

## OUTILS SCIENTIFIQUES POUR LA GESTION ET LA PRÉSERVATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LAC-BEAUPORT

Fagnan, N.<sup>1</sup>, Lauzon, J.-M.<sup>1</sup>, Carrier, C.<sup>1</sup>, Boutin, A.<sup>1</sup>, Denoncourt, M.<sup>1</sup>, Ballard, J.-M.<sup>2</sup> et Lefebvre, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technorem Inc., Laval, Québec

<sup>2</sup> INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, Québec

### ABSTRACT

One of the main objectives of this project studying the groundwater resource of the municipality of Lac-Beauport is to better understand the hydrostratigraphic context and its control on nitrates and bacteria found in the aquifer system of the municipality. After the completion of the hydrogeologic characterization program, groundwater management tools corresponding to the needs of the municipality were developed. The different tools are: thematic hydrogeologic maps, groundwater numerical model, tables of decision in relation with province of Quebec groundwater regulation, etc. The thematic maps describe groundwater quality, aquifer distribution, groundwater quantity, groundwater flow direction and aquifer vulnerability to contamination. The study also established a link between septic installation density, the hydrogeologic context and the presence of nitrates and bacteria in groundwater used as drinking water from private wells. Groundwater management and preservation rules were proposed to the municipality based on the conclusions of the study.

### RÉSUMÉ

La municipalité de Lac-Beauport dépend à 100 % de l'eau souterraine pour combler ses besoins en eau potable. En 1995, dans le cadre d'une campagne d'analyse de l'eau, la municipalité a mis à jour l'existence d'une problématique de contamination de l'eau de puits domestiques par les nitrates et les bactéries. Désirant comprendre l'origine de cette contamination et acquérir une meilleure connaissance de la ressource eau, la municipalité, TechnoRem et l'Institut national de la recherche scientifique, centre Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE) ont unis leurs efforts et entrepris de réaliser un projet de caractérisation de l'eau souterraine. Suite à la réalisation de la caractérisation hydrogéologique exhaustive, des outils de gestion des eaux souterraines adaptés aux besoins de la municipalité ont été développés. Ces outils sont constitués de cartes hydrogéologiques thématiques, d'un modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine à Lac-Beauport, de tableaux décisionnels élaborés en fonction de la réglementation, de même que l'aménagement d'infrastructures sur le territoire permettant notamment la mise en place de programmes de suivis environnementaux. L'étude a mené à la production d'une série de cartes abordant les thématiques de la qualité de l'eau souterraine, la distribution des différents aquifères sur le territoire, les quantités d'eau extractibles qui y sont associées, les directions régionales d'écoulement de l'eau souterraine, la vulnérabilité de l'eau souterraine à la contamination et les liens entre l'utilisation du sol et la variation observée de la qualité de l'eau souterraine. L'étude a permis, entre autres, d'établir un lien entre la densité d'installations septiques dans un quartier résidentiel, le contexte hydrogéologique et les problématiques des nitrates et des micro-organismes indicateurs d'une contamination d'origine fécale de l'eau souterraine captée par les puits domestiques. Des règles de gestion et de préservation de la ressource en eau souterraine ont été proposées à la municipalité à partir des conclusions tirées de l'étude.

### 1. INTRODUCTION

En avril 2001, TechnoRem et l'INRS-ETE, ont proposé à la municipalité de Lac-Beauport de réaliser un projet de « développement et d'application d'outils scientifiques pour la gestion et la préservation des ressources en eau souterraine ». Tout d'abord, ce projet avait pour but de mieux cerner les problématiques de contamination et d'approvisionnement en eau souterraine que la municipalité avait déjà commencé à identifier sur son territoire. Puis, en fonction des résultats d'une caractérisation régionale exhaustive, des outils de gestion des eaux souterraines adaptés aux besoins de la municipalité ont été développés et transmis aux instances municipales responsables de la gestion des ressources et du territoire. Le terme « outils de gestion » englobe un vaste ensemble d'instruments qui vont des cartes hydrogéologiques thématiques, à une base de données à référence spatiale, aux tableaux décisionnels élaborés en fonction de la réglementation et même l'aménagement

d'infrastructures sur le territoire pour effectuer des suivis sur le niveau de la nappe phréatique et la qualité de l'eau souterraine.

Tous les citoyens de la municipalité de Lac-Beauport s'alimentent à partir des eaux souterraines pour combler leurs besoins en eau potable. Environ 40 % des résidents sont reliés au réseau d'aqueduc qui est alimenté par un puits municipal alors que près de 60 % possèdent un puits individuel aménagé à proximité de leur résidence. Et parmi les 60 % des résidents qui ont un puits, 68 % des répondants à un questionnaire boivent l'eau captée par le puits.

La municipalité de Lac-Beauport a un bon contrôle sur la qualité de l'eau qu'elle distribue dans son réseau d'aqueduc. Toutefois elle possède peu de connaissances sur la qualité de l'eau consommée par les citoyens approvisionnés par des puits résidentiels. C'est pour cette raison qu'elle a entrepris de réaliser, en 1995, une

campagne d'analyses de l'eau des puits individuels. Les résultats des analyses effectuées sur les échantillons ont révélé les conclusions suivantes : 26 % des échantillons d'eau prélevés contenaient des bactéries indicatrices d'une contamination fécale probable et près de 46 % des échantillons contenaient des nitrates en concentrations supérieures à 1,5 mg/L. Bien que la norme de concentration en nitrates dans l'eau potable au Québec soit de 10 mg/L, des valeurs supérieures à 1 mg/L sont généralement indicatrices d'une source anthropique de nitrates et non d'une concentration naturelle (ministère de l'Environnement du Québec [MENV], 1994). Ces valeurs seraient donc possiblement associées à une source humaine de contamination. C'est à la lumière de ces résultats que la municipalité de Lac-Beauport a convenu de poursuivre l'acquisition de données sur les eaux souterraines qu'elle avait entrepris en 1995. Une meilleure connaissance des eaux souterraines et de son utilisation sur son territoire lui permettrait de mieux aborder les problématiques de qualité qui y sont associées.

## 2. OBJECTIFS DU PROJET

Les objectifs du projet tiennent compte des problématiques particulières et du niveau de connaissance de la municipalité sur la ressource en eau souterraine. Ces objectifs sont de :

- A. Dresser un portrait global de la ressource en eau souterraine :
  - La qualité de l'eau souterraine (qualité naturelle, qualité reliée à la contamination);
  - La distribution des différents aquifères sur son territoire;
  - Les quantités d'eau disponibles;
  - Les directions de l'écoulement de l'eau souterraine;
  - La vulnérabilité naturelle des nappes à la contamination.
- B. Fournir aux autorités municipales et de la MRC les outils de gestion favorisant la protection de l'eau souterraine :
  - Les cartes de la vulnérabilité;
  - Les aires de protection autour des puits municipaux;
  - Une base de données à référence spatiale;
  - Un modèle numérique d'écoulement;
  - Des recommandations pour la gestion et la protection des eaux souterraines.
- C. Sensibiliser la population à l'importance d'un bon aménagement de leur puits, à la protection de son environnement immédiat et à la nécessité de vérifier de façon périodique la qualité de l'eau.
- D. Produire un guide présentant la méthodologie à suivre pour la caractérisation et la gestion des eaux souterraines au niveau municipal.

## 3. MÉTHODOLOGIE

Dresser le portrait hydrogéologique d'un territoire donné requiert l'analyse d'un vaste ensemble d'informations, qui englobe, entre autres, la nature des sols, le bilan hydrique de la région ainsi que les activités humaines. Le sommaire des travaux réalisés dans le cadre de cette étude est présenté ci-dessous :

- A. Revue de la littérature sur les installations septiques (IS);
- B. Compilation des données existantes;
- C. Travaux de terrain réalisés au cours de deux campagnes de terrain à l'été 2002 et 2003 pour compléter l'information manquante :
  - a. Inventaire des principaux utilisateurs d'eau souterraine et des sources potentielles de contamination;
  - b. Échantillonnage de l'eau souterraine;
  - c. Mesures de niveaux d'eau dans les puits domestiques privés;
  - d. Cueillette d'informations auprès des résident(e)s;
  - e. Réalisation de neuf (9) forages dont sept (7) aménagés en puits d'observation;
  - f. Forage et aménagement d'un puits d'observation multi-niveaux dans le roc;
  - g. Réalisation d'essais hydrauliques (essais Lugeon ou *Packer tests*).
- E. Intégration de l'ensemble des données dans un système de gestion des données à référence spatiale (base de données Access couplée au logiciel GIMS - *Geological Information Management System* – développé par la Commission géologique du Canada, division Québec).
- F. Analyse des informations recueillies et production d'outils de connaissances (cartes piézométriques, carte du potentiel aquifère, analyse de la qualité de l'eau et impact des installations septiques, détermination de la vulnérabilité).
- G. Élaboration d'une série de recommandations portant sur la gestion de l'eau souterraine.
- H. Transfert de la base de données Access et du logiciel GIMS à la municipalité de Lac-Beauport.

## 4. RÉGION D'ÉTUDE

La municipalité de Lac-Beauport, est située à 20 km au nord de la ville de Québec sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent. La région est caractérisée par une succession de monts et vallées et par un réseau hydrographique bien développé. On compte cinq bassins versants qui traversent le territoire de la municipalité, dont ceux des rivières Saint-Charles et Montmorency qui ont leur exutoire dans le fleuve Saint-Laurent. La population occupe principalement la section sud de la municipalité, soit le long de la rivière Jaune et autour du lac Beauport, deux éléments

physiographiques importants dans le paysage de Lac-Beauport.

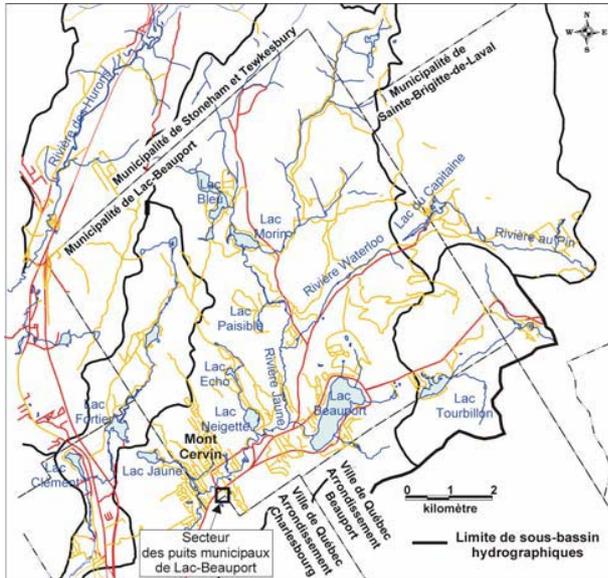


Figure 1 : Localisation de la municipalité de Lac-Beauport.

## 5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

### 5.1 Géologie

La répartition des dépôts de surface dans la municipalité de Lac-Beauport est fortement influencée par le relief. Le till couvre la majeure partie du territoire, en couverture continue ou discontinue, et sa matrice varie de sablo-silteuse à silto-argileuse. Le till en couverture continue est réparti principalement sur la partie inférieure des monts et dans les vallées, mise à part la vallée de la rivière Jaune. Celle-ci est caractérisée par des dépôts de sable et gravier d'épandage proglaciaire et par les alluvions actuelles composées de sable, de silt sableux et de sable graveleux. Ces dépôts, comblant partiellement une vallée glaciaire enfouie, peuvent atteindre jusqu'à 30 m d'épaisseur et peuvent s'étendre jusqu'à 1 km de largeur de part et d'autre de la rivière Jaune (Bolduc *et al.*, 2001; Système d'information hydrogéologique du MENV). Du point de vue hydrogéologique, cette unité géologique constitue l'aquifère à partir duquel les réseaux municipaux de Lac-Beauport et de l'arrondissement de Charlesbourg, de la ville de Québec puisent leur eau potable.

Au sommet des monts, le roc d'âge précambrien affleure et est caractéristique de la ceinture métasédimentaire de la province de Grenville. Les roches sont composées principalement de gneiss charnockitiques et de migmatites (Laurin et Sharma, 1975). Selon les observations de terrain et les essais d'injection à charge constante, les premiers mètres du roc sont altérés et présentent de nombreuses fractures, constituant des chemins d'écoulement préférentiel importants par lesquels l'eau de surface rejoint et alimente la nappe d'eau souterraine dans le roc.

### 5.2 Propriétés hydrauliques des matériaux géologiques

Afin de définir les propriétés hydrauliques des matériaux géologiques, différentes approches ont été suivies. D'abord, puisque des études antérieures de recherche en eau étaient disponibles, une compilation des propriétés hydrauliques du sable proglaciaire comblant la vallée de la rivière Jaune a été être réalisée. Ensuite, lors de la réalisation des forages stratigraphiques dans le cadre du projet, des échantillons de sols ont été prélevés et soumis à l'analyse granulométrique. La méthode de Hazen, qui se base sur la distribution granulométrique des sols (Vukovic et Soro, 1992), a été utilisée pour estimer les propriétés hydrauliques. Les propriétés hydrauliques du roc ont été évaluées à partir d'essais de perméabilité et d'essais d'injection à charge constante (essais Lugeon) le long de sections isolées, à l'aide d'obturateurs pneumatiques, dans un puits au roc (TechnoRem et INRS-ETE, 2004). Les résultats obtenus avec les deux méthodes sont comparables, cependant les essais Lugeon ont permis de localiser quatre (4) zones de conductivités hydrauliques dans le roc selon la profondeur. Les résultats des essais Lugeon révèlent que la conductivité hydraulique décroît avec la profondeur dans l'aquifère du roc.

Tableau 1 Propriétés hydrauliques des matériaux géologiques.

Source des données	Matériaux géologiques	Conductivités hydrauliques (m/s)	
		Minimum	Maximum
Essais pompage antérieurs	Sable proglaciaire	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-3}$
Analyses granulométriques	Sable proglaciaire	$3,6 \times 10^{-5}$	$8,4 \times 10^{-4}$
Essais de perméabilité	Roc	$4,5 \times 10^{-7}$	$5,0 \times 10^{-7}$
Essais Lugeon	Roc	$9,7 \times 10^{-10}$	$2,8 \times 10^{-6}$

### 5.3 Délimitation des principaux aquifères

La délimitation des principaux aquifères sollicités pour l'approvisionnement en eau potable sur le territoire de la municipalité de Lac-Beauport est basée sur la carte des dépôts de surface, les puits contenus dans le SIH (système d'information hydrogéologique) ainsi que sur plusieurs puits aménagés par TechnoRem. La figure 2 présente la délimitation de l'aquifère granulaire à nappe libre dans la portion sud de la municipalité qui approvisionne notamment les deux puits de captage municipaux (approximativement 40 % de la population). L'aquifère rocheux fracturé couvre le reste du territoire et approvisionne en eau potable environ 60 % de la population, principalement par des puits privés. La nappe d'eau de l'aquifère rocheux fracturé se trouve principalement sous des conditions de nappe libre sur le territoire mais on trouve également, des conditions de nappe captive dans certains secteurs de la vallée de la rivière Jaune où un gradient hydraulique vertical vers le haut a d'ailleurs été noté.

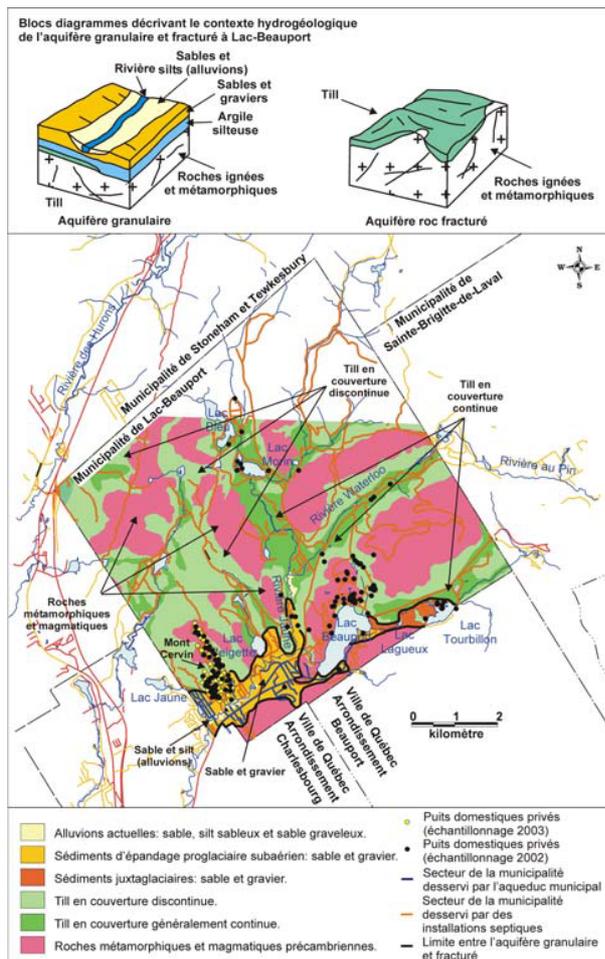


Figure 2 : Répartition des deux principaux aquifères (granulaire et fracturé) retrouvés à Lac-Beauport

#### 5.4 Dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine

Des mesures de niveaux d'eau ont été prises dans les puits visités au cours du projet en 2002, 2003 et 2004. Les niveaux d'eau obtenus ont servi à connaître les directions de l'écoulement de l'eau souterraine sur le territoire de la municipalité de Lac-Beauport. Des cartes piézométriques distinctes ont été construites pour l'aquifère du roc et pour l'aquifère de sable.

La figure 3 présente les directions d'écoulement de l'eau souterraine circulant dans l'aquifère rocheux sur l'ensemble du territoire de la municipalité. Celles-ci sont fortement contrôlées par la topographie de surface. Les gradients hydrauliques maximum dans l'aquifère de sable sont compris entre 0,03 m/m et 0,004 m/m selon l'endroit dans la vallée de la rivière Jaune. L'étude du gradient hydraulique horizontal dans l'aquifère du roc au Mont-Cervin indique qu'au sommet, celui-ci est de 0,06 m/m et qu'à la base il est de 0,02 m/m. Le gradient hydraulique horizontal dans l'aquifère du roc peut varier localement en raison du caractère hétérogène du degré de fracturation.

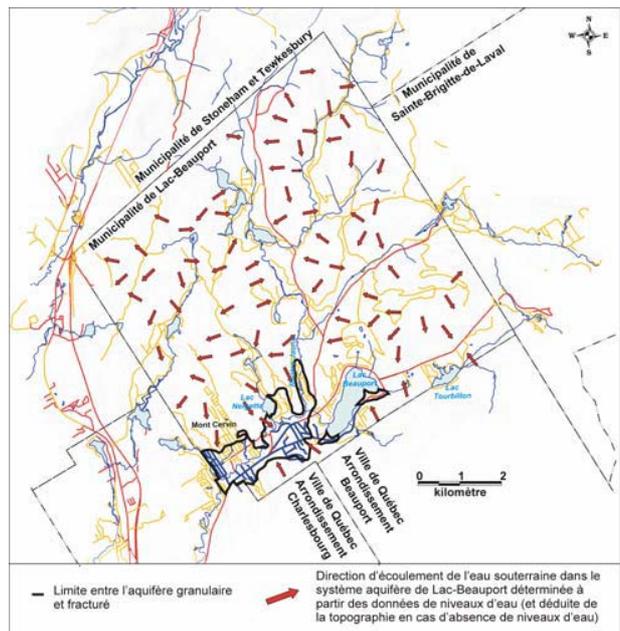


Figure 3 : Carte des directions d'écoulement des eaux souterraines dans l'aquifère rocheux

#### 5.5 Potentiel aquifère sur le territoire de la municipalité

L'ensemble des connaissances hydrogéologiques obtenues au cours de la réalisation de l'étude ont été synthétisées afin d'établir le potentiel aquifère sur le territoire de la municipalité. Dans un premier temps, la recharge de l'aquifère rocheux et de l'aquifère granulaire a été évaluée en utilisant une combinaison de méthodes. La méthode SCS modifiée développée par la *Soil Conservation Service* (SCS) a permis d'évaluer les coefficients de ruissellement sur le territoire (Monfret, 1979). Ensuite, à partir des normales climatiques de 1971 à 1998 (MENV, 2000), la méthode de Baier et Robertson (1965) a été utilisée pour l'évaluation de l'évapotranspiration. Enfin, le calcul du bilan hydrique a été fait et a permis d'estimer les valeurs de recharge. Le taux de recharge estimé varie entre 140 et 330 mm/an selon le contexte hydrogéologique. Ensuite, à partir de l'épaisseur saturée, des propriétés hydrauliques et des taux de recharge, le potentiel aquifère a été évalué. Cinq niveaux de potentiel aquifère ont été définis : excellent (aquifère de sable, zone saturée > 5 m), moyen (alluvions recouvrant sable), plutôt faible (sable avec zone saturée < 5 m), faible (aquifère du roc, profondeur de l'eau souterraine < 15 m), et très faible (aquifère du roc avec profondeur de l'eau souterraine > 15 m). La figure 4 présente la carte du potentiel aquifère sur le territoire de la municipalité de Lac-Beauport. Le plus fort potentiel aquifère se retrouve au sud-ouest de la municipalité, dans la vallée de la rivière Jaune. Ce secteur est caractérisé par de fortes épaisseurs de sable saturées, des taux de recharge importants et des matériaux géologiques très perméables. À l'opposé, l'aquifère du roc présente le plus faible potentiel aquifère en raison du faible taux de recharge, des matériaux géologiques moins perméables et en certains endroits de l'importante profondeur de l'eau dans la formation rocheuse ce qui

limite son potentiel d'exploitation. Précisons que dans certains secteurs couvrant de grandes superficies, peu de données étaient disponibles et par conséquent, l'évaluation du potentiel aquifère demeure une approximation.

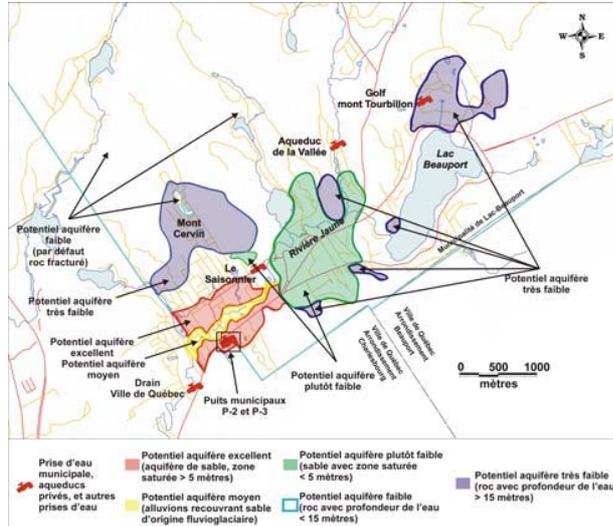


Figure 4 : Carte du potentiel aquifère à Lac-Beauport

## 6. QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Les campagnes d'échantillonnage de l'eau souterraine menées par TechnoRem et l'INRS-ETE en 2002 et 2003 visaient à : (1) dresser le portrait de la qualité naturelle de l'eau souterraine, (2) faire le suivi de la qualité de l'eau au lieu des puits échantillonnés par la municipalité en 1995, (3) vérifier l'hypothèse selon laquelle les installations septiques déficientes constitueraient la principale source de nitrates et de la contamination bactériologique de l'eau et (4), vérifier s'il existe une problématique de contamination de la nappe associée à l'usage de pesticides au golf du mont Tourbillon.

### 6.1 Portrait global de la qualité de l'eau souterraine dans les deux aquifères

Le portrait de la qualité naturelle de l'eau souterraine sur le territoire de la municipalité est tracé à partir de six (6) échantillons prélevés dans six (6) puits distribués sur l'ensemble du territoire (4 : aquifère du roc, 2 : aquifère de sable).

De façon générale, pour l'aquifère du roc, l'eau souterraine est peu minéralisée (39 mg/L CaCO<sub>3</sub> et 64 mg/L CaCO<sub>3</sub>) et est qualifiée « d'eau douce » ou « d'eau corrosive » dans le centre et le nord-est de la municipalité et est plus « dure » (190 mg/L CaCO<sub>3</sub> et 254 mg/L CaCO<sub>3</sub>) au sud du territoire, soit dans les secteurs où se concentre la population. Mis à part la dureté totale, la concentration en manganèse et le pH de l'eau, tous les paramètres analysés rencontrent les normes de potabilité (Santé Canada, 1997; MENV, 2001). On note effectivement que le pH de l'eau est parfois légèrement acide (< 6,5). En ce qui a trait aux nitrates, les concentrations varient de 0,1 à 3,3 mg/L et sont en moyenne de 1,1 mg/L dans l'aquifère du roc. Finalement,

les streptocoques fécaux ont été dénombrés (25 UFC/100 mL) dans un seul échantillon.

Dans l'aquifère granulaire, la dureté de l'eau varie de 34 mg/L CaCO<sub>3</sub> à 112 mg/L CaCO<sub>3</sub> et semble suivre la même tendance selon laquelle l'eau est moins minéralisée dans les secteurs plus en amont sur la rivière Jaune. Mis à part la dureté totale, la concentration en fer et la turbidité de l'eau, tous les paramètres analysés rencontrent les normes de potabilité (Santé Canada, 1997; MENV, 2001). Le pH est légèrement acide pour un des deux échantillons (pH = 6,4). En ce qui concerne les nitrates, les concentrations mesurées sont de 1,3 mg/L et de 4,1 mg/L, soit légèrement plus élevées que les concentrations trouvées dans l'aquifère rocheux. Finalement, un faible dénombrement (2 UFC/100 mL) de streptocoques fécaux a été fait pour un des deux échantillons.

Sur l'ensemble du territoire, les concentrations en chlorures sont très variables et dépassent parfois le critère esthétique de 250 mg/L (Santé Canada, 1997). Il semble que les plus fortes concentrations sont mesurées dans les puits les moins profonds (et dont la colonne d'eau est plus courte) et dans les puits chez les résidents dotés d'adoucisseurs d'eau (TechnoRem, 2004). La présence de chlorures dans l'eau est liée à l'épandage de sels déglacants et à l'utilisation d'adoucisseurs d'eau.

### 6.2 Analyses des concentrations en nitrates et des micro-organismes potentiellement pathogènes dans l'eau souterraine à Lac-Beauport

#### 6.2.1 Phases d'échantillonnage de l'eau souterraine

Dès 1995, la municipalité de Lac-Beauport a réalisé une campagne d'échantillonnage de puits privés (98 puits) sur son territoire. Il est à noter que tous ces puits captent l'eau souterraine provenant du roc et qu'ils sont principalement situés sur le Mont-Cervin. Les échantillons d'eau souterraine prélevés ont été soumis à l'analyse des nitrates, des coliformes et des streptocoques fécaux. Les résultats montrent qu'en 1995, 26 % des puits dépassaient les normes bactériologiques du MENV et que près de 46 % des échantillons contenaient des nitrates en concentration supérieure à 1,5 mg/L.

Dans le cadre de la présente étude, les puits visités en 1995 ont été revisités en 2002 pour connaître la récurrence des concentrations en nitrates et de la présence des bactéries. En 2002 et en 2003, d'autres puits ont été échantillonnés dans le but de préciser l'ampleur de l'étendue spatiale de la problématique en nitrates et en bactéries ainsi que les facteurs contrôlant leur occurrence. En 2002, un total de 134 échantillons d'eau souterraine, incluant dix (10) duplicata, a été soumis à l'analyse alors qu'en 2003, 51 échantillons ont été analysés. Les échantillons prélevés en 2003 se concentrent pratiquement tous dans le secteur résidentiel du Mont-Cervin puisque la problématique des nitrates et des bactéries potentiellement pathogènes dans l'eau souterraine s'y est avérée plus importante qu'ailleurs sur le territoire de la municipalité.

### 6.2.2 Résultats liés à la problématique de la contamination bactériologique et des concentrations significatives en nitrates dans l'eau souterraine

En ce qui concerne les nitrates, aucun échantillon prélevé en 1995, 2002 et 2003 ne dépassait le critère de potabilité fixé à 10 mg/L (MENV, 2001). Dans le secteur du Mont-Cervin, les concentrations moyennes en nitrates étaient de 2,2 mg/L en 1995, de 2,5 mg/L en 2002 et de 2,7 mg/L en 2003. Cette légère augmentation au cours du temps est plus spécifique dans le secteur du bas du Mont-Cervin et les principaux facteurs expliquant les différences notées dans les puits sont la position (ou l'élévation) du puits sur le Mont-Cervin et la longueur du couvage (Ballard *et al.*, 2004).

En ce qui concerne les coliformes fécaux, le nombre de puits excédant la norme est demeuré relativement constant entre 1995 et 2003 alors que le pourcentage de puits contaminés par les bactéries entérocoques a légèrement augmenté entre 1995 et 2003 (18-23 % à 31 %). Selon les résultats obtenus, le pourcentage de puits contaminés par les bactéries est moins important au Mont-Cervin qu'ailleurs sur le territoire de la municipalité.

L'analyse des facteurs hydrogéologiques et des critères de construction des puits est détaillée dans Ballard *et al.*, 2004) et TechnoRem et l'INRS-ETE (2004).

La figure 5 présente les concentrations en nitrates inférieures à 3 mg/L (petit point) et supérieures à 3 mg/L (losange) pour tous les échantillons prélevés au cours du projet (2002 et 2003). La valeur de 3 mg/L correspond au seuil d'alerte nécessitant la mise en place d'un programme de surveillance de l'eau potable selon le RCES (MENV, 2002). Le pourcentage des échantillons dépassant 3 mg/L en nitrates par phase d'échantillonnage est de : 1) 17% en mai 1995, 2) 13% en septembre 1995, 3) 20% en 2002 et enfin 35% en 2003. Rappelons que les échantillons de 2003 ont tous été prélevés au Mont-Cervin. La figure 5 montre également que les valeurs supérieures à 3 mg/L sont concentrées au Mont-Cervin mais sont aussi observées au nord du lac Beauport.

La figure 6 présente les résultats liés à la présence de bactéries potentiellement pathogènes dans l'eau souterraine (coliformes fécaux et bactéries entérocoques). Les échantillons dans lesquels le dénombrement était nul sont représentés par des petits points. Les gros points représentent l'emplacement des puits dans lesquels un dénombrement bactériologique a été mesuré.

Le pourcentage des échantillons dont le dénombrement bactériologique dépasse 0 UFC/100 mL par phase d'échantillonnage est de : 1) 26% (entérocoques) et 12% (coliformes) en mai 1995, 2) 25% (entérocoques) et 8% (coliformes) en septembre 1995, 3) 29% (entérocoques) et 12% (coliformes) en 2002 enfin 31% (entérocoques) et 0% (coliformes) en 2003. Rappelons que les échantillons de 2003 ont tous été prélevés au Mont-Cervin.

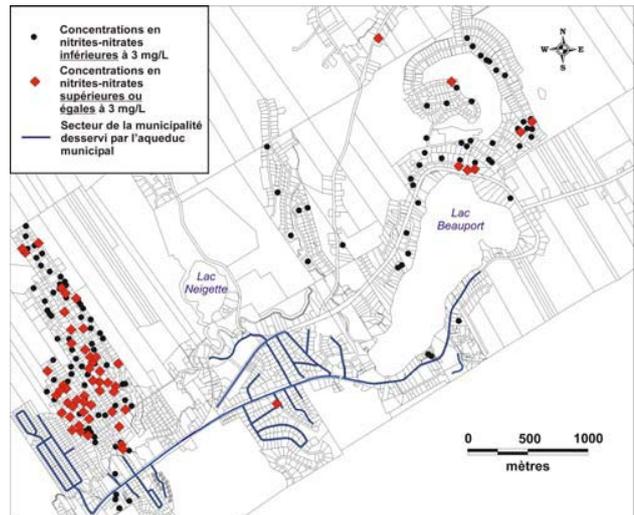


Figure 5 : Répartition des puits dont la concentration en nitrates dans l'eau souterraine excède 3 mg/L en 2002 et 2003

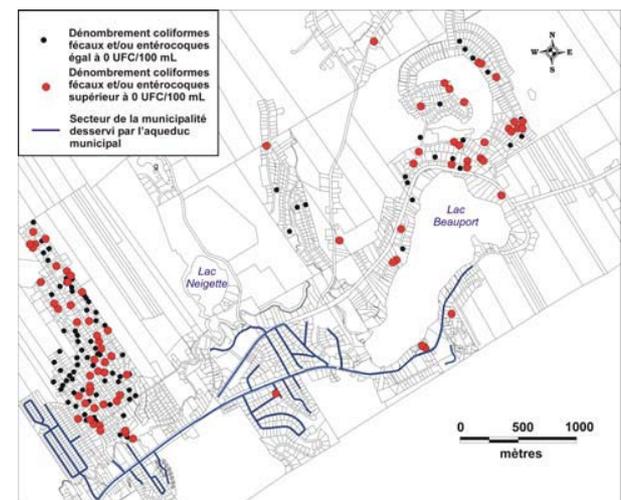


Figure 6 : Répartition des puits où il y a eu un dénombrement en coliformes fécaux et/ou en bactéries entérocoques en 2002-2003

### 6.3 PROBLÉMATIQUE DE LA CONTAMINATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR LES EAUX USÉES D'ORIGINE DOMESTIQUE

Il est reconnu que les installations septiques constituent des sources majeures de pollution de l'eau (Harman *et al.*, 1996). Les installations septiques individuelles présentent effectivement un risque de contamination de l'eau souterraine par les nitrates et les bactéries. À Lac-Beauport l'impact des installations septiques sur la qualité de l'eau souterraine est démontré par la présence de nitrates dans l'eau en concentrations anormalement élevées (TechnoRem, 2004). Aucune autre activité humaine, autre que les installations septiques, ne peut expliquer la présence de nitrates dans l'eau. Le contexte

hydrogéologique (faible épaisseur des dépôts meubles, fortes pentes, aquifère très fracturé en surface) ne favorisant pas une épuration suffisante des effluents des systèmes septiques à Lac-Beauport, quelques systèmes novateurs et adaptés à la grandeur des terrains ont été proposés à la municipalité. Parmi ceux-ci, on trouve les systèmes de biofiltre à base de tourbe et les systèmes à recirculation qui favorise la dénitrification des nitrates.

#### 6.4 Classification de la municipalité

La municipalité de Lac-Beauport évalue à chaque année l'efficacité du traitement des installations septiques. Le système de classification utilisé pour se faire assigne une cote à chaque installation septique en fonction des normes de localisation, du colmatage des éléments et de la résurgence des effluents en surface. La figure 7 présente la classification de plus de 600 des quelque 1680 installations septiques présentes sur le territoire. En mettant en relation les résultats de cette classification avec les résultats de la qualité de l'eau souterraine, on ne constate aucun lien direct entre les puits contaminés et les installations septiques voisines défectueuses. La classification utilisée par les instances municipales, bien qu'elle permet d'évaluer la conformité des installations au sens du *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (RETEURI du MENV, 1982), elle ne permet pas de statuer si une installation constitue ou non un foyer de pollution. Une installation conforme selon la classification et le RETEURI peut donc constituer une source de nitrates et de bactéries dans les eaux souterraines. Cela s'explique notamment par l'hétérogénéité de l'aquifère rocheux fracturé et aussi par le fait que l'interprétation du système de classification est basé uniquement sur des observations faites à la surface du terrain.

Les recommandations émises auprès des instances municipales pour atténuer, et à plus long terme, pour enrayer la contamination de l'eau souterraine en bactéries potentiellement pathogènes et les concentrations préoccupantes en nitrates sont articulés autour de deux actions. D'abord, il est recommandé de sensibiliser les citoyens à l'entretien de leur installation septique et de leur puits pour prévenir l'émission de contaminants vers la nappe et pour réduire les risques d'infiltration préférentielle causée par des puits incorrectement aménagés. À cet effet, un dépliant synthèse du projet présentant quelques résultats, les raisons expliquant la présence de cette problématique et de simples actions concrètes à poser a été produit dans ce but de sensibilisation auprès des citoyens.

Ensuite, il a été recommandé auprès des gestionnaires intervenant dans la planification et la gestion du territoire d'implanter des programmes de suivi environnementaux, notamment sur le niveau de la nappe phréatique et sur la qualité de l'eau souterraine. Le suivi de la qualité de l'eau aidera les instances municipales à mieux comprendre le comportement de la contamination de l'eau souterraine par les nitrates et les bactéries. Ce suivi leur permettra également d'intervenir plus rapidement dans le cas où une dégradation significative de l'eau est observée. Afin de

faciliter la gestion des informations relatives à ces suivis, TechnoRem a fourni une base de données à référence spatiale pouvant être interrogée et mise à jour continuellement. La base de données comprend notamment 4024 puits (puits visités en 1995, 2002 et 2003 ainsi que les puits du SIH), les résultats analytiques de plus de 450 échantillons d'eau et 180 installations septiques classifiées. Les relations spatiales peuvent être facilement effectuées entre les données, de même que les analyses temporelles. Il a finalement été recommandé auprès de la municipalité d'éviter de lier la classification avec le fait que les installations septiques représentent ou non des « foyers de pollution ».

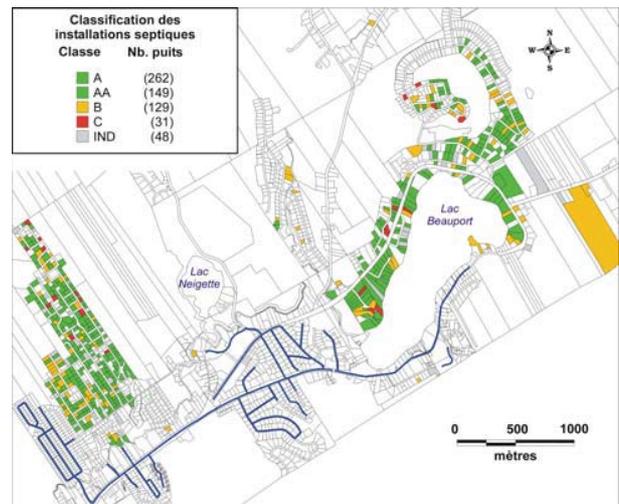


Figure 7 : Classification des installations septiques selon une codification utilisée par la municipalité.

#### 7. DÉLIMITATION DES AIRES D'ALIMENTATION ET DES AIRES DE PROTECTION DES PUIITS DE CAPTAGE MUNICIPALUX

Un modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine a été développé pour simuler les conditions d'écoulement de l'eau souterraine à Lac-Beauport (TechnoRem, 2004). Un maillage en éléments finis en trois dimensions a été développé afin de représenter le système aquifère. Le modèle a été calé avec les niveaux d'eau mesurés.

Le traçage inverse de particules à l'aide du module XYZ du logiciel a permis de délimiter les aires de protection et d'alimentation du puits P-3 de la municipalité de Lac-Beauport. La figure 8 présente les résultats du traçage de particules. Les aires de protection bactériologique et virologique correspondent à un temps de transport advectif respectif de 200 et 550 jours, tel que prescrit par le *Règlement sur le captage de l'eau souterraine* (MENV, 2002).

#### 8. VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE À LA CONTAMINATION

La vulnérabilité de l'eau souterraine à la contamination a été évaluée sur l'ensemble du territoire de la municipalité

en utilisant la méthode DRASTIC (Aller et al., 1987). Cette méthode a été retenue par le MENV dans son *Règlement sur le captage de l'eau souterraine* (MENV, 2002) et dans le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (MENV, 2001). Les indices DRASTIC de vulnérabilité varient entre 80 et 199 selon le contexte hydrogéologique. L'aquifère de sable est le plus vulnérable (indices DRASTIC variant de 149 à 199) tandis que l'aquifère de roc fracturé recouvert de till est le moins vulnérable (indices DRASTIC variant de 80 à 159). Dans les aires de protection des puits municipaux, les indices DRASTIC sont compris entre 140 et 199. Rappelons que selon le RCES, une nappe d'eau est jugée vulnérable si l'indice DRASTIC est supérieur ou égal à 100. L'eau souterraine captée par les puits municipaux est donc considérée comme étant vulnérable à une éventuelle pollution provenant de la surface du sol.

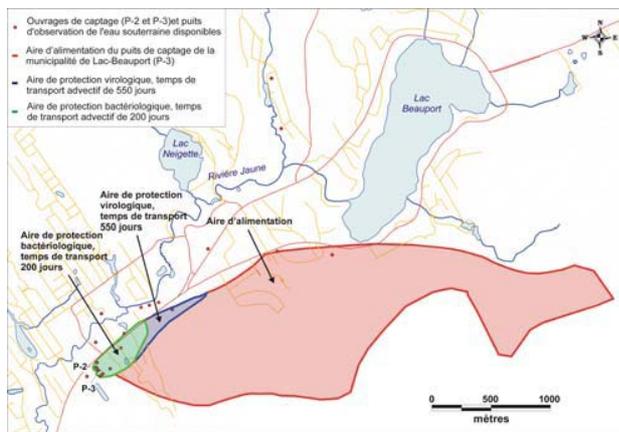


Figure 8 : Délimitation des aires de protection et de l'aire d'alimentation du puits P-3 de Lac-Beauport

## 9. CONCLUSION

La réalisation du projet d'application et de développement d'outils scientifiques pour la gestion et la préservation des ressources en eau souterraine de Lac-Beauport a permis de préciser le contexte hydrogéologique, d'étudier la qualité de l'eau souterraine ainsi que l'impact des installations septiques sur la ressource. Les outils de gestion et les connaissances acquises qui ont été transmises aux autorités de la municipalité et de la MRC favoriseront la gestion et la préservation de l'eau souterraine sur le territoire de la municipalité de Lac-Beauport.

## 10. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Fond d'action québécois pour le développement durable (FAQDD) pour son appui financier, de même que la municipalité de Lac-Beauport pour sa contribution et son importante collaboration dans le projet. Merci à Éric Boisvert et à Héryk Julien en regard de l'utilisation et de l'adaptation du logiciel GIMS et de la base de données Access. Nous remercions les résidents de la municipalité de Lac-Beauport pour leur collaboration.

## 11. REFERENCES

- Aller L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., Hackett, G. 1987. DRASTIC: A standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. Report n° EPA-600/2-87-035, National Water Well Association, Ohio.
- Baier, W., Robertson, G.W. 1965. Estimation of latent evaporation from simple weather observations, *Can. Journal. Pl. Sci.* 44, pp. 276-284.
- Ballard, J.-M., Lefebvre, R., Martel, R., Nastev, M., Fagnan, N., Carrier, C. et Boutin, A. 2004. Impact of private septic installations on the fractured rock aquifer at the Mont-Cervin housing development, Lac-Beauport, Québec. 5th Joint IAH-CNC and CGS Groundwater Specialty Conference, 57<sup>th</sup> Canadian Geotechnical Conference, Oct. 24-27, Québec, Canada, 8 p.
- Bolduc, A.M., Paradis, S., Parent, M., Michaud, Y., Cloutier, M. 2001. Géologie des formations superficielles, Région de Québec, Commission géologique du Canada, Dossier public 3835, 1/50 000.
- Harman, J., Robertson W.D., Cherry J.A., Zanini L., 1996. Impact on Sand Aquifer from Old Septic System: Nitrate and Phosphate. *Ground Water*, Vol. 34, No. 6, November-December, pp. 1105-1114.
- Laurin, A.F. & Sharma, K.N.M., 1975. Région des rivières Mistassini, Péribonca et Saguenay (Grenville 1965 – 1967). Rapport géologique 161, Ministère des Richesses naturelles, Direction générale des Mines, 89 p. + 10 cartes.
- Ministère de l'environnement du Québec. Système d'information hydrogéologique (base de données SIH).
- Ministère de l'environnement du Québec, 2002. Règlement sur le captage des eaux souterraines, Q-2, r.1.3.
- Ministère de l'environnement du Québec, 2001. Règlement sur la qualité de l'eau potable du Québec.
- Ministère de l'environnement du Québec, 2000. Données météorologiques. (SIMAT)
- Ministère de l'Environnement du Québec, 1994. Attention aux nitrates dans l'eau potable. Dépliant d'information et de sensibilisation aux problèmes des nitrates dans l'eau produit par le MENV. UPA, Comité de santé environnementale du Québec et Fédération des CLSC du Québec
- Monfet, J., 1979. Évaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée, Service de l'hydrométrie, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, H.P.51, 35 p.
- Santé Canada, 1997. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.
- TechnoRem et INRS-ETE, 2004. Projet de développement et d'application d'outils scientifiques pour la gestion et la préservation des ressources en eau souterraine. Municipalité de Lac-Beauport, RD01-08, 205 p + 33 tab. + 46 fig. + 10 annexes.
- Vukovic, M., Soro, A., 1992. Determination of hydraulic conductivity of porous media from grain-size composition, *Littleton, Water Resources Pub.* 83 p.