



**HUMAINE
CRÉATIVE
AUDACIEUSE**

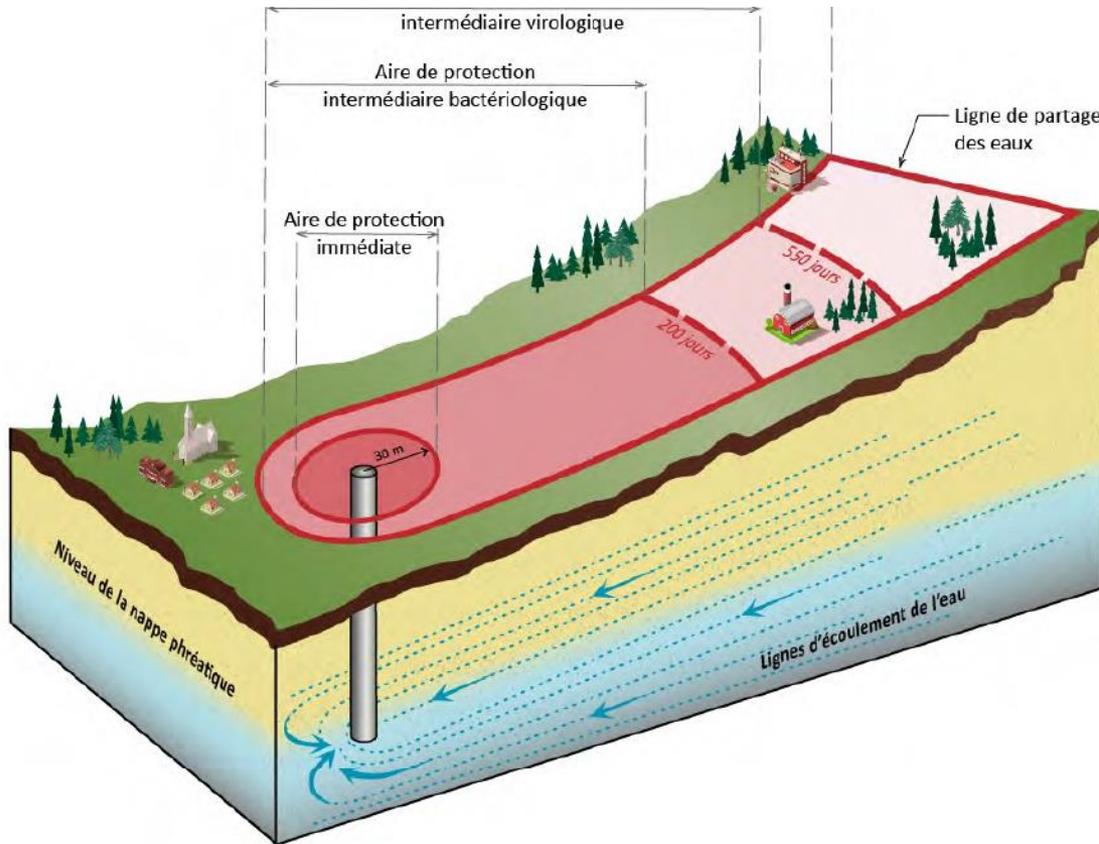
**Détermination des aires d'alimentation
des captages d'eau souterraine :
considérations pratiques pour le contexte
hydrogéologique de l'Abitibi-Témiscamingue**

Eric Rosa
(eric.rosa@uqat.ca)

Plan

- 1- Mise en contexte et terminologie
- 2- Cadre théorique
- 3- Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue
- 4- Sommaire et pistes de solutions

1. Mise en contexte et terminologie

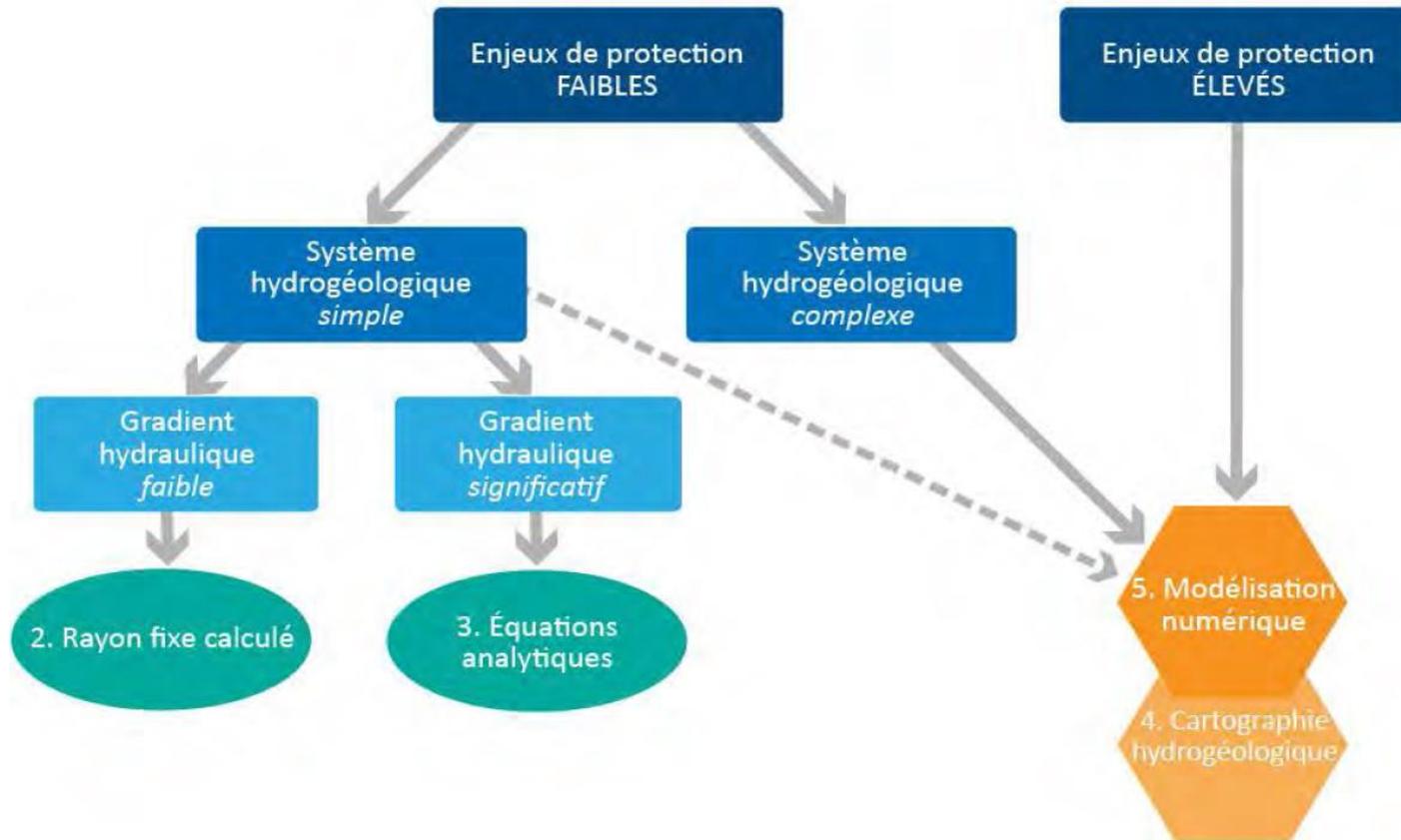


- **Aire d'alimentation d'un captage d'eau souterraine:** superficie (représentée en plan) au sein de laquelle les écoulements d'eau souterraine convergent vers un site de prélèvement
- **Aire(s) de protection d'un captage d'eau souterraine:** région (représentée en plan) au sein de laquelle l'eau souterraine est susceptible de migrer jusqu'à un site de prélèvement, à l'intérieur d'un délai prédéfini

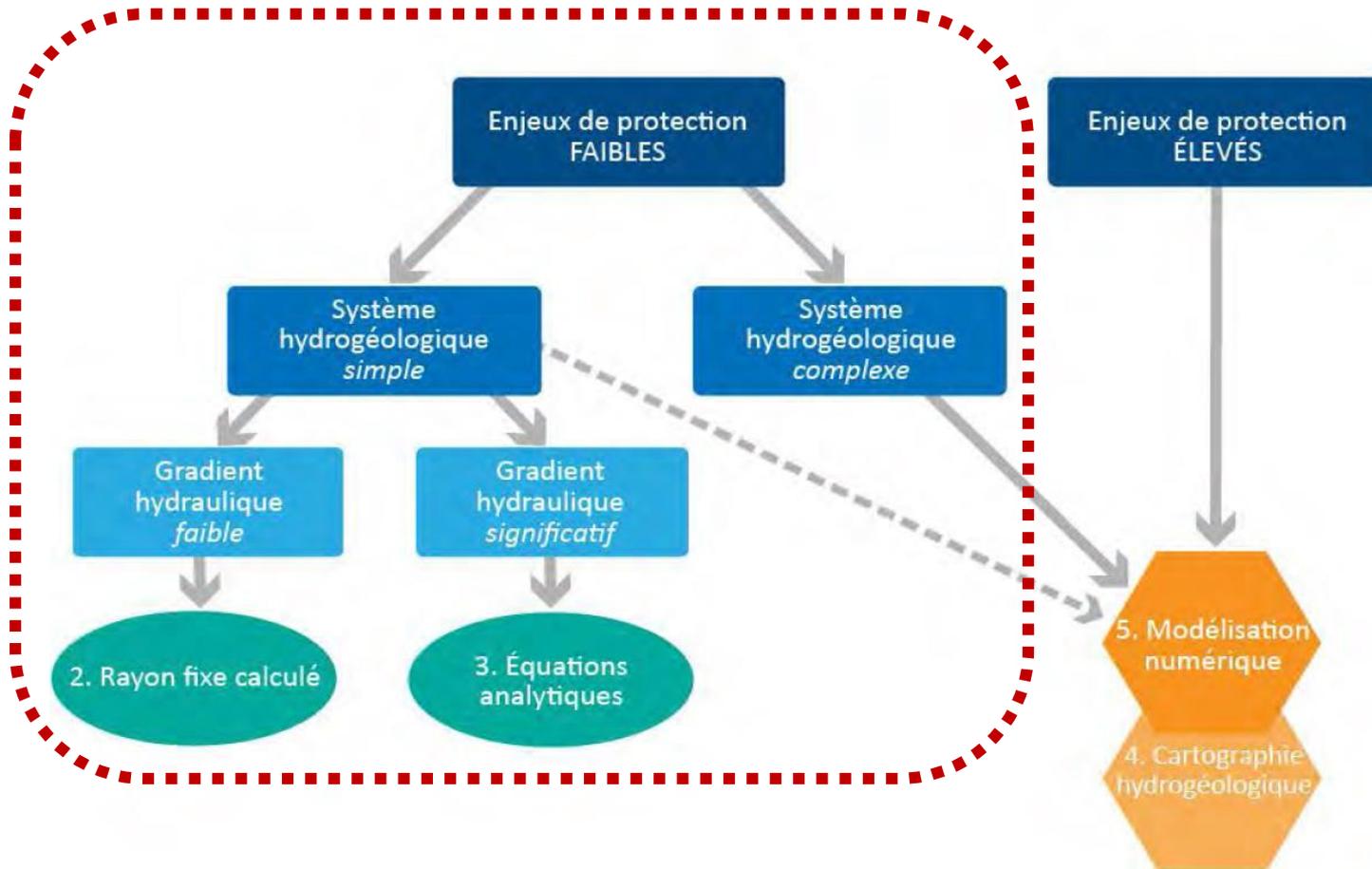
1. Mise en contexte et terminologie

Approche	Méthodes	Aires de protection concernées – catégories de prélèvement
Approche 1 : Rayon fixe arbitraire	Rayon fixe arbitraire	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiate – cat. 1, 2, 3 • Intermédiaires – cat. 2, 3 • Éloignée – cat. 2, 3
Approche 2 : Rayon fixe calculé	Équation du cylindre	<ul style="list-style-type: none"> • Intermédiaires – cat. 1
	Équation d'infiltration	<ul style="list-style-type: none"> • Éloignée – cat. 1
Approche 3 : Équations analytiques	Équation du temps de transport	<ul style="list-style-type: none"> • Intermédiaires – cat. 1
	Équation d'écoulement uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Éloignée – cat. 1
Approche 4 : Cartographie hydrogéologique	Piézométrie et limites hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> • Éloignée – cat. 1
Approche 5 : Modélisation numérique	MODFLOW	<ul style="list-style-type: none"> • Intermédiaires – cat. 1 • Éloignée – cat. 1
	FEFLOW	<ul style="list-style-type: none"> • Intermédiaires – cat. 1 • Éloignée – cat. 1

1. Mise en contexte et terminologie



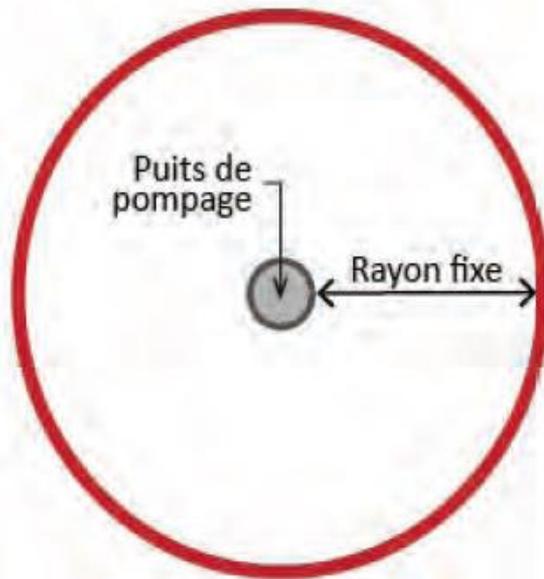
1. Mise en contexte et terminologie



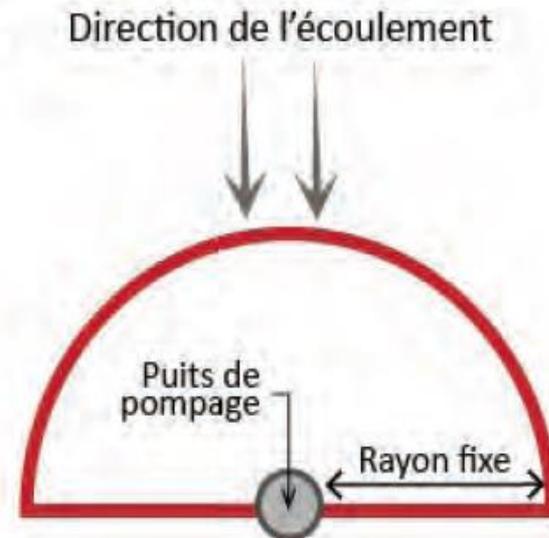
2. Cadre théorique

Rayon fixe arbitraire

A

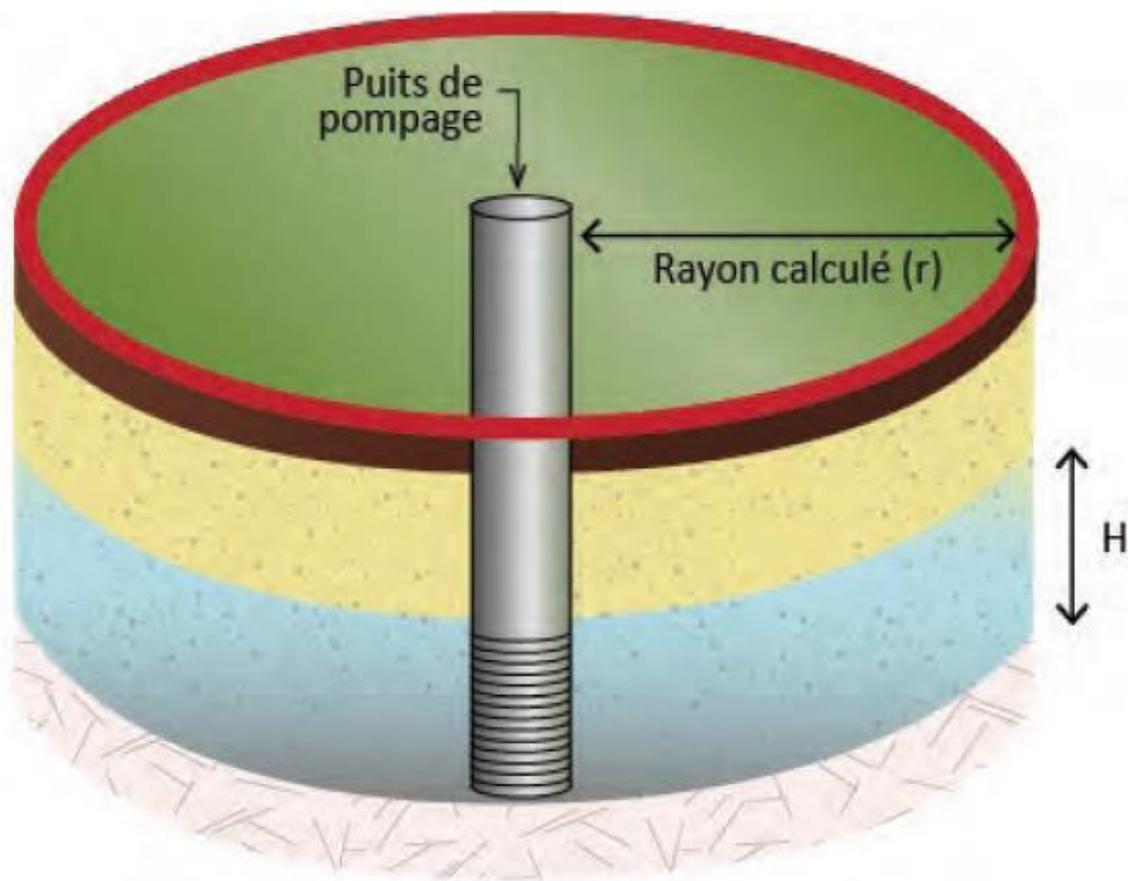


B



2. Cadre théorique

Rayon fixe calculé

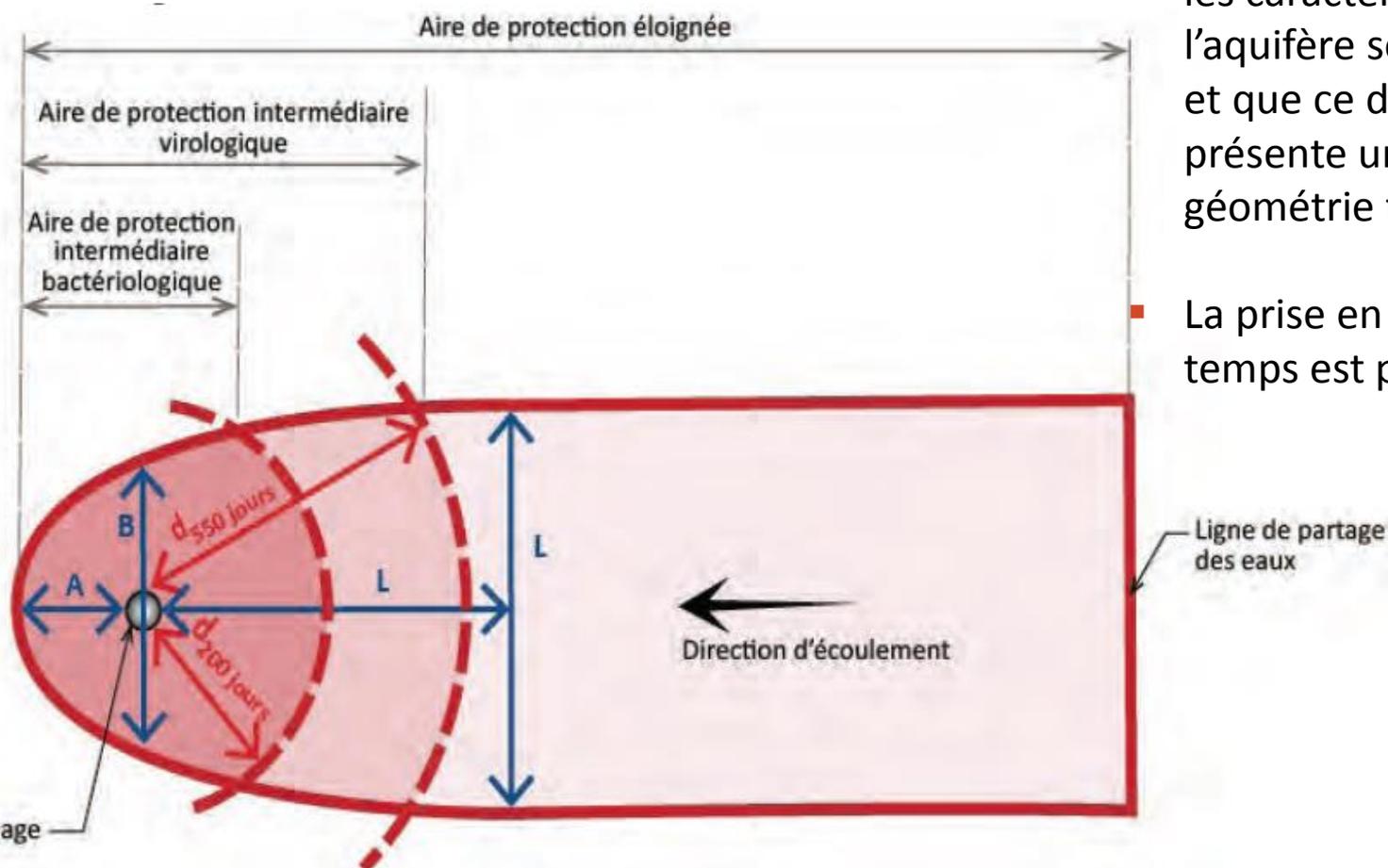


- Équation du cylindre
- Équation d'infiltration
- Pour un débit de pompage et/ou un taux de recharge connu, le rayon de l'aire de protection est calculé

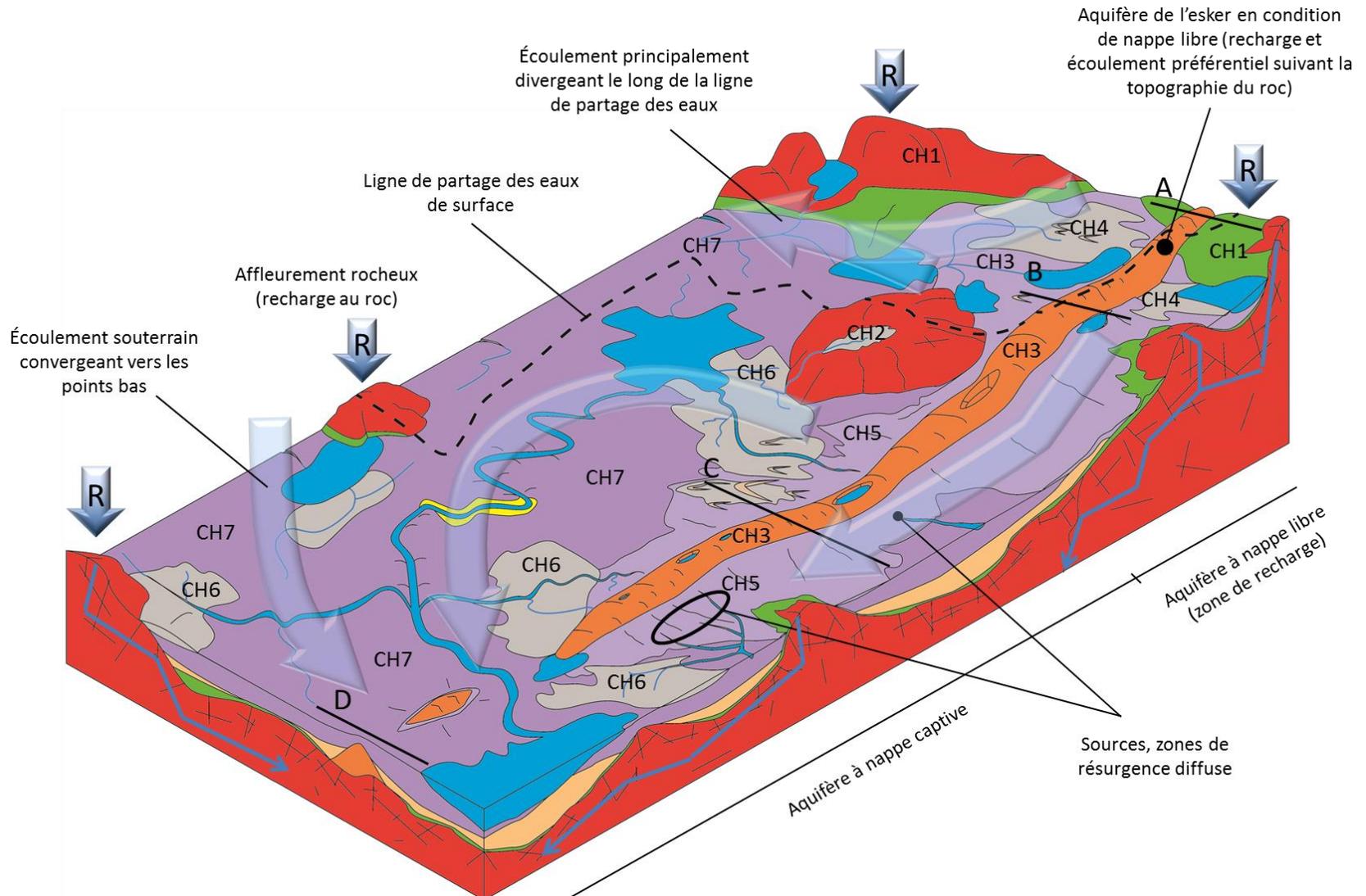
2. Cadre théorique

Solutions analytiques

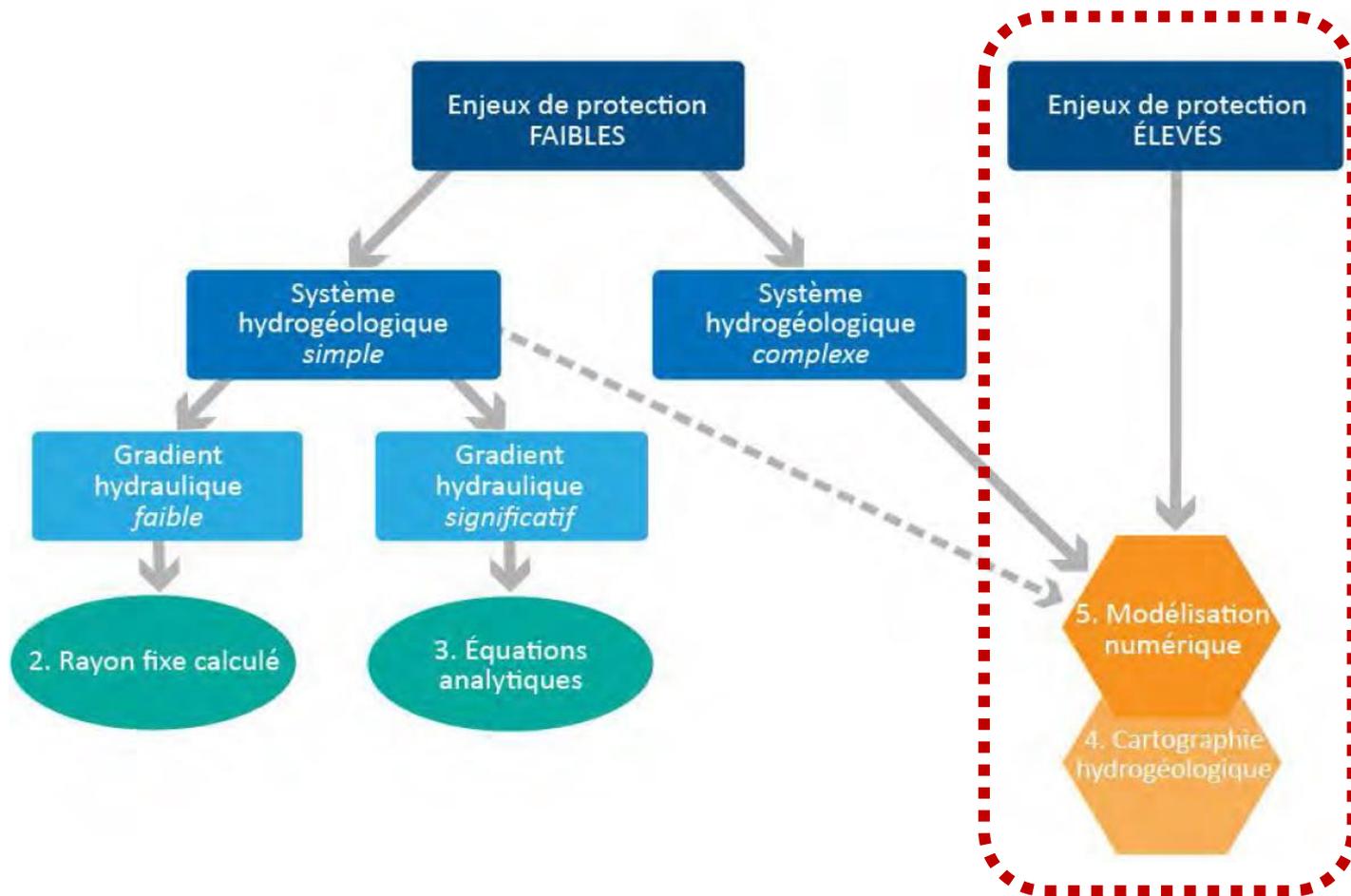
- Valide uniquement si les caractéristiques de l'aquifère sont connues, et que ce dernier présente une géométrie très simple
- La prise en compte du temps est possible



3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

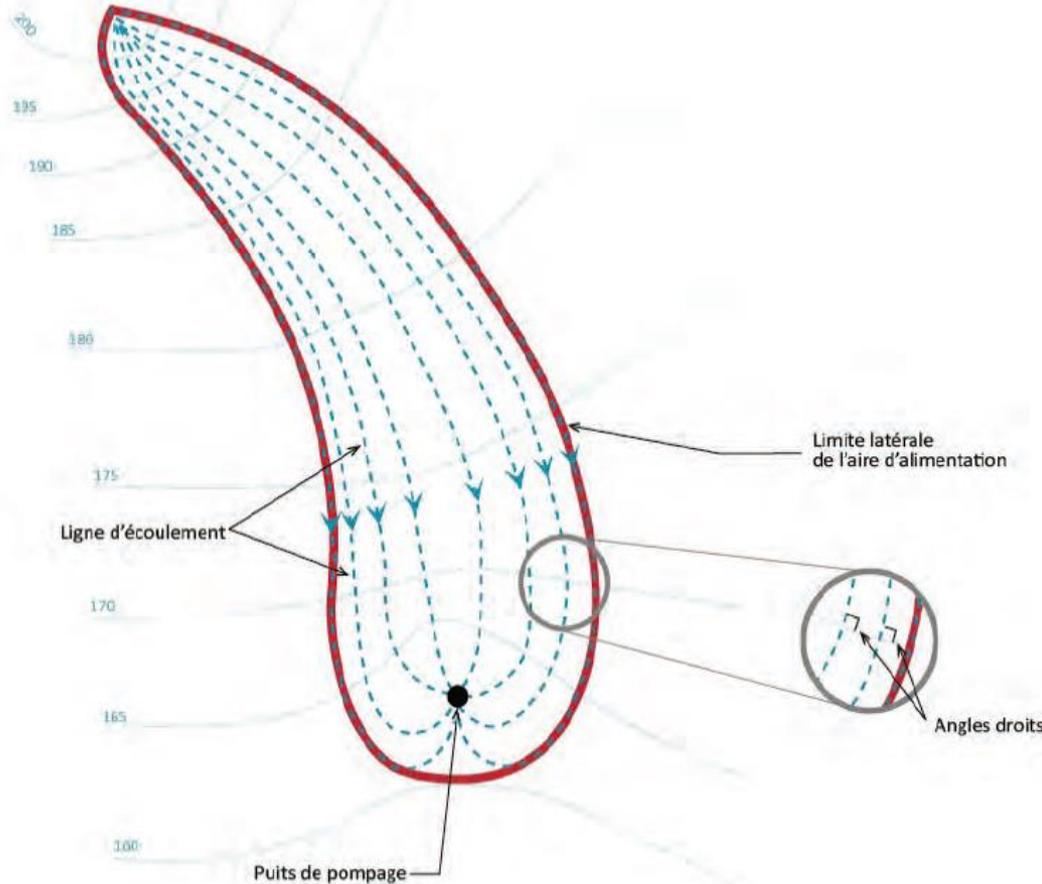


3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue



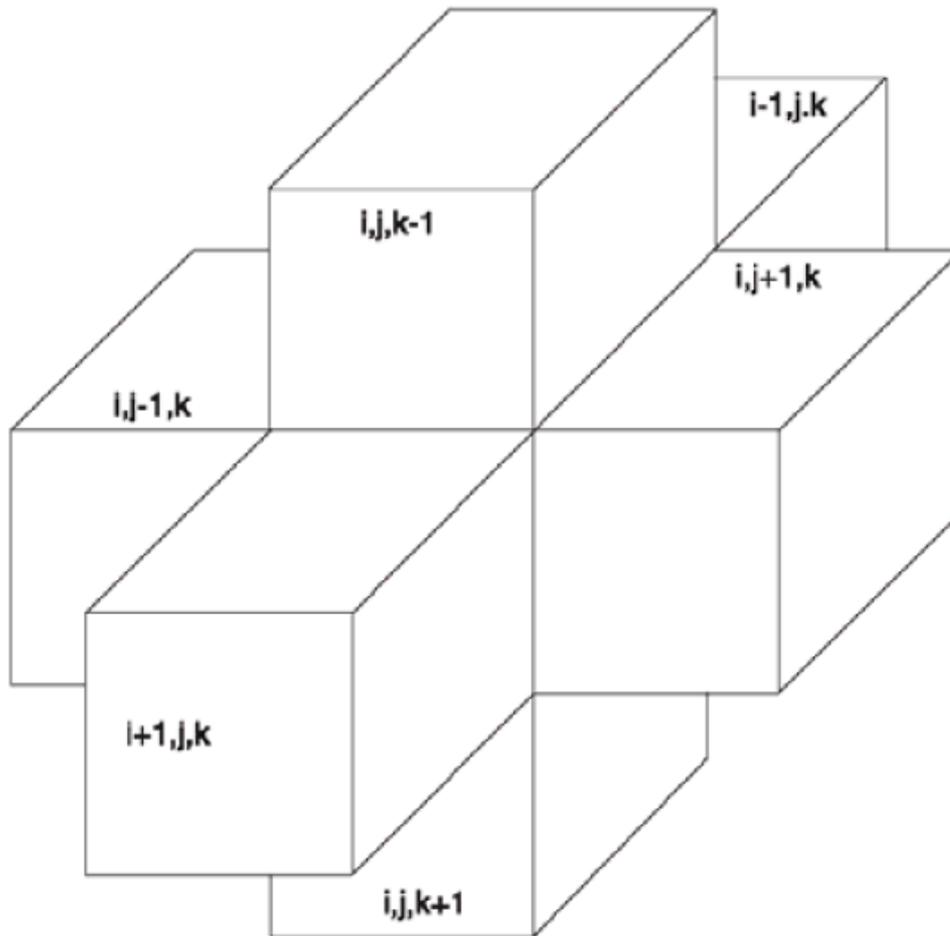
3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

Cartographie hydrogéologique



- La piézométrie régionale/locale doit être connue
- L'aire d'alimentation est évaluée en remontant les lignes d'écoulement jusqu'à l'atteinte d'une limite imperméable
- La prise en compte précise du temps est, en pratique, rarement possible

3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

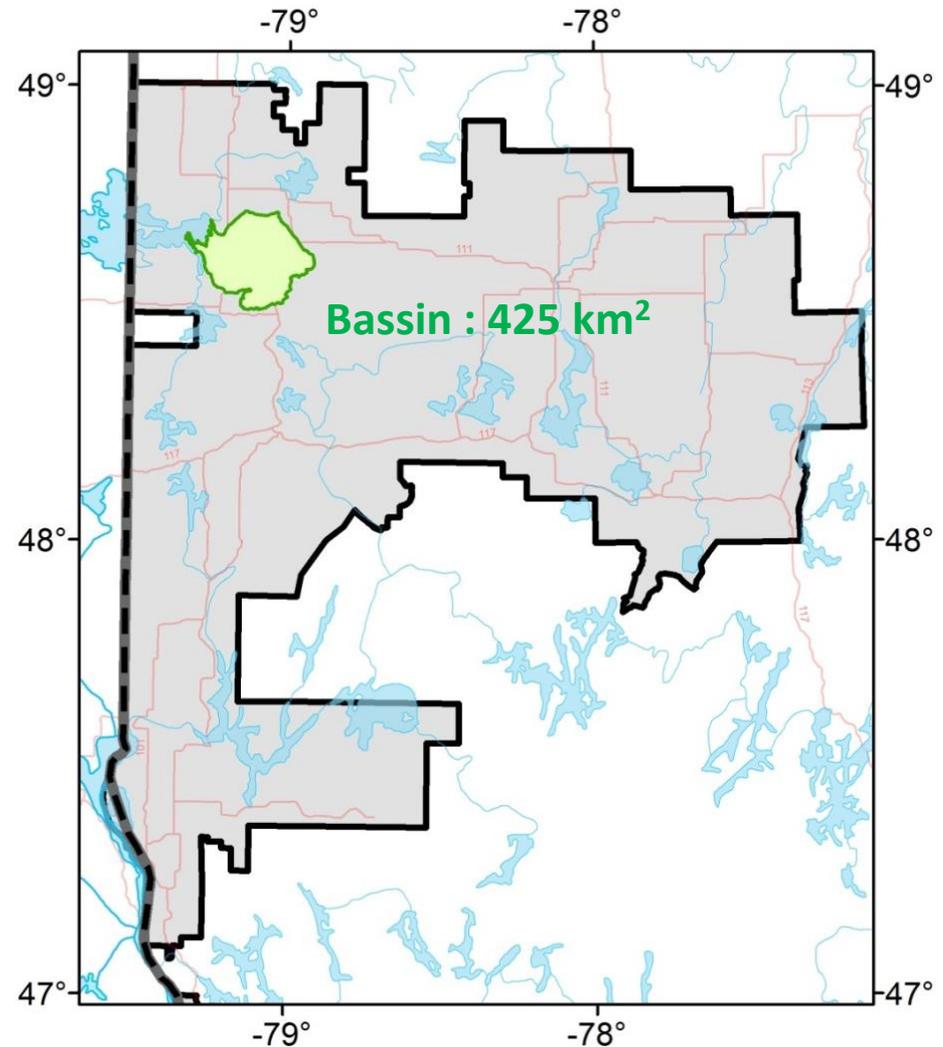


- Le modèle MODFLOW applique le principe de continuité:

- $\sum q_i = S_S \frac{\Delta h}{\Delta t} \Delta x_i \Delta y_j \Delta z_k$
- q_i : Flux vers la cellule [L^3T^{-1}]
- S_S : Volume d'eau qu'un volume unitaire d'aquifère libère pour une diminution unitaire de la charge hydraulique [L^{-1}]
- $\Delta x_i \Delta y_j \Delta z_k$: Volume de la cellule [L^3]
- Δh : Changement de charge [L]
- Δt : Pas de temps [T]

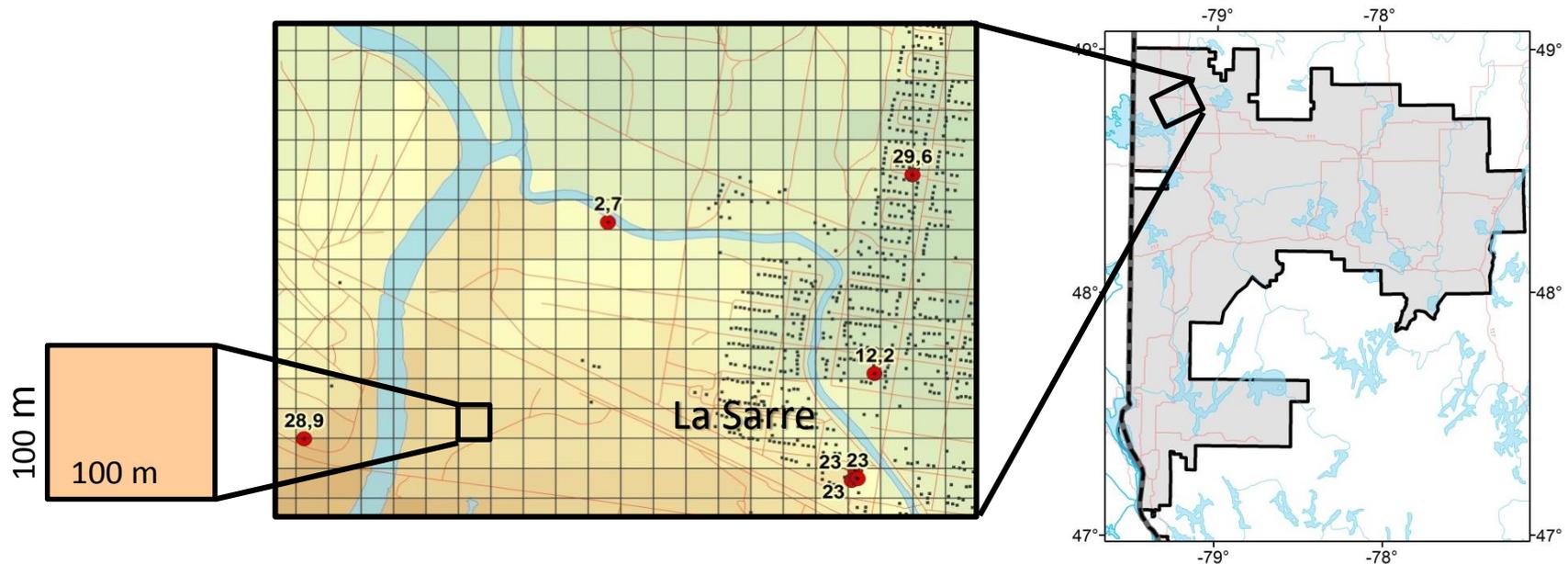
3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

- Site localisé en Abitibi-Ouest, conditions hétérogènes typiques de la plaine argileuse du lac Barlow-Ojibway
- Principalement représentatif des aquifères à nappe libre du roc fracturé et des aquifères à nappe captive de la plaine argileuse
- Plusieurs données quantitatives rendues disponibles par les PACES-AT
- Contraintes sur les niveaux d'eau: puits au roc, puits dans le matériel granulaire, plans et cours d'eau



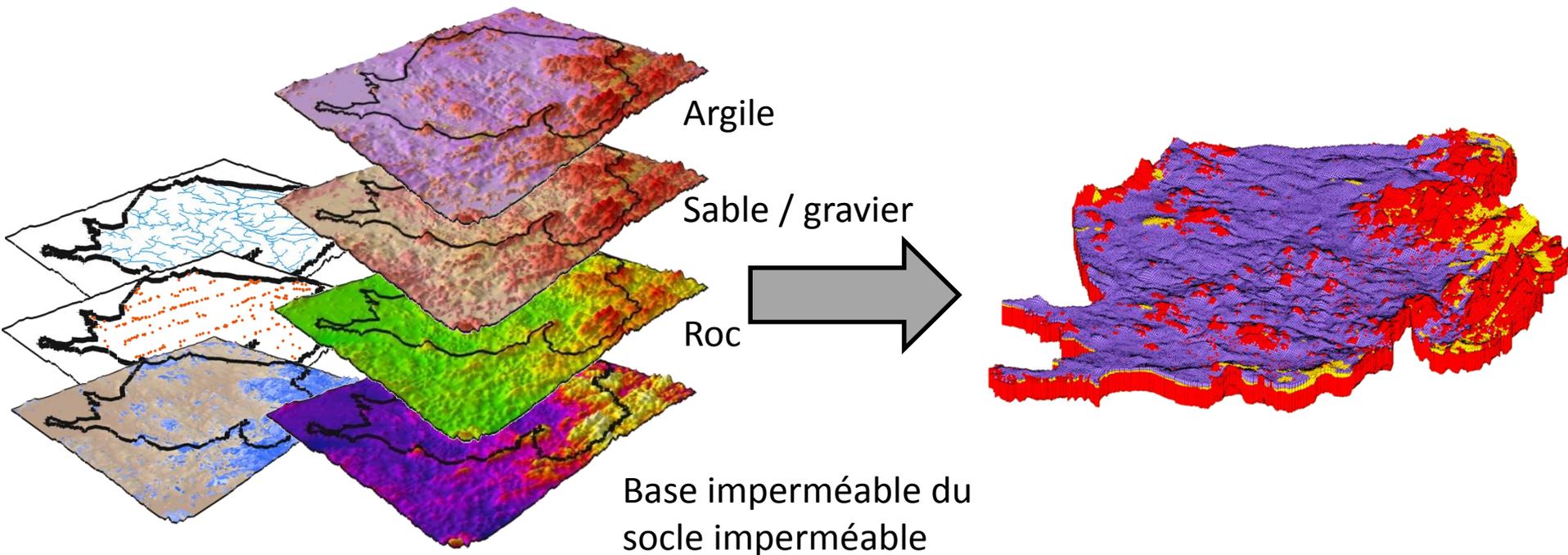
3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

- Exemple de l'approche de discrétisation spatiale pour la construction d'un modèle hydrogéologique numérique régional pour l'Abitibi-Témiscamingue



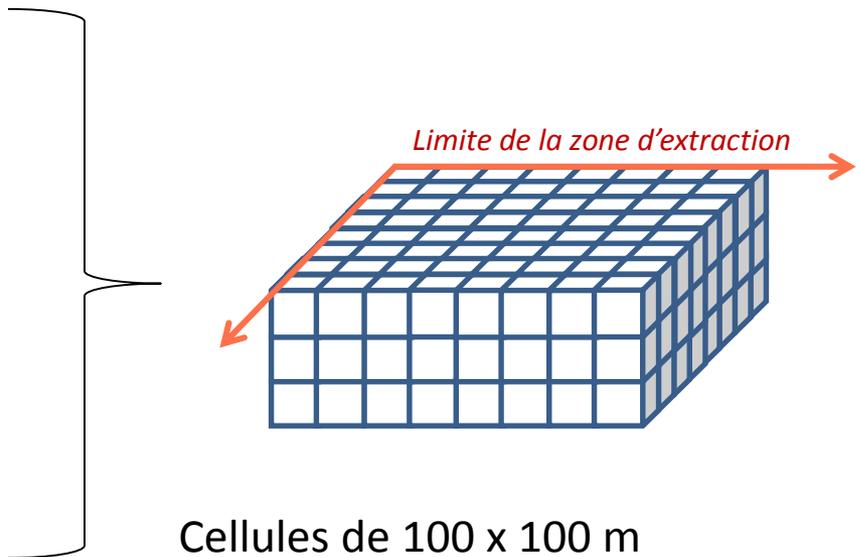
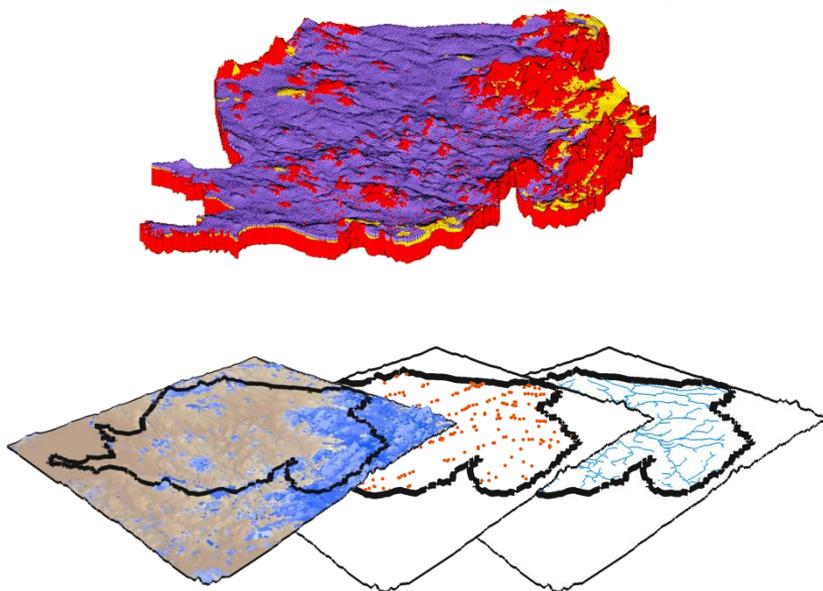
3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

- Exemple de données numériques retenues par Nadeau et al., (2014) pour la construction d'un modèle géologique local en l'Abitibi-Témiscamingue



3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

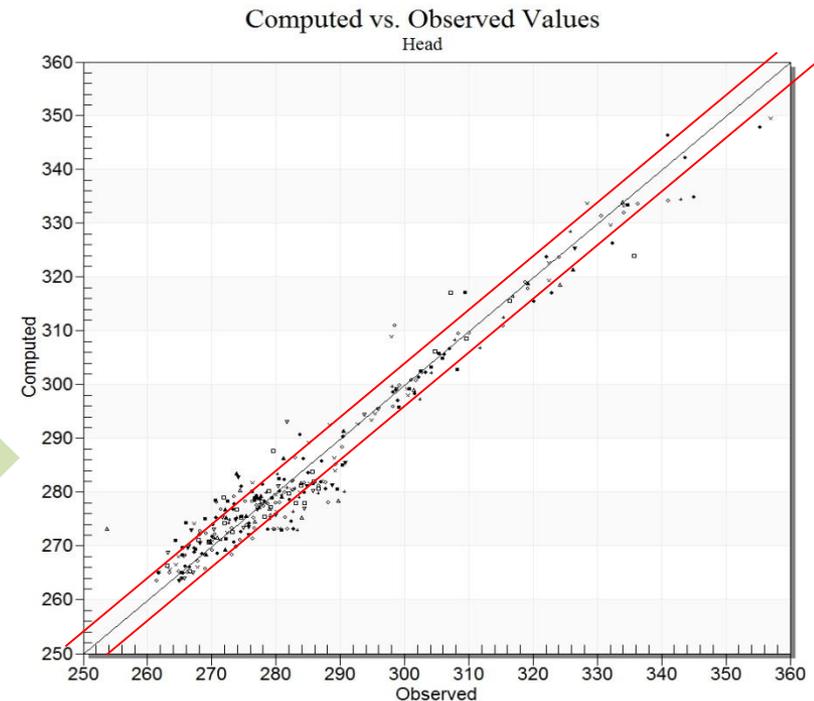
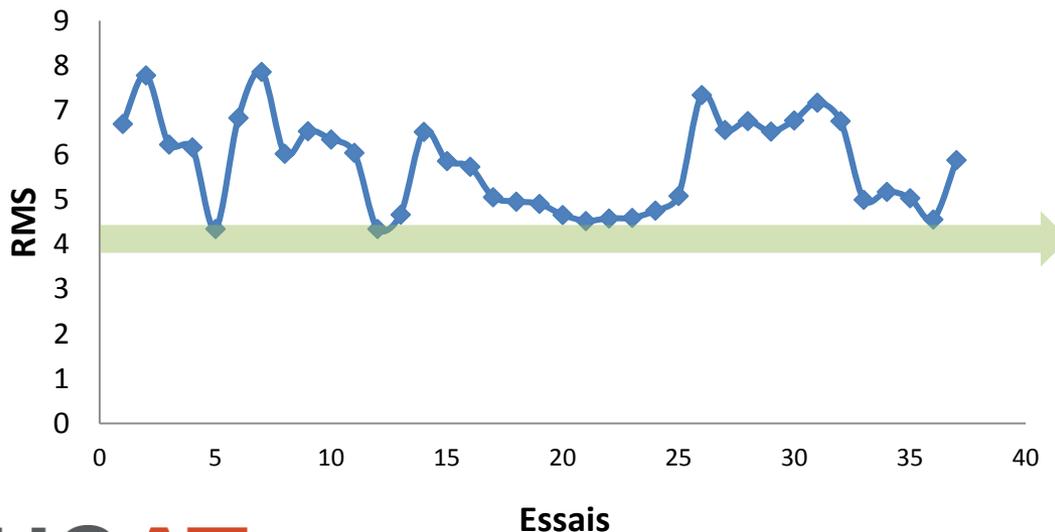
- Exemple de l'approche de discrétisation spatiale retenue par Nadeau et al., (2014) pour la construction d'un modèle hydrogéologique numérique local en l'Abitibi-Témiscamingue



Cellules de 100 x 100 m
3 couches pour trois unités régionales

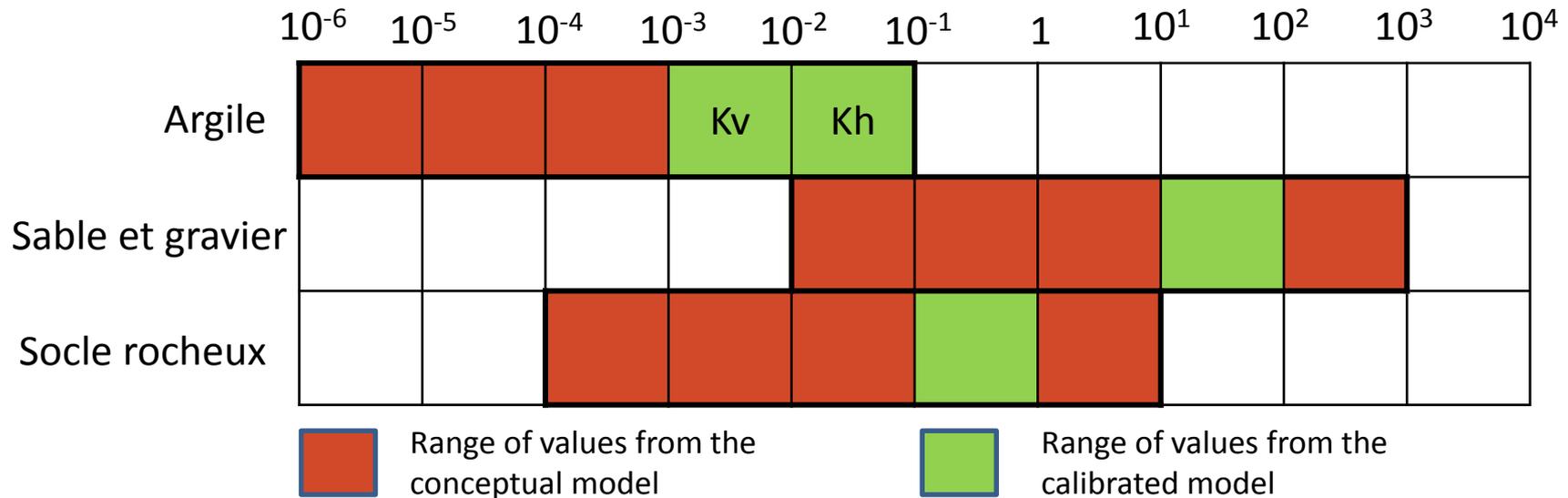
3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

- Exemple de l'approche de calibration retenue par Nadeau et al., (2014) pour la simulation des écoulements de l'eau souterraine en Abitibi-Témiscamingue
- Une approche automatisée où l'on fait varier la conductivité hydraulique, les taux de recharge et certaines variables complémentaires
- Les niveaux d'eau modélisés sont comparés aux niveaux mesurés sur le terrain afin de calibrer les paramètres du modèle

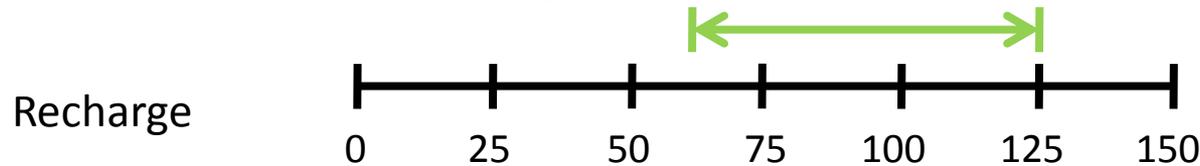


3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

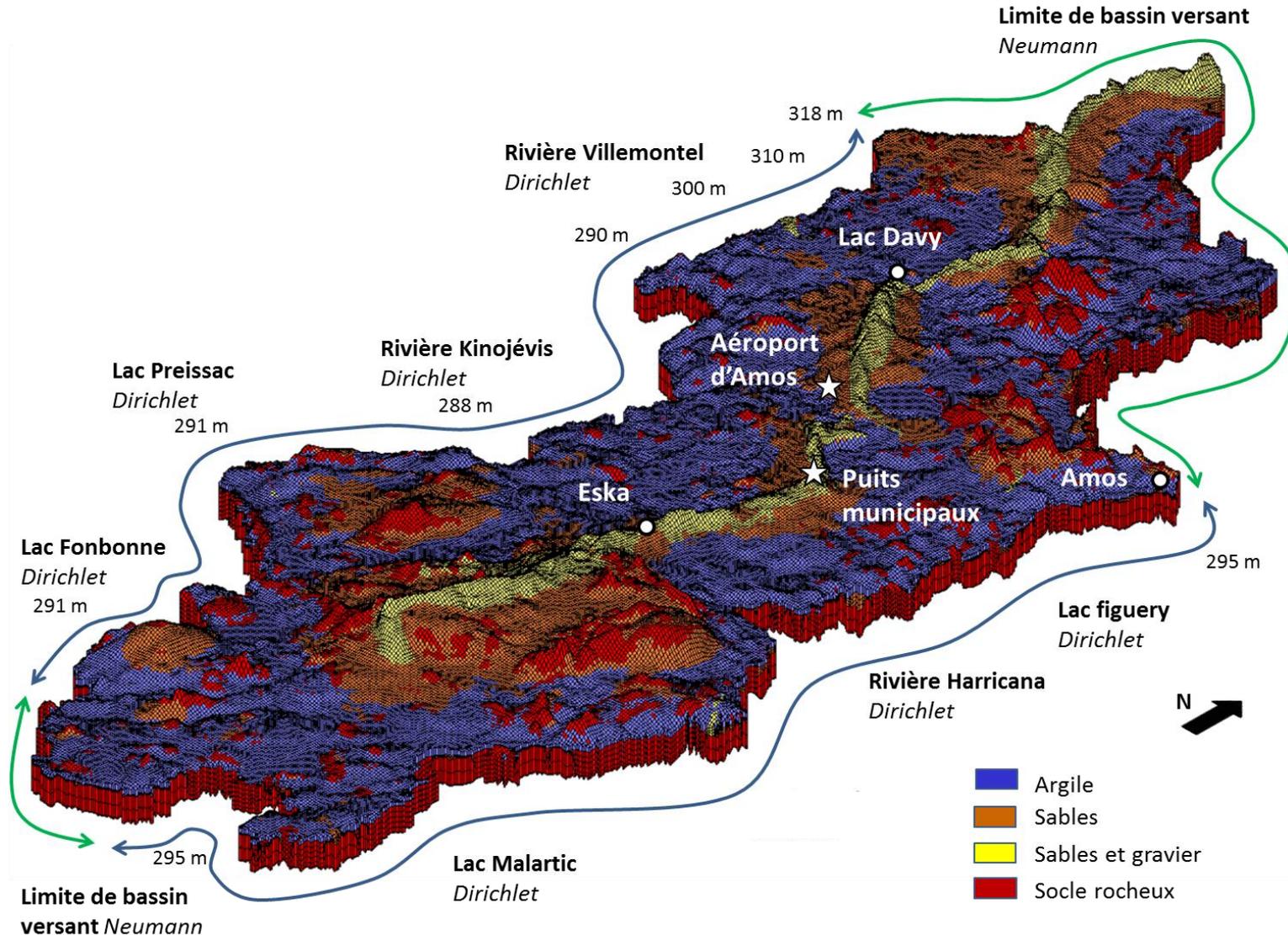
Conductivité hydraulique (m/j)



Taux de recharge (% de la valeur estimée par bilan hydrique)

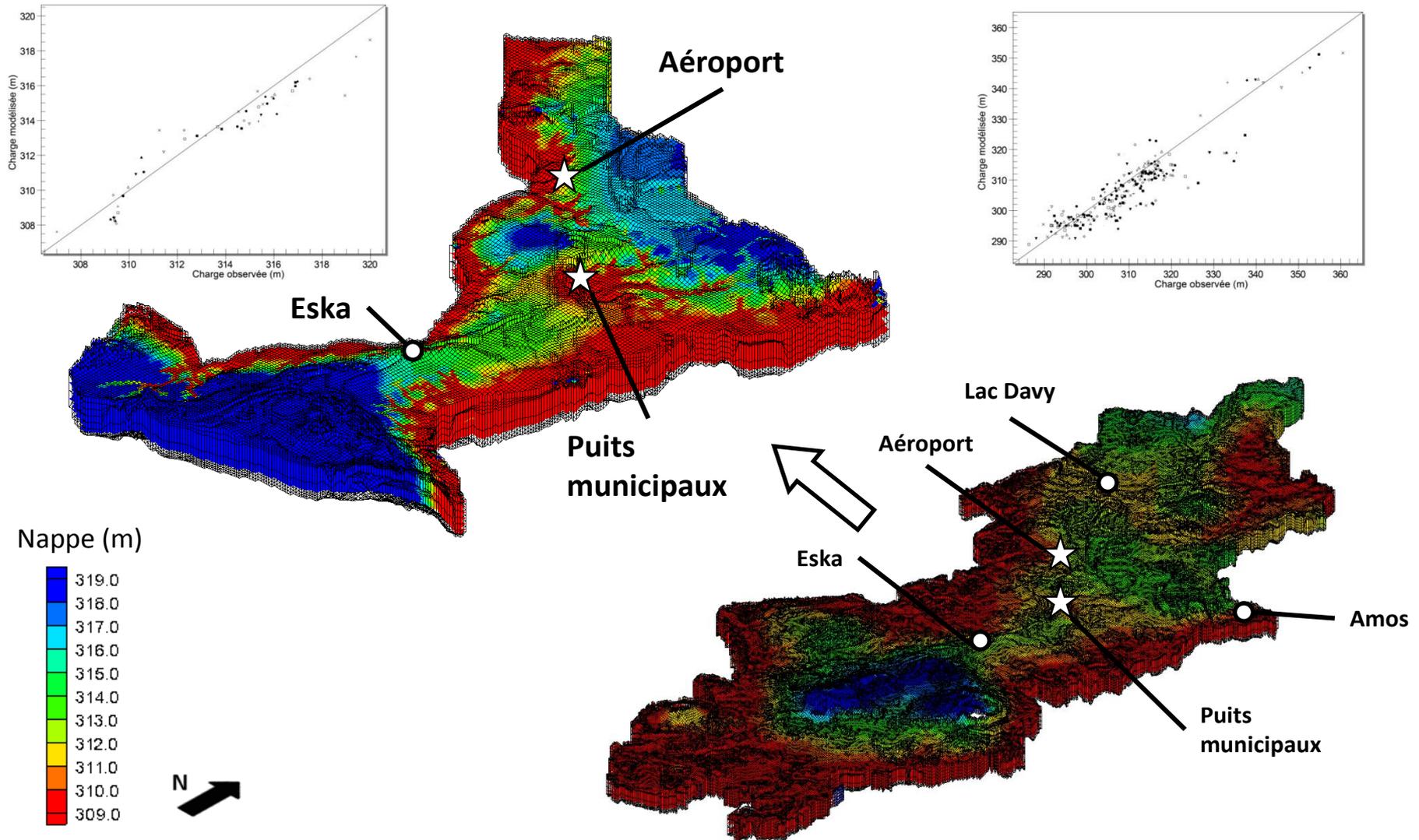


3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue

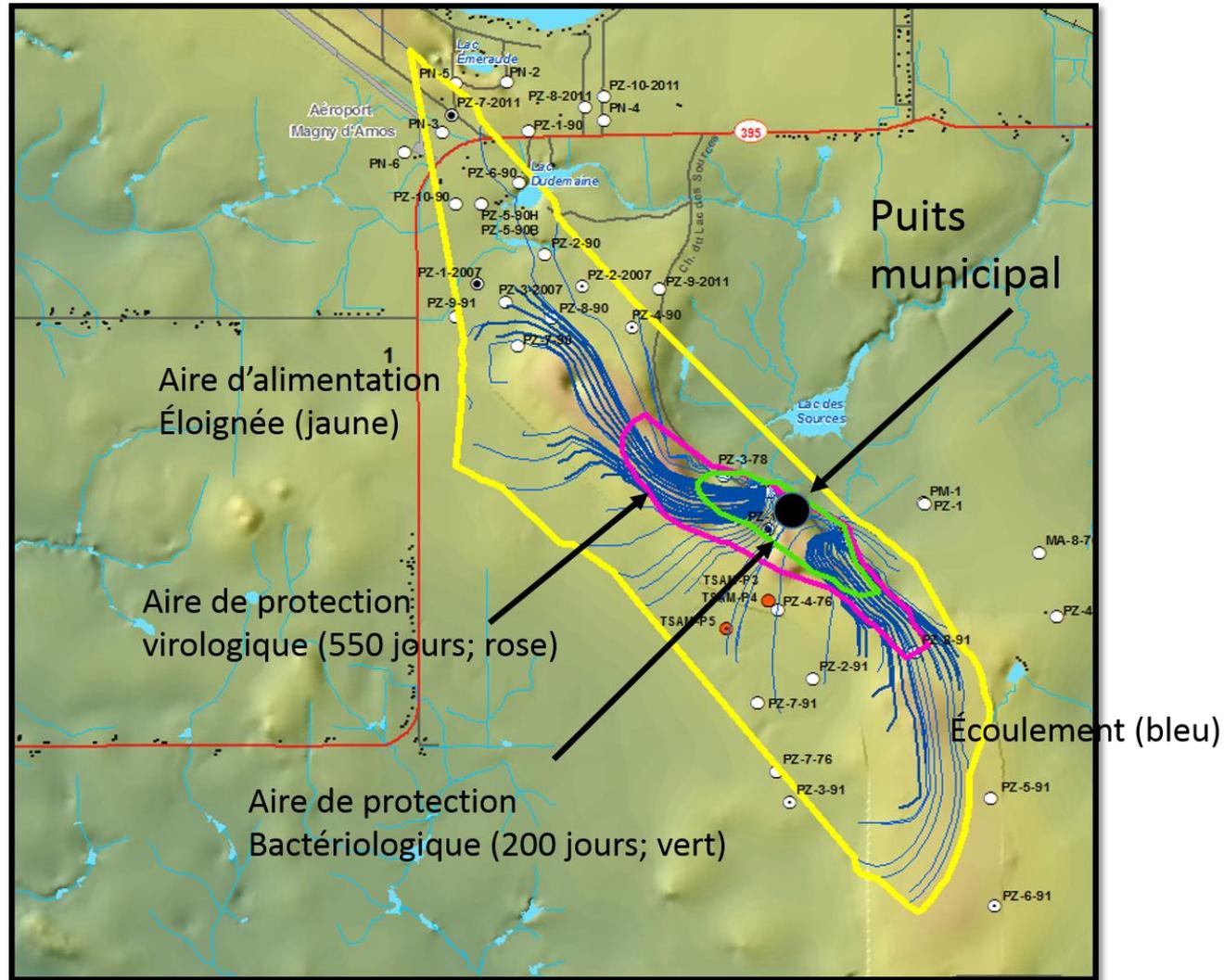


- Argile
- Sables
- Sables et gravier
- Socle rocheux

3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue



3. Exemples appliqués à l'Abitibi-Témiscamingue



4. Sommaire et pistes de solution

- La nouvelle réglementation impose une évaluation plus robuste des aires d'alimentation et de protection des captages d'eau souterraine
- Bien que plusieurs approches théoriques puissent être envisagées, la complexité de l'environnement hydrogéologique régional fait en sorte que la modélisation numérique pourrait être requise dans plusieurs cas
- Les données issues des PACES-AT fournissent l'information de base pour la construction de modèles numériques, bien que des données terrain complémentaires soient souvent requises
- La complexité de la démarche de construction, de calibration et d'interprétation d'un modèle numérique (solution non-unique) peut mener à des erreurs dans la délimitation des aires d'alimentation et de protection
- Un effort de concertation régional pourrait permettre de pallier à cette situation problématique, notamment via le développement d'expertise commune à plusieurs municipalités. Une telle approche permettrait à la fois d'optimiser les efforts de délimitation des aires d'alimentation et de protection et de réduire les coûts

RÉFÉRENCES

- Cloutier, V., Rosa, E., Nadeau, S., Dallaire, P.-L., Blanchette, D., et Roy, M., 2015. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (partie 2). Rapport final déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Rapport de recherche P002.R3. Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 313 p., 15 annexes, 24 cartes thématiques (1:100 000).
- Harbaugh A. W. 2005. MODFLOW-2005, USGS Geological Survey Modular Ground-Water Model – The Ground-Water Flow Process. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, variously p.
- MDDELCC. 2017a. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC – Guide technique, 79 pages. [En ligne].
- MDDELCC. 2017b. Fiches techniques relatives à l'évaluation des aires d'alimentation et de protection des captages d'eau souterraine.
- Nadeau S., Rosa E., Cloutier V., Dallaire P.L., Blanchette D. 2014. Validation of a regional scale conceptual hydrogeological model on the basis of finite difference simulations. International Association of Hydrogeologists 41st International Congress: «Groundwater: challenges and stratégies», Marrakech.

Remerciements

Partenaires de l'entente spécifique



Partenaires de la campagne de la FUQAT



Remerciements

Partenaires des PACES-AT



Merci de votre attention



<http://gres.uqat.ca/>