



MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR SUPPORTER LA GESTION DU SYSTÈME AQUIFÈRE DE LA RÉGION DE VILLE- MERCIER

Par

Olivier Pontlevoy

Mémoire présenté
Pour l'obtention
Du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)

Jury d'évaluation

Examineur externe

John Molson, Ph.D.
École Polytechnique

Examineur interne

Claudio Paniconi, Ph.D.
INRS, centre ETE

Codirecteur de recherche

René Therrien, Ph.D.
Université Laval

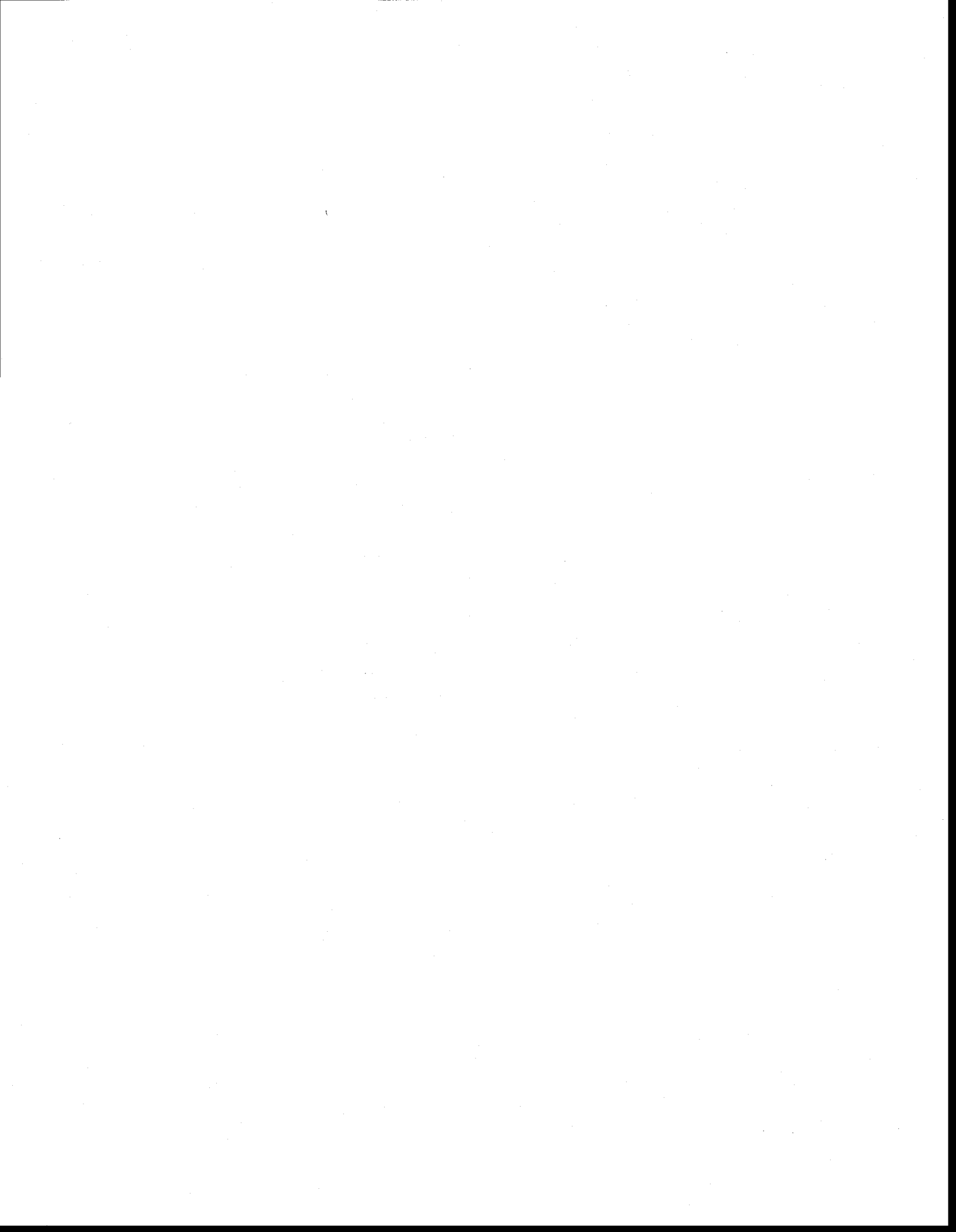
Codirecteur de recherche

Richard Martel, Ph.D.
INRS centre ETE

Directeur de recherche

René Lefebvre, Ph.D.
INRS centre ETE

Mai 2004



RÉSUMÉ

Le cas de contamination des aquifères granulaires et de roc fracturé de Ville-Mercier par des liquides organiques immiscibles denses et des composés dissous dans l'eau souterraine existe depuis maintenant près de 30 ans. Pour contrôler la contamination de l'aquifère, le ministère de l'Environnement du Québec a mis en place un système de pompage et traitement des eaux contaminées et a délimité une zone à l'intérieure de laquelle le pompage est interdit. Cependant, la région entourant Ville-Mercier a développé une très forte activité maraîchère avec des besoins en eau croissants qui nécessitent une gestion de l'aquifère pour le protéger.

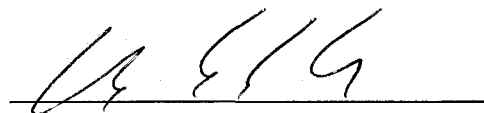
Un modèle numérique régional 2D d'écoulement de l'eau souterraine a donc été développé afin de simuler le comportement de la nappe dans les conditions actuelles et hypothétiques pour soutenir la définition de règles d'exploitation de l'aquifère. Le modèle produit est cohérent par rapport aux observations faites sur le terrain et a été utilisé dans des conditions de régime permanent et transitoire. Les simulations ont apporté une meilleure compréhension de l'hydraulique régionale, elles ont permis d'estimer les aires d'alimentation des principaux puits municipaux, et d'estimer la sensibilité de l'aquifère à des variations éventuelles de la recharge. Sur la base de ces résultats, nous recommandons l'établissement dans la région de zones bien délimitées avec des contraintes d'exploitation spécifiques. Un guide d'exploitation a aussi été proposé comme outil de gestion de l'aquifère.

Le système de pompage et traitement actuellement en place au site des anciennes lagunes de Ville-Mercier arrive en fin de vie. Pour choisir la technologie de remplacement la plus adaptée au site, un modèle d'écoulement 3D multicouche représentant le détail de l'écoulement de l'eau souterraine dans le secteur des anciennes lagunes a été développé. Ce modèle représente à la fois l'écoulement dans l'aquifère fluvio-glaciaire de sable et gravier et dans l'aquifère de roc régional. Ces aquifères sont mis en contact par des fenêtres dans les couches de till les séparant et une attention particulière a été apportée au

niveau de ces fenêtres lors du calage du modèle. Les résultats obtenus sont satisfaisants par rapport à l'écoulement souterrain à la fois dans les dépôts meubles et dans le roc, et les échanges hydrauliques entre les deux aquifères sont bien représentés. Il semble aussi que les fenêtres dans le till qui ont été observées lors des forages aient un effet hydraulique plus important que ce qui a été estimé par les travaux antérieurs. Les simulations réalisées ont montré que le pompage exercé par les puits du Ministère avait inversé le sens d'écoulement entre ces deux aquifères et que son contrôle sur la migration des contaminants était efficace.



Étudiant



Directeur de recherche

ABSTRACT

The contamination of a granular as well as a fractured bedrock aquifer by DNAPL and dissolved contaminants at Ville-Mercier started 30 years ago. The Quebec Environment Ministry controlled this problem by implementing a pump-and-treat system designed to intercept the dissolved contaminant plume, and by defining a controlled area within which groundwater pumping is prohibited. The area surrounding Ville-Mercier, within and outside the controlled zone, is a very active agricultural area dedicated mostly to growing vegetables and groundwater is needed to support this expanding industry. The regional fractured bedrock aquifer in the area is thus increasingly used and groundwater management is required to protect it.

A 2D regional flow model was developed to simulate the behaviour of the flow system under present-day and alternative withdrawal regimes. This model was used to support the definition of a set of aquifer management guidelines. This model is consistent with field observations and has been used under transient and steady state flow conditions. A better understanding of the hydrogeological system, the estimation of the aquifer sensibility to recharge changes and an estimation of main municipal wells contribution areas were achieved by different simulations. On the basis of those results, we recommend groundwater exploitation zones with specific groundwater use constraints. A groundwater exploitation guide is also proposed as an aquifer management tool.

The pump and treat system presently in use at the former Ville-Mercier lagoons is becoming obsolete. In order to choose a better adapted technology to replace this system, a multi-layer 3D model representing water flow at the contaminated site in detail was developed. The model considers both groundwater flow in the sand and gravel fluvio-glacial deposit and regional groundwater flow in fractured rock. The sand and gravel unit is directly in contact locally with the underlying bedrock aquifer through windows in the layer of till overlying the bedrock, so we focused our attention on these windows during the calibration tests. Simulated water flow obtained from this model in comparison with observed groundwater flow in both rock and sand and gravel aquifers is representative

and hydraulic exchanges between those 2 aquifers are well characterized. The model has shown that windows in the till seem to have more effect than observed previously, and that the pump and treat withdrawal in this area has reversed the vertical water flow through till windows. This system is seen to be successful for contaminant plume control.

REMERCIEMENTS

À tout seigneur tout honneur, je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de recherche, René Lefebvre auprès de qui j'ai énormément appris. Je souhaite à tout étudiant de tomber sur un directeur de son calibre, humain, ouvert et une source de connaissance intarissable. J'aimerais remercier mes co-directeurs de recherche, René Therrien et Richard Martel pour leurs conseils avisés, et leur disponibilité.

J'aimerais aussi remercier Charles Lamontagne du ministère de l'Environnement avec qui j'ai travaillé sur ce projet et avec qui j'ai eu des discussions très intéressantes ainsi que Michel Ouellet. Les personnes extérieures comme Francine Lagacé ne seront pas oubliées. Merci à l'INRS et au ministère de l'Environnement pour leur soutien financier.

Merci à mes parents qui m'ont toujours soutenu dans mes choix et qui m'ont permis d'arriver là où j'en suis actuellement (même si ça a été un peu long...).

Enfin je tiens à remercier mes amis qui auront constitué ma famille d'adoption au cours de ces deux années passées au Québec, très belle place pour étudier et profiter de la vie : les 5 à 7, la bière, et l'hiver (une très belle saison quoi qu'on en dise). Je finirais par la dernière mais non la moindre, ma blonde Anne-Laure, merci pour ton soutien et tous ces moments de bonheur.

Merci à tous.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	i
Remerciements.....	v
Table des Matières.....	vii
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux.....	xi
Liste des annexes.....	xi
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1. Localisation.....	1
1.2. Historique de la contamination.....	3
1.3. Problématique.....	3
1.4. Buts et objectifs.....	4
1.5. Méthodologie.....	4
1.5.1. Compilation des données existantes.....	4
1.5.2. Intégration et analyse des données.....	5
1.5.3. Modélisation numérique.....	5
CHAPITRE 2 CARACTÉRISATION HYDROLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE.....	7
2.1. Hydrologie.....	7
2.2. Utilisation de l'eau souterraine.....	8
2.3. Estimation de la recharge.....	11
2.4. Géologie régionale.....	12
2.4.1. Géologie du roc.....	12
2.4.2. Géologie des dépôts meubles.....	13
2.4.2.1. Les tills.....	14
2.4.2.2. Les sables et graviers.....	14
2.4.2.3. Les argiles.....	14
2.4.3. Estimation des épaisseurs des couches.....	15
2.5. Hydrogéologie.....	17
2.5.1. Caractéristiques hydrogéologiques du roc.....	18
2.5.2. Caractéristiques hydrogéologiques des dépôts meubles.....	20
2.5.2.1. Les tills.....	20
2.5.2.2. Les sables et graviers.....	20
2.5.2.3. Les argiles.....	20
2.5.3. Écoulement des eaux souterraines.....	21
2.6. Limites de la région d'étude.....	26
CHAPITRE 3 MODÈLE RÉGIONAL.....	29
3.1. Choix du logiciel.....	29

3.2. Conditions aux limites	30
3.3. Maillage	31
3.4. Choix des paramètres hydrogéologiques du roc	32
3.5. Valeurs de recharge.....	33
3.6. Calage du modèle.....	34
3.7. Sensibilité du modèle.....	38
3.8. Critique du calage	40
CHAPITRE 4 SIMULATIONS ET RÈGLES D'EXPLOITATION	43
4.1. Impact du pompage au niveau régional	43
4.2. Impact des puits municipaux	46
4.3. Traçage de particules	47
4.4. Sensibilité de l'aquifère	50
4.5. Règles d'exploitation	52
4.5.1. Zones d'exploitation	52
4.5.2. Règles d'exploitation communes à toutes les zones.....	53
4.5.3. Règles spécifiques.....	53
4.6. Situation actuelle.....	55
CHAPITRE 5 MODÈLE LOCAL.....	57
5.1. Logiciel utilisé	57
5.2. Limites du modèle local.....	58
5.3. Données avant pompage	60
5.4. Maillage	62
5.5. Constitution du modèle numérique en 3 dimensions.....	62
5.6. Limites du modèle et conditions imposées	64
5.7. Paramètres initiaux.....	66
5.8. Recharge	68
5.9. Calage	68
5.10. Sensibilité du modèle.....	76
5.11. Saturation	78
5.12. Effet des fenêtres.....	80
5.13. Traçage de particule.....	82
5.14. Bilan hydraulique des puits de l'UTES	83
5.15. Transport de masse	84
CHAPITRE 6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	87
6.1. État de la situation.....	87
6.2. Gestion de l'eau souterraine dans la région de Ville-Mercier	91
6.3. Questions encore à résoudre et données requises	92
REFERENCES	95

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Carte de localisation	2
Figure 2.1: Carte de la répartition des puits agricoles et municipaux	10
Figure 2.2 : Carte de la topographie du roc	13
Figure 2.3 : Carte d'épaisseur des dépôts meubles	15
Figure 2.4 : Coupes stratigraphiques	16
Figure 2.5 : Délimitation des zones confinées et non confinées de l'aquifère au roc.....	17
Figure 2.6 : Carte piézométrique régionale dans le roc	23
Figure 2.7 : Comparaison des débits de la rivière Châteauguay avec les données piézométriques du puits 03097094.	24
Figure 2.8 : Essais de pompage à Ste-Martine réalisés par Technorem (1998).....	24
Figure 2.9 : Carte de la piézométrie locale du roc	25
Figure 2.10 : Carte de la piézométrie des dépôts meubles.....	26
Figure 2.11 : Carte représentant les principales structures géologiques et les dépôts meubles	27
Figure 3.1 : Conditions aux limites.....	31
Figure 3.2 : Carte représentant les principales structures géologiques et les zones de transmissivité	32
Figure 3.3 : Charges simulées versus charges observées.....	35
Figure 3.4 : Carte piézométrique simulée, puits et zones de transmissivités.....	36
Figure 3.5 : Sensibilité du modèle à une variation de la recharge ou de la transmissivité	39
Figure 4.1 : Rabattement généré par un pompage agricole de 4 mois et un pompage municipal de 15 mois	45
Figure 4.2 : Aire d'alimentation des puits municipaux et gouvernementaux.	47
Figure 4.3 : Migration des particules à partir des puits contaminés après 10 ans.....	48
Figure 4.4 : Migration des particules à partir des puits contaminés après 20 ans.....	49
Figure 4.5 : Migration des particules à partir des puits contaminés après 30 ans.....	49
Figure 4.6 : Traçage de particules à partir de la zone d'exclusion définie par le MENV. 50	
Figure 4.7 : Comparaison des rabattements pour une simulation dans les conditions actuelles et pour une simulation avec une baisse de 20% de sa recharge.....	51
Figure 4.8 : Zones de réglementation	52
Figure 5.1: Carte de la piézométrie simulée dans le roc	59
Figure 5.2 : Limites du modèle local et puits d'observations	60
Figure 5.3 : Comparaison des élévations des niveaux d'eau avant 1984.....	61
Figure 5.4: Maillage 2D de la zone de modélisation	62
Figure 5.5 : Modèle géologique en 3 dimensions	63
Figure 5.6 : Divisions en sous couches des différentes unités dans le modèle 3D	64
Figure 5.7 : Conditions imposées aux limites.....	66
Figure 5.9 : Charges simulées comparées aux charges observées (avec pompage)	71
Figure 5.10. : Charges simulées comparées aux charges observées dans les dépôts meubles (sans pompage).....	72
Figure 5.11 : Piézométrie simulée dans le roc sans pompage.....	73
Figure 5.12 : Comparaison des piézométries simulées et observées dans le roc avec pompage.....	74

Figure 5.13 : Comparaison de la piézométrie observée et de la piézométrie simulée dans les sables et graviers (avec pompage).....	75
Figure 5.14 : Étude de sensibilité du modèle à une variation de différents paramètres ...	77
Figure 5.15 : Saturations simulées en plan	78
Figure 5.16 : Saturations simulées en coupe.....	79
Figure 5.17 : Direction et vitesse verticale d'écoulement résultant de la simulation	81
Figure 5.18 : Aire d'alimentation des puits du MENV dans les dépôts meubles	82
Figure 5.19 : Aire d'alimentation des puits du MENV dans le roc	83
Figure 5.20 : Simulation de l'évolution du panache de contaminants au cours du temps	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Utilisation de l'eau souterraine sur un territoire de 246 km ²	9
Tableau 2.2 : Caractéristiques des puits au site des anciennes lagunes	10
Tableau 2.3 : Compilation des propriétés hydrogéologiques du roc	18
Tableau 2.4 : Propriétés hydrogéologiques des dépôts meubles.....	21
Tableau 3.1 : Valeurs initiales de recharge supposées pour chaque unité	33
Tableau 3.2 : Propriétés hydrologiques du roc pour le modèle calé.....	36
Tableau 3.3 : Valeurs calées pour la recharge	37
Tableau 4.1 : Principaux événements du modèle transitoire	44
Tableau 4.2 : Règles à suivre pour l'implantation de nouveaux puits	54
Tableau 5.1 : Conditions aux limites	65
Tableau 5.2 : Paramètres hydrogéologiques et capillaires appliqués aux différentes zones du modèle 3D.....	67
Tableau 5.3 : Recharge appliquée aux différentes unités	68
Tableau 5.4 : Conditions aux limites après calage (avec et sans pompage)	70
Tableau 5.5 : Recharge appliquée après calage (avec et sans pompage).....	70
Tableau 5.6 : Paramètres hydrogéologiques appliqués à chaque unité après calage.....	73

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Puits de pompage sur la région de Ville-Mercier
Annexe B : Débits de la rivière Châteauguay
Annexe C : Données stratigraphiques régionales et locales
Annexe D : Données piézométriques régionales et locales
Annexe E : Hydrogrammes de puits au roc
Annexe F : Article publié à l'AIH, 2002

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

*Dans la vie, rien n'est à craindre,
tout est à comprendre.*

Marie Curie

Ce chapitre présente la localisation et une description sommaire de la région d'étude ainsi qu'une brève revue sur l'histoire de la contamination de Ville-Mercier. Il servira aussi à présenter la problématique liée au site, les objectifs visés par le projet et la méthodologie retenue.

1.1. Localisation

La région à l'étude se situe dans les Basses Terres du Saint-Laurent, au sud sud-ouest de Montréal dans le comté de Châteauguay (Figure 1.1). Le territoire est bordé par le fleuve Saint-Laurent au nord, la rivière Châteauguay à l'ouest, la rivière des Anglais et le ruisseau Norton au sud. Les principales municipalités de la région sont Châteauguay, Ville-Mercier, Sainte-Martine, Sainte-Chotilde, Saint-Isidore et Saint-Rémi.

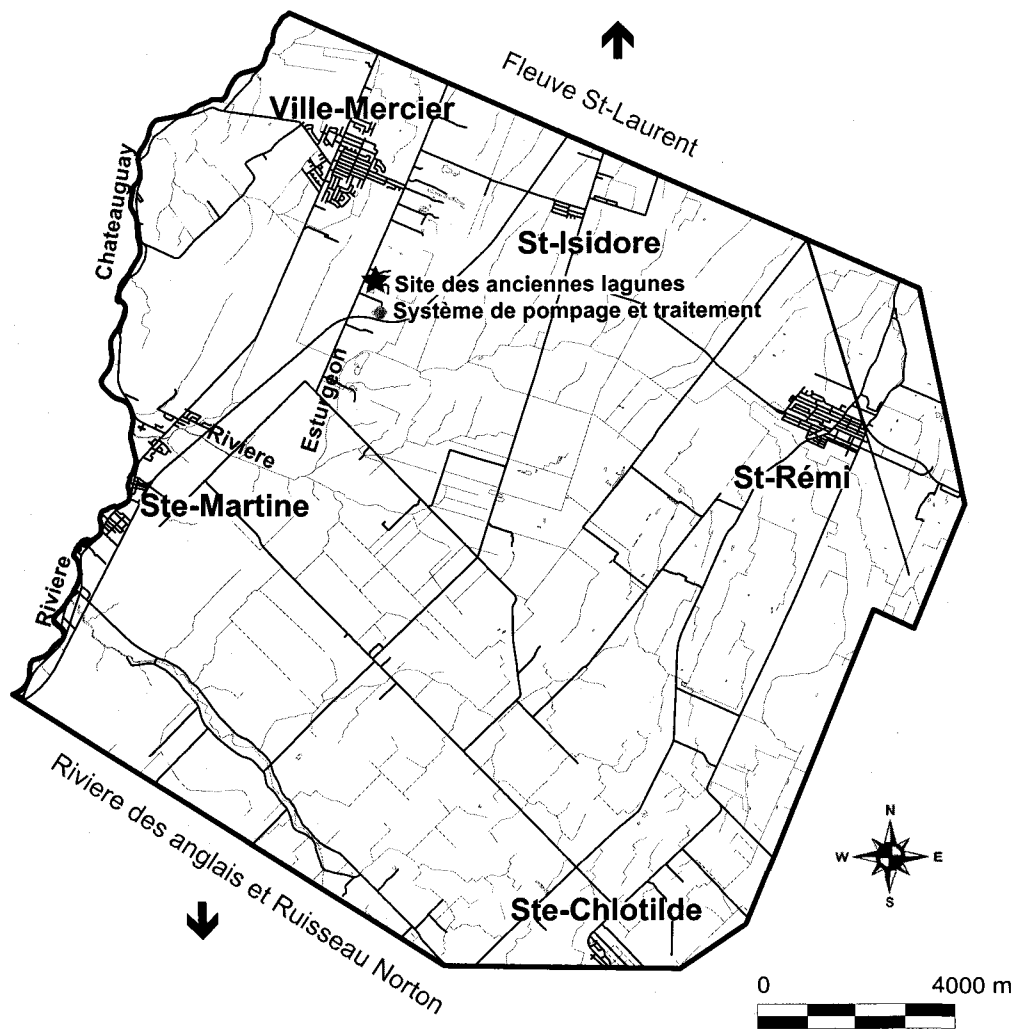
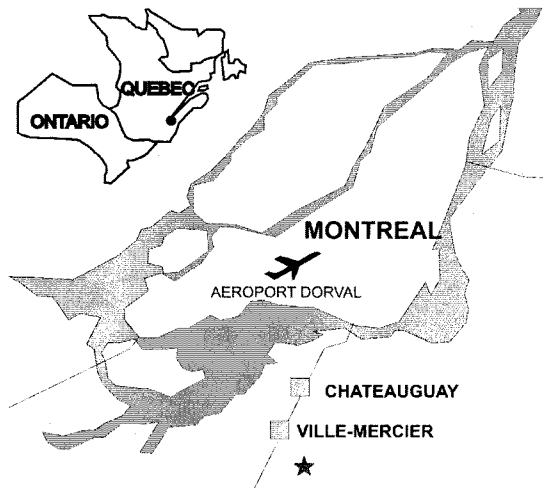


Figure 1.1 : Carte de localisation

1.2. Historique de la contamination

À partir de 1968, la compagnie LaSalle Oil Carriers commençait à entreposer des liquides organiques dans une ancienne gravière située dans des lagunes au sud-est de Ville-Mercier. Ces liquides organiques étaient directement déversés dans les sables et graviers qui affleurent à cet endroit sous la forme d'un complexe fluvio-glaciaire. Environ 2 ans plus tard, les puits privés situés au sud-ouest du site d'entreposage étaient sérieusement contaminés par des organiques. L'origine de cette contamination provient de la migration des liquides organiques et du panache de contaminants dissous, émis par les lagunes d'entreposage, qui s'est faite localement par l'intermédiaire de fenêtres dans le till recouvrant le roc. Pour éviter la migration des contaminants de l'aquifère, le ministère de l'Environnement (MENV) a délimité une zone d'exclusion dans laquelle tout pompage est interdit et a mis en place en 1984 un système de pompage et traitement afin d'intercepter le panache de contaminants.

1.3. Problématique

Au niveau régional, les activités agricoles de la région de Ville-Mercier sont en pleine expansion et les maraîchers ont des besoins en eau croissant. Les rabattements générés par les puits agricoles sont importants et des conflits d'usage entre propriétaires de puits ont déjà été signalés. De plus, pour des puits situés trop près de la zone d'exclusion, des rabattements trop importants pourraient interférer avec le piège hydraulique en place et favoriser une contamination de la nappe à l'échelle régionale. Tous ces problèmes nécessitent donc la mise en place de règles de gestion et d'exploitation de l'aquifère à long terme.

À l'échelle locale, le système de pompage et traitement qui contrôle le panache d'eau contaminée arrive en fin de vie et il faut penser à le remplacer. Dans cette optique, il est nécessaire de développer des outils qui pourront aider dans le choix de la ou des technologies de remplacement mais aussi dans le choix de leur futur emplacement.

1.4. Buts et objectifs

Les objectifs visés par ce travail peuvent être séparés en deux parties. La première partie du mémoire correspond à l'approche régionale du problème dont le but est de produire des outils qui aideront à gérer l'exploitation des ressources en eau souterraine à l'intérieur et en périphérie de la zone réglementée. Cette gestion devrait assurer l'approvisionnement en eau souterraine tout en évitant les surexploitations locales et régionales. Elle devrait aussi empêcher la contamination de cette ressource à partir du site des anciennes lagunes de Ville-Mercier. La deuxième partie de ce mémoire correspond à l'approche locale du problème dont le but est de développer un outil qui servira de support dans le choix de la ou des technologies de remplacement du système de pompage et traitement actuellement en place. Cet outil devrait permettre de quantifier l'écoulement au site des anciennes lagunes mais aussi de préciser l'interaction hydraulique qui existe entre les unités de sable et gravier et de roc.

1.5. Méthodologie

La même méthodologie a été appliquée à la partie traitant de la problématique régionale et à la partie traitant de la problématique locale. En effet, dans les deux cas, il s'agissait de permettre une meilleure compréhension des paramètres hydrogéologiques qui régissent l'écoulement des eaux souterraines. Des modèles numériques différents, adaptés aux problématiques régionales et locales, ont cependant été utilisés pour aborder les deux problématiques. Les principales étapes suivies au cours de ce travail sont présentées ci-dessous.

1.5.1. Compilation des données existantes

Depuis 30 ans, le site de Ville-Mercier a fait l'objet de nombreuses études qui ont apporté énormément d'informations. Ces informations nous ont été fournies par le ministère de l'Environnement et comprennent les puits compilés de la banque des puisatiers, les études de firmes de génie-conseil réalisées dans le secteur d'étude, les données

météorologiques, les données du réseau de suivi piézométrique et de la qualité de l'eau souterraine du ministère de l'Environnement, l'usage de l'eau souterraine dans la région d'étude, et les suivis de la nappe au niveau régional et local.

1.5.2. Intégration et analyse des données

Toutes les données citées ci-dessus ont été utilisées pour produire des cartes à l'échelle régionale et à l'échelle locale, de la piézométrie, de l'épaisseur apparente des matériaux granulaires, de la topographie du roc et de l'utilisation de l'eau sur la zone d'étude. Au niveau régional, ces cartes en combinaison avec les cartes topographiques, géologiques et hydrologiques de la région nous ont permis de définir les limites hydrogéologiques de la zone d'étude. Une révision des travaux antérieurs nous a amené à synthétiser toutes les données hydrogéologiques des différents matériaux géologiques présents sur le site et à faire notre propre évaluation de la recharge. Au niveau local, la compilation des forages sur le site des anciennes lagunes nous a permis de créer un modèle géologique en 3 dimensions dont les limites hydrogéologiques ont été tracées à partir du modèle régional et des cartes piézométriques locales.

1.5.3. Modélisation numérique

Deux modèles numériques ont été développés dans le cadre de ce travail : un modèle de l'écoulement régional dans le roc en conditions saturées et un modèle de l'écoulement local dans le roc et dans les dépôts meubles en conditions non saturées au site des anciennes lagunes de Ville-Mercier. Dans les deux cas, la même approche a été suivie : définition d'un modèle conceptuel, délimitation du secteur à modéliser, utilisation de la compilation des propriétés hydrogéologiques des matériaux, utilisation des cartes hydrogéologiques pour servir de condition initiale au calage, discrétisation du domaine à modéliser, calage du modèle et évaluation de sa sensibilité par des simulations paramétriques.

CHAPITRE 2

CARACTÉRISATION HYDROLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE

*Estimer correctement son degré d'ignorance
est une étape saine et nécessaire.*

Hubert Reeves

Dans ce chapitre sont présentées les principales caractéristiques hydrologiques et géologiques de la région d'étude. Une première estimation de la recharge est proposée ainsi qu'une évaluation des épaisseurs des matériaux granulaires faite à partir de la banque des puisatiers. Un bilan de l'utilisation de l'eau souterraine a été dressé et les propriétés hydrogéologiques des matériaux géologiques présents sur la région d'étude ont été compilées dans ce chapitre.

2.1. Hydrologie

Toth (1963) a montré qu'il existait trois types distincts de systèmes d'écoulement pouvant être imbriqués les uns dans les autres, il s'agit des systèmes d'écoulement

locaux, intermédiaires et régionaux. Les systèmes d'écoulement locaux sont caractérisés par des topographies prononcées et des aires de décharge proche et de type rivière ou lac. Les systèmes d'écoulement régionaux couvrent une plus grande superficie et ont des aires de décharge de type grande rivière, fleuve, grands lacs ou océans. Ce qui différencie les systèmes d'écoulement intermédiaires des systèmes d'écoulement régionaux c'est que les hauts et les bas topographiques maximum ne sont pas inclus dans les systèmes d'écoulement intermédiaires. Mais ces deux systèmes affichent des topographies relativement planes et régulières. La région de Ville-Mercier s'apparente plutôt à un système d'écoulement intermédiaire. Le réseau hydrographique de la région est bien développé mais coule essentiellement sur l'argile et sert en grande partie à l'irrigation des terres cultivées. Les rivières principales sont la rivière Châteauguay et la rivière Esturgeon qui sont par endroit en contact avec le roc. Le débit à l'étiage de la rivière Esturgeon a été mesuré par D'Anjou (1991) et il était de 8640 m³/d. Il faut cependant noter que l'usine de traitement des eaux contaminées du MENV (UTES) renvoie l'eau traitée dans la rivière Esturgeon, soit un débit supplémentaire de 4000 m³/d (Direction régionale de la Montérégie, communication personnelle). Le débit réel naturel de la rivière serait donc de 4640 m³/d.

Les précipitations annuelles sont de 900 mm pour Ville-Mercier, 1060 mm pour Mirabel, 2042 mm pour Farnham, 1680 mm pour Dorval et de 1892 mm pour Ste-Martine. Ceci constitue une moyenne des précipitations annuelles sur la région de 1262 mm.

2.2. Utilisation de l'eau souterraine

L'utilisation de l'eau souterraine sur la région d'étude peut être divisée en deux catégories (Tableau 2.1). La première catégorie comprend les municipalités de Ste-Martine, St-Rémi, et St-Isidore qui pour alimenter les populations pompent l'eau souterraine avec un rendement et des débits annuels élevés. La deuxième catégorie comprend les exploitations agricoles qui pompent l'eau pendant les 4 mois estivaux avec des débits très variables (de très faibles à très élevés) essentiellement pour irriguer les cultures.

Tableau 2.1 : Utilisation de l'eau souterraine sur un territoire de 246 km²

Type de puits	Localité	Débits (m ³ /d)	Lame d'eau (mm/an)
Puits municipaux et industriels (en usage à l'année)	Ste-Martine	810*	1,2
	St-Rémi	3581	5,3
	St-Isidore	1100*	1,6
	UTES	100*	0,15
	Laidlaw	260	0,38
Puits agricoles (en usage 4 mois)	Irrigation	2343,7	1,1
	Autres usages	10819	5,2
		Total	14,9

* : débits estimé provenant du roc

* : Puits pas encore en opération

La Figure 2.1 montre la répartition et les débits des puits pour les deux catégories à partir des données fournies par le ministère de l'Agriculture des Pêches et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) et présentées en Annexe A (Lamontagne, 2000, communication personnelle). Les débits agricoles représentés sur cette carte sont les débits maximums annuels estimés par le MAPAQ mais qui ont été reportés sur les 4 mois estivaux. Les zones à plus fort pompage sont situées dans l'est et le nord-est de la région d'étude. L'impact de ces pompages sur les niveaux piézométriques est diminué par le fait que la majorité de ces puits sont situés dans les zones de recharge de l'aquifère. Au niveau local (voir Chapitre 5), la zone d'étude couvre en grande partie la zone d'exclusion définie par le ministère de l'Environnement au site des anciennes lagunes (Annexe II du *Règlement sur le captage des eaux souterraines*, juin 2002). Seuls quatre puits sont en exploitation dans cette zone : les 3 puits de l'usine de traitement des eaux souterraines (UTES) du MENV et le puits de l'incinérateur Laidlaw. Les caractéristiques des puits ainsi que leurs débits sont présentés au Tableau 2.2. Ces quatre puits sont forés dans le roc et le puits Laidlaw fonctionne en continu tandis que les puits du MENV fonctionnent par alternance, c'est-à-dire que seuls deux puits sur trois sont toujours en opération (Direction Régionale de la Montérégie, communication personnelle).