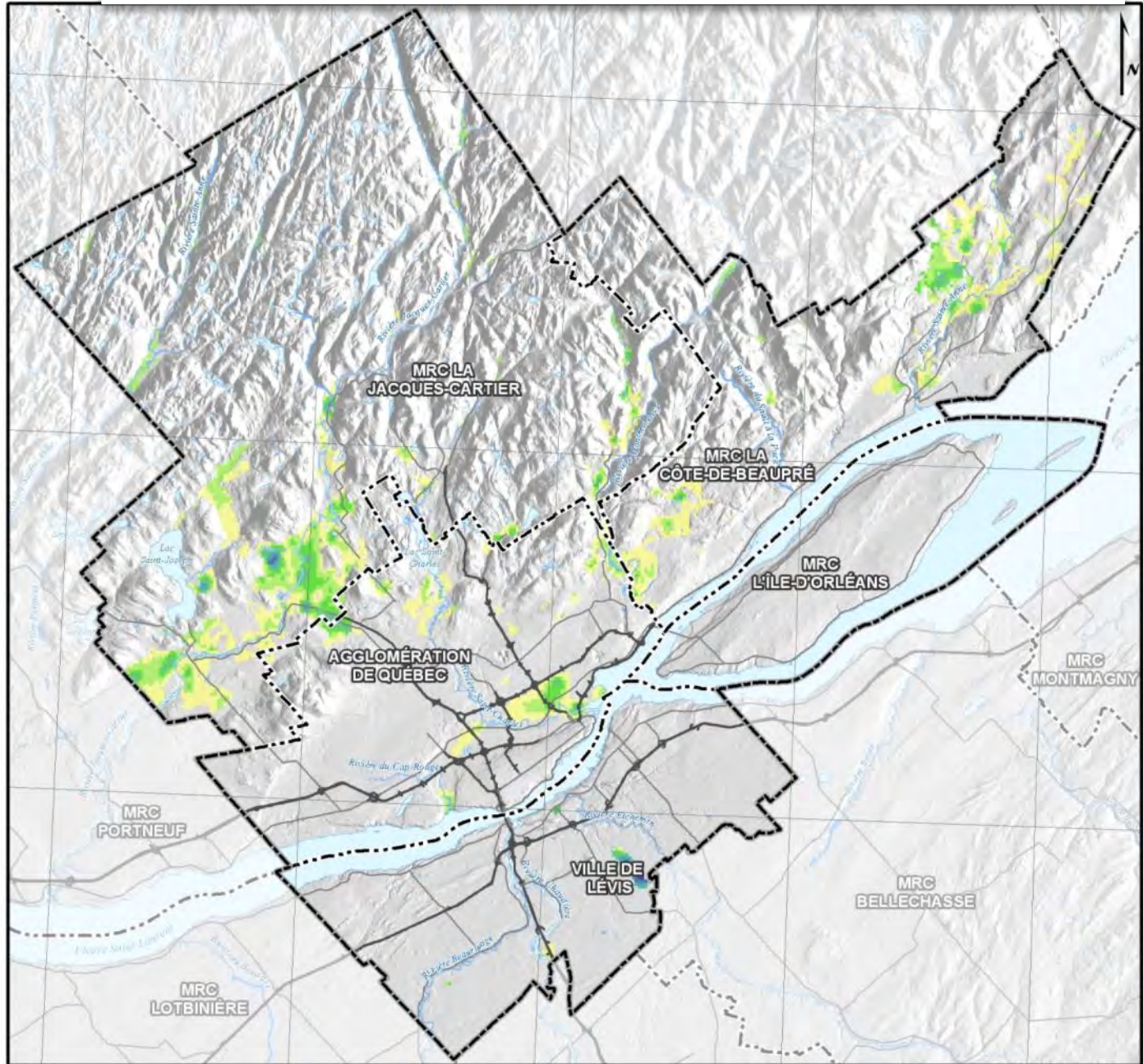
Nord

Sud

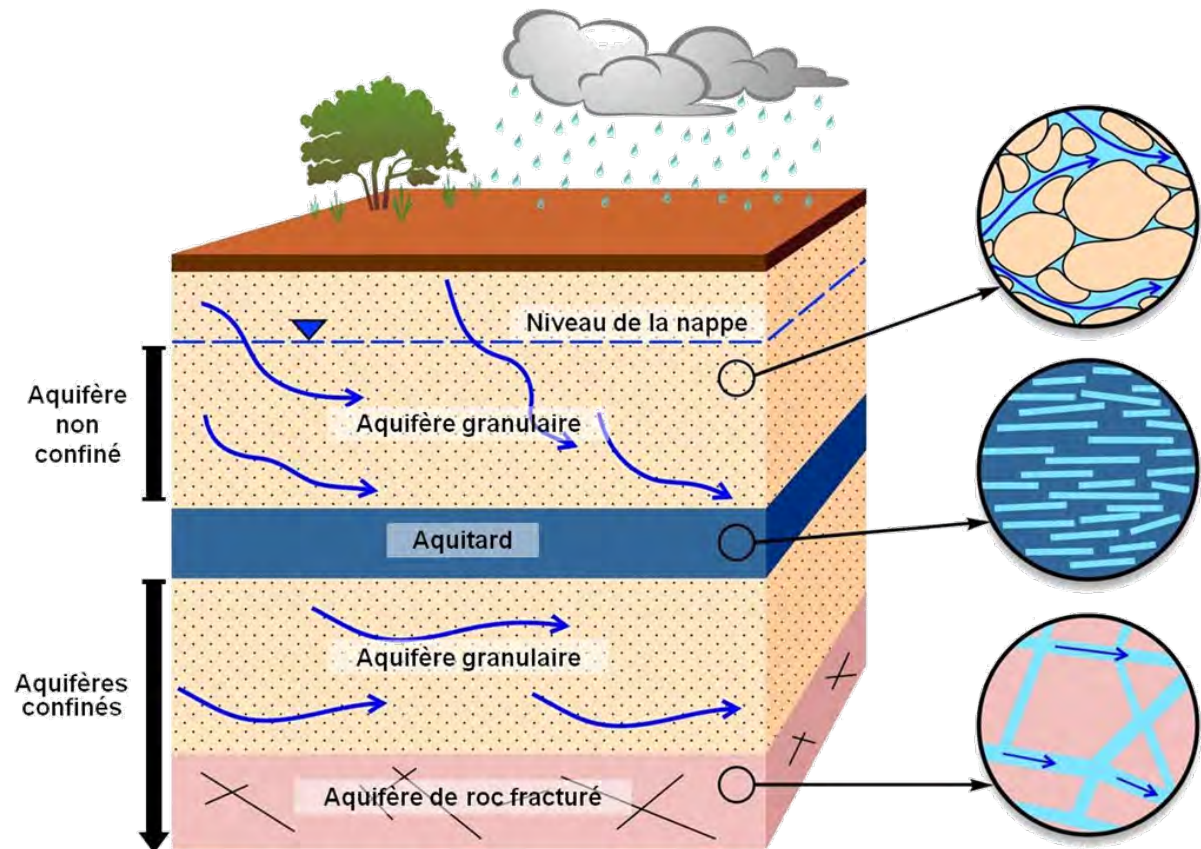


# ÉPAISSEUR DES AQUIFÈRES GRANULAIRES

Épaisseur (m)



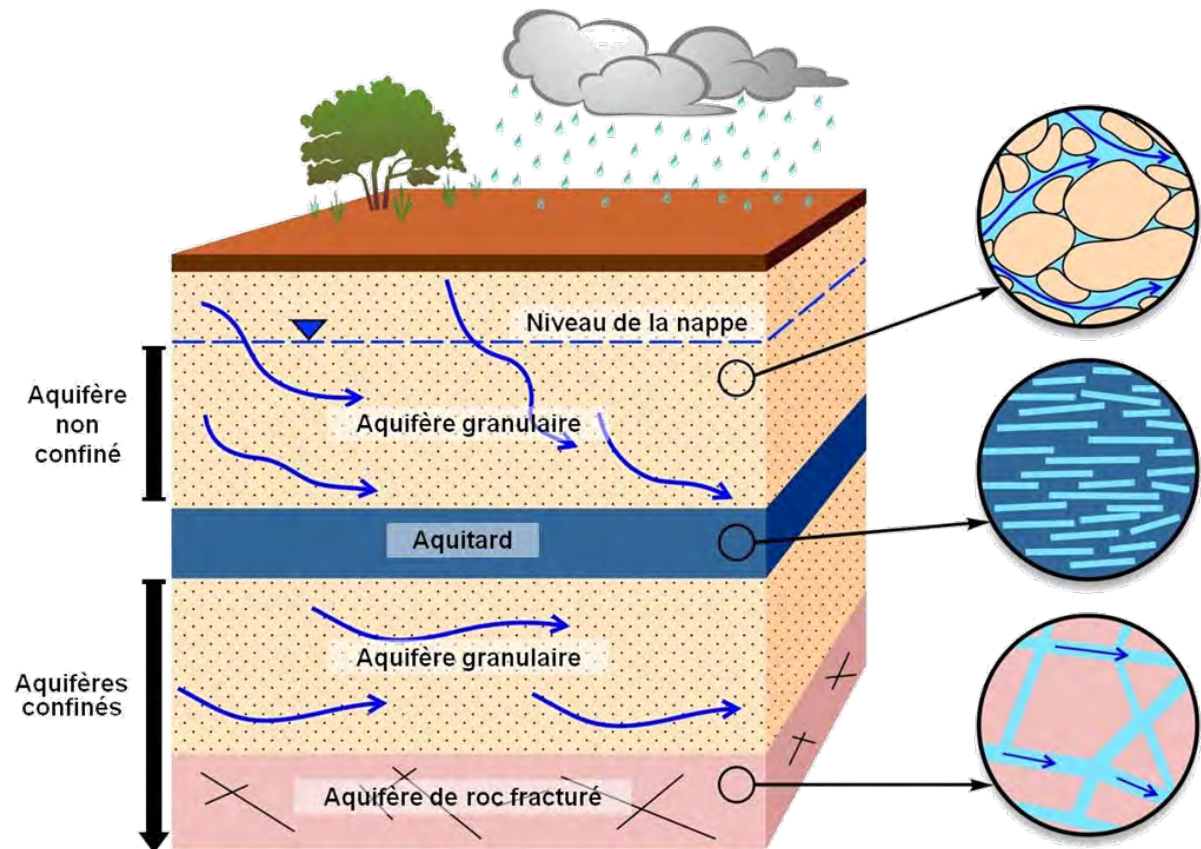
- Un aquifère **CONFINÉ** est emprisonné sous un **aquitard**
  - Pas directement rechargé par l'infiltration verticale
  - Protégé des contaminants provenant directement de la surface



# AQUIFÈRE NON CONFINÉ

CdP  
p. 13

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



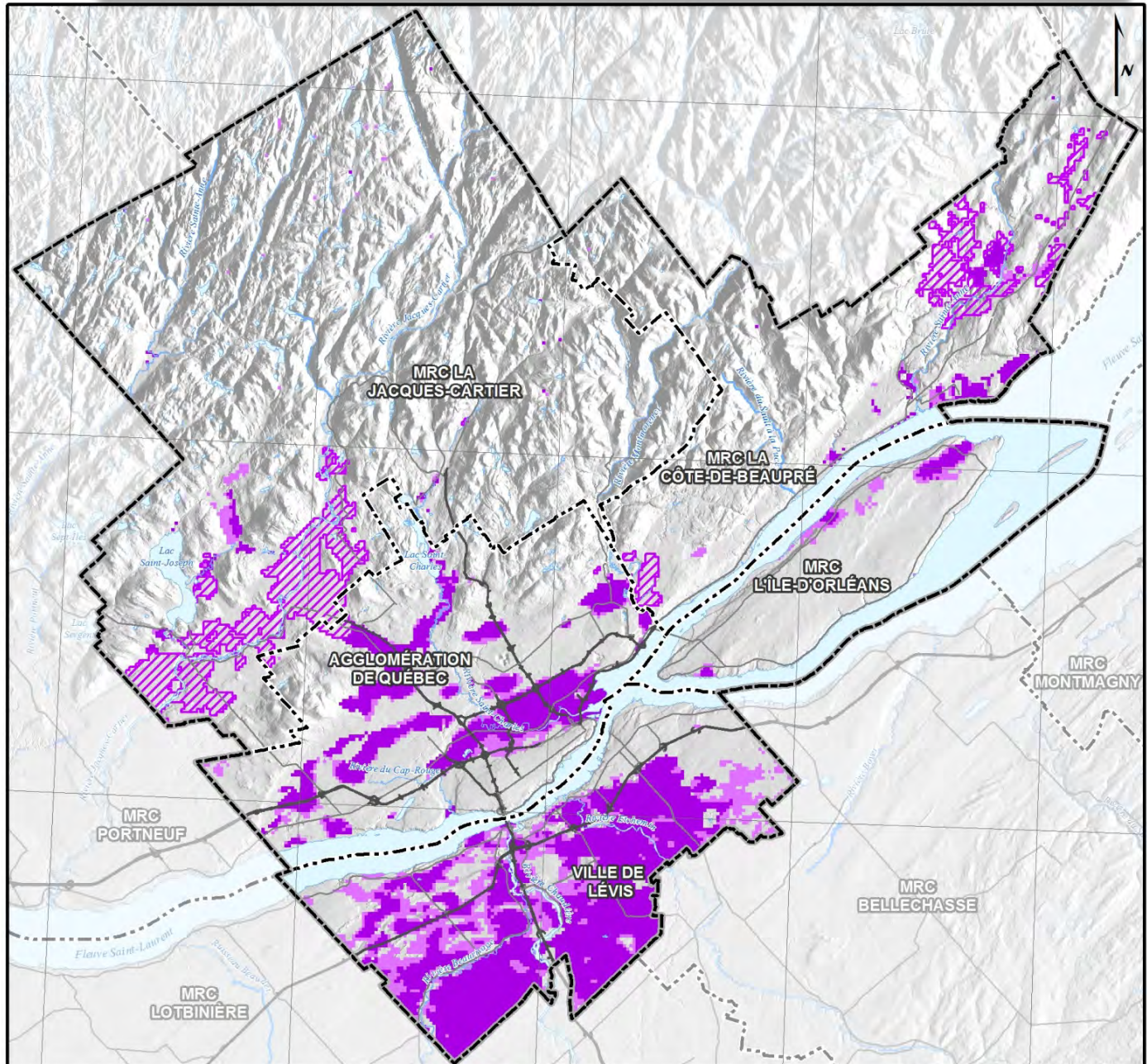
- ❑ Un aquifère **SEMI CONFINÉ** est recouvert de couches confinantes pas totalement imperméables ou de faible épaisseur
- ❑ Un aquifère **DISCONTINU** est recouvert de couches confinantes « trouées », dont l'étendue latérale n'est pas continu
  - Modérément rechargés par l'infiltration verticale
  - Modérément vulnérables à la contamination



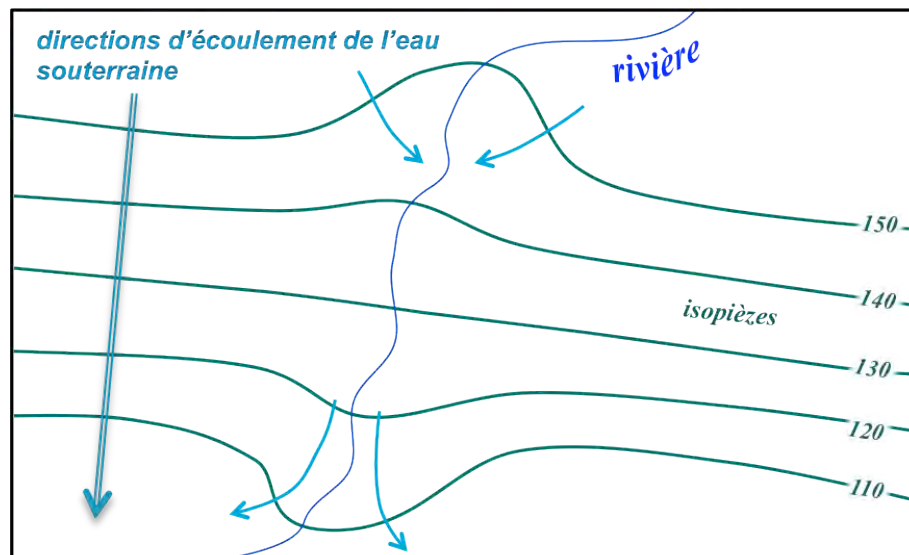
# CONFINEMENT

## CONFINEMENT

- Confiné
- Semi-confiné
- Discontinu

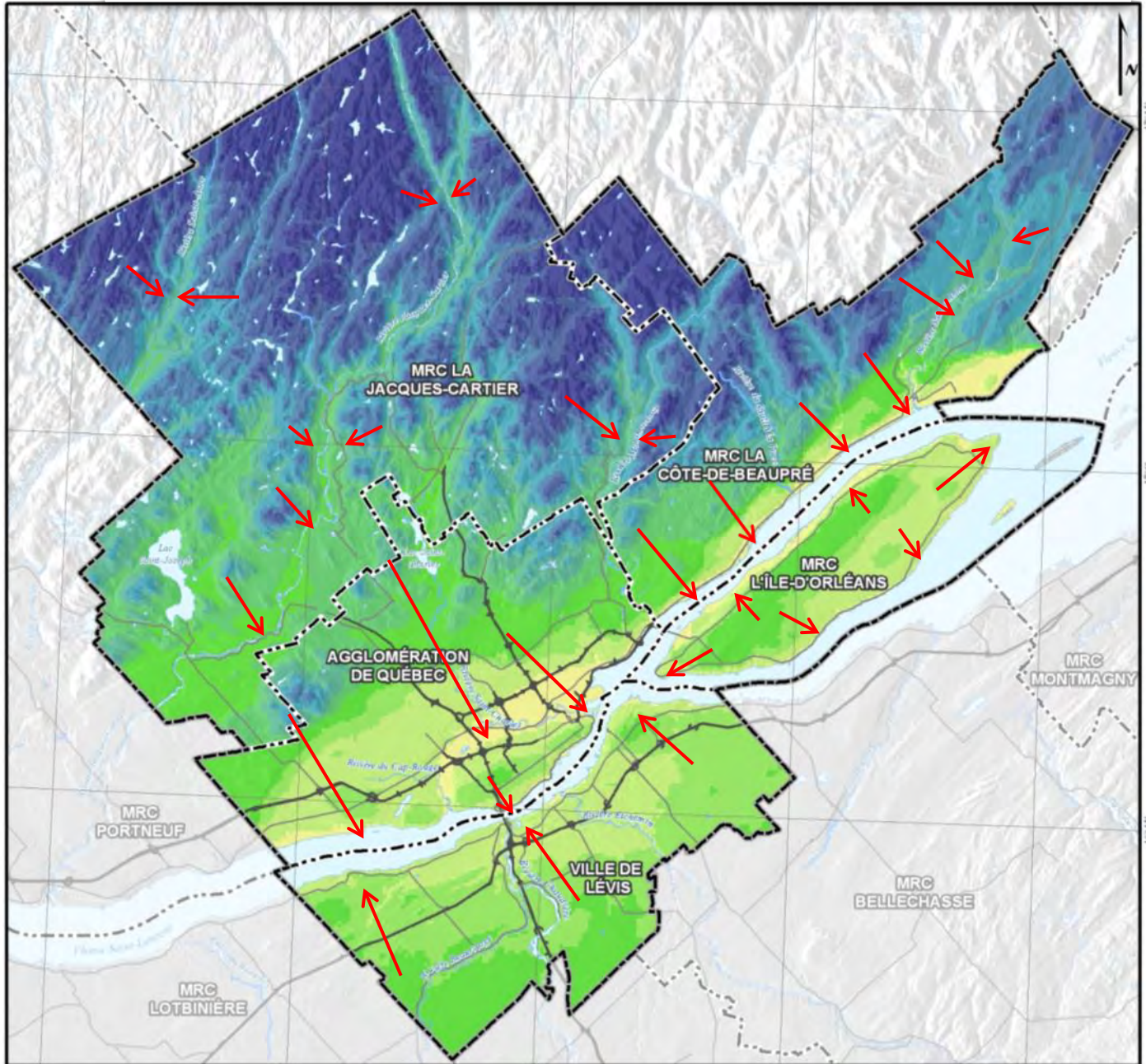


- ❑ Le **niveau piézométrique** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation du niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits.
- ❑ La **PIÉZOMÉTRIE** représente l'élévation du niveau de l'eau dans un aquifère.
  - Indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine, qui circule des zones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



# PIÉZOMÉTRIE

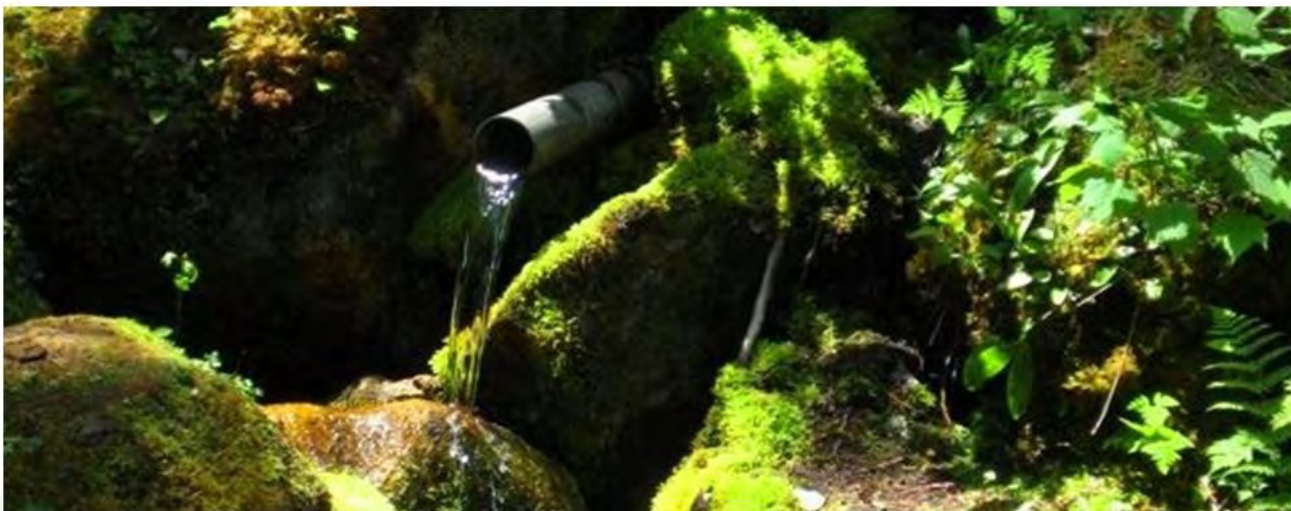
Niveau piézométrique (m)



❑ La **RECHARGE** est le renouvellement de l'eau souterraine par l'infiltration des précipitations depuis la surface.

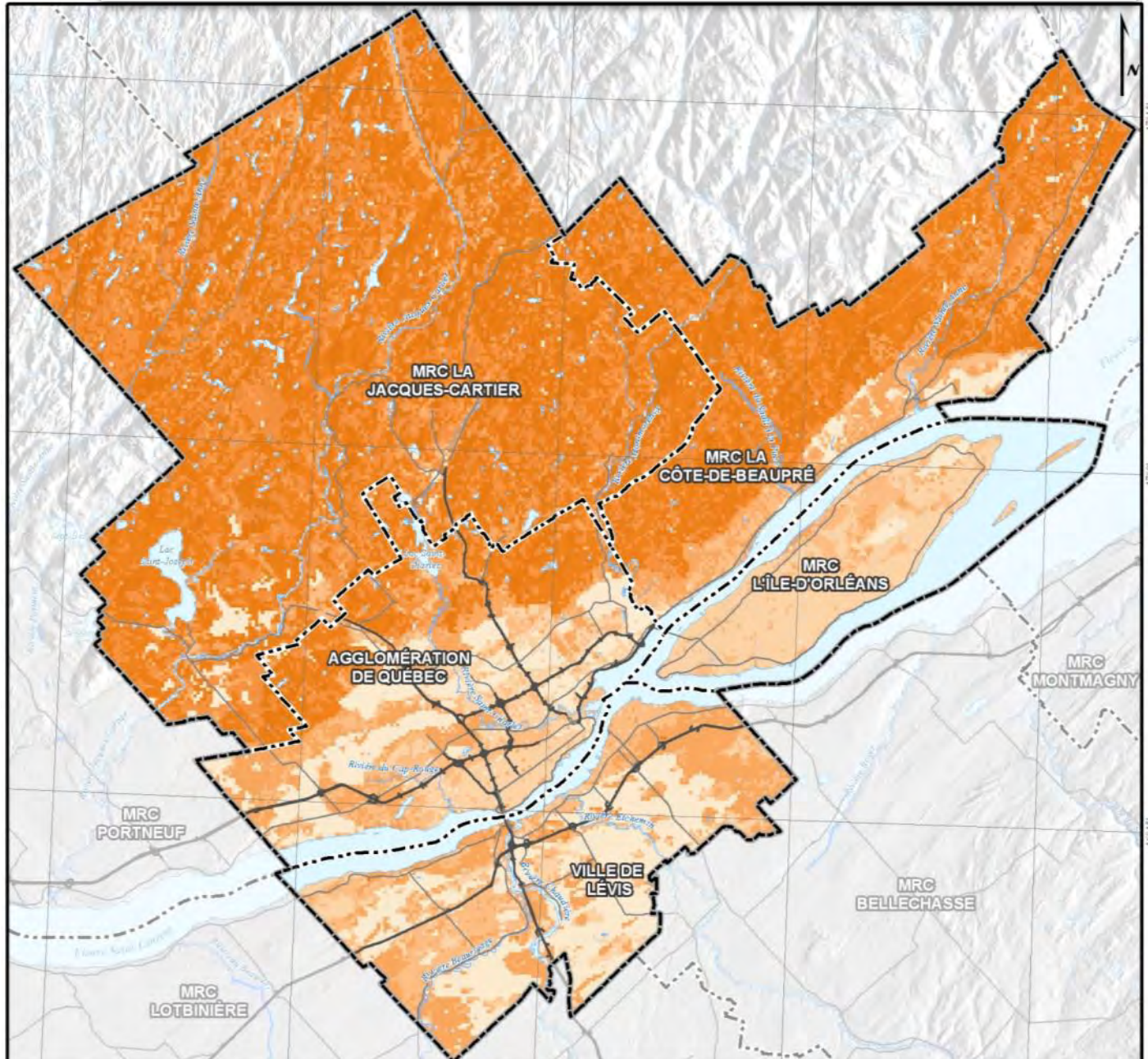
- Dépend de plusieurs facteurs :
- Climat
  - Végétation
  - Occupation du sol
  - Propriétés physiques du sol

- ❑ 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**.
  - Fournissent le débit de base des cours d'eau.



# RECHARGE

Recharge (mm/an)

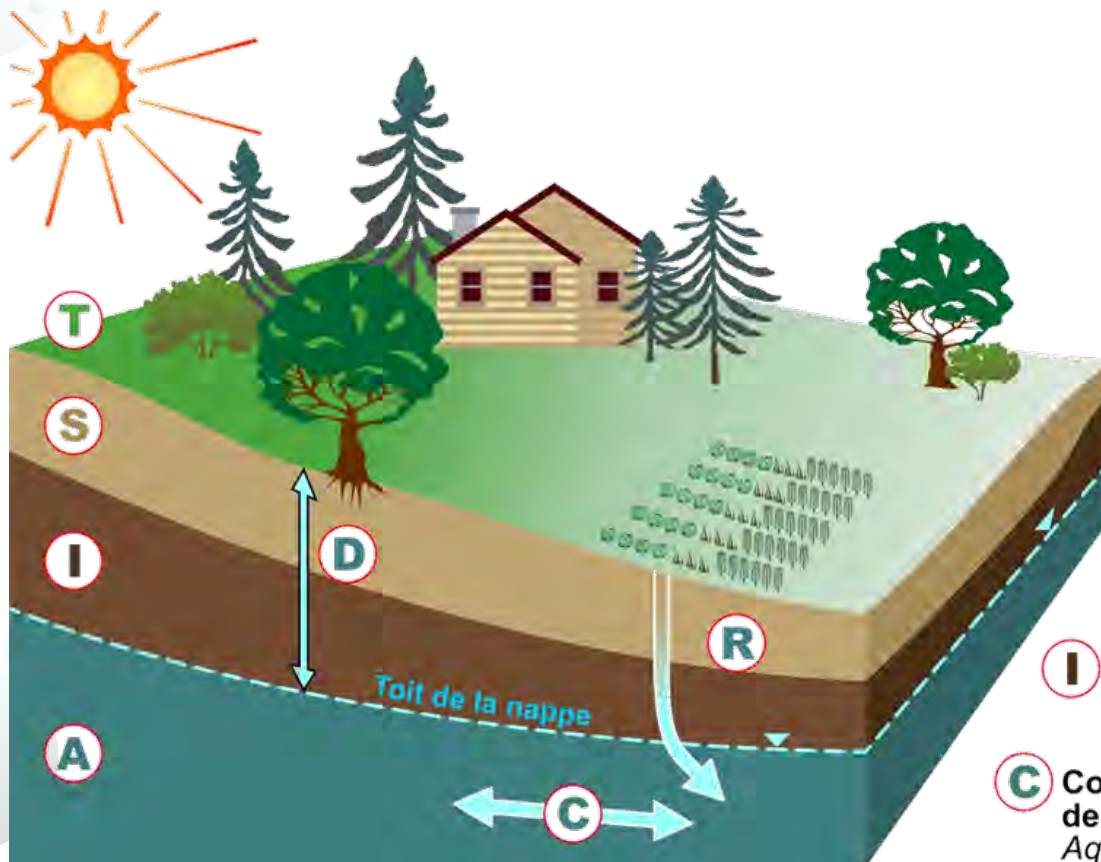


# MÉTHODE DRASTIC

CdP  
p. 17

□ 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*

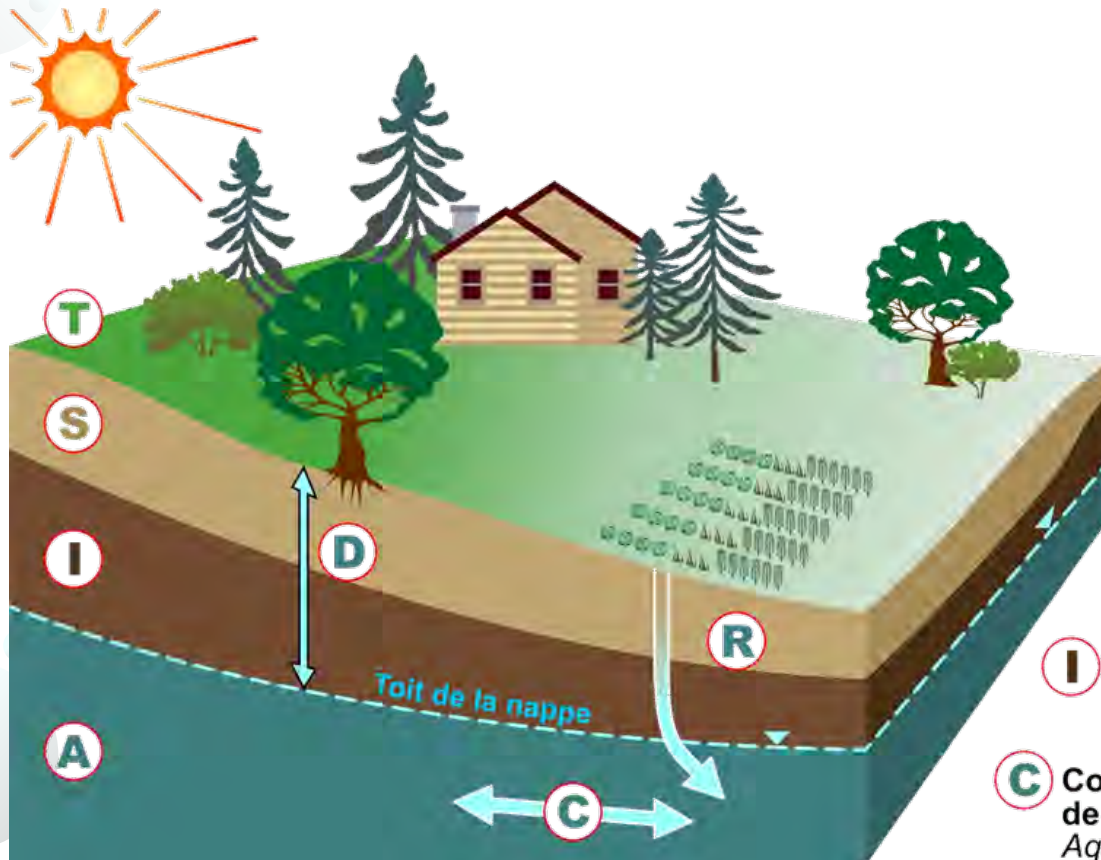
**S** Type de sol superficiel  
*Soil media*

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

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

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

- ❑ 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*

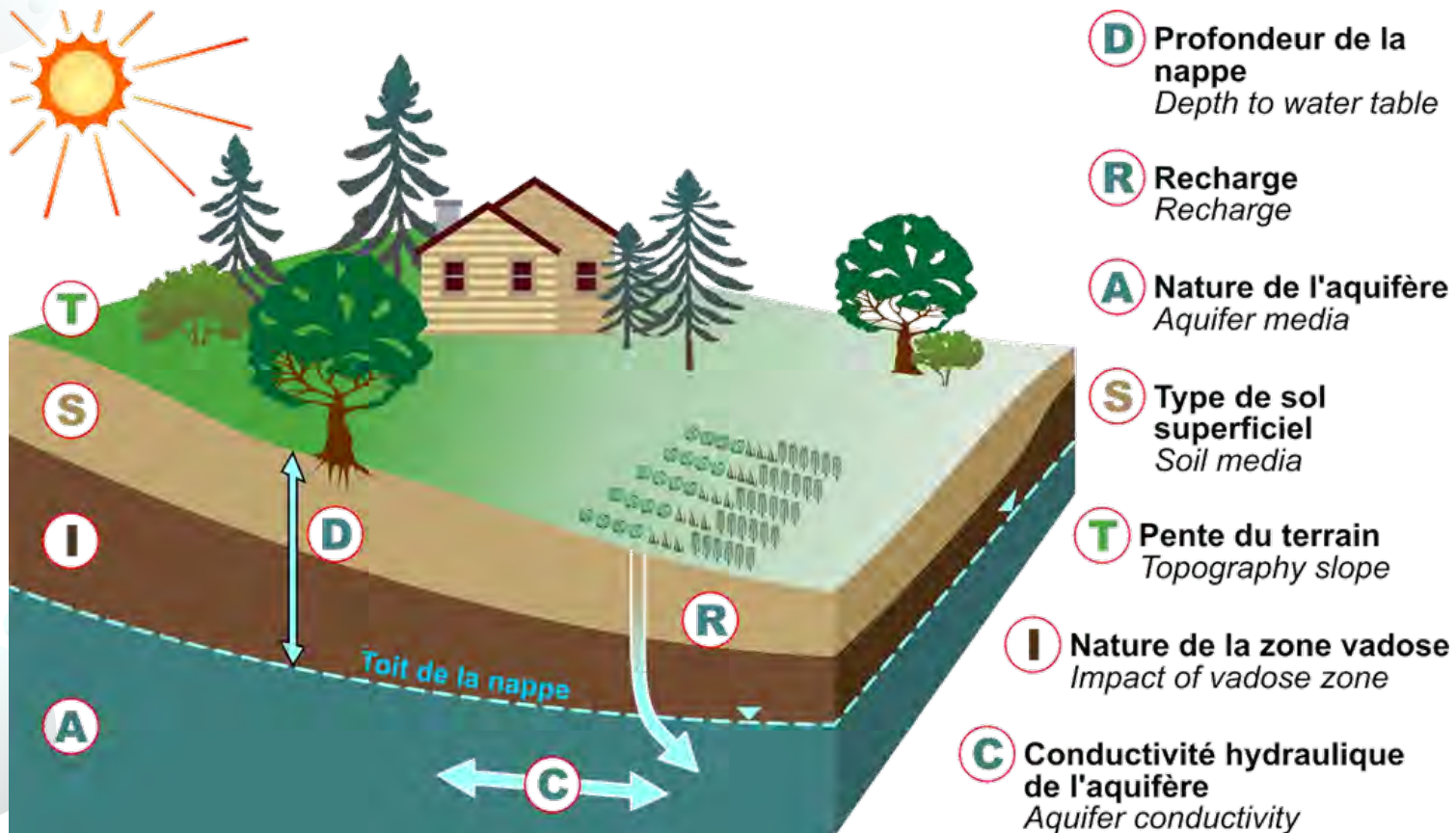
**T** Pente du terrain  
*Topography slope*

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

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

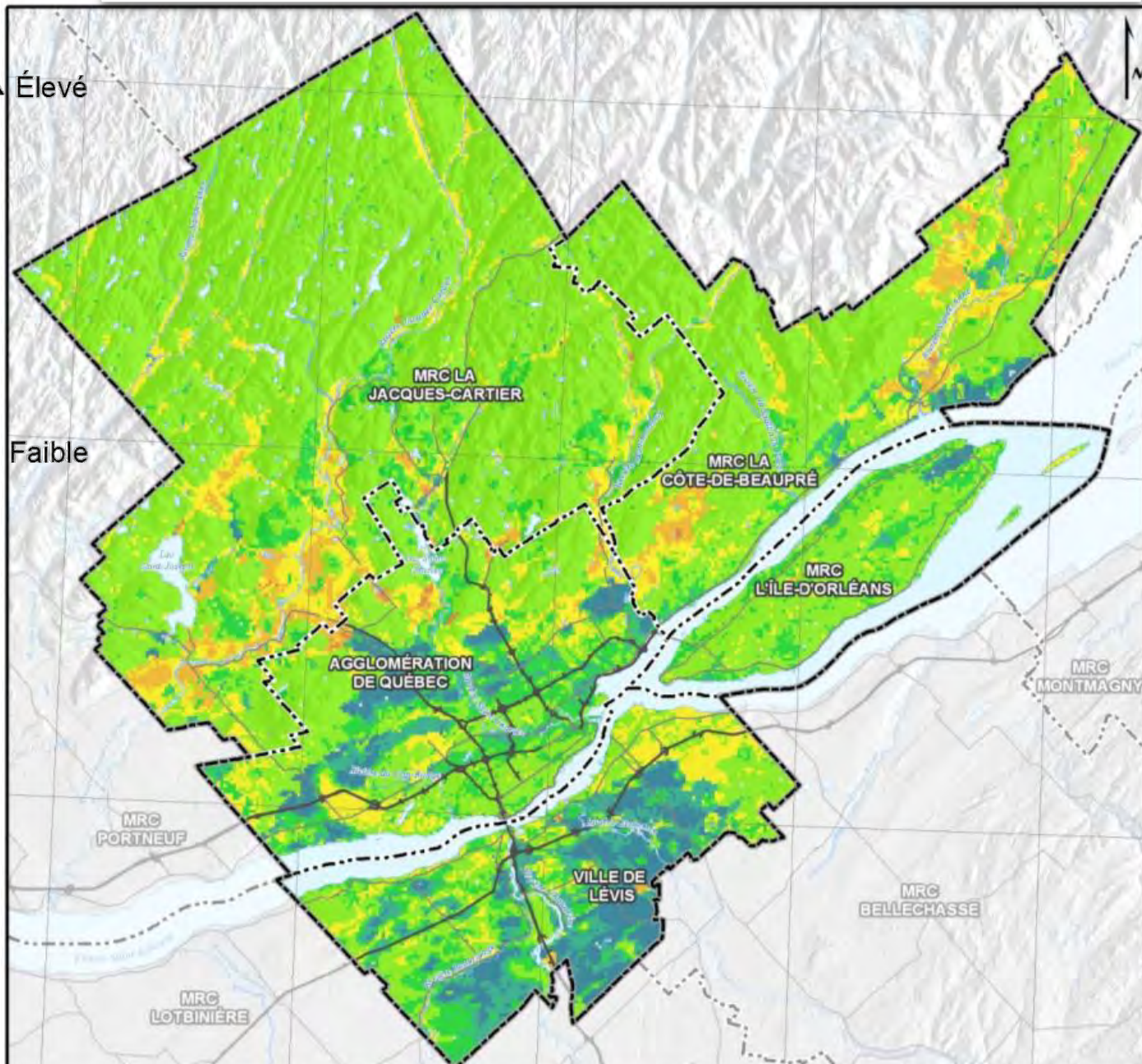
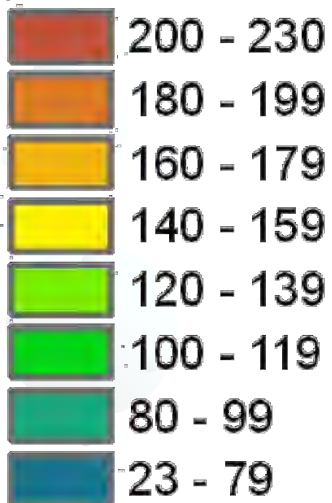


- ❑ Le **risque de contamination** peut être estimé en jumelant :
  - l'indice **DRASTIC** et
  - l'impact des **activités humaines potentiellement polluantes**



# INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC

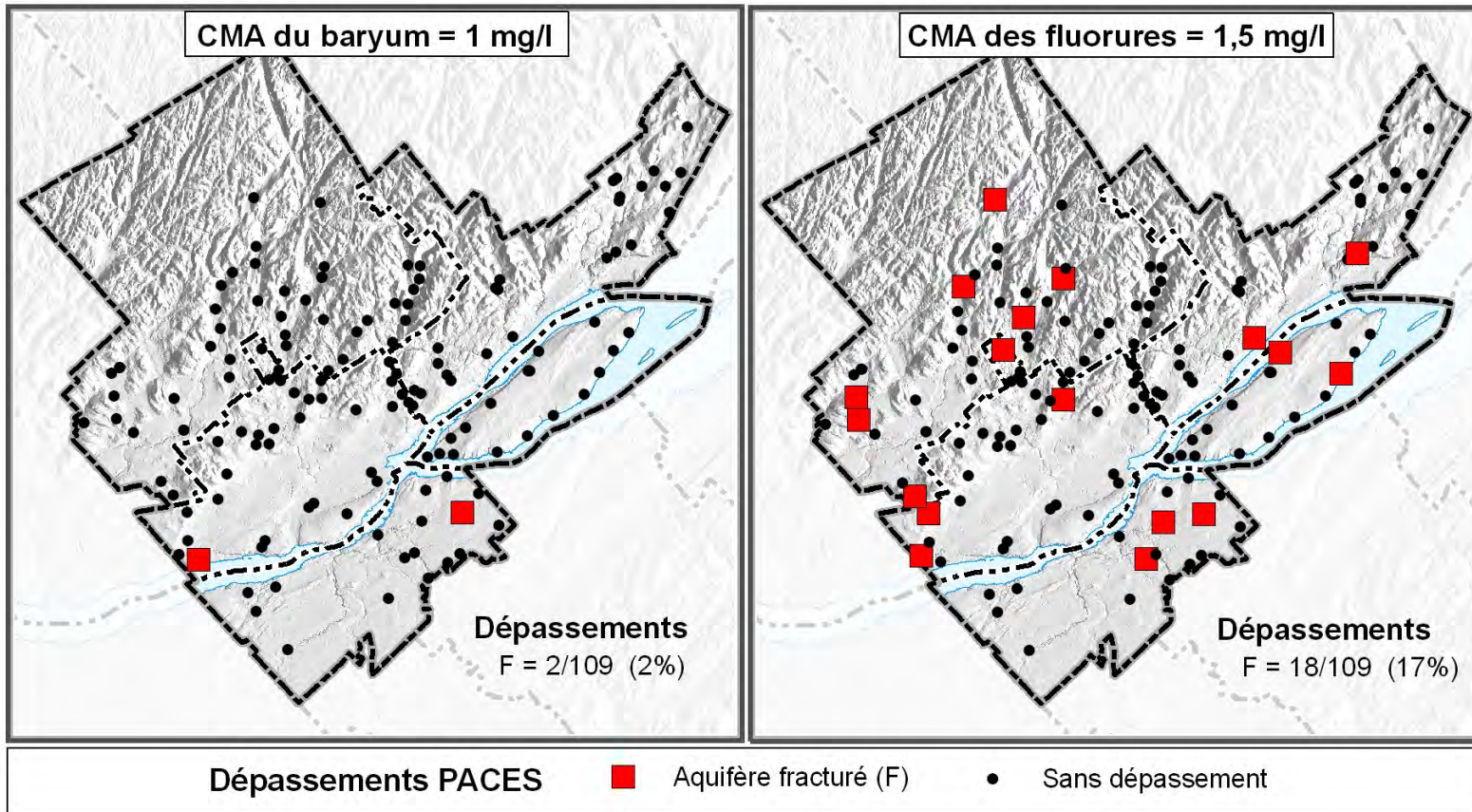
## Indice DRASTIC



- ❑ 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**.
  
- ❑ Les **conditions de confinement** influencent la géochimie de l'eau souterraine :
  - **Aquifère non confiné** : eau récente, peu évoluée et minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau de précipitation
  - **Aquifère confiné** : eau ancienne, plus évoluée et minéralisée, parfois saumâtre

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

# DÉPASSEMENTS DES CRITÈRES DE POTABILITÉ



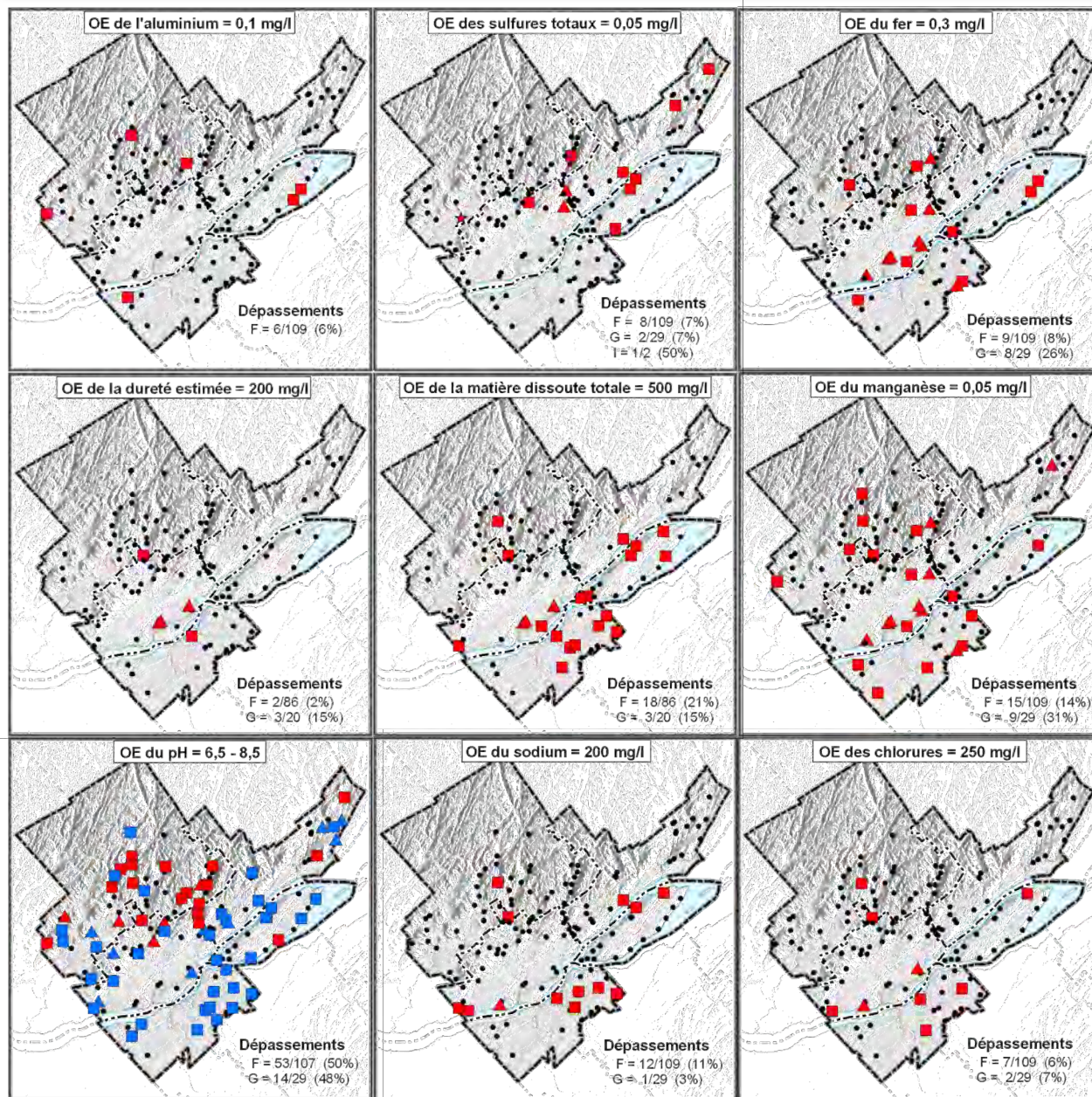
## Limitations

Paramètres non mesurés dans le cadre du PACES (problématiques locales):

- Contaminants bactériologiques
- Pesticides
- Contaminants organiques (hydrocarbures)

- ❑ **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 lessives et accessoires de plomberie
  - Ex : Sulfures < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et l'odeur

# 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.**



## AUTRES ANALYSES CARTOGRAPHIQUES DU PACES-CMQ

- Topographie du sol
- Routes et limites administratives
- Modèle numérique de terrain
- Pente du sol
- Hydrographie
- Bassins versants
- Occupation du sol
- Couverture végétale
- Milieux humides
- Affectations du territoire et aires protégées
- Pédologie
- Géologie du Quaternaire
- Géologie du roc
- Topographie du roc
- Contextes hydrostratigraphiques
- Propriétés hydrauliques
- Densité du risque potentiel de contamination des eaux souterraines
- Prélèvement annuel en eau souterraine
- Emplacement des stations de mesure
- Potentiel géothermique

# PRÊTS POUR LES ATELIERS?

CdP  
p. 28  
et +

