Atelier A

Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

Chaudière-Appalaches

Réseau québécois sur les eaux souterraines

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ LAVAL

CC BY NC SA

RQES Le Réseau québécois sur les eaux souterraines

174 membres

Membres générateurs des connaissances	Membres utilisateurs des connaissances	En collaboration avec :
Chercheurs universitaires	Acteurs de l'eau et de l'aménagement	MDDELCC

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

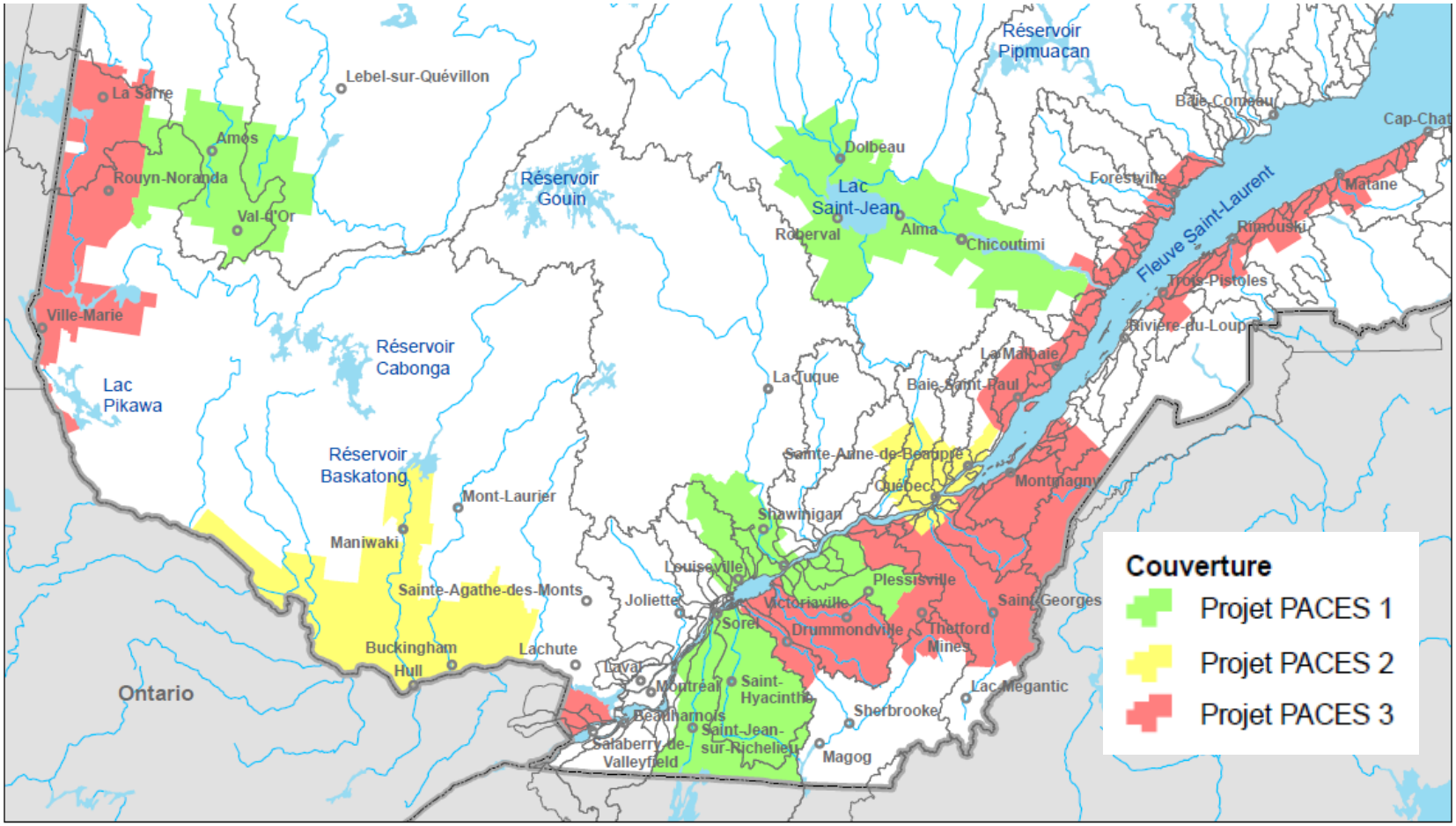
RQES

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

PACES

Le programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines



Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Québec

PACES

PACES Chaudière-Appalaches | Projet d'acquisition de connaissances sur les EAUX SOUTERRAINES

- Le PACES en Chaudière-Appalaches 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 ?

PACES

PACES Chaudière-Appalaches | Projet d'acquisition de connaissances sur les EAUX SOUTERRAINES

- 1er portrait régional de la ressource en eau souterraine du territoire municipalisé de la région de Chaudière-Appalaches complète
- Superficie de 14 600 km²
- Comprend :
  - 9 MRC
  - 9 OBV
  - 135 municipalités
  - Ville de Lévis exclue
- Population de 278 180 habitants, dont 36% s'alimentent en eau souterraine à partir d'un puits privé
- 60% des réseaux d'aqueduc municipaux sont approvisionnés par de l'eau souterraine

PACES

PACES Chaudière-Appalaches | Projet d'acquisition de connaissances sur les EAUX SOUTERRAINES

- Réalisé par l'INRS-ETE, en collaboration avec:
  - Commission géologique du Canada (CGC)
  - Regroupement des organismes de bassins versants de la Chaudière-Appalaches (OBV-CA)
  - Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
  - Entre 2012 et 2015
- Avec la collaboration scientifique de:
  - Unviersité Laval
  - UQAM
  - Commission géologique du Canada (CGC)

PACES

PACES Chaudière-Appalaches | Projet d'acquisition de connaissances sur les EAUX SOUTERRAINES

- Principalement financé par le MDDELCC, et autres partenaires régionaux:
  - CRÉ Chaudière-Appalaches
  - 6 OBV (du Chêne, Chaudière, Etchemin, Côte-du-Sud, Bécancour, St-Jean)
  - 8 MRC (Lotbinière, Nouvelle-Beauce, Robert-Cliche, Beauce-Sartigan, Bellechasse, Etchemins, Montmagny, Islet)
  - UPA
  - MAPAQ

ATELIER A

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

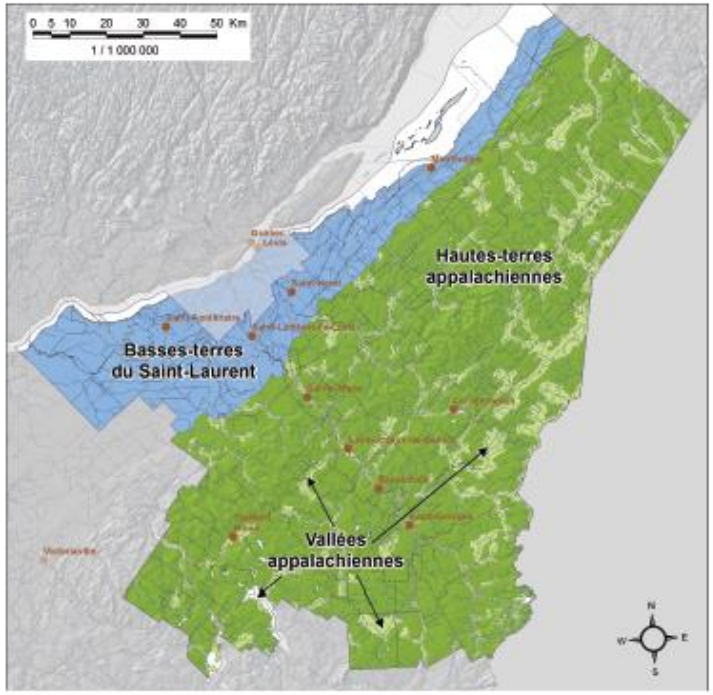
ATELIER A

Nos objectifs

- Développer une base commune de connaissances en hydrogéologie entre les acteurs d'une même région :
  - Revenir sur les principaux résultats du PACES en Chaudière-Appalaches
  - 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

1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines en Chaudière-Appalaches

CAHIER DU PARTICIPANT



Atelier organisé par :
le Réseau québécois sur les eaux souterraines,
l'INRS Centre – Eau Terre Environnement
et l'UQTR

Janvier 2017

ATELIER A

Déroulement de la journée

CdP p. 8

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

Présentation de Yohann Tremblay

9h45-10h00 : *Pause-café*

10h00-12h30 : Le contexte hydrogéologique des **BASSES-TERRES DU ST-LAURENT**

- Exercices sur données spécifiques
- Exercices de synthèse

Ateliers en trois sous-groupes de 10 participants max.

12h30-13h45: *Pause-Repas*

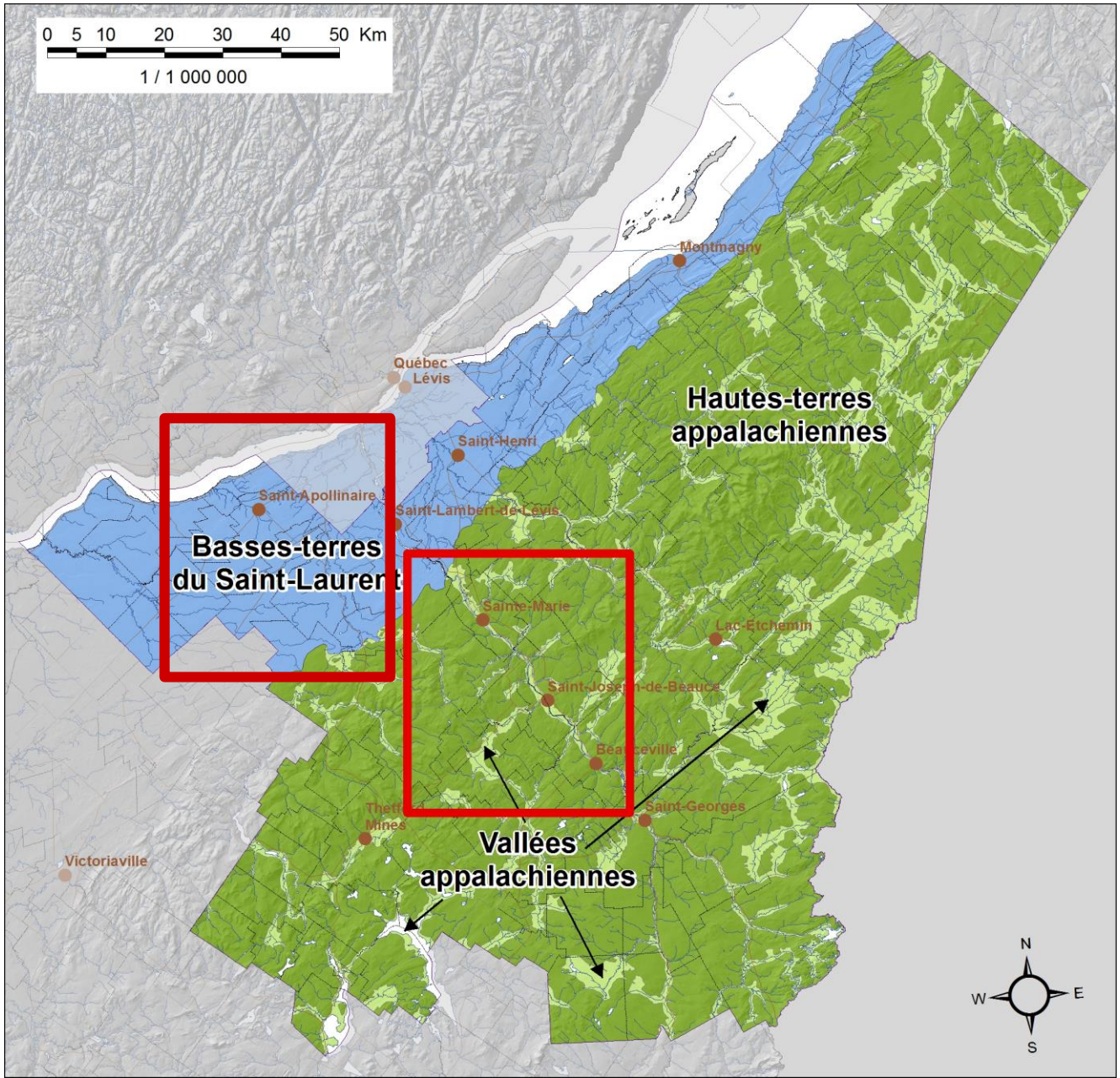
13h45-16h15 : Les contextes hydrogéologiques des **APPALACHES**

- 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



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

Anne-Marie Decelles
M.A. Développement régional
Agente de transfert du RQES
Département des sciences de l’environnement
Université du Québec à Trois-Rivières

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

René Lefebvre
Ph.D. Professeur titulaire
Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique

John Molson
Ing., Ph.D. Hydrogéologie
Professeur
Département de géologie et de génie géologique
Université Laval

Jean-Marc Ballard
M.Sc. Hydrogéologie
Agent de recherche
Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique

L'équipe pour vous accompagner

Les animateurs	Les chercheurs de l'ULaval	
Miryane Ferlatte, M.Sc. Hydrogéologie	Jean-Marc Ballard, M.Sc. Hydrogéologie	**Binôme 1**
Yohann Tremblay, M.Sc. Sciences de l'eau	John Molson, Ph.D. Hydrogéologie	**Binôme 2**
Anne-Marie Decelles, M.A. Développement régional	René Lefebvre, Ph.D. Hydrogéologie	**Binôme 3**

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

UQÀM
Université du Québec à Montréal

UQTR
Université du Québec à Trois-Rivières

UNIVERSITÉ LAVAL

Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques
Québec

Les notions hydrogéologiques fondamentales

Par Yohann Tremblay

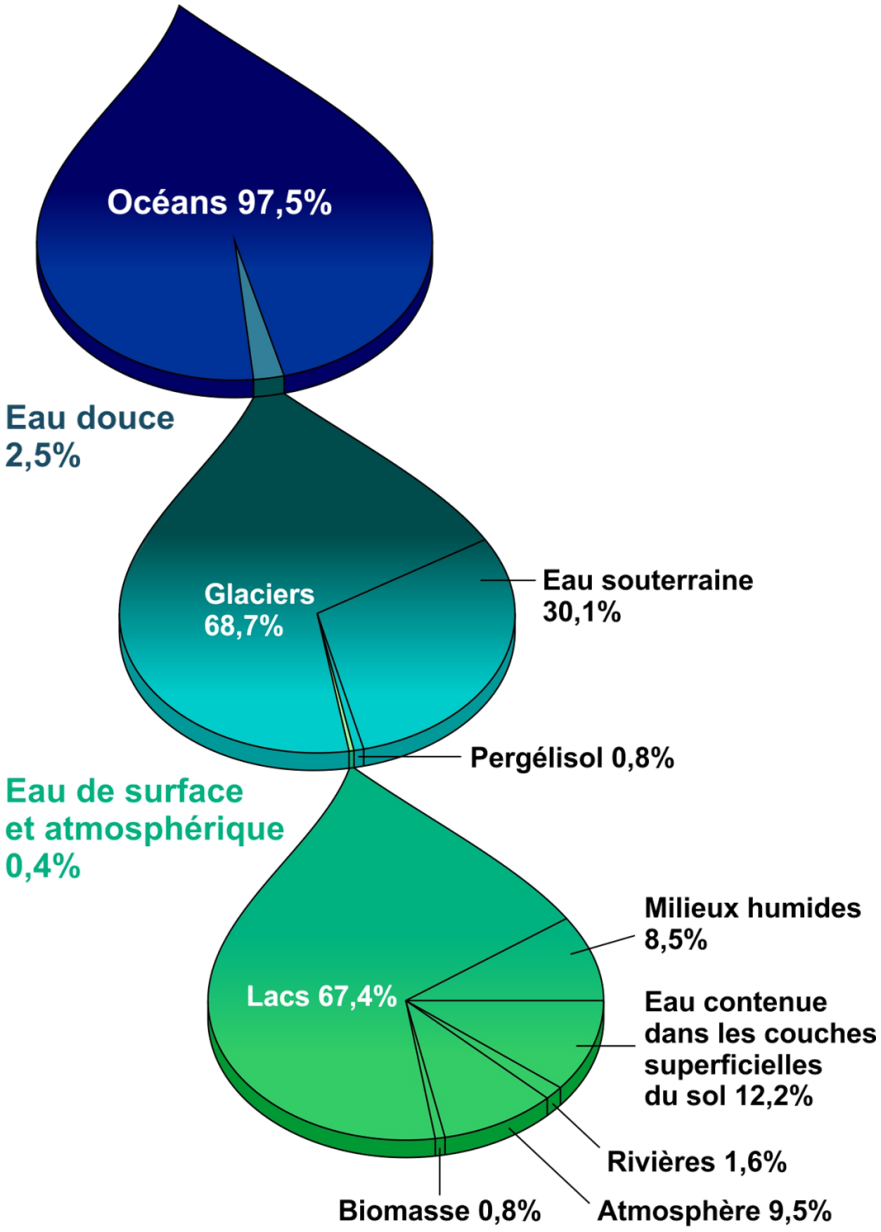
Réseau québécois sur les eaux souterraines

INRS
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ LAVAL

CC BY NC SA

Eau souterraine : 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

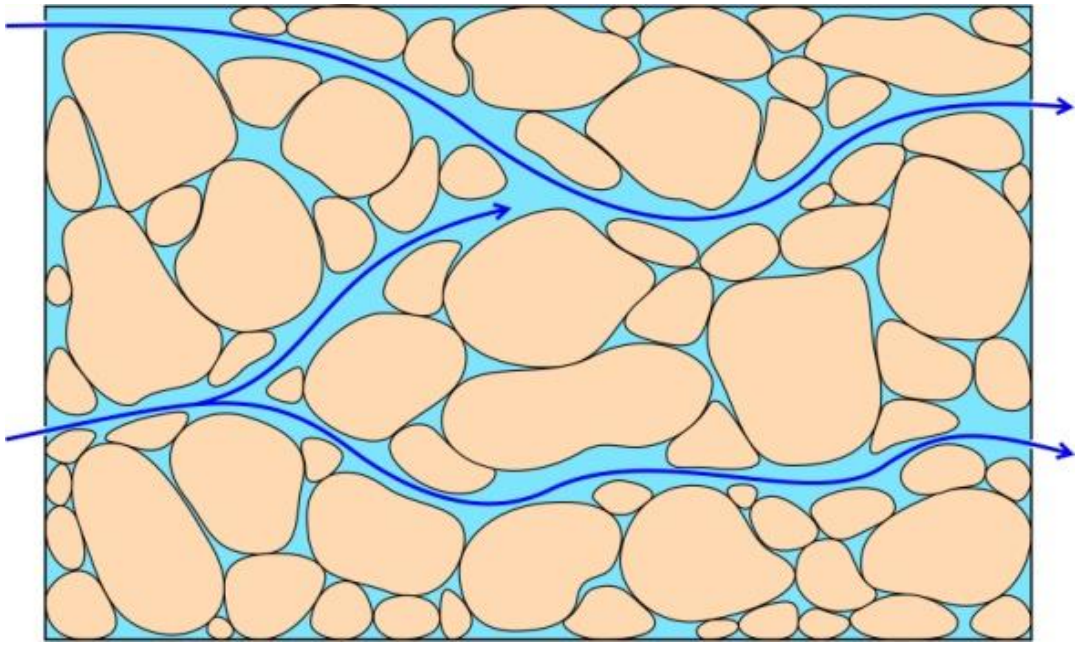
Plan de la présentation

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

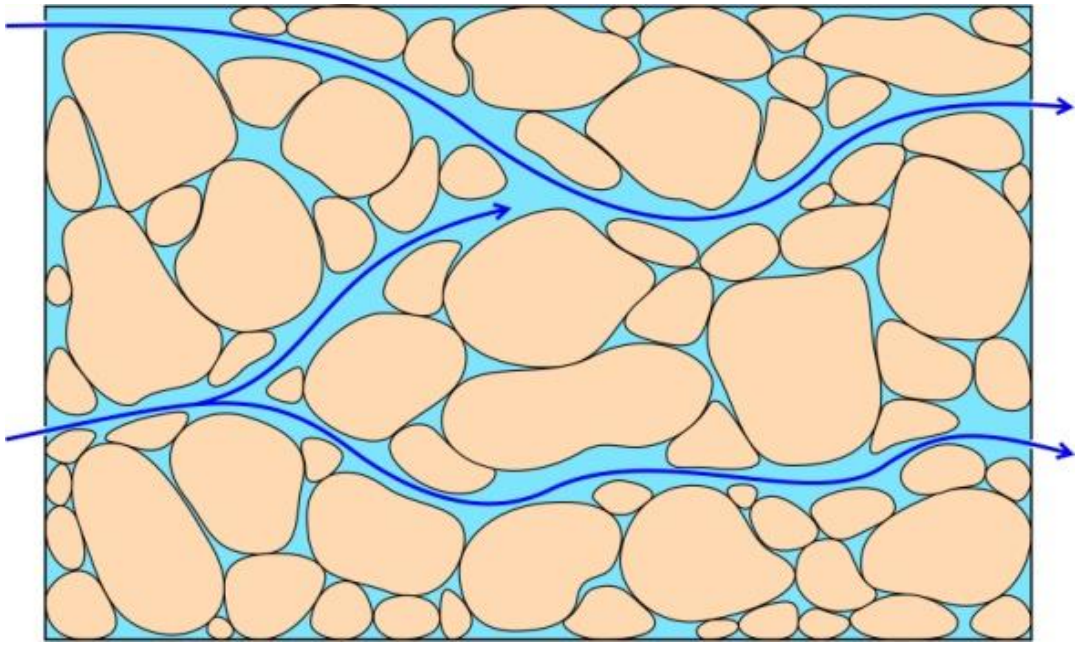
CdP
p. 12

- 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

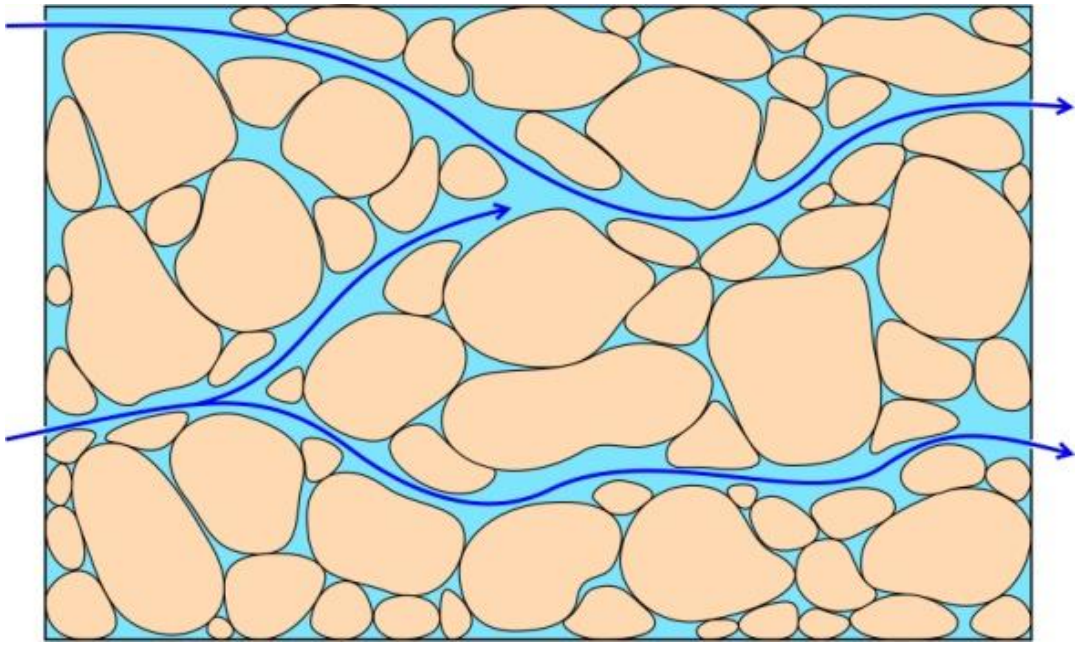
- La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.
  - Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.



CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

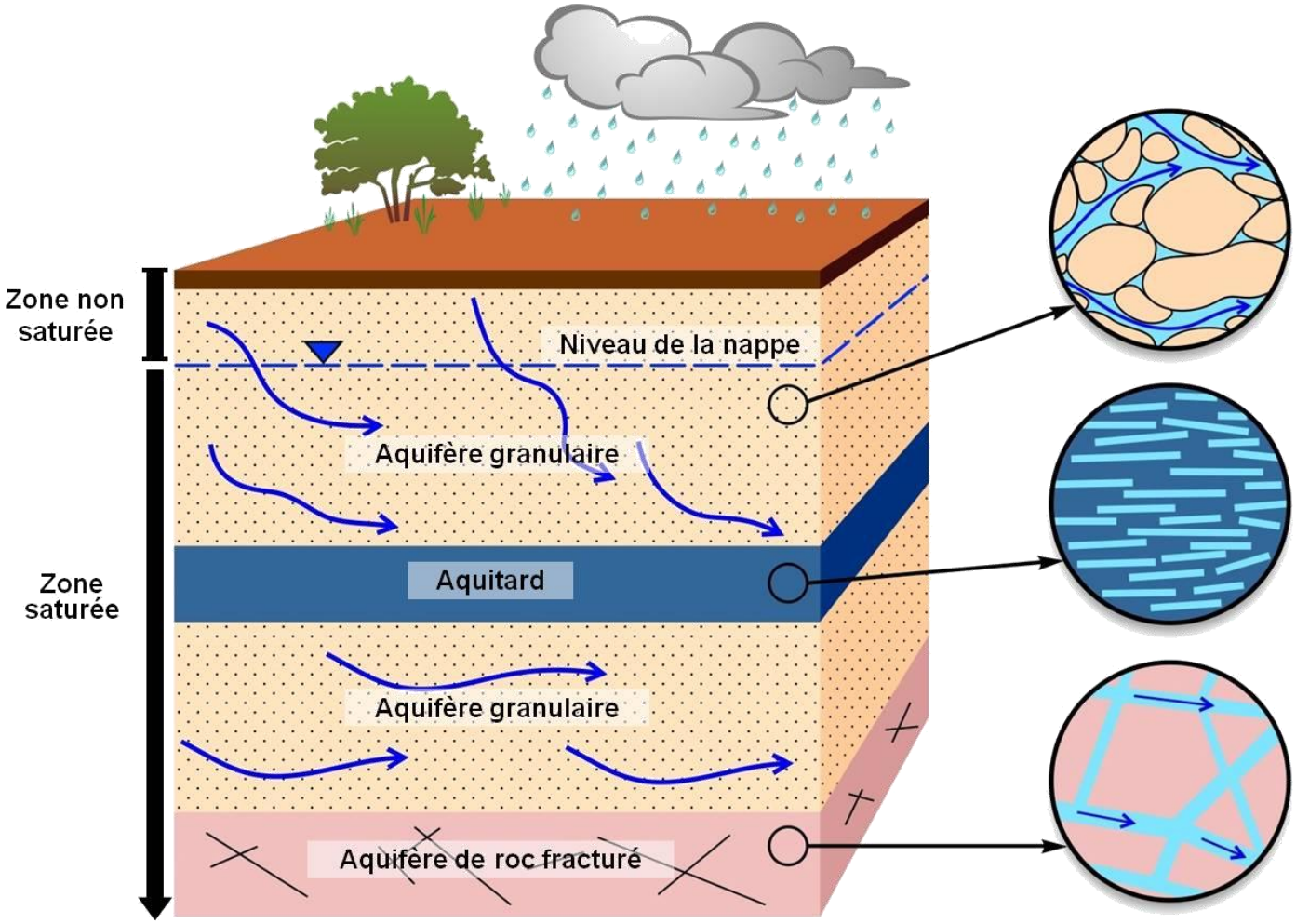
CdP
p. 12

- 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



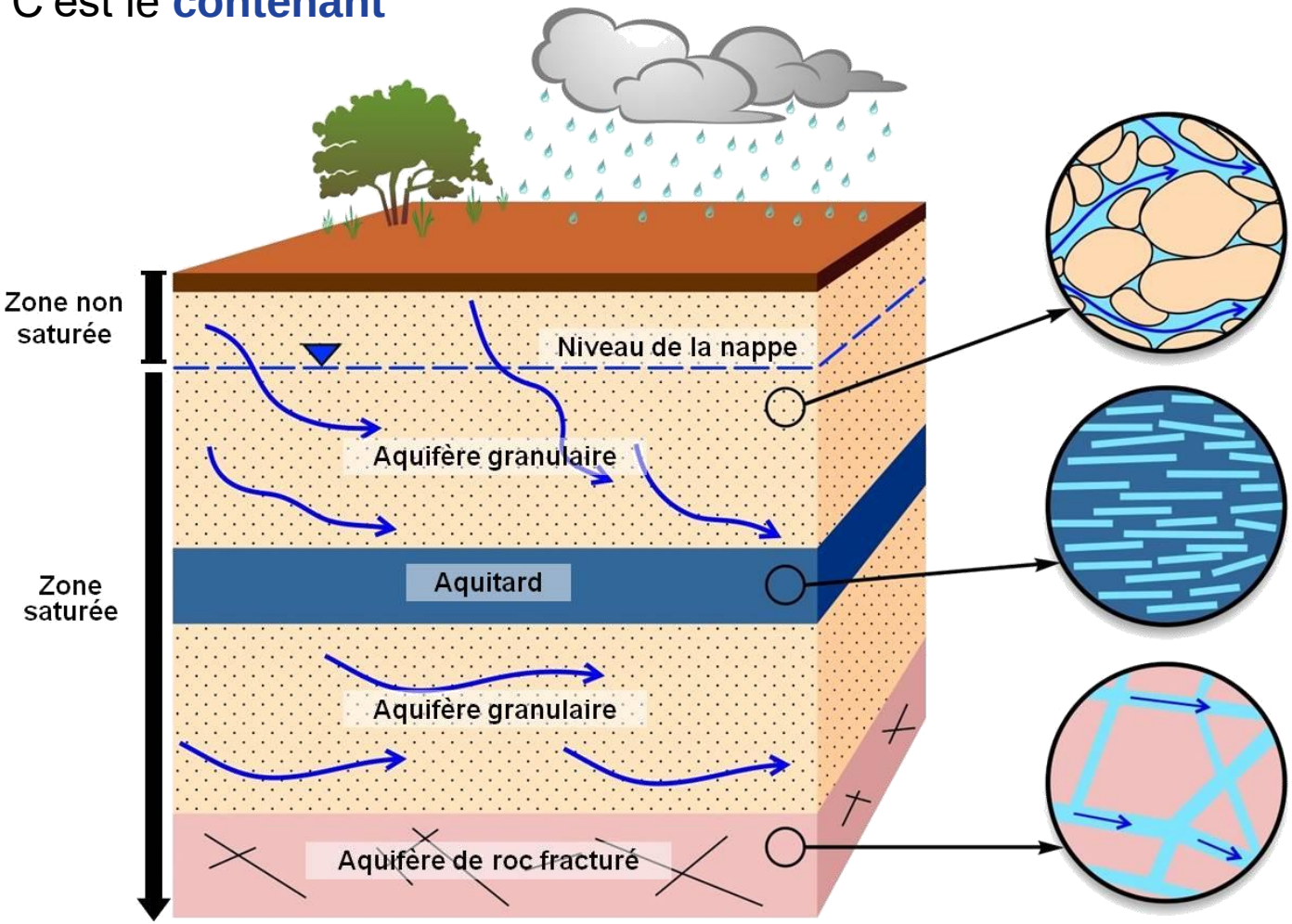
NAPPE PHRÉATIQUE

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



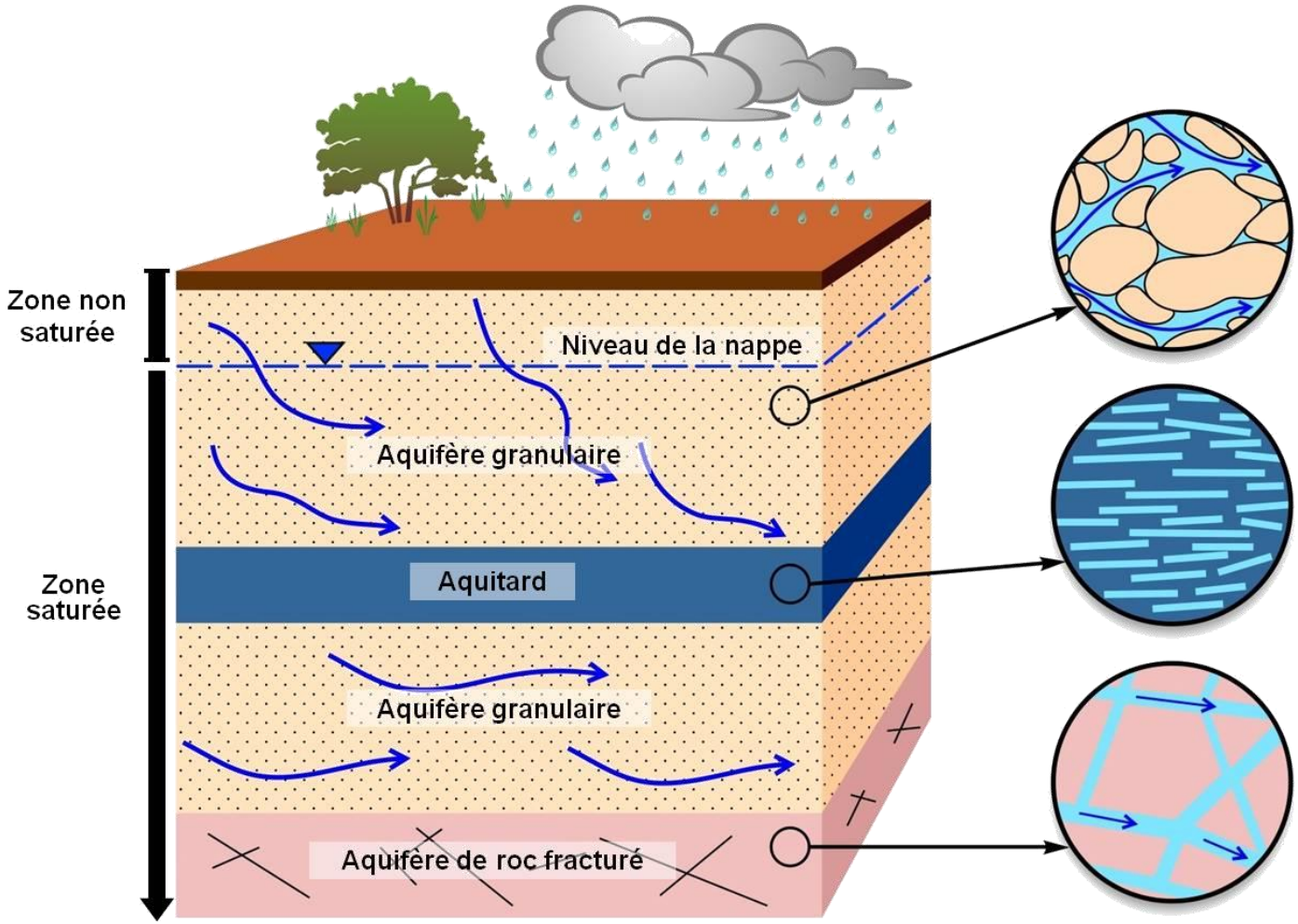
AQUIFÈRE

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



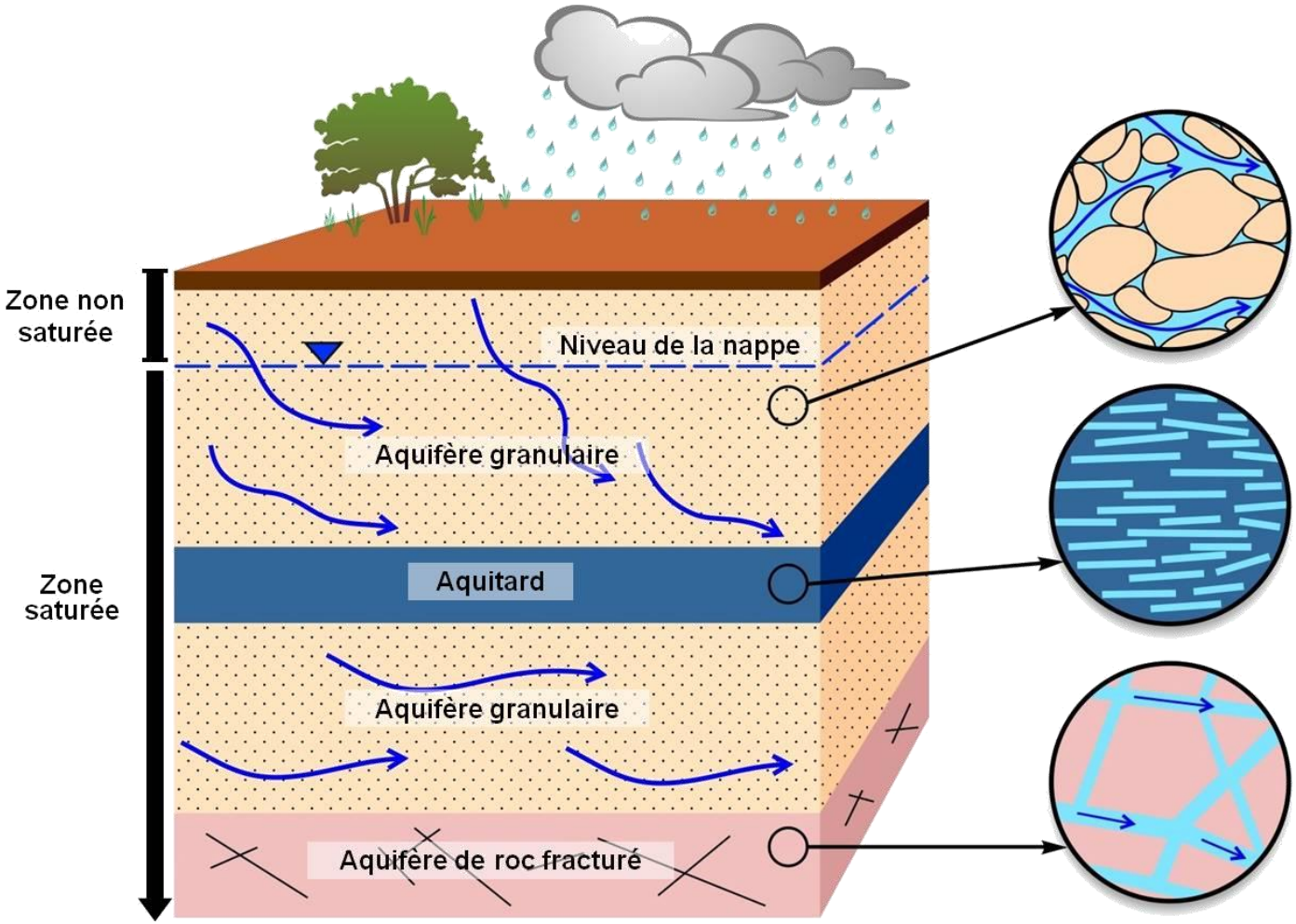
AQUITARD

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



AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

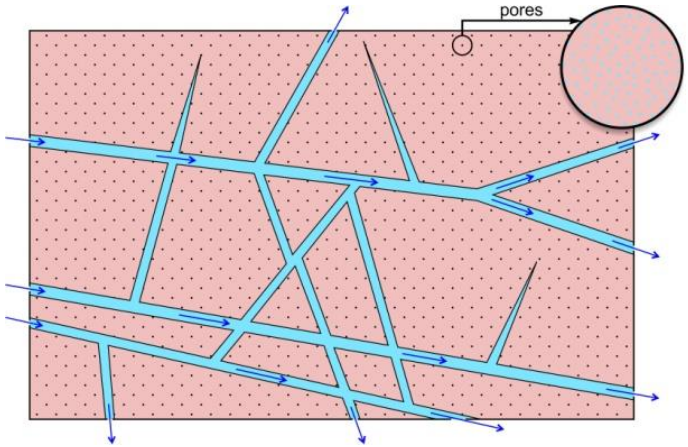
- Le **ROC FRACTURÉ** constitue la partie supérieure de la croûte terrestre



AQUIFÈRES DE ROC FRACTURÉ

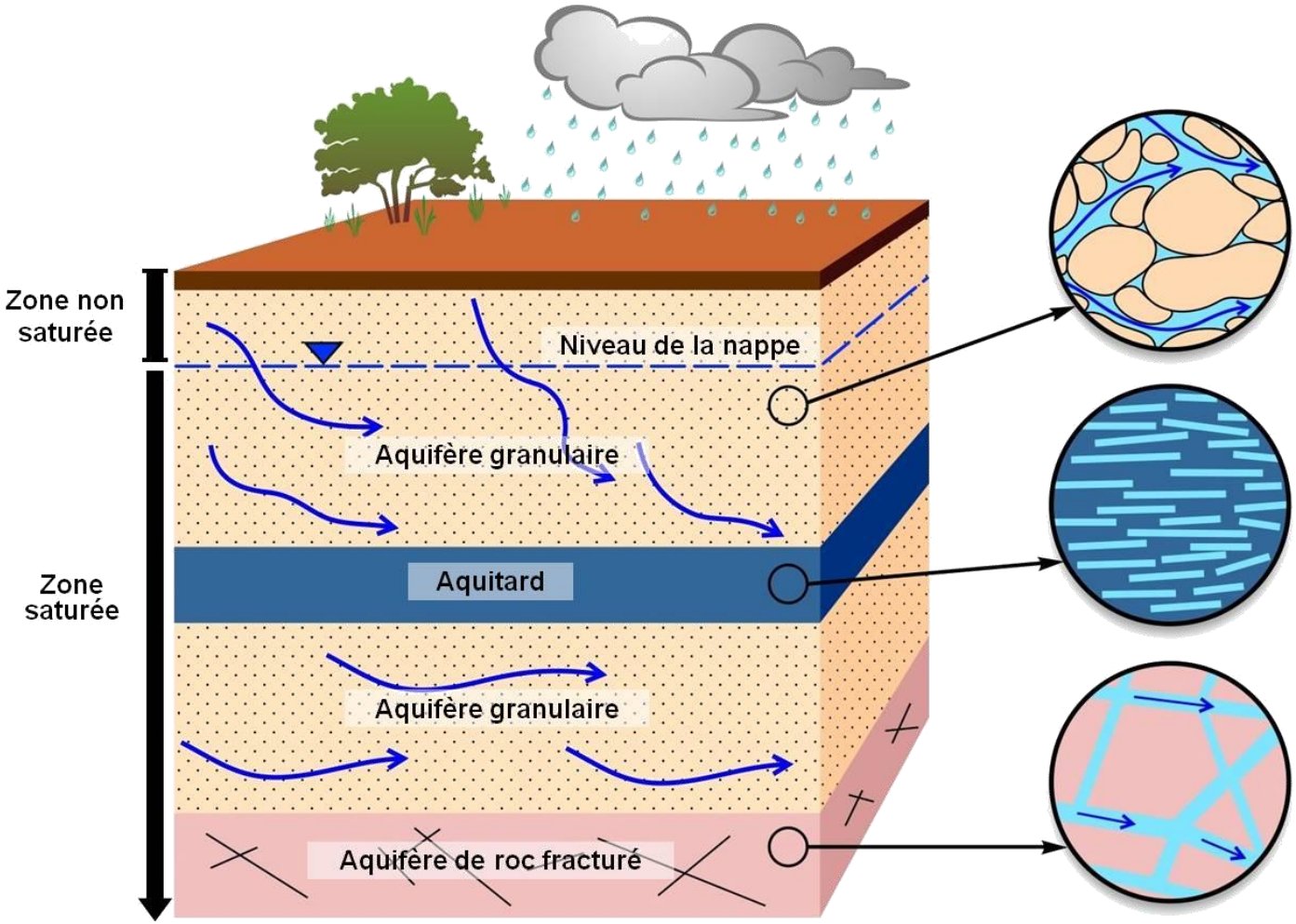
CdP
p. 13

- 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** possibles



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

CdP
p. 13

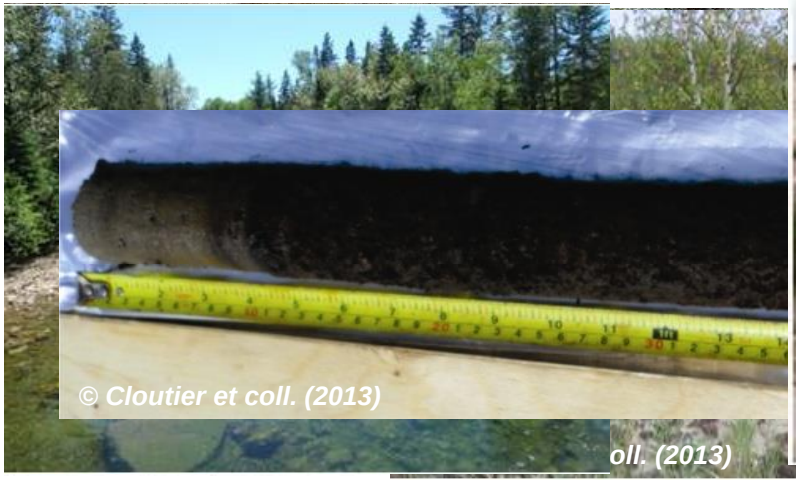
- Plus les particules sont grossières, plus les pores sont larges et interconnectés, et plus la perméabilité est élevée

- **Sables** et **graviers** → **aquifère**
  - Le pompage de débits importants est souvent possible

- **Argiles** et **silts** → **aquitard**
  - Considéré imperméable

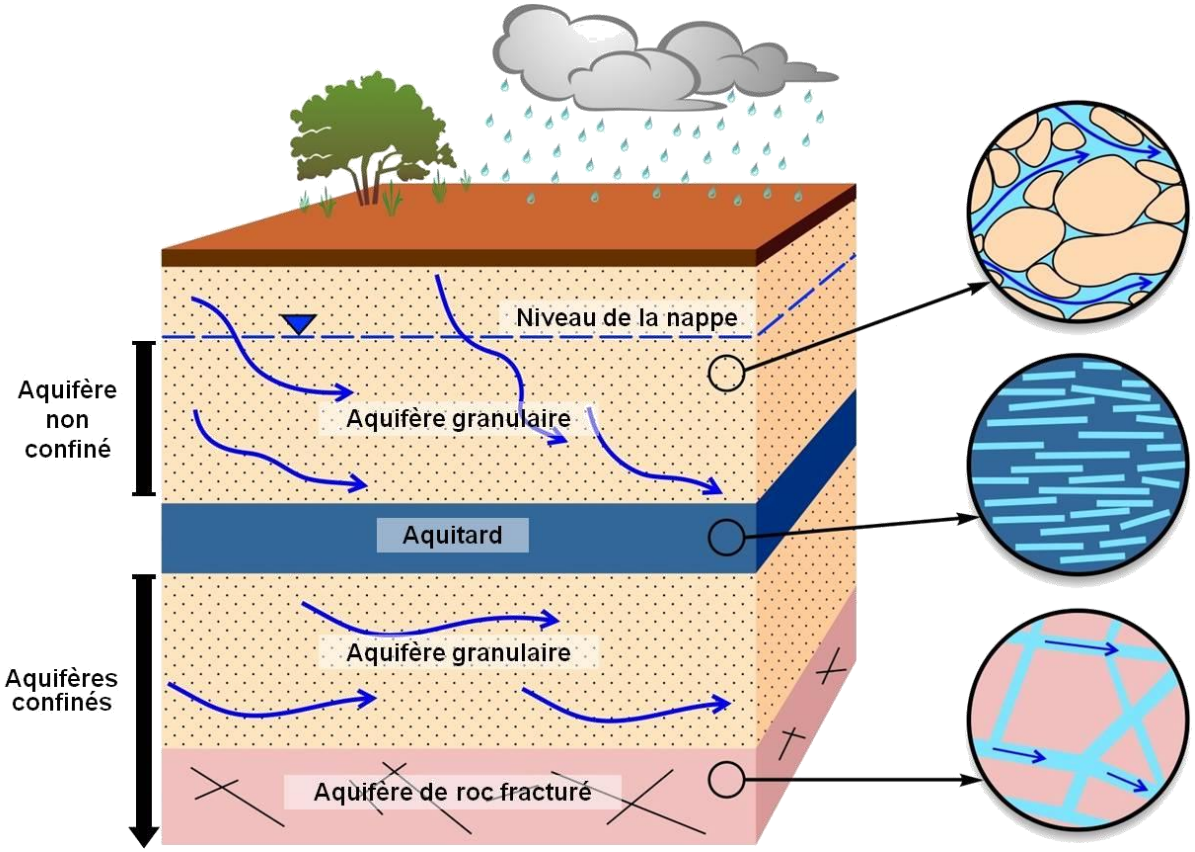
TYPES DE SÉDIMENTS

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



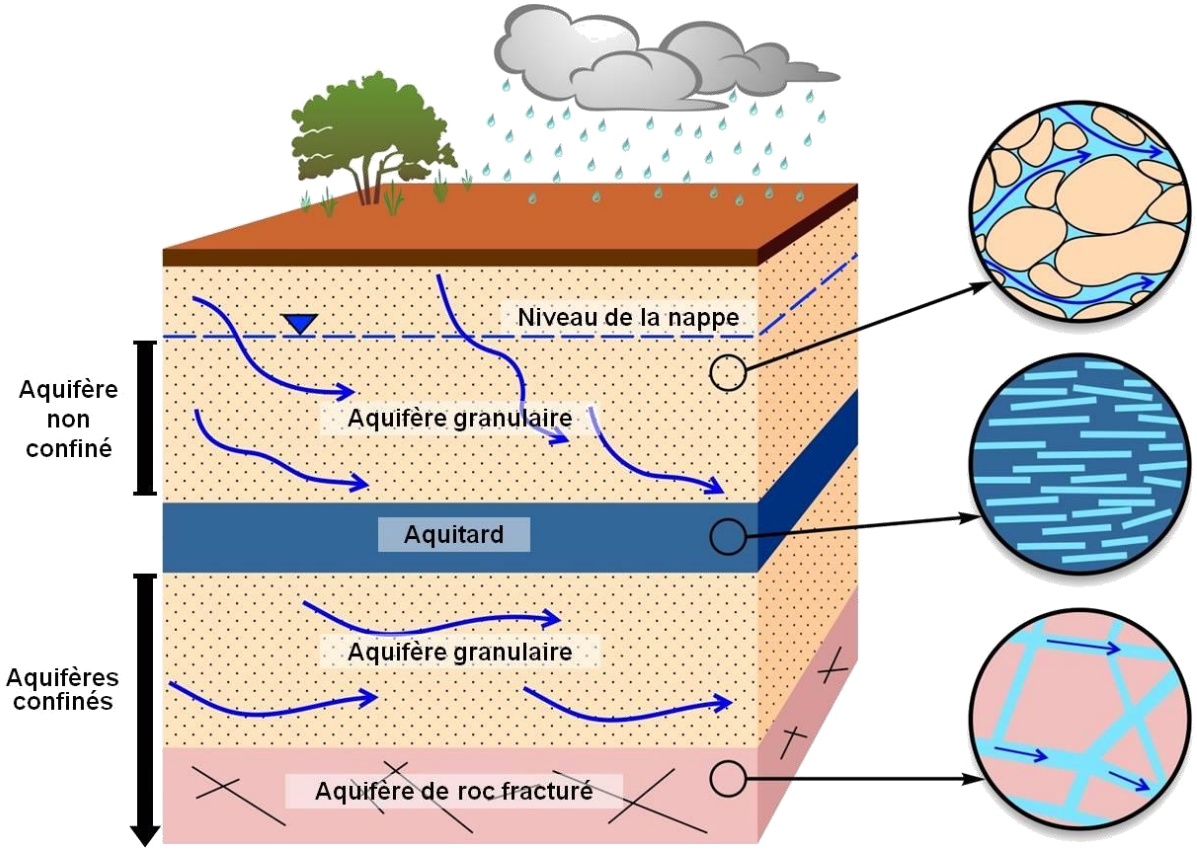
AQUIFÈRE CONFINÉ

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



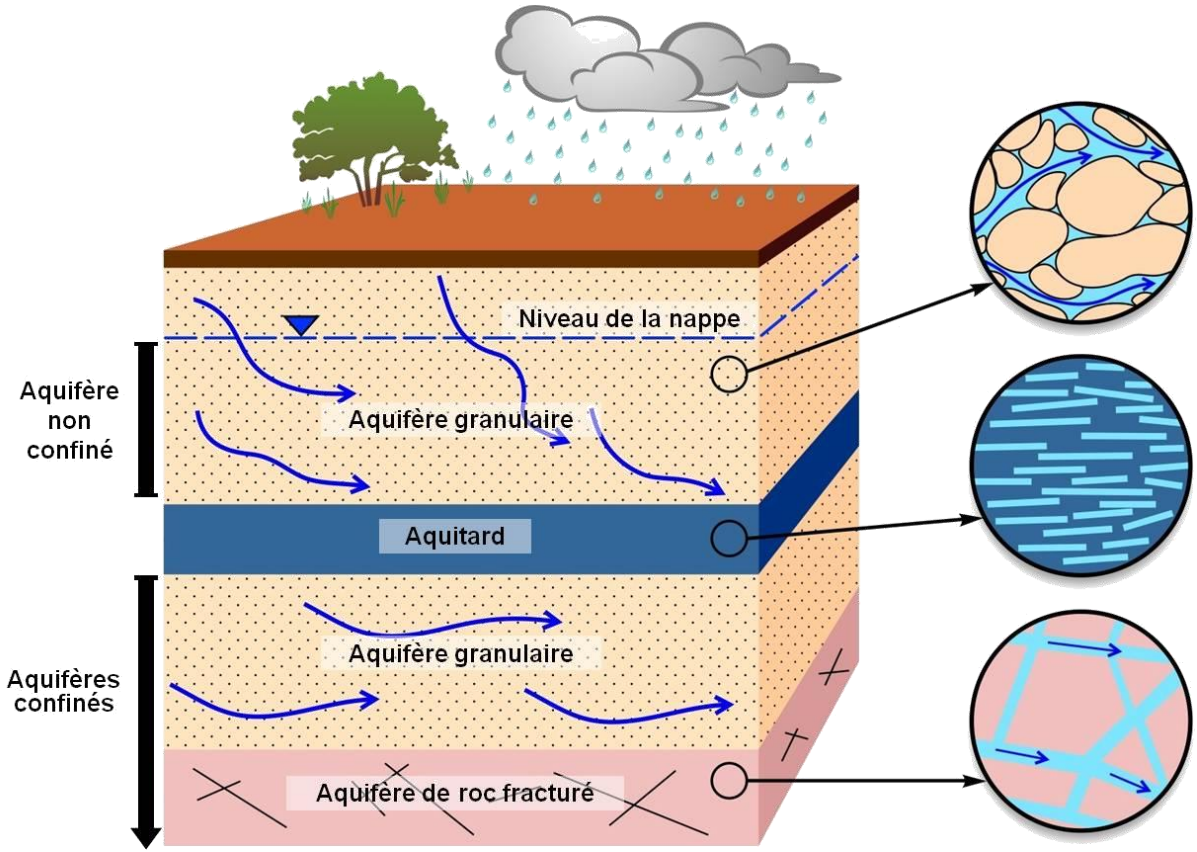
AQUIFÈRE NON CONFINÉ

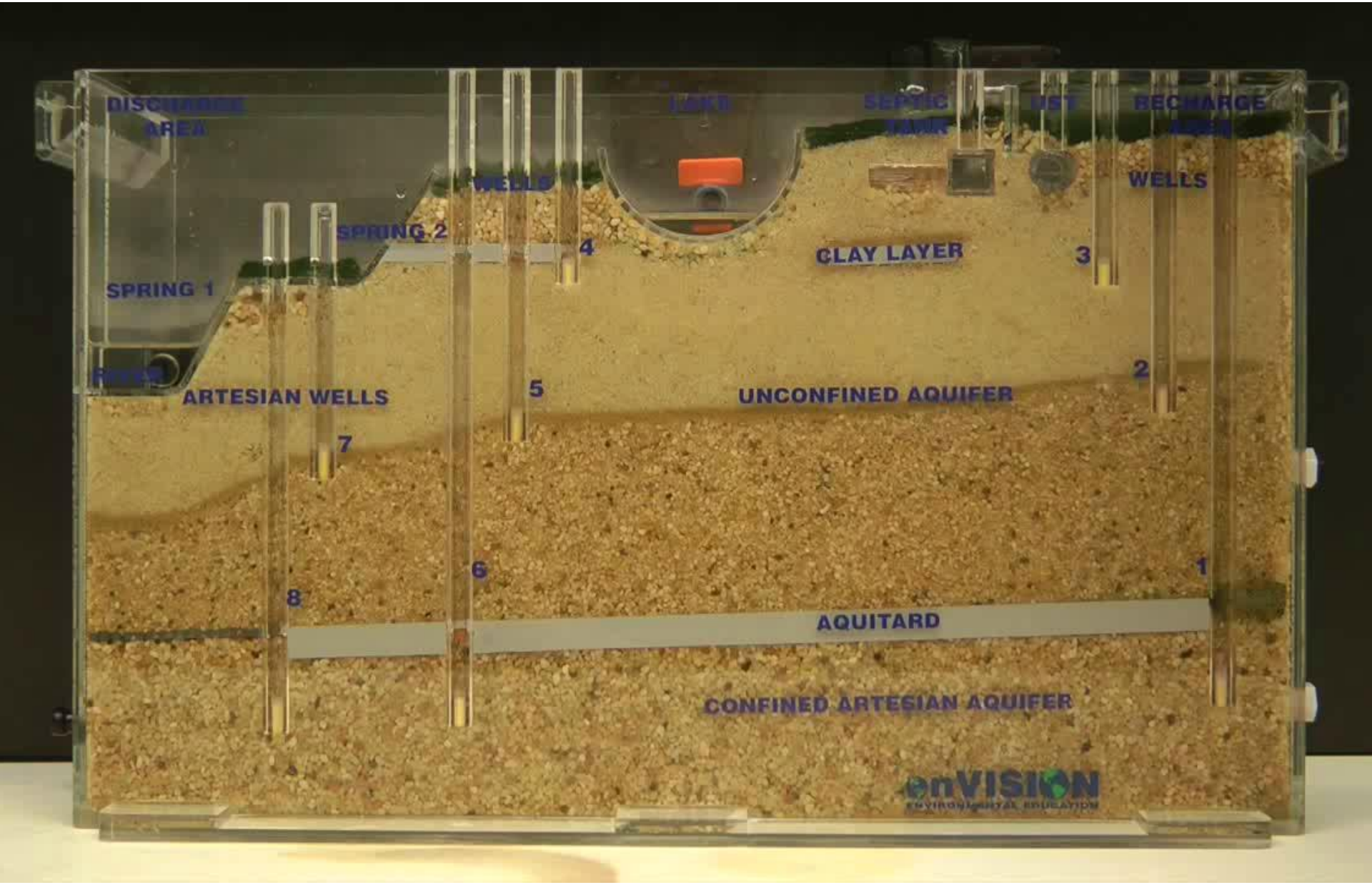
- Un aquifère **NON CONFINÉ** n'est pas recouvert par un **aquitard**
  - Directement rechargé par l'infiltration verticale
  - Plus vulnérable à la contamination



AUTRES CAS DE CONFINEMENT

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



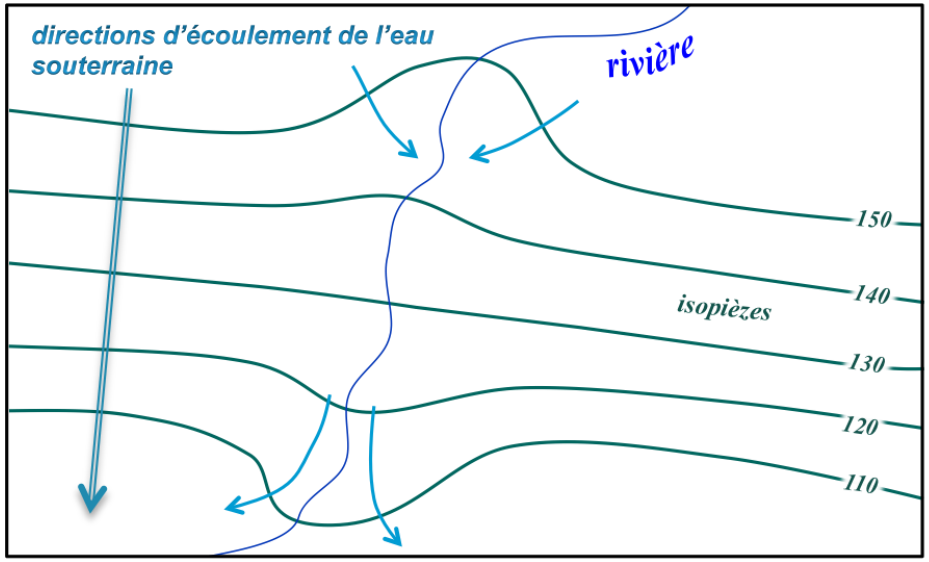

DISCHARGE AREA
LAKE
SEPTIC TANK
LIST
RECHARGE AREA
WELLS
WELLS
SPRING 2
4
CLAY LAYER
3
SPRING 1
2
ARTESIAN WELLS
5
UNCONFINED AQUIFER
7
6
1
8
AQUITARD
CONFINED ARTESIAN AQUIFER
envISION

PIÉZOMÉTRIE

CdP
p. 16

5. PIÉZOMÉTRIE

- 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.

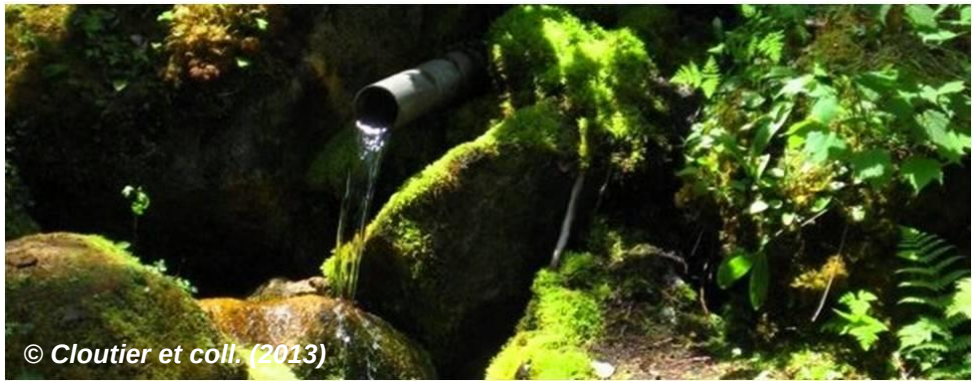


RECHARGE ET RÉSURGENCE

CdP
p. 16

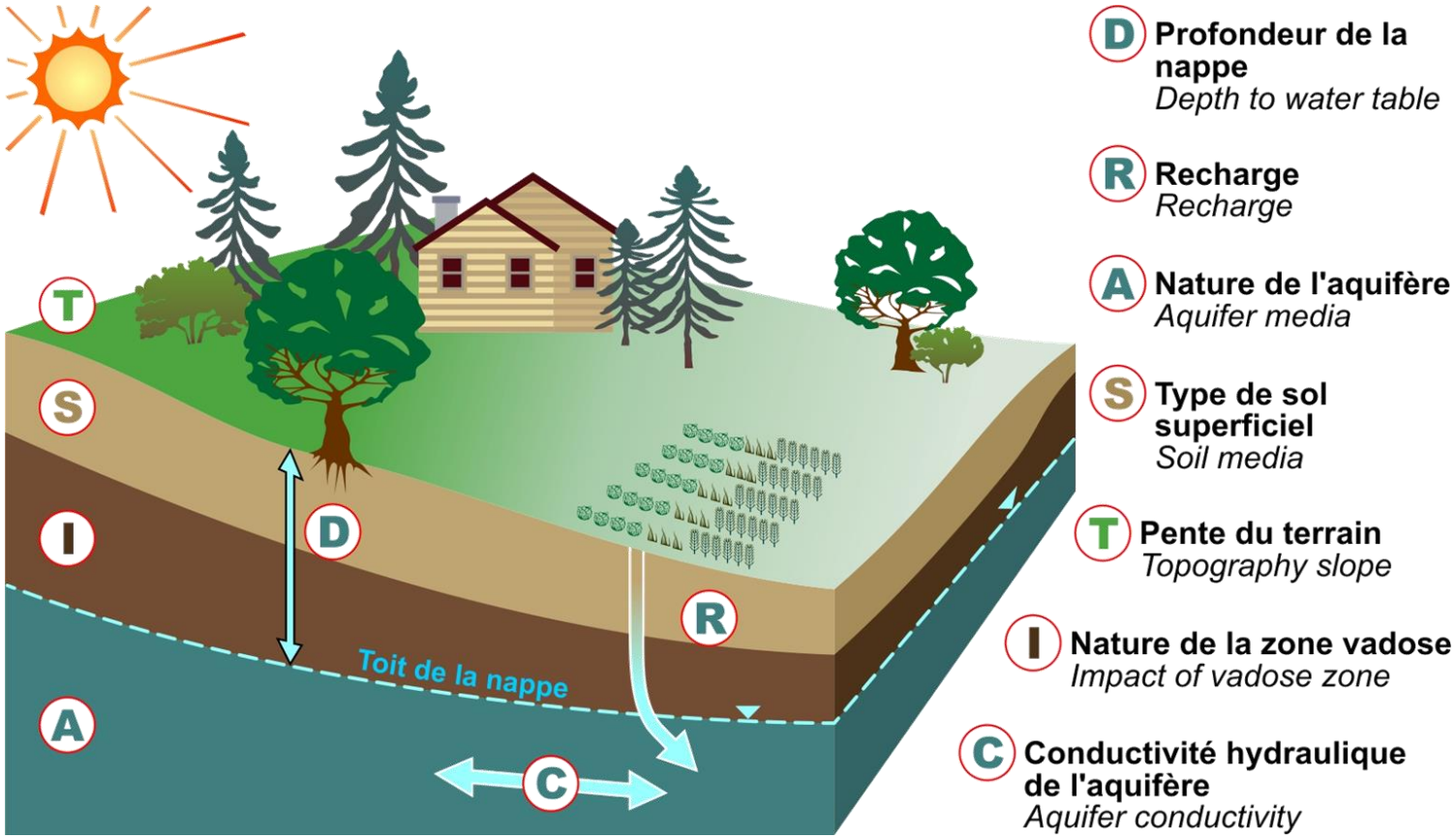
- La **RECHARGE** est le renouvellement de l'eau souterraine par l'infiltration des précipitations depuis la surface.

- 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**.



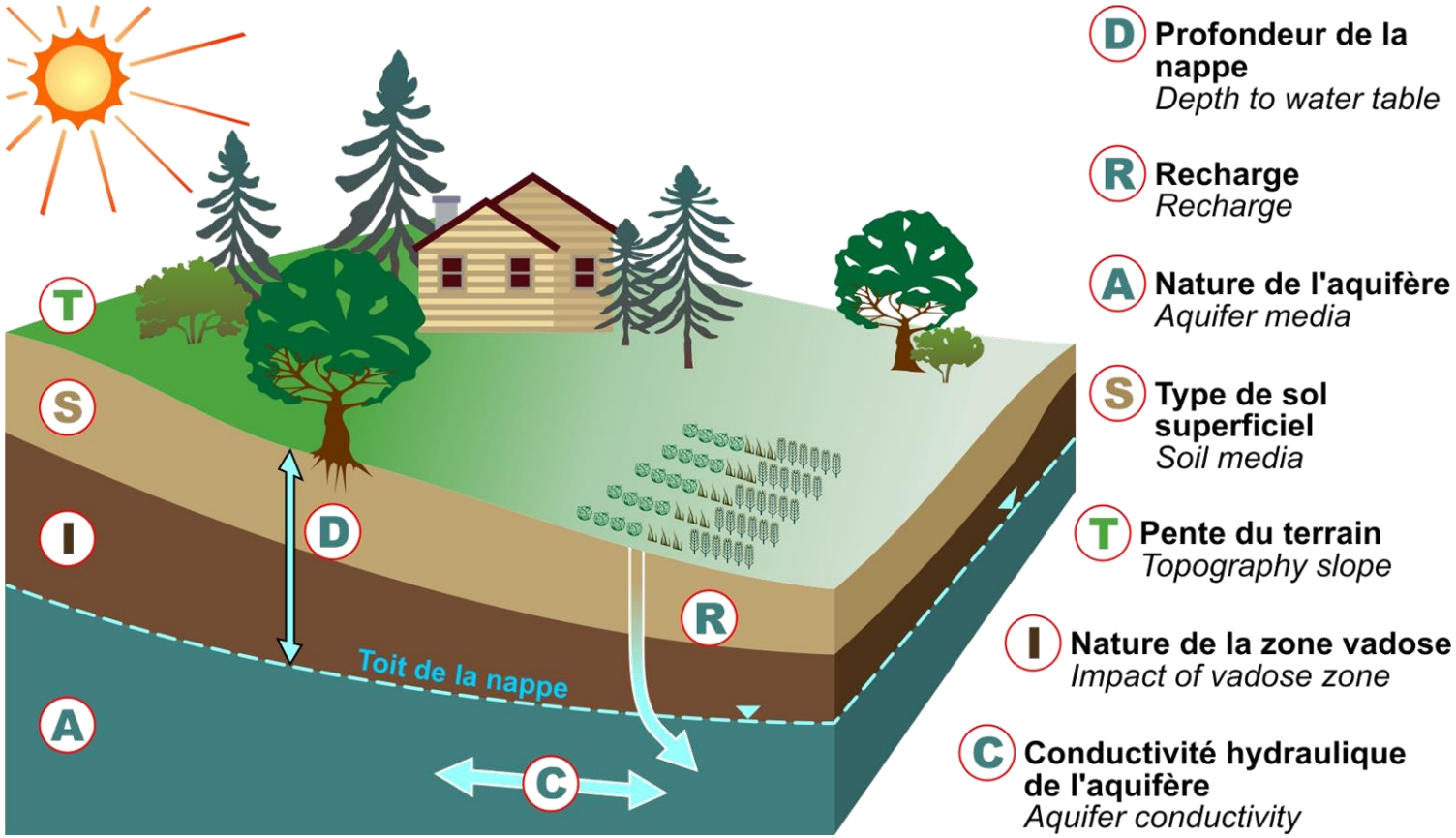
MÉTHODE DRASTIC

- 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 :



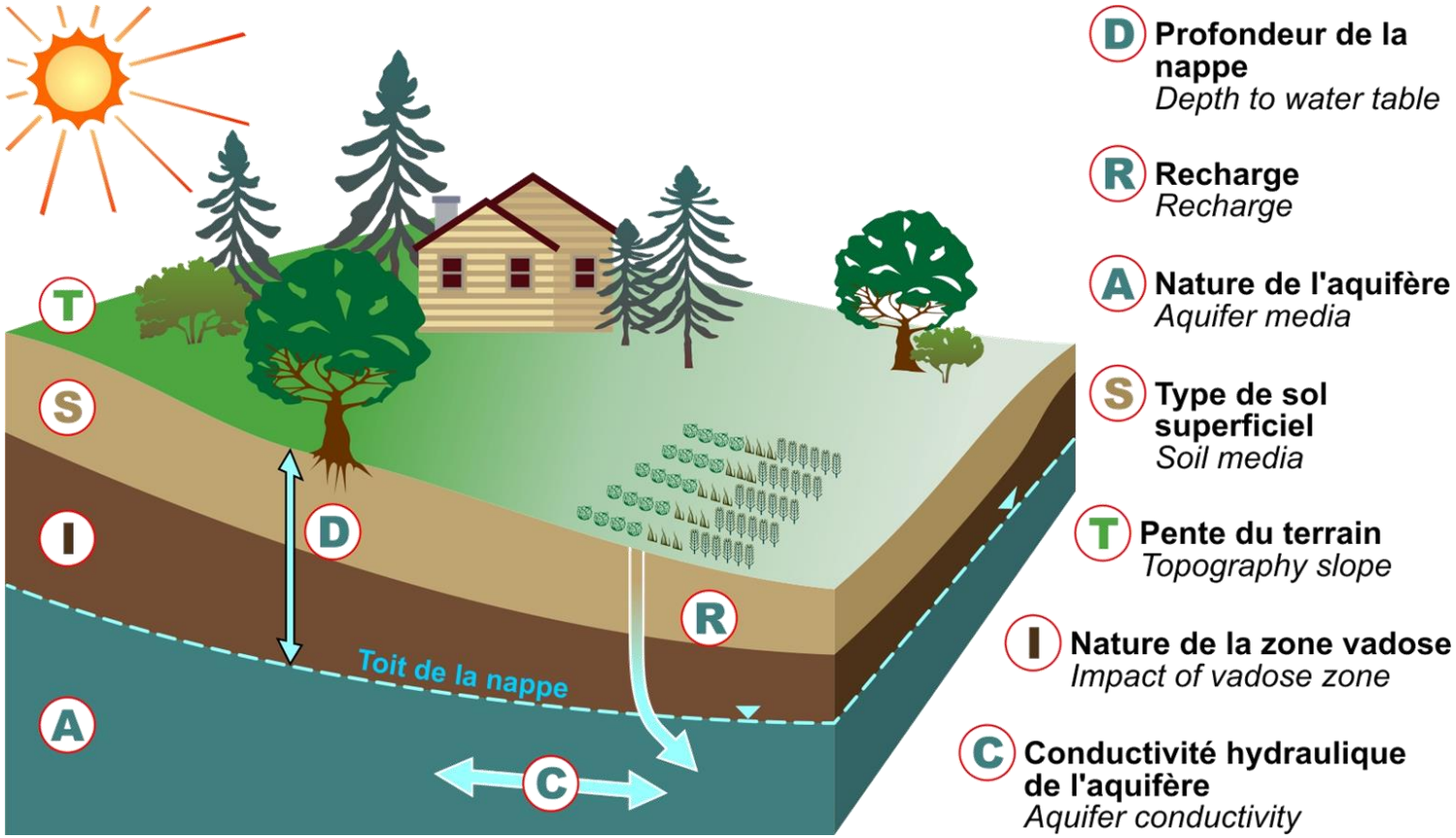
INDICE DRASTIC

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



Risque de contamination

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



GÉOCHIMIE

- 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**.

- Différents **types d'eau** peuvent être distingués :
  - **Eau de recharge** : eau récente, peu minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau douce de recharge
  - **Eau évoluée** : eau plus ancienne, minéralisée, signature géochimique montrant une salinité plus élevée
  - **Eau anthropique** : eau dégradée par les activités anthropiques (enrichi avec Cl et SO_4)

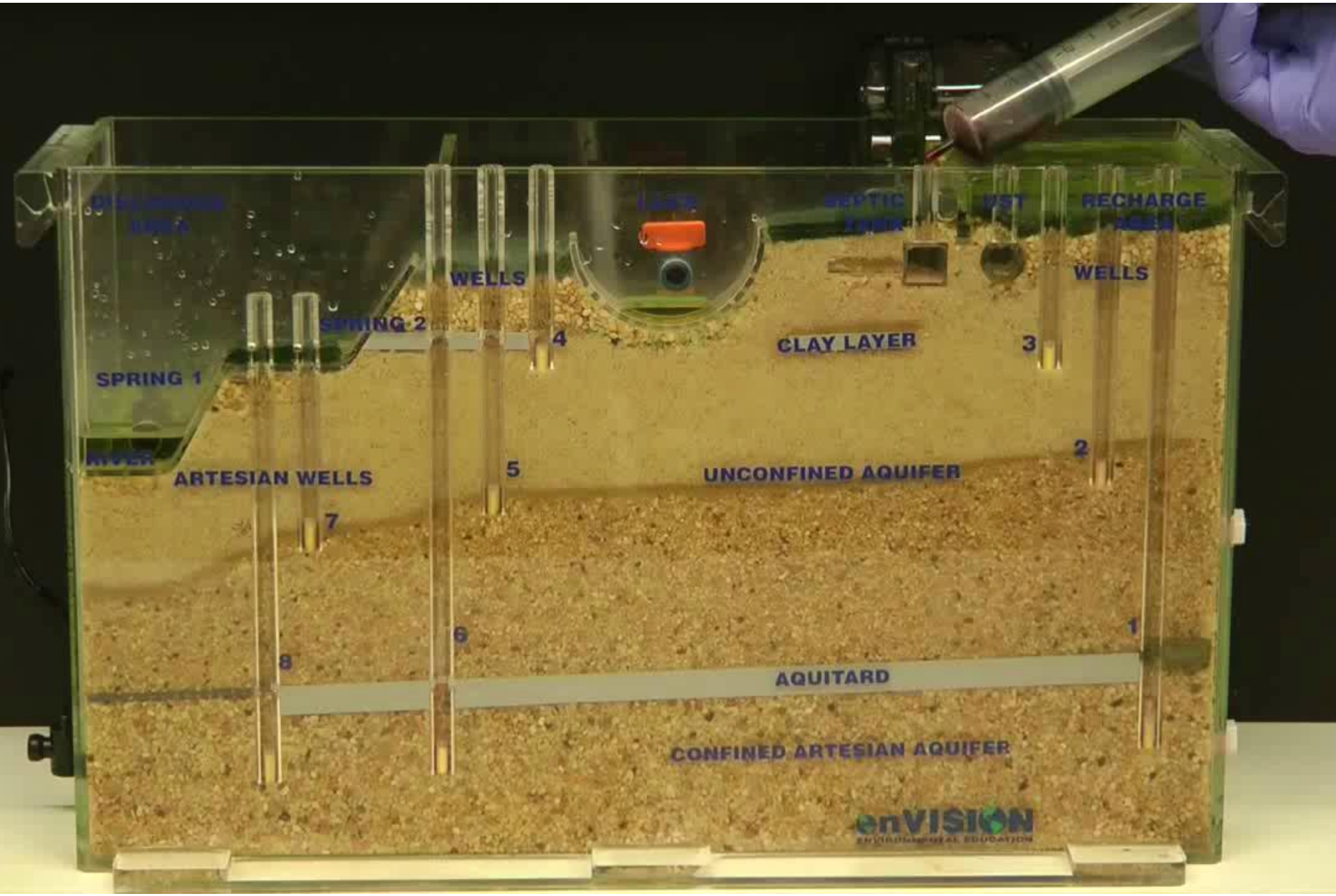
CRITÈRES DE POTABILITÉ

- **Concentrations maximales acceptables** (CMA) : **normes** bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la **santé humaine**.
  - Ex.Arsenic < 0,01 mg/L, pour éviter certains cancers et des effets cutanés, vasculaires et neurologiques
  - Ex. Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire

OBJECTIFS ESTHÉTIQUES

CdP
p. 18

- **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 : Manganèse < 0,05 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


WELLS
SPRING 2
SPRING 1
4
CLAY LAYER
3
WELLS
2
ARTESIAN WELLS
5
UNCONFINED AQUIFER
7
6
1
8
AQUITARD
CONFINED ARTESIAN AQUIFER
enVISION

LIMITES GÉNÉRALES

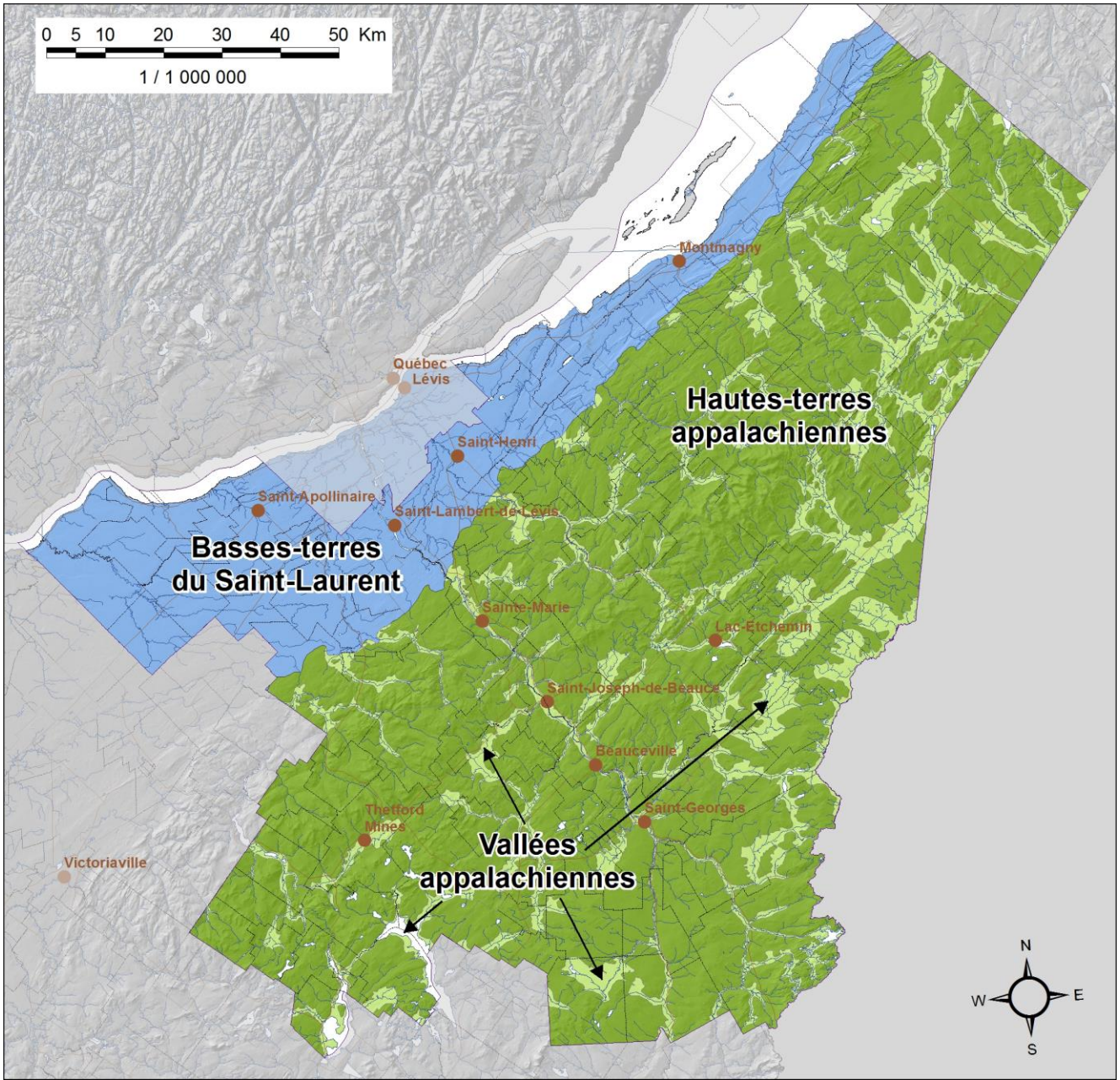
CdP
p. 21

- 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.**

CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

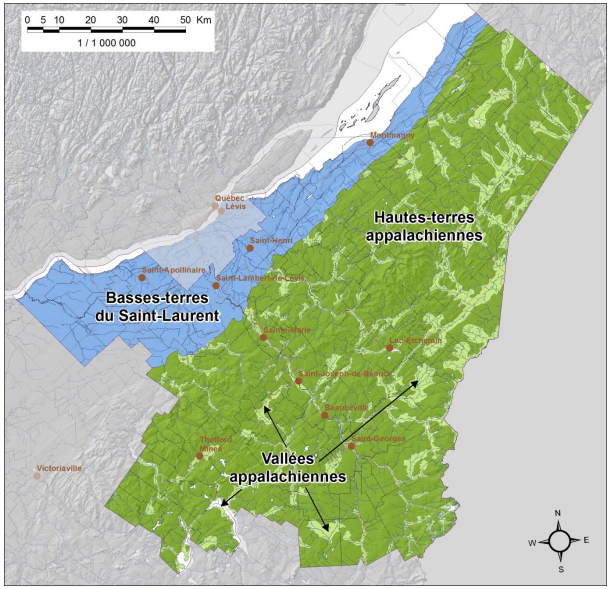
CdP pp. 22-23



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

CdP pp. 22-23

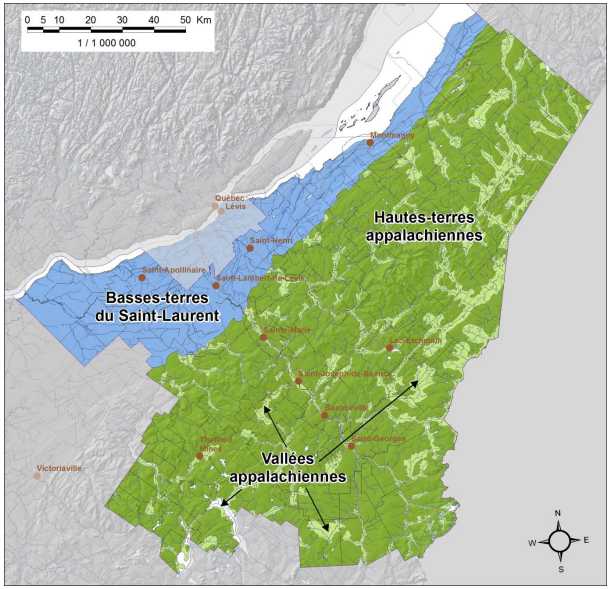
- Les **basses-terres du St-Laurent**
  - Bande de 10 à 30 km de largeur en bordure du fleuve
  - Topographie de bas plateau, de 10 à 90 m d'altitude
  - Ont été recouvertes par la mer de Champlain jusqu'a une élévation de ≈ 180 m
  - Épaisses accumulations de sédiments à grains fins (plus de 10 m)
  - Recharge ne se fait que localement, notamment le long de crêtes rocheuses SO-NE
  - Potentiel aquifère est pratiquement restreint au roc fracturé
  - Faible gradient hydraulique horizontal → écoulement lent vers le fleuve
  - Présence d'eaux évoluées, montrant encore par endroit une signature marine
  - Présence d'eau souterraine de qualité acceptable, passable et non potable
  - Grandes étendues de vulnérabilité faible, mais aussi plus élevées où les conditions de nappe libre et recharge plus importante



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

CdP pp. 22-23

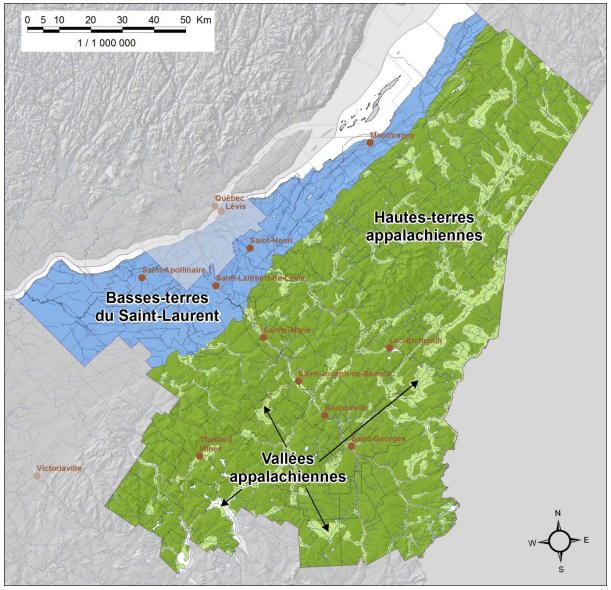
- Les **vallées appalachiennes**
  - Vallées orientées principalement NO-SE, à moins de 350 m d'altitude
  - Peuvent être comblées d'épaisseurs importantes de sédiments (plus de 15 m)
  - Sédiments généralement fins
  - Sédiments fluvioglaciaires par endroit → potentiel aquifère local
  - Potentiel aquifère du roc fracturé présent dans l'ensemble du contexte
  - Recharge importante, sauf où accumulations de sédiments fins
  - Gradients hydrauliques forts → écoulement rapide vers les cours d'eau
  - Eaux généralement jeunes et de type recharge, mais évidences de dégradation par les activités anthropiques
  - On y trouve proportionnellement le plus de zones a vulnérabilité élevée de la région, mais aussi moyenne et faible où sédiments fins



CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

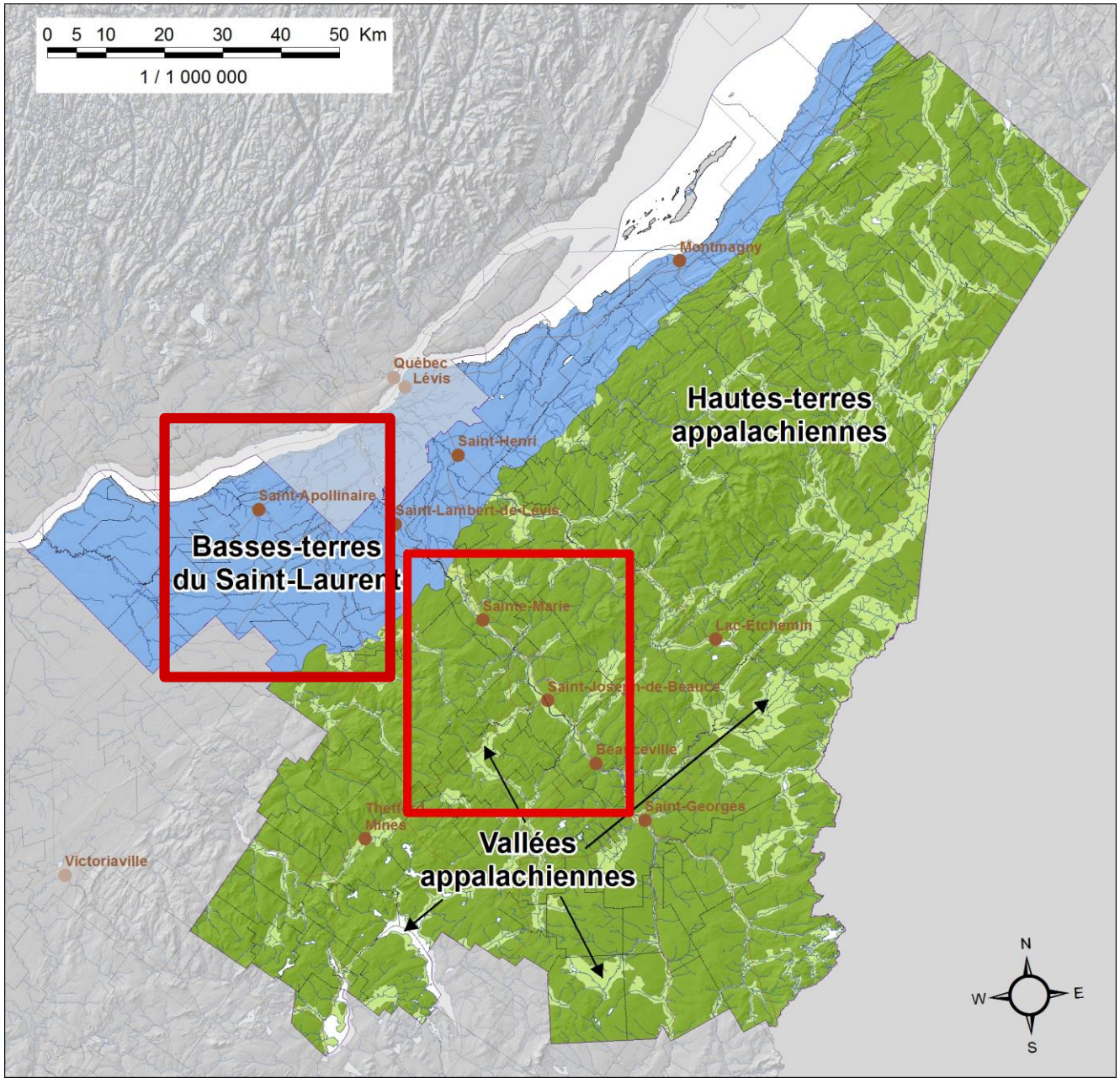
CdP pp. 22-23

- Les **hautes-terres appalachiennes**
  - Collines ou montagnes pouvant atteindre 900 m d'élévation dans partie centrale
  - Grandes zones de till mince ou d'affleurements rocheux sur les sommets
  - Till peut atteindre jusqu'a 5 m d'épaisseur où la topographie est moins accidentée
  - Vaste zone de recharge préférentielle de l'aquifère régional
  - Écoulement diverge du centre, avec une orientation générale NO-SE
  - Écoulement affecté par la topographie locale irrégulière et l'émergence dans les cours d'eau
  - La meilleure qualité d'eau souterraine de la région
  - Zones à vulnérabilité moyenne en majorité, mais aussi faible sur les hauts topographiques et élevée en marge des plus hauts sommets, dans les secteurs de plateaux ou en bordure des vallées



Secteurs d'étude

CdP pp. 25 et +



PRÊTS POUR LES ATELIERS?