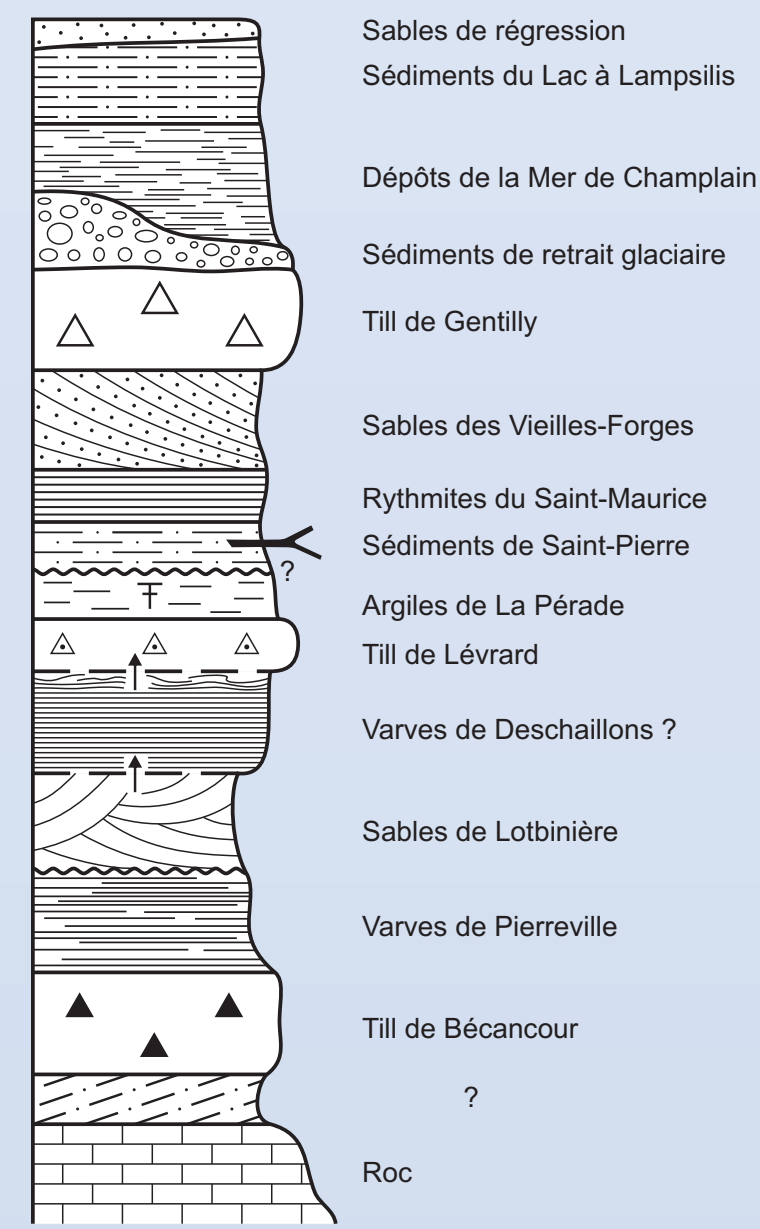
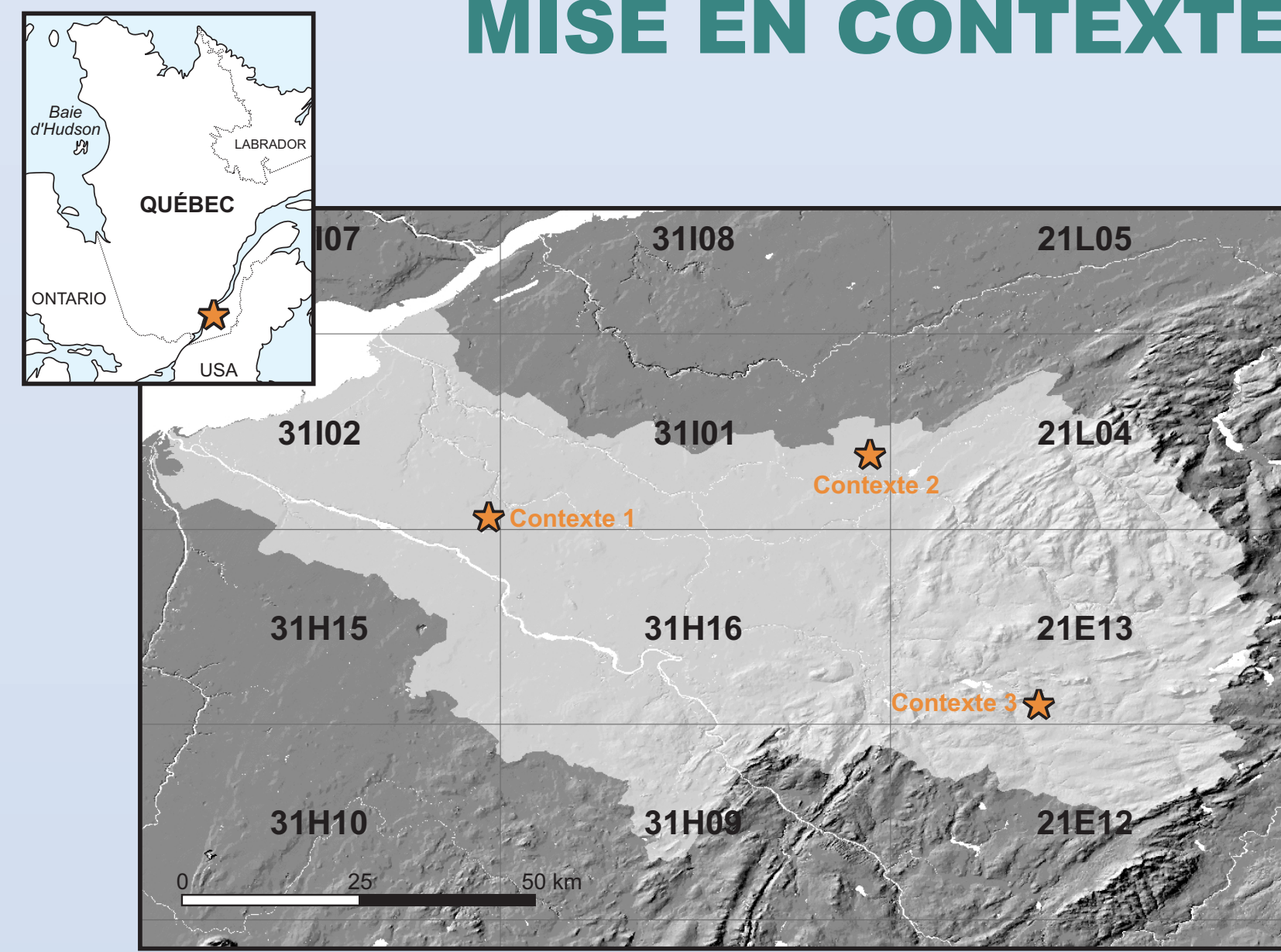


Olivier Ferland, Marie Larocque et Michel Lamothe

## INTRODUCTION

### MISE EN CONTEXTE



Le bassin versant de la rivière Nicolet et du Haut St-François est au cœur du Centre-du-Québec. Il couvre une superficie d'environ 4600 km<sup>2</sup> où 74% provient du bassin de la rivière Nicolet, 20% du Haut St-François et la balance aux bassins résiduels du St-Laurent. La population vivant pour cette région est estimée à 200 000 personnes et 50% de cette population utilise les eaux souterraines comme eau potable. De plus, 35% du territoire est couvert par des parcelles agricoles exploitées (Larocque et al. 2013). Il s'avère donc indispensable de bien connaître la ressource en eau souterraine et sa dynamique d'écoulement.

Le manque d'informations hydrogéologiques et la complexité des dépôts de surfaces sur le bassin justifient ce projet d'étude. Les principaux objectifs de ce projet sont 1) de comprendre et représenter l'architecture stratigraphique des dépôts de surface pour trois contextes hydrogéologiques représentatifs du bassin versant et 2) de quantifier la dynamique d'écoulement des eaux souterraines dans chacun des contextes afin de le reproduire à une échelle régionale.

### ZONE D'ÉTUDE

La géologie régionale est variée : au sud-est du bassin se trouve la province géologique des Appalaches (altitude maximale de 550m) qui est bordée au nord-ouest par la faille de Logan séparant les Appalaches avec la province des basses terres du St-Laurent (altitude minimale 0 m). Les dépôts de surface sont aussi variés puisqu'ils proviennent de différentes glaciations et peuvent avoir jusqu'à 80 m d'épaisseur en aval du bassin (Lamothe et al. 1987).

Les contextes hydrostratigraphiques sont caractérisés régionalement par un aquifère au roc parsemé d'aquifères granulaires locaux. Il est possible de distinguer trois contextes hydrostratigraphiques types.

- 1- Un aquifère de roc fracturé captif/semi-captif en aval avec une zone de recharge sableuse
- 2- Un aquifère granulaire à nappe libre au piémont des Appalaches
- 3- Un aquifère semi-captif au roc en vallée se déversant dans une rivière.

## MÉTHODES

### DONNÉES DE TERRAIN

Plusieurs travaux de terrain ont été réalisés afin de caractériser les contextes hydrostratigraphiques et les propriétés hydrodynamiques des différentes unités rencontrées.

#### Données géologiques:

- Géophysique : 30 sondages en résistivité 1D, couverture complète de chacun des contextes au géoradar (100 mHz)

- Forages (roc et dépôts), sondages et observations de coupes stratigraphiques

#### Paramètres hydrogéologiques:

- Essais de perméabilité (+ de 100)

- Mesure de débit des cours d'eau à l'exutoire des profils

- Suivi des niveaux piézométriques de juillet à aujourd'hui (manuel et automatique)

- Suivi des niveaux de rivières

## MODÉLISATION

Un modèle hydrostratigraphique 3D a été effectué à partir du programme « Ground Modeling System » (GMS) pour chacun des différents contextes. Celui-ci permet de représenter les contextes hydrogéologiques dans l'espace et d'avoir un aperçu plus vaste du contexte stratigraphique. Il est basé sur les données de terrain recueillies durant l'été 2013 de même que sur les données provenant de rapports privés et publics (Puisatiers, MTQ etc.). La construction du modèle découle de l'interpolation intelligente de coupes géologiques. Elles sont basées sur l'interpolation manuelle de forages importés dans le programme de modélisation 3D (Ross et al. 2005).

Un modèle en coupe, provenant du modèle 3D, a été produit pour chacune des régions pour être inséré dans le programme de modélisation hydrogéologique à différences finies « MODFLOW » (Banta et al. 2000). Chaque coupe a été discrétisée à l'aide de cellules de 10m de long par 1m de profond, auquel une largeur a été ajoutée (100m). Le modèle numérique est en train d'être calé en régime permanent. Le nombre de couches varie d'un contexte à l'autre, mais elles sont caractérisées par leurs propriétés hydrogéologiques. Chacun des modèles contient des limites (« boundaries ») qui sont représentées par des limites nulles en amont ainsi que sur les côtés des coupes et par des charges constantes à la fin de chaque profil. De plus, chaque coupe a été construite perpendiculairement aux directions d'écoulement des eaux souterraines (Anderson et al. 1992).

## RÉFÉRENCES

Anderson, M. P., & Woessner, W. W., 1992. Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport. Academic press.

Banta, E. R., Hill, M. C., & McDonald, M. G., 2000. MODFLOW-2000, the US Geological Survey modular ground-water model: User guide to modularization concepts and the ground-water flow process (p. 21). Denver, CO, Reston, VA: US Geological Survey.

Lamothe, M., et al., 1987. Pleistocene stratigraphy in the St-Lawrence lowland and the Appalachians of southern Québec: a field guide. Département de géologie, École Polytechnique de Montréal, Montréal, 201 p.

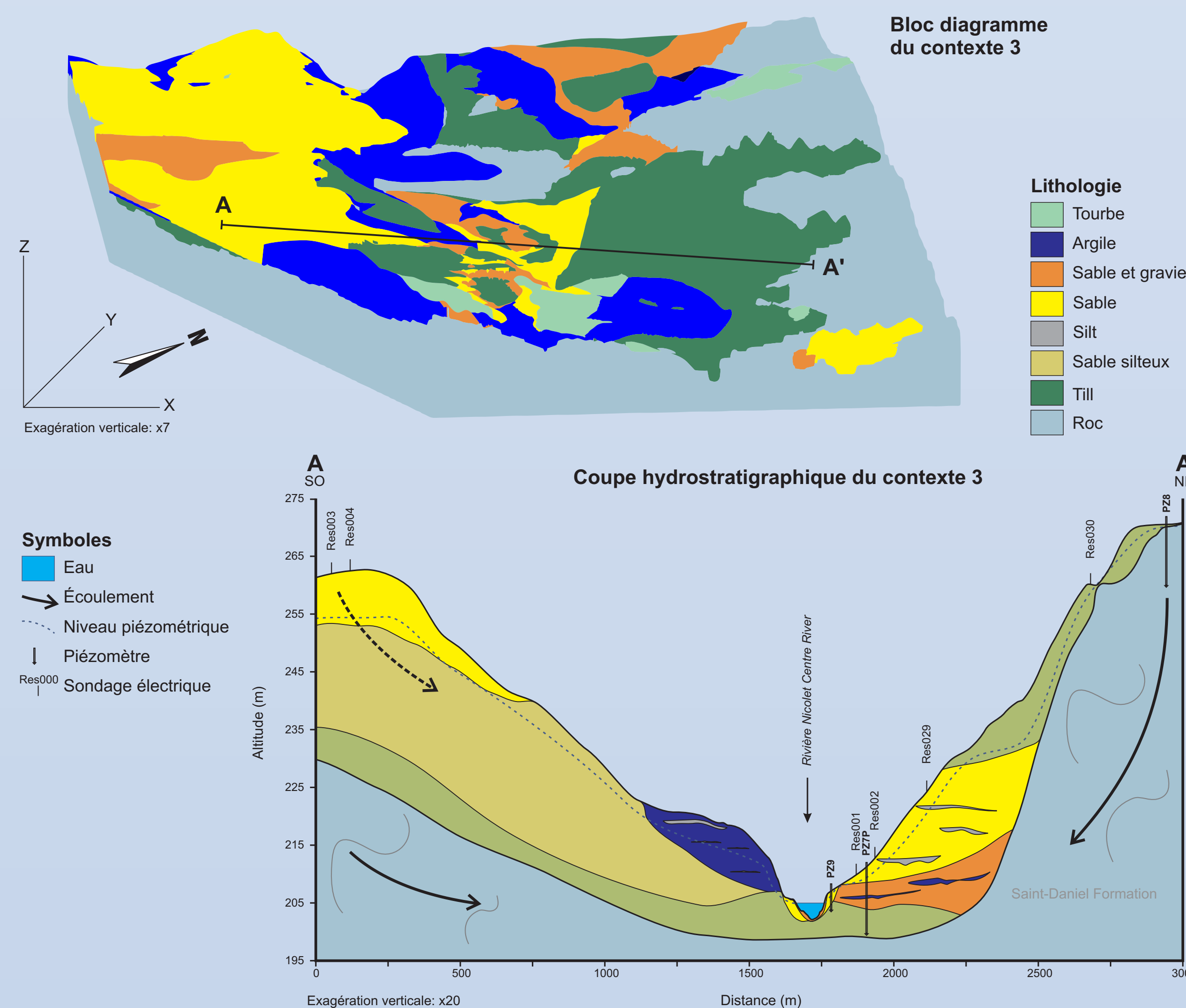
Larocque, M., Meyzonnat, G., & Gagné, S., 2013. Rapport d'étape Phase I. Projet de connaissances des eaux souterraines de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone St-François. Université du Québec à Montréal, Montréal, 73 p.

Larocque, M., Gagné, S., Tremblay, J., & Meyzonnat, G., 2013. Rapport final. Projet de connaissances des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Bécancour et de la MRC de Bécancour. Rapport final présenté au MDDEFP 213p.

Ross, M., Parent, M., & Lefebvre, R., 2005. 3D geologic framework models for regional hydrogeology and land-use management: a case study from a Quaternary basin of southwestern Québec, Canada. Hydrogeology Journal, 13(5-6), 690-707.

## REMERCIEMENTS

Un merci spécial à Michelle Laithier et Marc-André Bourgault pour leur temps. Un énorme merci à Marie, à Michel et à toute l'équipe de qui est toujours là pour nous supporter!



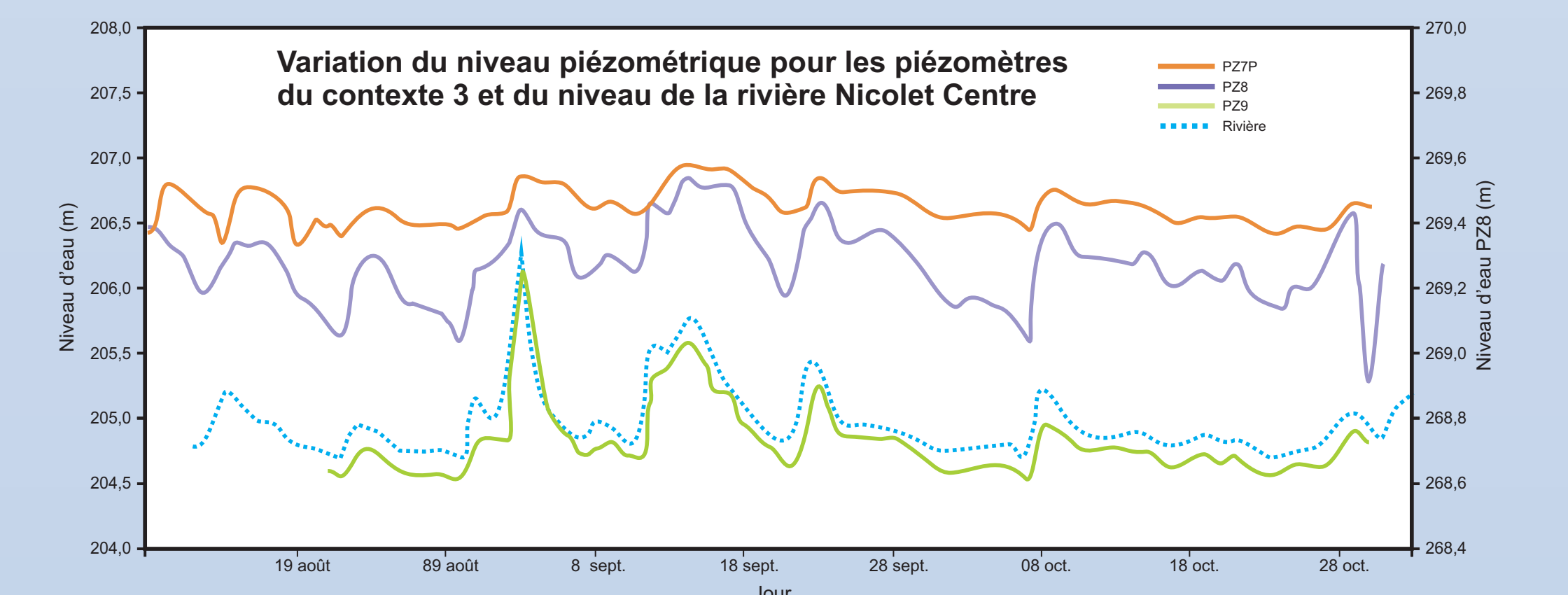
## RÉSULTATS ET PARAMÈTRES DE CALAGE

Les résultats présentés proviennent de l'étude du contexte 3 soit celui en amont.

Les paramètres utilisés dans le modèle sont le résultat des tests faits sur le terrain. Ceux-ci comportent les coefficients de perméabilité pour les différents matériaux, les débits de rivière en étiage et les niveaux piézométriques.

Les données de recharge sont basées sur la recharge moyenne pour le bassin versant de la rivière Bécancour, mais un modèle de fonte sera utilisé ultérieurement pour quantifier la recharge pour les zones d'étude (Larocque et al. 2013).

La perméabilité des matériaux pour lesquels aucun test n'a été effectué se base sur la littérature, de même que pour les coefficients d'emmagasinement pour la modélisation en régime transitoire.



Les variations des niveaux piézométriques sont le résultat du suivi pour chacune des zones. Elles reflètent les mêmes variations provenant de la recharge.

Matériau	Conductivité hydraulique (m/s)	$\sigma$	Nbre d'essais
Sable	1 E-05	2,5E-06	11
Till	De 3 E-07 à 1E-06	4,0E-07	19
Silt	2 E-07	1,1E-07	3
Sable grossier	4 E-05	1,5E-05	16
Roc	De 1 E-06 à 7E-06	2,2E-06	62

Rivières	Débits (m/s)
Nicolet Centre	1,11
Noire	0,32
ruisseau Boisvert	0,04

Les conductivités hydrauliques proviennent des essais de perméabilités faites sur les piézomètres de chacune des zones d'étude. La moyenne géométrique vient des différents essais par pressurisation, par injection et par retrait d'un volume dans les piézomètres.

Les mesures de débits ont été faites à trois endroits aux limites des profils. Les valeurs retenues sont une moyenne des mesures.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La modélisation en régime transitoire reste à être effectuée pour chacun des profils sur une année pour un pas de temps journalier. Celle-ci mènera à une étude de sensibilité afin de définir les erreurs et incertitudes du modèle tout en ayant une meilleure compréhension sur les échanges dans les différents contextes. La comparaison entre les résultats de terrain et simulés sera donc faite pour les trois contextes.

Cette étude permettra de représenter les différents contextes à l'échelle régionale et d'améliorer la compréhension de la dynamique des eaux souterraines pour des cadres comparables. Donc la complexité hydrogéologique de contextes précis indétectable à l'échelle régionale pourra être reproduite à grande échelle. De plus, la modélisation permettra de définir la vulnérabilité d'aquifères analogues pour la pérennité de la ressource et l'impact possible de changement climatique sur les eaux souterraines. La connaissance de l'architecture des dépôts de surface facilitera la prospection d'aquifère à l'échelle locale pour l'entièreté du bassin versant.

