

## **5 DÉTERMINATION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION**

Étant donné la différence entre les deux nappes aquifères des secteurs Carleton et St-Omer, la méthode utilisée pour déterminer les périmètres de protection a donc été adaptée en fonction du contexte de l'aquifère.

### **5.1 Secteur St-Omer**

#### **5.1.1 Méthodologie**

Étant donné le contexte géologique et environnemental de ces puits, ainsi que les informations recueillies pendant sa construction, les méthodes de rayon calculés à l'aide des solutions analytiques de Todd (1980) et Bear (1979) ont été retenues pour tracer l'aire d'alimentation et les périmètres de protection. L'interprétation des résultats des essais de pompage a aussi servi à vérifier les résultats obtenus de ces méthodes analytiques.

#### **5.1.2 Généralités**

L'étendue de la formation granulaire hôte à la nappe phréatique est relativement bien délimitée suite à des travaux de géophysique et de forages réalisés antérieurement. Il s'agit d'une vallée enfouie très large (environ 500 m) dont le potentiel hydrogéologique se concentre dans le secteur immédiat de la rivière Stewart. L'étendue de cette formation granulaire devient plus étroite immédiatement au nord des puits de pompage. À l'endroit du piézomètre STOM-2, le roc serait à environ 10 m de la surface du sol, tout comme dans le secteur situé immédiatement à l'ouest de la rivière Stewart. Le roc affleure en surface à l'endroit du chemin de fer, au nord du secteur.

#### **5.1.3 Piézométrie**

Le relief du secteur à l'étude est faible avec une pente douce et constante de 1 % vers le Sud en direction de la Baie des Chaleurs. Au repos, la rivière est en charge par rapport à la nappe aquifère dans le secteur des puits. Au débit global de 500 guspm pompé dans les deux puits, l'élévation des rabattements à l'endroit des puits (0,25 et 0,39 respectivement pour les puits P1-SO et P2-SO) est inférieure à l'élévation de la rivière Stewart (0,64m à l'endroit du piézomètre Pz4-SO). L'aire d'alimentation du secteur des puits St-Omer intercepte la rivière Stewart. L'exploitation des puits augmente le gradient vers l'aquifère, ce qui amplifie la recharge hydraulique par rapport à la rivière.

La direction de l'écoulement se fait vers le sud avec un gradient de 0,001. Toutefois, la valeur du gradient peut varier sensiblement en fonction des moments de mesure vs l'amplitude des marées, vs la distance des points de mesure par rapport à la côte. Les élévations du niveau statique des puits et du piézomètre sont présentées au tableau Va.

| Date                    | Endroit    | Rivière Stewart     | P1-SO | P2-SO | Pz1-SO | Pz2-SO | Pz4-SO | STOM-2 |
|-------------------------|------------|---------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 02-09-03 <sup>(1)</sup> | Élev. n.s. | 0,64 <sup>(2)</sup> | 0,89  | 0,84  | 0,87   | 0,83   | 0,81   | 1,00   |

(1) avant le début de l'essai de pompage longue durée

(2) au niveau du piézomètre Pz4-SO

**Tableau Va : Élèvement des niveaux statiques, secteur St-Omer**

La distance entre les puits et piézomètres est indiquée dans le tableau suivant.

|        | P1-SO | P2-SO | Pz1-SO | Pz2-SO | STOM-2 | Pz4-SO |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| P1-SO  | 0     | 36    | 1      | 15     | 36     | 106    |
| P2-SO  | 36    | 0     | 37     | 24     | 59     | 108    |
| Pz1-SO | 1     | 37    | 0      | 16     | 37     | 106    |
| Pz2-SO | 16    | 24    | 37     | 0      | 39     | 110    |
| STOM-2 | 36    | 59    | 37     | 39     | 0      | 145    |
| Pz4-SO | 106   | 108   | 106    | 110    | 145    | 0      |

**Tableau Vb : Distances entre les points de mesure, secteur St-Omer**

#### 5.1.4 Aire d'alimentation

Le périmètre de protection éloignée correspond à l'aire d'alimentation d'un puits et vise à protéger l'ouvrage contre les substances polluantes persistantes (chlorures, nitrates, pesticides, phénols et autres dérivés du pétrole, etc...). L'aire d'alimentation d'un puits est définie comme étant la surface du sol qui se trouve au-dessus de l'eau souterraine interceptée par l'ouvrage de captage.

##### 5.1.4.1 Modèle théorique (TODD, 1980), P1-SO et P2-SO

La limite de l'aire d'alimentation peut être obtenue par calculs selon un modèle théorique (Todd, 1980), en assumant les hypothèses de base suivantes :

- L'aquifère est homogène, isotrope et présente un champ d'écoulement uniforme.
- Le puits de captage est en pompage depuis suffisamment de temps pour être en condition dynamique stationnaire.

Dans ces conditions, l'aire d'alimentation prend la forme d'une parabole ouverte vers l'amont, avec le puits de captage comme foyer. Les équations du modèle proposé sont les suivantes :

$$A = Q/2\pi Kbi \quad L = Q/Kbi \quad B = L/2$$

Où

A : distance à la limite aval de la zone d'appel au puits de pompage (m)

L : largeur maximale de la zone de captage hydrauliquement en amont du puits (m)

B : largeur de la zone de captage au niveau du puits (m)

Q : débit de pompage du puits (m<sup>3</sup>/j)

K : conductivité de la formation aquifère (m/j)

b : épaisseur saturée de la formation aquifère (m)

i : gradient hydraulique régional (sans unité)

Un débit moyen journalier estimé à 2725 m<sup>3</sup>/j (500 guspm) a été retenu pour l'évaluation de l'aire d'alimentation. Ce débit correspond au débit cumulé des deux puits pendant l'essai de pompage longue durée en simultané, mais aussi au débit de pointe pompé dans chacun des puits tel que le démontre le tableau IVa à l'annexe IV. Les valeurs des paramètres retenues pour les calculs de l'aire d'alimentation et de périmètres de protection sont présentées au tableau suivant :

| PARAMÈTRES               | UNITÉ             | VALEUR RETENUE |
|--------------------------|-------------------|----------------|
| Q, (débit de pompage)    | m <sup>3</sup> /j | 2725           |
| K (perméabilité)         | m/j               | 500            |
| b (épaisseur)            | m                 | 15             |
| i (gradient hydraulique) | Sans unité        | 0,001          |

Tableau Vc : Valeurs retenues pour les calculs de l'aire d'alimentation

Les valeurs de K et de b ont été détaillées à la section 3.1.4

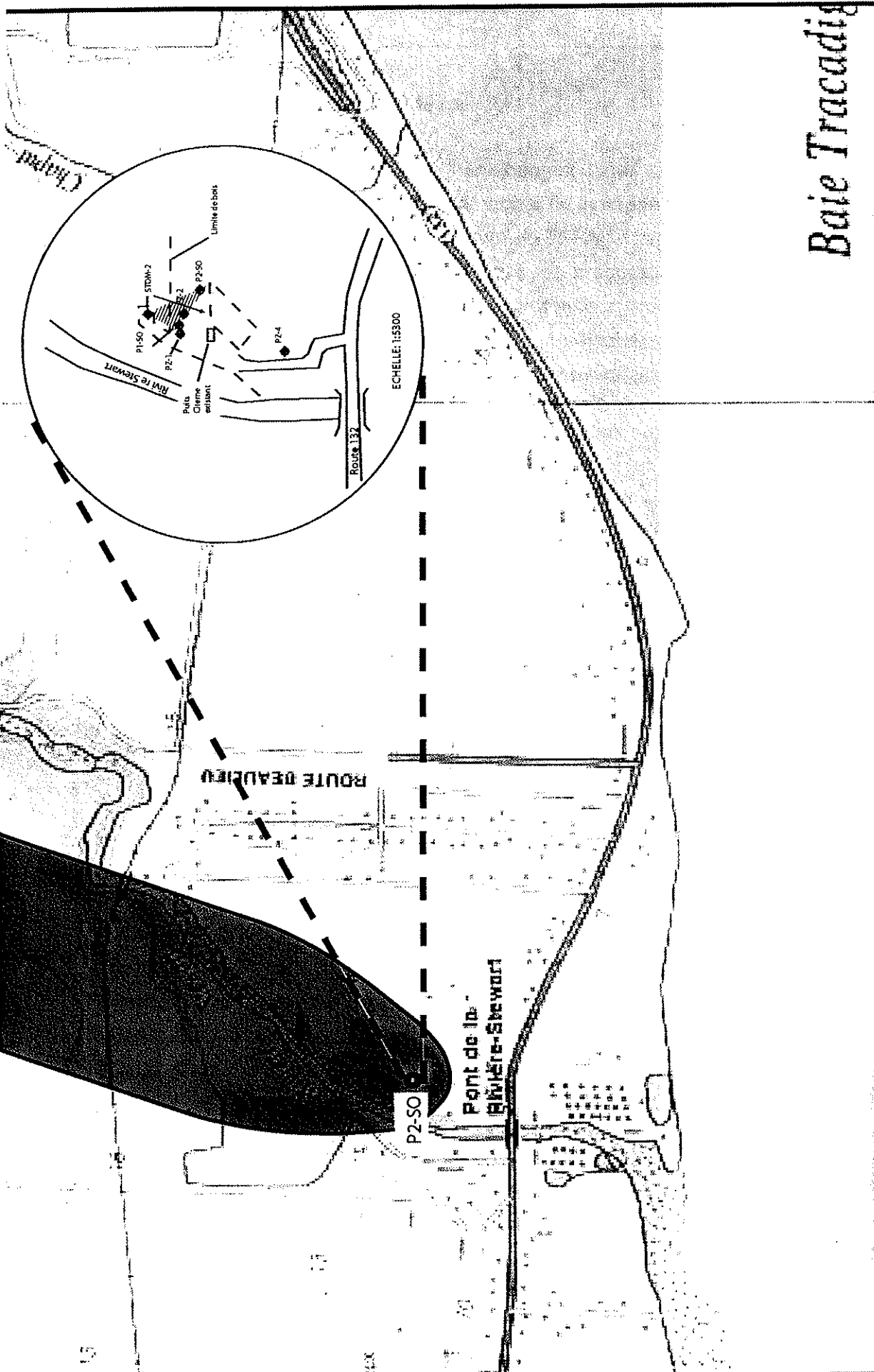
Les résultats des calculs pour le secteur englobant les puits P1-SO et P2-SO, sont consignés au tableau suivant :

| Note : toutes les valeurs sont en mètres | Puits P1-SO et P2-SO TODD |
|--|---------------------------|
| A  | 58                        |
| L  | 363                       |
| B  | 182                       |

Tableau Vd : Axes en mètres de l'aire d'alimentation

Le résultat des calculs est présenté à l'annexe VI, et est représenté à la figure 5.

# Baie Tracadig



|  |  |                               |                                       |
|--|--|-------------------------------|---------------------------------------|
| <p>Client: Ville de Carleton - St-Omer</p> <p>Projet: Optimisation des puits</p> <p>Figure 5: Piézométrie et aire d'alimentation secteur St-Omer</p> |  | <p>Dessiné par: S. Paquet</p> | <p>Approuvé par: S. Rodrigue géo.</p> |
|  |  | <p>Échelle: 1 : 10 000</p>    | <p>No. projet: 5334</p>               |
| <p>Octobre 2003</p>  |  |                               |                                       |

### 5.1.5 Vulnérabilité de la nappe

La méthode DRASTIC est certainement l'une des méthodes les plus utilisées en Amérique du Nord pour évaluer la vulnérabilité de la nappe phréatique. Elle fut développée aux États-Unis par le NWWA, pour le compte de l'EPA. Cette méthode intègre sept paramètres physiques différents qui interviennent dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants. Ces paramètres sont : la profondeur de la nappe phréatique (ou du toit de l'aquifère pour une nappe captive), l'infiltration efficace, le milieu aquifère, le type de sol, la topographie, la zone non saturée et la conductivité hydraulique de l'aquifère.

Une cote numérique est attribuée à chacun des sept paramètres mentionnés plus haut. Pour le calcul de l'indice DRASTIC, on doit multiplier le poids prédéfini de chacun des paramètres par la cote attribuée selon la méthode. La somme des cotes multipliées par leur poids respectif donne l'indice DRASTIC dont les valeurs sont comprises entre 23 et 226.

L'interprétation globale des résultats indique un indice DRASTIC fort, la valeur étant de 191. Les résultats sont compilés au tableau VIIa consigné à l'annexe VII.

En conséquence, l'indice DRASTIC indique que l'utilisation de ce puits pourrait avoir un impact sur l'agriculture en interdisant l'épandage de déjections animales, de compost de ferme, d'engrais minéraux et de matières résiduelles fertilisantes dans l'aire d'alimentation.

Le secteur immédiat des puits est zoné blanc mais est bordé de zone agricole non exploitée (voir carte du zonage agricole à l'annexe IX).

Ce secteur est localisé en bordure d'une zone agricole au nord et d'une gravière à l'ouest de la rivière Stewart. Bien que la gravière ne soit plus exploitée tout comme les terrains agricoles, ce secteur demeure à risque si ces activités devaient reprendre. Tel que mentionné initialement, il y a déjà eu un problème de manifestation périodique de coliformes (totaux et fécaux) dans le passé, probablement relié à l'activité agricole dans ce secteur, la rivière étant en charge direct par rapport à la nappe aquifère. Pour ce qui est de la gravière, le fait qu'elle est située du côté ouest de la rivière limite le risque probable.

### 5.1.6 Périmètres de protection

Le périmètre de protection immédiate. L'installation actuelle répond aux normes demandées.

Les périmètres de protection rapprochée (bactériologique et virologique) correspondent à la distance théorique que l'eau doit parcourir pour aboutir à l'ouvrage de captage dans un délai suffisant pour que la contamination de nature bactérienne ou virale se résorbe. Le temps de migration pour l'aire de protection bactériologique a été fixé à 200 jours, et à 550 jours pour l'aire de protection virologique. La solution analytique développée par Bear (1979) pour déterminer le temps de parcours horizontal de l'eau souterraine en amont d'un puits, a été utilisée pour fin de comparaison :

$$t = nd / Ki - (Qn / 2\pi K^2 i^2 b) \ln (1 + 2\pi K b i d / Q)$$

où K = Conductivité hydraulique (m/j)

i = gradient hydraulique

n = porosité efficace

Q = débit pompé (m<sup>3</sup>/j)

b = épaisseur saturée du milieu aquifère (m)

d = distance amont jusqu'au puits de pompage

t = temps de parcours entre l'isochrone (200 ou 550 jours) et le puits de pompage

Cette solution considère toutefois que le milieu est homogène. Considérant cette hypothèse, nous proposons une porosité efficace de 30 % représentative d'une formation de sable et gravier.

En utilisant les paramètres précédents, on obtient les distances en mètre compilées au tableau suivant :

| Note : les valeurs sont en mètre, scénario | débit moyen<br>2725 m <sup>3</sup> /j |
|--|---------------------------------------|
| 200 jours (protection bactériologique)     | 461                                   |
| 550 jours (protection virologique)         | 1090                                  |

**Tableau Ve : Distances en mètres des périmètres de protection**

La surface correspondant à ces périmètres de protection sont illustrés par les formes régulières entourant les puits de pompage sur la figure 5. Le résultat des calculs est présenté à l'annexe VI.

Les équations utilisées pour les calculs sont basées sur une nappe aquifère homogène et isotrope pour un champ d'écoulement uniforme. Ces conditions sont rarement rencontrées dans la nature, mais les valeurs calculées sont toutefois retenues.



## **5.2 Secteur Carleton**

### **5.2.1 Méthodologie**

Étant donné le contexte géologique et environnemental de ces puits, ainsi que les informations recueillies pendant sa construction, les méthodes de rayon calculés à l'aide des solutions analytiques de Bear (1979) et Todd (1980) ont été retenues pour tracer approximativement l'aire d'alimentation, et les périmètres de protection ont été basé sur le calcul du bilan de masse et l'interprétation des résultats des essais de pompage.

### **5.2.2 Généralités**

Les roches fissurées sont des milieux assez complexes en raison de leur comportement tant hydraulique que mécanique. Les fissures sont orientées suivant des directions parallèles et perpendiculaires aux poussées tectoniques qui les ont produites.

L'orientation des fractures n'est pas définie d'une façon précise. Leur distribution dans l'espace est liée aux phénomènes géologiques et mécaniques menant à leur formation. Les principales discontinuités permettant la circulation des eaux souterraines sont les failles, les diaclases et les joints de décompression.

Suite au peu d'informations géologiques et structurales du secteur à l'étude, nous avons complété les informations disponibles par les résultats du levé géophysique et l'interprétation des essais de pompage.

Aucun affleurement rocheux n'a été noté dans le secteur montagneux. La couche de dépôts meubles recouvrant le socle rocheux augmente vers le Nord. Cette couche est de 3,96 m au puits P1-C, et de 8,5 m au puits P2-C.

### 5.2.3 Piézométrie

Le relief du secteur à l'étude est faible avec une pente douce et constante de 3,5% vers le sud en direction de la Baie des Chaleurs. Le puits P1-C est situé à 750 m au sud de la limite des montagnes. Les puits P1-C et P2-C sont localisés dans la Formation de Bonaventure caractérisée par ses grès conglomératiques de couleur rouge.

La direction de l'écoulement se fait vers le sud avec un gradient de 0,02. Les élévations du niveau statique des puits et du piézomètre sont présentées au tableau Vf.

| Date     | Endroit          | P1-C  | P2-C  | Pz1-C | P-Privé |
|----------|------------------|-------|-------|-------|---------|
| 23-08-03 | Élév n. statique | 26,08 | 31,86 | 26,10 | 34,40   |

Tableau Vf : Élévation des niveaux statiques, secteur Carleton

#### 5.2.4 Aire d'alimentation

Le périmètre de protection éloignée correspond à l'aire d'alimentation d'un puits et vise à protéger l'ouvrage contre les substances polluantes persistantes (chlorures, nitrates, pesticides, phénols et autres dérivés du pétrole, etc...). L'aire d'alimentation d'un puits est définie comme étant la surface du sol qui se trouve au-dessus de l'eau souterraine interceptée par l'ouvrage de captage.

##### 5.2.4.1 Modèle théorique (TODD, 1980), P1-C

La limite de l'aire d'alimentation peut être obtenue par calculs selon un modèle théorique (Todd, 1980), en assumant les hypothèses de base suivantes :

- L'aquifère est homogène, isotrope et présente un champ d'écoulement uniforme.
- Le puits de captage est en pompage depuis suffisamment de temps pour être en condition dynamique stationnaire.

Dans ces conditions, l'aire d'alimentation prend la forme d'une parabole ouverte vers l'amont, avec le puits de captage comme foyer. Les équations du modèle proposé sont les suivantes :

$$A = Q/2\pi Kbi \quad L = Q/Kbi \quad B = L/2$$

Où

A : distance à la limite aval de la zone d'appel au puits de pompage (m)

L : largeur maximale de la zone de captage hydrauliquement en amont du puits (m)

B : largeur de la zone de captage au niveau du puits (m)

Q : débit de pompage du puits (m<sup>3</sup>/j)

K : conductivité de la formation aquifère (m/j)

b : épaisseur saturée de la formation aquifère (m)

i : gradient hydraulique régional (sans unité)

Un débit moyen journalier estimé à 2385 m<sup>3</sup>/j (438 guspm) a été retenu pour l'évaluation de l'aire d'alimentation. Les valeurs retenues sont présentées au tableau suivant :

| PARAMÈTRES               | UNITÉ             | VALEUR RETENUE |
|--------------------------|-------------------|----------------|
| Q, (débit de pompage)    | m <sup>3</sup> /j | 2385           |
| K (perméabilité)         | m/j               | 117            |
| b (épaisseur)            | m                 | 4              |
| i (gradient hydraulique) | Sans unité        | 0,02           |

**Tableau Vg : Valeurs retenues pour les calculs de l'aire d'alimentation**

Les valeurs de K et de b ont été détaillées à la section 3.2.4.1

Les résultats des calculs pour le puits P1-C, sont consignés au tableau suivant :

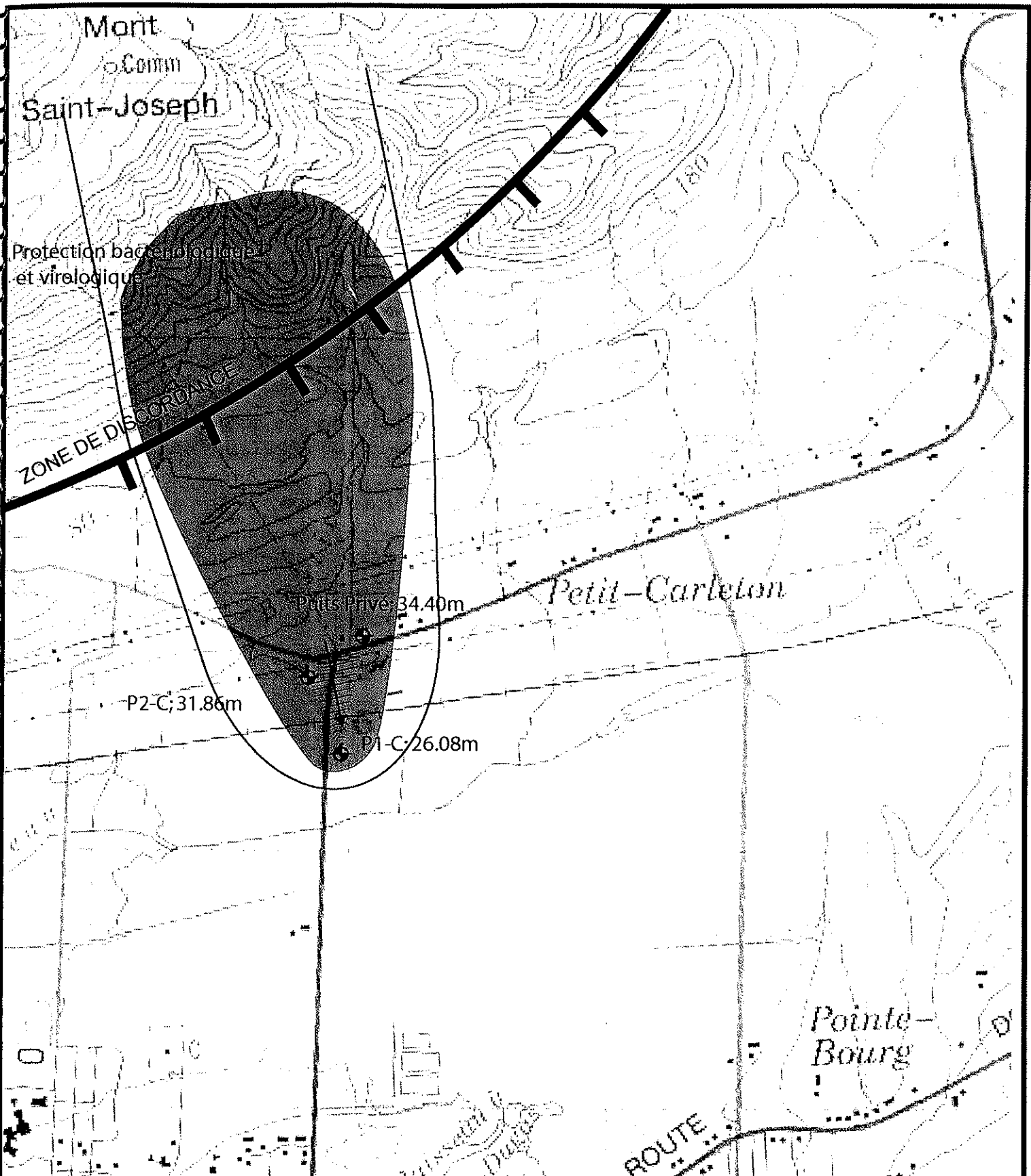
| Note : toutes les valeurs sont en mètres | Puits P1-C Scénario 1 * | Puits P2-C Scénario 2 * | Puits P1-C Scénario 3 * | Puits P1-C Scénario 5 * |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A  | 40                      | 37                      | 64                      | 40                      |
| L  | 254                     | 234                     | 405                     | 1310                    |
| B  | 127                     | 117                     | 202                     | 635                     |

\* voir description des scénarios à la page 60

**Tableau Vh : Axes en mètres de l'aire d'alimentation**

Le résultat des calculs est présenté à l'annexe VI, et est représenté à la figure 6.

Bien que ce modèle qui forme une parabole avec un axe nord-sud avec le puits P1-C comme centre d'origine semble convenir, une vérification sommaire du bilan de masse dans l'aire d'alimentation s'impose.



LÉGENDE

- Puits
- Direction d'écoulement
- Limites bassin d'infiltration



Octobre 2003

Client: Ville de Carleton - St-Omer

Projet: Optimisation des puits

Figure 6: Piézométrie et aire d'alimentation secteur Carleton

Dessiné par: L.-C. Boutin

Échelle: 1 : 20 000

Approuvé par: S. Rodrigue géo

No. projet: 5334

### 5.2.4.2 Bilan de masse

Basée sur les données de précipitation provenant de Météomédia (valeur moyenne des précipitations enregistrées à l'aéroport de Charlo, N.B. sur une période de 30 ans), la valeur moyenne est de 1055 mm/an.

Le secteur immédiatement en amont du puits est plutôt plat, mais à 750 m en amont, le relief devient légèrement montagneux.

Étant donné la composition peu perméable des sols rencontrés à l'endroit du puits et de la faible topographie générale, la recharge par l'eau de ruissellement serait donc faible. En proposant un pourcentage d'infiltration conservateur de 20 %, l'infiltration serait de l'ordre de 211 mm/an.

Le bilan de masse doit-être d'au moins 438 guspm (2385 m<sup>3</sup>/j).

En fonction des paramètres obtenus par la méthode de TODD, le volume d'infiltration serait de :

| SCÉNARIO         | SUPERFICIE (m <sup>2</sup> ) | % INFILTRATION | PRÉCIPITATION (mm) | RECHARGE (m <sup>3</sup> /j) | % RECHARGE |
|------------------|------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------|------------|
| (1) TODD         | 7,38 x 10 <sup>4</sup>       | 20             | 1055               | 43                           | 1,8        |
| (2) TODD         | 6,85 x 10 <sup>4</sup>       | 20             | 1055               | 40                           | 1,7        |
| (3) TODD         | 1,475 x 10 <sup>5</sup>      | 20             | 1055               | 85                           | 3,6        |
| (4) TODD contact | 5,925 x 10 <sup>5</sup>      | 20             | 1055               | 342                          | 14,3       |
| (1) TODD x 5     | 1,31 x 10 <sup>6</sup>       | 20             | 1055               | 755                          | 31,7       |

Tableau Vi : Volume de recharge par infiltration au secteur Carleton

Le volume correspondant à l'aire d'alimentation selon TODD doit donc être vérifié pour permettre une recharge de la nappe aquifère correspondant au débit pompé. Cet ajustement est plausible dans le contexte géologique du secteur.

Dans le premier scénario, la surface calculée correspond à la longueur des axes évalués par la méthode TODD pour le débit maximal du puits P1-C. La surface calculée s'étend jusqu'au chemin du Deuxième Rang et représente environ 1,5 % de la recharge nécessaire.

Dans le deuxième scénario, la surface calculée correspond à la longueur des axes évalués par la méthode TODD pour le débit maximal (260 guspm) du puits P2-C. La surface calculée s'étend jusqu'au chemin du Deuxième Rang et représente environ 1,7 % de la recharge nécessaire.

Dans le troisième scénario, la surface calculée correspond à la longueur des axes évalués par la méthode TODD pour le débit maximal global des puits P1-C et P2-C pompé dans le puits P2-C. Ce scénario est relativement semblable à la surface que donnerait le scénario 1 incluant la surface correspondant au pompage du puits P2-C pour un débit de 260 guspm. La surface calculée s'étend jusqu'au chemin du Deuxième Rang et représente environ 3,6 % de la recharge nécessaire.

Dans le quatrième scénario, la surface du troisième scénario est prolongée jusqu'à la zone de discordance (contact de deux formations) géologique. La surface représente maintenant environ 14,6 % de la recharge nécessaire.

En comparaison, dans le cinquième scénario, la surface calculée correspond à la longueur des axes évalués par la méthode TODD pour le débit maximal du puits P1-C, multiplié par un facteur de 5. La surface calculée s'étend sur 1250 m en amont du puits P1-C, presque à la zone de discordance, et représente 31,7% de la recharge nécessaire. La distance de 1250 m représente environ la zone de discordance géologique marquant le contact entre la formation géologique et la Formation de Bonaventure.

La zone agricole en amont du puits P1-C ne fournit donc qu'un très faible apport, évalué à moins de 4% du volume de recharge nécessaire basé sur un débit d'exploitation total de 698 (438 + 260) guspm.

### 5.2.4.3. Méthode de cartographie basée sur la topographie et la géologie

L'aire d'alimentation a donc été évaluée en fonction du bassin de recharge et du contexte géologique dans le secteur du puits. La topographie en amont du puits est fortement montagneuse avec une pente prononcée se dirigeant vers la Baie des Chaleurs. Une surface pouvant correspondre à l'aire d'alimentation peut-être obtenue par cartographie hydrogéologique basée sur l'interprétation de carte topographique et géologique. La direction d'écoulement a été déterminée selon les mesures effectuées dans les puits et le piézomètre. Les courbes topographiques ont été utilisées pour identifier le bassin de recharge par la délimitation des lignes de partage des eaux. Le bassin de recharge est représenté à la figure 6.

Donc en se basant sur le fait que l'eau circule principalement par les fractures, que la recharge se produit dans une zone favorable, que des affleurements rocheux soient visibles, que la topographie est montagneuse et que l'aire d'alimentation doit être étendue, l'aire d'alimentation proposée est représentée à la figure 6. La forme parabolique de la méthode de TODD a été conservée comme guide représentant un axe le long duquel l'écoulement de l'eau souterraine est relativement rapide. La surface retenue corrige le quatrième scénario en ouvrant les limites de la parabole de façon à inclure des ruisseaux provenant de la zone montagneuse de l'aire d'alimentation.

Comme les aquifères en milieu rocheux sont hétérogènes et anisotropes, il est probable que l'aire d'alimentation se prolonge en direction Nord-Ouest pour permettre à un plus grand volume d'eau de s'infiltrer dans le socle rocheux pour ainsi de diriger vers la faille sous l'effet de la topographie.

Comme la déposition des sédiments sablonneux allant composer la Formation de Bonaventure est tardive par rapport à l'âge des formations géologiques formant les montagnes localisées dans l'aire de recharge, la zone de contact (notée comme discordance sur la carte géologique) entre ces formations peut donc jouer un rôle important dans la recharge en eau souterraine.

Suite à l'interprétation des résultats d'analyses bactériologique-chimique, la zone située en périphérie immédiate semble avoir un moindre impact dans la zone de recharge. Ce secteur est caractérisé par une accumulation de dépôts dont la granulométrie est relativement étalée, et peu propice à la circulation de l'eau, ce qui explique possiblement les valeurs constantes en nitrates-nitrites (voir tableau Vj) depuis la construction du puits P1-C, et ce, bien que ce secteur agricole soit exploité depuis plusieurs décennies.



### 5.2.5 Vulnérabilité de la nappe

La méthode DRASTIC est certainement l'une des méthodes les plus utilisées en Amérique du Nord pour évaluer la vulnérabilité de la nappe phréatique. Elle fut développée aux États-Unis par le NWWA, pour le compte de l'EPA. Cette méthode intègre sept paramètres physiques différents qui interviennent dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants. Ces paramètres sont : la profondeur de la nappe phréatique (ou du toit de l'aquifère pour une nappe captive), l'infiltration efficace, le milieu aquifère, le type de sol, la topographie, la zone non saturée et la conductivité hydraulique de l'aquifère.

Une cote numérique est attribuée à chacun des sept paramètres mentionnés plus haut. Pour le calcul de l'indice DRASTIC, on doit multiplier le poids prédéfini de chacun des paramètres par la cote attribuée selon la méthode. La somme des cotes multipliées par leur poids respectif donne l'indice DRASTIC dont les valeurs sont comprises entre 23 et 226.

L'interprétation des résultats indique un indice DRASTIC moyen à l'endroit du puits P1-C et P2-C, les valeurs étant de 146 et 140 respectivement. Les résultats sont compilés aux tableaux VIIb et VIIc consignés à l'annexe VII. Ce secteur est vulnérable.

Toutefois, tel que démontré dans la section 5.2.4.2 sur le bilan de masse, ce secteur n'a qu'un apport minime à la recharge de la nappe aquifère. Comme ce secteur est utilisé à des fins agricoles depuis des décennies, une comparaison des résultats d'analyses chimiques du paramètre nitrates-nitrites a été réalisée.

Des échantillons d'eau ont été prélevés à la sortie du puits P1-C et dans le réseau alimenté par ce puits depuis 1989, date de construction du puits P1-C. Ces résultats d'analyses pour le paramètre nitrites-nitrates sont disponibles et ont été compilés au tableau Vj. Les certificats d'analyses sont consignés à l'annexe VIII.

| Date              | 06-10-89<br>pompage 72 h |      | 10-04-02         | 09-10-02           | 07-01-03           | 16-04-03           | 28-08-03<br>pompage 72 h |
|-------------------|--------------------------|------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
|                   | 24 h                     | 72 h |                  |                    |                    |                    |                          |
| Nitrates-Nitrites | 1,51                     | 0,89 | 1,70             | 1,44               | 1,56               | 1,34               | 72 h<br>1,70             |
| réseau            | Carleton Est             |      | Carleton Est     | Carleton Est       | Carleton Est       | Carleton Est       | Carleton Est             |
| Lieu prélèvement  | Puits P1-C               |      | Garage municipal | Dépanneur Lapointe | Dépanneur Lapointe | Dépanneur Lapointe | Puits P1-C               |

Tableau Vj : Résultats d'analyses pour le paramètre nitrites-nitrates, puits P1-C

L'analyse du paramètre nitrites-nitrates a été effectuée pour vérifier si l'épandage de déjections animales réalisé périodiquement dans le secteur du puits P2-C avait des répercussions sur la qualité de l'eau. Ces résultats laissent présager que même si l'agriculture est pratiquée dans ce secteur depuis plusieurs générations, la conséquence de l'épandage est relativement faible étant donné la constance des résultats d'analyses. La présence de nitrites-nitrates pourrait être expliquée par le fait que l'apport de la recharge de ce secteur est relativement faible par rapport à la recharge totale provenant des montagnes, ce qui semble régulariser la concentration de ce paramètre. À la vue des résultats d'analyses disponibles, la vulnérabilité de ce secteur pourrait donc être relativement peu influente sur la qualité de l'eau de la recharge, à la condition que les pratiques actuelles agricoles et d'épandage ne soient pas changées.

Toutefois, pour ce qui est de l'exploitation du puits P2-C, les résultats d'analyses chimiques pour nitrites-nitrates varient de 0,38 et 0,43 pour les échantillons 24 et 72 heures. Étant donné que les résultats d'analyses chimiques pour nitrites-nitrates du puits P1-C sont supérieurs à ceux du puits P2-C, il est possible que ces données représentent les concentrations maximales étant donné que ce puits est en opération depuis plusieurs années.

Pour ce qui est de l'aire d'alimentation en amont du secteur agricole, la présence d'affleurements dans ce secteur le rend potentiellement vulnérable. Toutefois, ce secteur est caractérisé par un territoire forestier s'étendant vers le Nord, sur plusieurs kilomètres. Ce territoire est zoné blanc à l'exception du secteur du puits qui est zoné agricole (voir carte du zonage agricole à l'annexe IX).

En conséquence, l'indice DRASTIC indique que l'utilisation de ce puits a un impact sur l'agriculture bien que la conséquence de l'épandage, vérifiée sommairement par des résultats d'analyses sur les nitrates-nitrites depuis les 14 dernières années, démontre une constance des résultats d'analyses sous le seuil de 5 mg/l indiqué à l'article 27 du RCES.

Si l'indice DRASTIC d'un secteur est inférieur à 100, ce règlement permettrait à une agglomération d'interdire l'épandage de déjections animales, de compost de ferme, d'engrais minéraux et de matières résiduelles fertilisantes dans des portions définies de l'aire d'alimentation si la concentration de nitrates dans le puits excédait 5 mg/L à deux reprises, dans le cadre du suivi réglementaire de la qualité de l'eau du réseau alimenté par le puits. Selon les résultats d'analyses sur les nitrates-nitrites disponibles du secteur Carleton, la limite de 5 mg/L n'a jamais été atteinte.

### 5.2.6 Périmètres de protection

Le périmètre de protection immédiate. Une clôture sécuritaire d'une hauteur minimale de 1,8 mètre doit être installée aux limites de ce périmètre de protection immédiate. Une affiche doit être apposée indiquant la présence d'une source d'eau souterraine destinée à des fins de consommation humaine. À l'intérieur du périmètre de protection immédiate sont interdits les activités, les installations ou les dépôts de matières ou d'objets qui risquent de contaminer l'eau souterraine, à l'exception, lorsque aménagé de façon sécuritaire, de l'équipement nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage de captage. La finition du sol à l'intérieur de ce périmètre doit être réalisée de façon à prévenir le ruissellement de l'eau vers le puits.

Les périmètres de protection rapprochée (bactériologique et virologique) correspondent à la distance théorique que l'eau doit parcourir pour aboutir à l'ouvrage de captage dans un délai suffisant pour que la contamination de nature bactérienne ou virale se résorbe. Le temps de migration pour l'aire de protection bactériologique a été fixé à 200 jours, et à 550 jours pour l'aire de protection virologique. La solution analytique développée par Bear (1979) pour déterminer le temps de parcours horizontal de l'eau souterraine en amont d'un puits, a été utilisée pour fin de comparaison :

$$t = nd / Ki - (Qn / 2\pi K^2 i^2 b) \ln (1 + 2\pi K b i d / Q)$$

où K = Conductivité hydraulique (m/j)

i = gradient hydraulique

n = porosité efficace

Q = débit pompé (m<sup>3</sup>/j)

b = épaisseur saturée du milieu aquifère (m)

d = distance amont jusqu'au puits de pompage

t = temps de parcours entre l'isochrone (200 ou 550 jours) et le puits de pompage

Cette solution considère toutefois que le milieu est homogène. Considérant cette hypothèse, nous proposons une porosité efficace de 20 % représentative d'une formation de grès peu induré.

En utilisant les paramètres précédents, on obtient les distances en mètre compilées au tableau suivant :

| Note : les valeurs sont en mètre, scénario | Scénario 1<br>débit moyen<br>2385 m <sup>3</sup> /j | Scénario 2<br>débit moyen<br>1415 m <sup>3</sup> /j | Scénario 3<br>débit moyen<br>3800 m <sup>3</sup> /j |
|--|---|---|---|
| 200 jours (protection bactériologique)     | 2510  | 1170  | 2585  |
| 550 jours (protection virologique)         | 6645  | 3025  | 6740  |

**Tableau Vk : Distances en mètres des périmètres de protection**

La surface retenue correspondant à ces périmètres de protection est illustrée à la figure 6. Le scénario no 3 a été retenu étant donné l'influence relative de l'utilisation des puits P1-C et P2-C. Il est important de noter que l'étendue réelle ne peut-être défini précisément étant donné qu'un fort pourcentage de la recharge provient du secteur montagneux, ce qui diminue l'aire de recharge dans la Formation de Bonaventure. Le résultat des calculs est présenté à l'annexe VI.

Toutefois, les équations utilisées pour les calculs sont basées sur une nappe aquifère homogène et isotrope pour un champ d'écoulement uniforme. Étant donné les conclusions retirées du calcul du bilan de masse (voir section 5.2.4.2), les périmètres de protection devraient correspondre davantage au secteur de recharge.

L'utilisation de la méthode analytique de BEAR ne s'applique pas dans ce contexte d'aquifère en milieu hétérogène et anisotrope dont l'écoulement n'est pas uniforme. Les formes régulières obtenues par cette méthode ne seraient pas représentatives. La méthode de cartographie a donc été retenue. À cause de la condition hétérogène et anisotrope de la nappe aquifère, les zones les plus susceptibles à une contamination bactériologique et virologique sont les zones d'affleurements rocheux les plus rapprochées du puits, naturellement associées à la recharge d'aquifère en milieu rocheux. Ces zones se retrouvent en amont du secteur agricole. À cause de son relief, aucune pratique agricole n'est réalisée dans le secteur montagneux. Les périmètres de protection sont représentés à la figure 6.