

1. Introduction et enjeux

Évaluer la disponibilité de la ressource en eau souterraine ainsi que prévenir sa contamination tout en permettant les activités locales, industrielles et agricoles nécessitent d'avoir une **connaissance accrue de la géologie et des circulations d'eau au sein du réservoir souterrain**.

Considérant ces enjeux, le MDDEFP (ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs) finance des projets PACES (Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec), dont l'équipe du CERM (Centre d'étude sur les ressources minérales) à l'UQAC (Université du Québec à Chicoutimi) est porteuse, afin de dresser un portrait des ressources en eau souterraine au Québec au sein des régions de **Charlevoix/Haute-Côte-Nord (CHCN)** et de **Saguenay/Lac-Saint-Jean (SLSJ)**.

L'interprétation des essais de pompage est un **outil pertinent** et très utilisé pour caractériser l'hydrodynamique des écoulements souterrains. Cependant, les **problèmes de non unicité des modèles conventionnels** (Renard et al., 2009) ainsi que la **complexité de certains aquifères** (e.g. aquifères à géométrie variable, hétérogènes, karstifiés et/ou discontinus) rendent l'analyse difficile.

Dans le cas d'aquifères complexes, l'utilisation de modèles conventionnels (tels que Theis) peut mener à une **estimation erronée des propriétés hydrauliques** ainsi qu'à une **mauvaise compréhension du fonctionnement hydraulique de l'aquifère**.

2. Problématique et Objectifs

Problématique du projet de doctorat :

Comment améliorer l'interprétation des essais de pompage à débit constant, en régime transitoire, par une amélioration du diagnostic hydrogéologique avec un modèle non conventionnel: le modèle Generalized Radial Flow (GRF) ?

Objectifs :

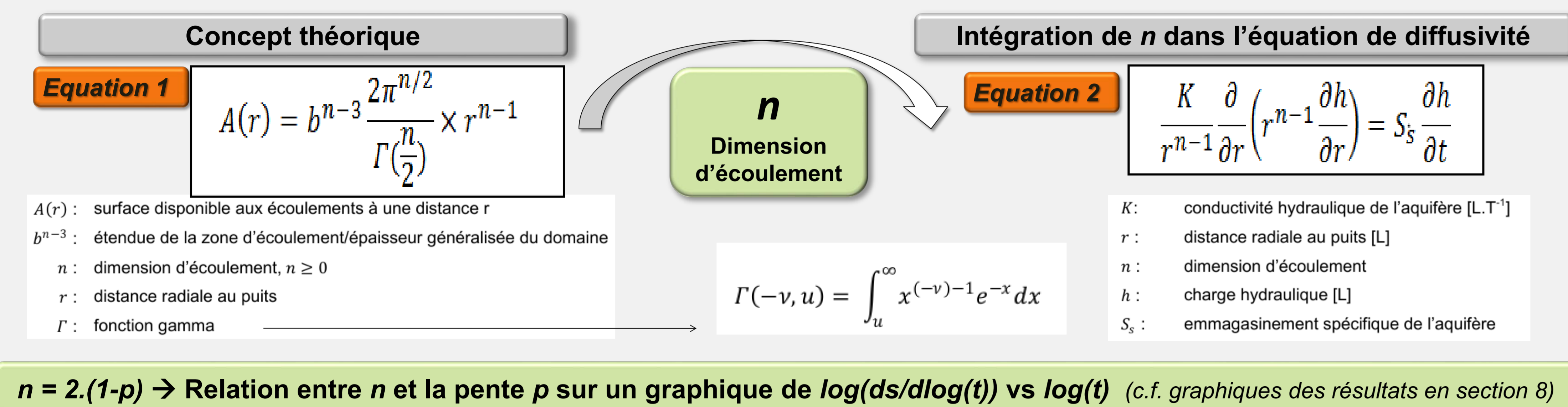
- Préciser les contextes physiques et hydrauliques qui permettent des **dimensions d'écoulement non-entières** et des **séquences de dimensions d'écoulement**.
- Préciser l'**estimation des propriétés hydrauliques (K,S)** à partir de la dimension d'écoulement.

3. Apports diagnostiques du modèle GRF (Barker, 1988)

Présentation du modèle GRF (Barker, 1988) :

Le modèle GRF est un modèle analytique qui permet d'interpréter les essais de pompage à débit constant, en régime transitoire par une approche graphique. Pour cela, la **dérivée logarithmique du rabattement ds/dlog(t)** est représentée en fonction du **temps t** sur un graphique bi-logarithmique.

Le principe du modèle GRF consiste à établir une relation proportionnelle entre la **dimension d'écoulement n** et la **surface de l'onde équipotentielle de rabattement A(r)** induite par le pompage. La dimension d'écoulement traduit en fait, **l'influence de la structure physique** (géométrie, propriétés hydrauliques du milieu, faille, etc.) et des **conditions hydrauliques aux limites** de l'aquifère sur la dynamique des écoulements souterrains.

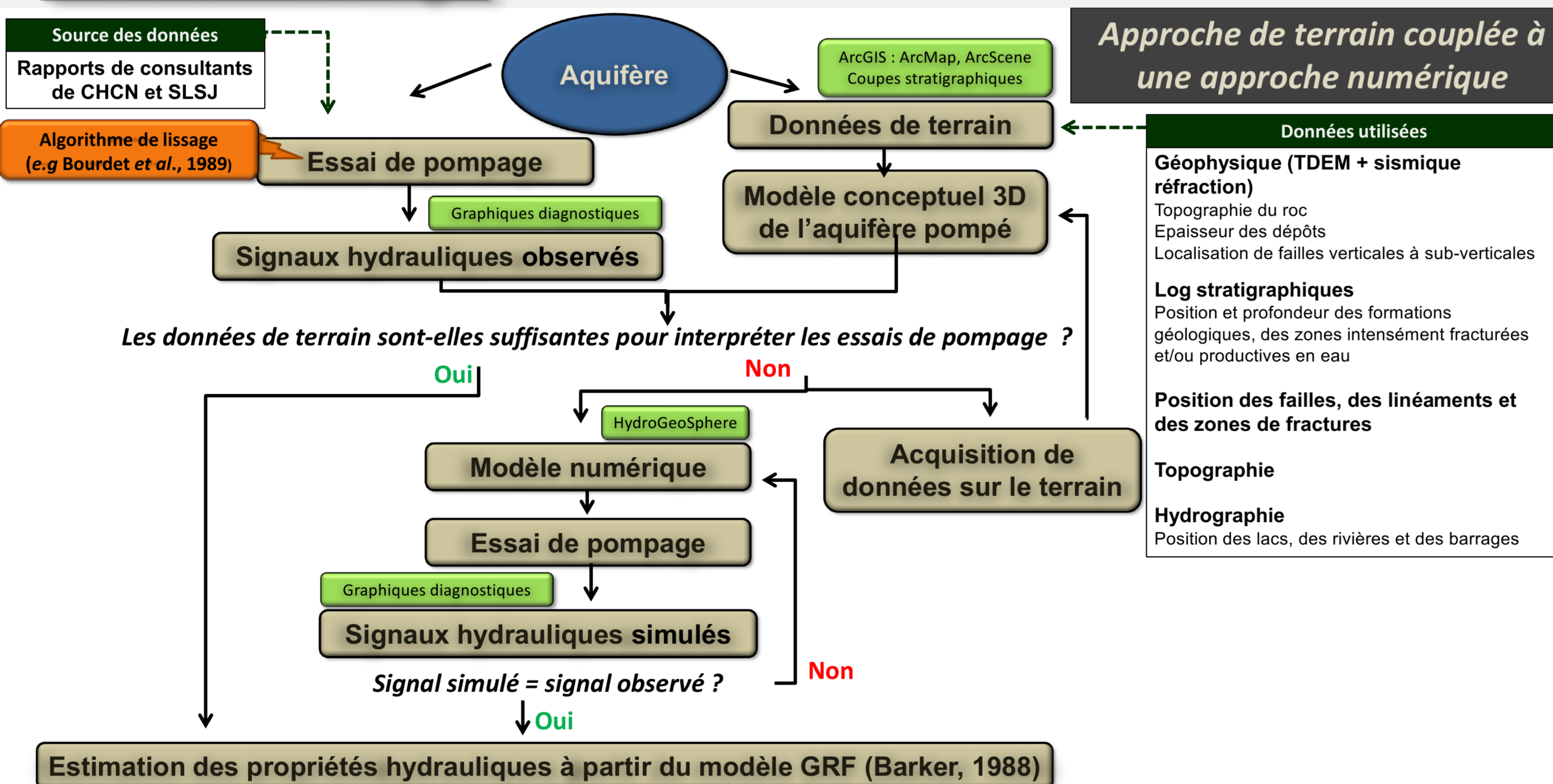


Avantages du modèle GRF :

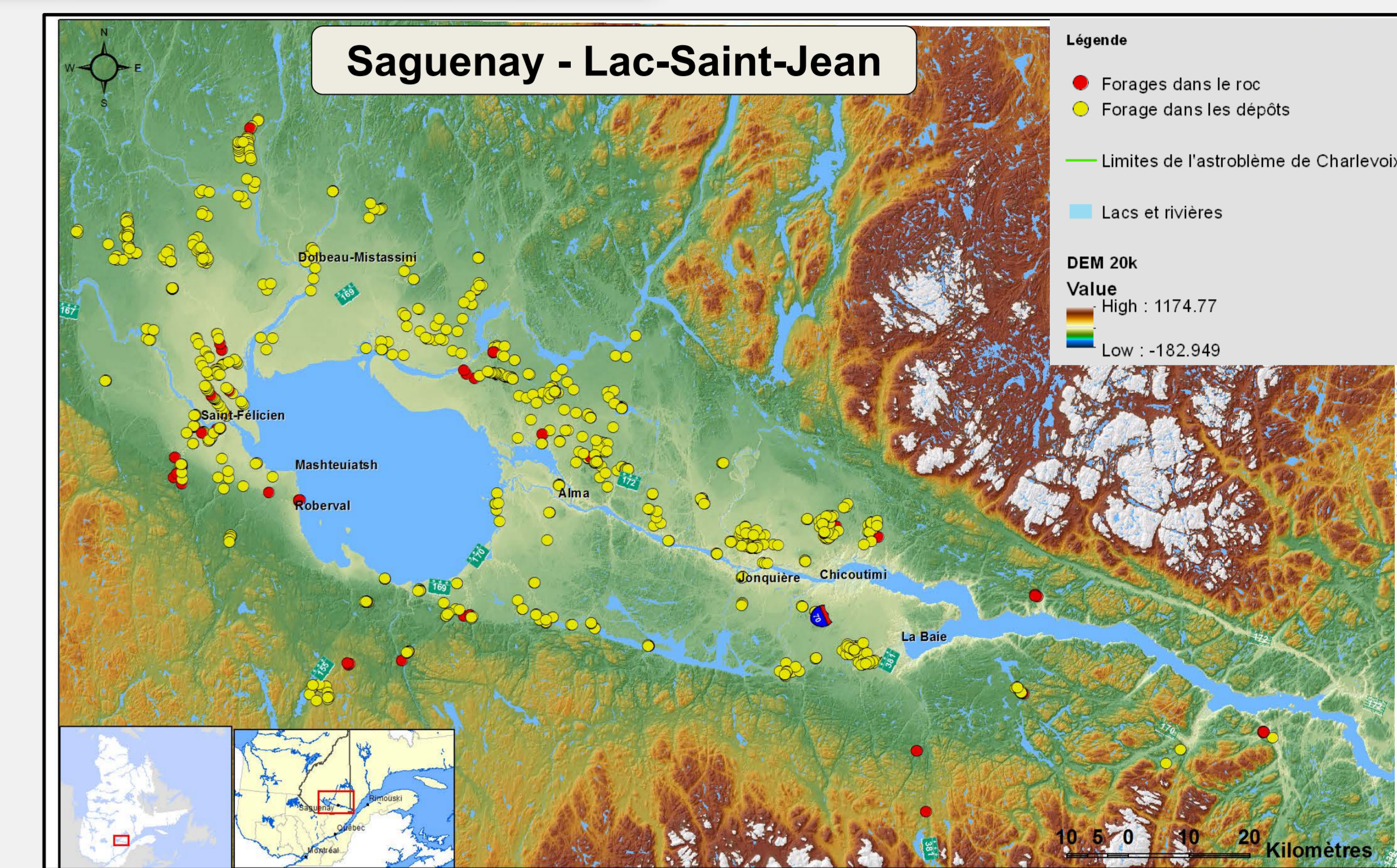
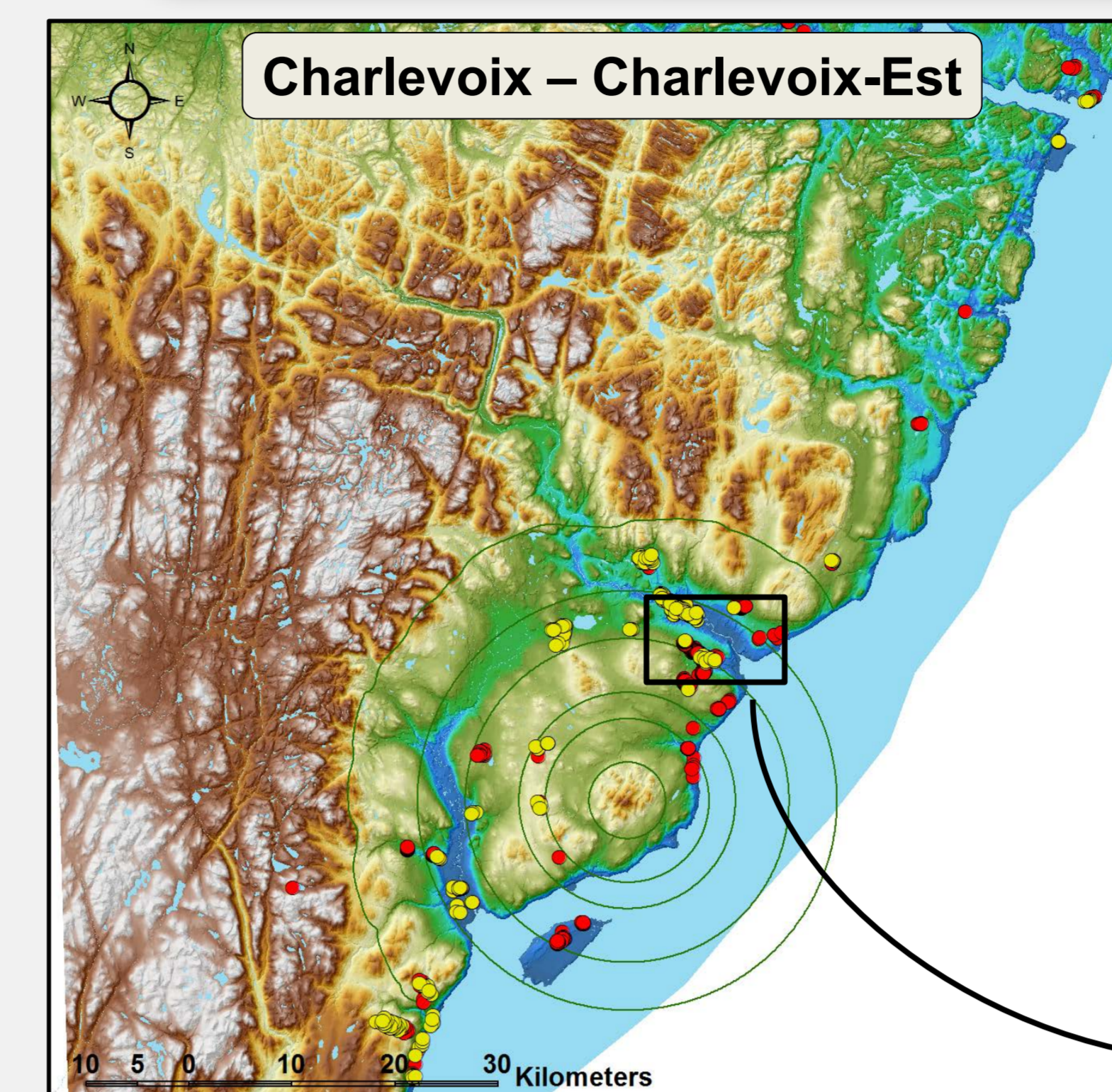
- C'est un modèle qui considère la dérivée logarithmique du rabattement, ce qui permet :
 - d'avoir un **signal beaucoup plus sensible** aux variations hydrodynamiques que celui du rabattement,
 - de **considérer les différents régimes d'écoulement** (e.g. linéaire, radial, bilinéaire, sphérique, emmagasinement du puits) qui surviennent pendant un pompage, sans prendre pour hypothèse que l'écoulement est radial, comme stipulé dans le modèle de Theis.
- Le suivi temporel de l'évolution de n permet de suivre la diffusion du cône de rabattement, et ainsi de **réaliser un « scan » des conditions hydrauliques dans le réservoir** autour des puits.

Cette approche cependant est peu utilisée probablement car la **signification physique des dimensions d'écoulement n non-entières est encore énigmatique** et que l'**estimation des propriétés hydrauliques, à partir du modèle GRF, est encore difficile**.

4. Méthodologie



5. Terrains d'étude et données traitées



Source des données :

- Rapports de consultants fournis par les municipalités,
- Acquisition de données supplémentaires sur le terrain.

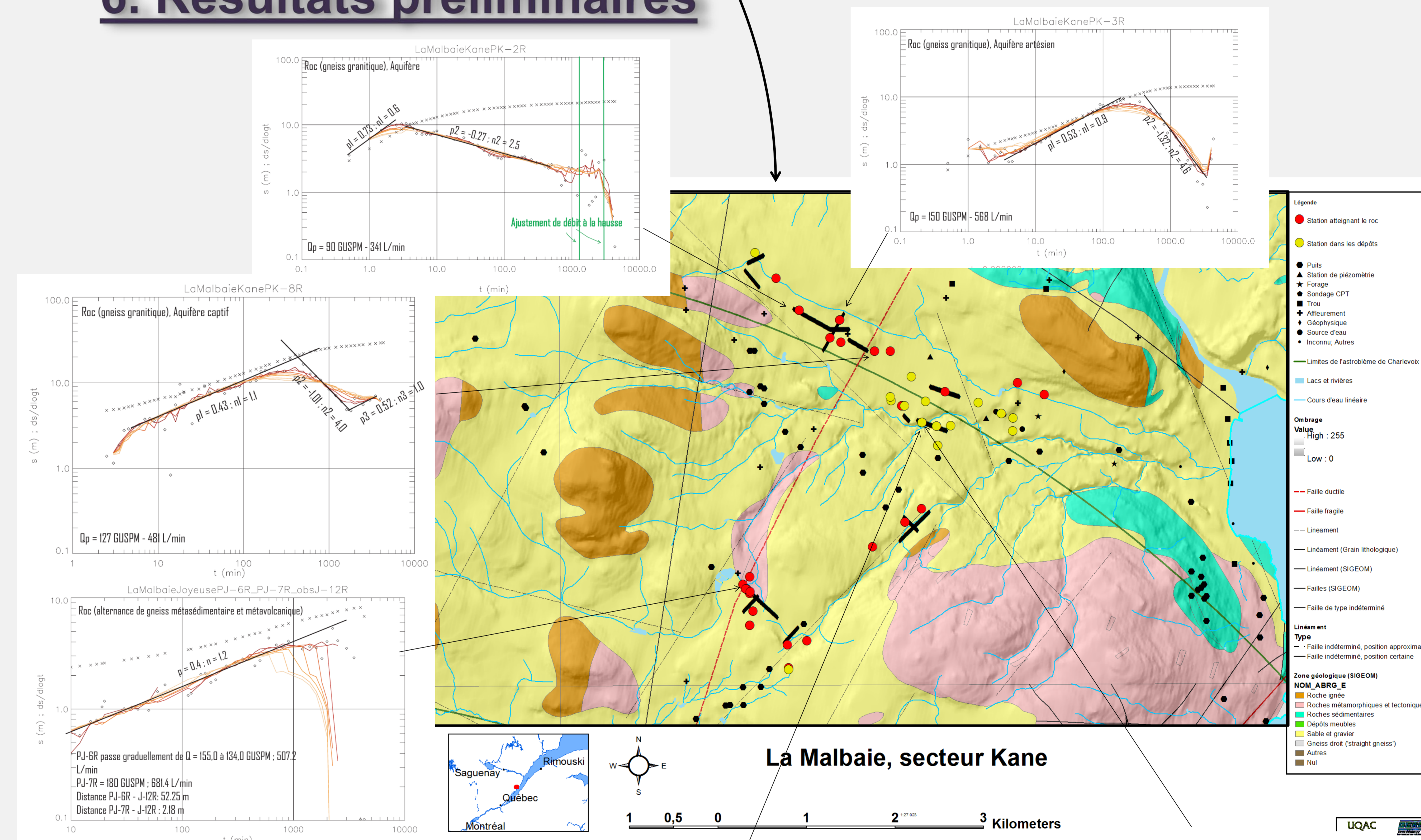
Principaux environnements étudiés :

- aquifère fracturé,
- aquifère granulaire.

Particularités des régions étudiées :

- Saint-Laurent (CHCN),
- Graben Astroblème de Charlevoix (CHCN),
- Graben du SLSJ.

6. Résultats préliminaires



Sensibilité de n :

- à la connectivité du réseau de fractures,
- à la présence de failles,
- à la géométrie de l'aquifère,
- aux conditions aux frontières,
- aux variations de conductivité hydraulique

Plus d'une 100^{aine} d'essais de pompage ont été réinterprétés sur plus de 30 municipalités réparties dans CHCN et SLSJ.

Les résultats montrent : - une **très grande diversité** des régimes d'écoulement, - une **variabilité temporelle** des signatures hydrauliques.

Cette première étape permet de mettre en évidence que pour la majorité des aquifères étudiés, **l'hypothèse d'un régime d'écoulement radial est inexacte** pour la majorité des aquifères de CHCN et de SLSJ. Les propriétés hydrauliques estimées à partir du modèle de Theis sont donc *a priori* incorrectes.

7. Conclusion et perspectives

Basé sur le modèle de Barker (1988), le présent projet de recherche **visé à proposer aux praticiens des outils diagnostiques afin de mieux caractériser les circulations d'eau, la structure physique et les limites hydrauliques au sein des aquifères**.

Adoptant une **approche de terrain**, nous étudions les réponses hydrauliques d'aquifères pompés à CHCN et SLSJ. Les informations géologiques (stratigraphique, position des failles, etc.) nous permettent de définir un modèle conceptuel du réservoir et ainsi de proposer des hypothèses sur la **signification physique du signal hydraulique de la dérivée logarithmique**. Des **modélisations numériques** à partir du logiciel HydroGeoSphere permettront de conforter ou révoquer ces hypothèses.

Nos travaux de recherche apporteront deux principales contributions, à savoir i) une meilleure caractérisation des propriétés hydrauliques de l'aquifère, ii) une meilleure compréhension de la signification physique de la dimension d'écoulement, particulièrement lorsqu'elle est non-entière.

Bibliographie :
 Barker, J. (1988). A Generalized Radial Flow Model for Hydraulic Tests in Fractured Rock. Water Resources Research, 24(10), 1796-1804.
 Bourdet, D., Ayoub, J. A., & Pirard, Y. M. (1989). Use of Pressure Derivative in Well Test Interpretation. SPE Formation Evaluation, 4(2).
 Renard, P., Glenz, D., & Mejias, M. (2009). Understanding diagnostic plots for well-test interpretation. Hydrogeology Journal, 17(3), 589-600.