



RÉGIE RÉGIONALE  
DE LA SANTÉ ET DES  
SERVICES SOCIAUX  
**MONTÉRÉGIE**

DIRECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE

**LA CONTAMINATION DE L'EAU DES PUIXS PRIVÉS  
PAR LES NITRATES EN MILIEU RURAL**

Présenté par:

Danielle Gaudreau, M.Sc.  
Agente de recherche

et Marlène Mercier, M.Sc.  
Agente de planification et de programmation

Module de santé environnementale

Août 1998  
(version corrigée)

Dépôt légal  
Bibliothèque Nationale du Québec  
Bibliothèque Nationale du Canada  
3<sup>ÈME</sup> trimestre 1998  
ISBN: 2-89342-107-5

Ce document est disponible au Module de santé environnementale de la Direction de la santé publique de la Montérégie (514-928-6777 poste 5560) au coût de 10,00 \$.

Le chèque doit être libellé au nom de la RRSSS de la Montérégie

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Mesdames Nathalie Bernier pour son support technique et pour la prise des échantillons, Manon Morin et France Salois pour leur support clérical et Monsieur Robert Bastien pour son support en communication. Nous remercions également Monsieur Yvon Pesant, agronome au MAPAQ ainsi que Madame Carole Meunier de l'UPA pour leur collaboration à la promotion de notre projet auprès des agriculteurs.

Un remerciement particulier à Monsieur Gaétan Carrier pour son aide précieuse à l'analyse des données, à la rédaction du rapport et son support moral. Un remerciement aussi à Messieurs Louis Jacques et Claude Tremblay pour les commentaires, et aussi à toute l'équipe de santé environnementale pour leurs bons conseils lors de notre présentation.

Ce projet a été rendu possible grâce à une subvention conjointe du ministère de la Santé et des Services sociaux et de la Régie régionale de la Santé et des Services sociaux de la Montérégie, dans le cadre du programme de subvention pour projets d'interventions, d'études et d'analyses en santé publique.

Le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF), par sa direction des laboratoires, a été d'une très précieuse collaboration pour l'échantillonnage de toutes les analyses de nitrates dans l'eau des puits. Ce projet fait partie d'un projet réalisé en collaboration avec le sous-comité provincial du CSE, le MEF et d'autres DSP du Québec, soit celles de Québec, Chaudières-Appalaches et Bas-St-Laurent.

## RÉSUMÉ

Les nitrates se retrouvent dans l'environnement de façon naturelle mais de nombreuses activités humaines ont pour effet d'augmenter leur concentration dans l'eau et le sol. L'agriculture est présentée comme la source la plus importante de nitrates lessivés vers les nappes souterraines et les eaux de surface. Les installations septiques déficientes et les bris dans la structure des puits peuvent être aussi des causes de contamination de l'eau par les nitrates.

L'impact le mieux documenté des nitrates sur la santé humaine est le risque de formation de méthémoglobine (forme sous laquelle l'hémoglobine ne peut capter l'oxygène du sang), ce qui diminue l'oxygène disponible pour les cellules. Les nourrissons de moins de trois mois et les femmes enceintes sont plus vulnérables à la méthémoglobinémie. Des risques potentiels de cancérogénicité et de tératogénicité seraient aussi associés à l'ingestion de nitrates.

En 1991, la Montérégie représentait 30% des superficies des terres en culture au Québec, 69% de la culture du maïs-grain, 35% de la production porcine, 39% de l'utilisation d'engrais chimiques et 19% de l'utilisation de purin comme fertilisants. De plus, 18% de la population de cette région s'alimente en eau potable par des puits privés. Pour ces raisons, la pollution des eaux souterraines par les nitrates constitue un sujet de préoccupation pour la santé publique des montérégiens.

L'objectif général de ce projet est d'étudier l'influence des activités agricoles, du type de puits et la composition des sols sur la contamination des puits privés par les nitrates. Pour ce faire, nous avons évalué la présence des nitrates dans l'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable dans des zones à risque de contamination et nous avons vérifié l'association entre, d'une part, la culture du maïs, l'utilisation de fertilisants (engrais chimiques et purins) et l'élevage du porc en milieu agricole et d'autre part, la concentration de nitrates dans l'eau potable. Un objectif secondaire est d'évaluer la validité d'un test colorimétrique pour la mesure de nitrates dans l'eau potable.

Le territoire étudié se situe dans la partie sud-est de la Montérégie et comprend les six MRC suivantes: Acton, Brome-Missisquoi, Haute-Yamaska, Haut-Richelieu, Maskoutains et Rouville. Ces MRC ont été sélectionnées en raison de l'importance de l'approvisionnement en eau souterraine et des pratiques culturelles exercées, susceptibles de lessiver des nitrates. Le projet vise les familles résidant à proximité ou pratiquant les cultures ciblées pour le groupe exposé, et celles ne résidant pas à proximité d'activité

agricole pour le groupe non exposé. La période d'échantillonnage s'est échelonnée de décembre 1995 à février 1996. La mesure des nitrates et une culture bactérienne ont été effectuées dans l'eau de 150 puits privés. L'analyse bactériologique a été effectuée afin de vérifier s'il y a une association entre la présence de bactéries et les nitrates retrouvés dans l'eau potable.

En ce qui concerne les habitudes de consommation de l'eau potable, l'eau provenant du robinet était préférée par la majorité des participants (93% contre 14% pour l'eau embouteillée, 8% l'eau en vrac et 2% l'eau de source). Le tiers des participants possédait un appareil de traitement de l'eau, dont la majorité est des adoucisseurs (39/51). Près de la moitié des participants (48%) ont déjà fait analyser leur eau. Les analyses les plus souvent effectuées sont la recherche des bactéries, du fer et de la dureté.

Les résultats de l'étude montrent les prévalences suivantes de types de cultures au pourtour des résidences exposées, soit 43% pour la culture du maïs, suivie des céréales à 27% et du foin à 17%. Les vergers et la pomme de terre sont faiblement représentés, soit 9% et moins de 1% respectivement. Le boeuf constitue 58% des élevages, le porc 18%, la volaille 7% et 17% d'autres élevages. Les aires de pâturages sont majoritairement situées à plus de 30m du puits, mais 14% sont à moins de 30m. Les produits de fertilisation utilisés sur les terres en culture sont à 41% des engrais chimiques et 36% du fumier ou purin. L'entreposage du fumier est plus ou moins conforme, puisque 49% de l'entreposage se caractérise par un amas de fumier, 34% par une fosse à purin et 8% les deux types d'entreposage.

On retrouve des nitrates dans 35% des 150 puits analysés. La majorité des concentrations détectables de nitrates ne dépassent pas 2 mg/L. Cependant, cinq puits ont des concentrations situées entre 5 et 9,9 mg/L et trois ont présenté des concentrations qui dépassent la norme québécoise actuelle de 10 mg/L. Ces valeurs hors normes se retrouvent entre 14,3 et 28 mg/L. L'analyse des résultats montre que la contamination de l'eau par les nitrates en milieu agricole est plus élevée pour les puits de surface que les puits artésiens. La concentration en nitrates varie également selon les différents types d'activités agricoles. De plus, 75% des puits qui présentent des concentrations supérieures à 5 mg/L sont situés à proximité de la culture du maïs et aucune valeur de nitrates dépassant la norme (10mg/L) n'a été détectée dans l'eau des puits situés dans des zones sans activité agricole. Des différences entre les concentrations de nitrates mesurées pour les deux types de puits apparaissent lorsque l'on considère un même type de sol (sablonneux ou non-sablonneux). Les concentrations moyennes mesurées pour les puits de surface en sols sablonneux sont plus élevées que celles mesurées pour les puits artésiens situés sur le même type de sols. Aucune différence significative n'apparaît entre les puits artésiens situés à proximité des cultures

ciblées en zones sablonneuses et ceux situés en zones non-sablonneuses. De plus, les concentrations moyennes de nitrates mesurées pour les puits artésiens sont équivalentes de celles mesurées pour les puits situés en zone non agricole.

Quinze pour cent (15%) des analyses bactériologiques (22 puits sur 150) étaient au delà des normes pour les coliformes totaux ou fécaux ou les streptocoques fécaux. Les valeurs de coliformes totaux dépassant les normes vont de 13 à 84 bactéries/100 mL. Pour les coliformes fécaux, ces valeurs vont de 1 à 60 bactéries/100 mL d'eau et pour les streptocoques fécaux, de 1 à 74 bactéries/100 mL. Par ailleurs, 53% des puits de surface ont présenté une contamination bactérienne au delà des normes québécoises. De plus, les trois quarts des puits de surface (3 puits sur 4) dont les valeurs de nitrates étaient supérieures à 5 mg/L, ont présenté une contamination bactérienne hors norme. Environ 10% des puits artésiens ont présenté une contamination bactérienne hors norme et 75% de ceux qui ont présenté des décomptes de bactéries coliformes totaux dépassant la norme (<10 bactéries / 100mL) sont associés à des puits de moins de 15 m de profondeur.

Le test colorimétrique s'avère assez exact autant pour les valeurs négatives (non détectables) que pour les valeurs positives de nitrates. Malgré une grande spécificité, sensibilité et valeur prédictive négative, la valeur prédictive positive du test reste faible à cause de la faible prévalence de contamination (surtout pour les résultats de nitrates supérieurs à 5 mg/L). Cependant, on peut améliorer la valeur prédictive positive en répétant le test.

En conclusion, il apparaît que ce sont les puits de surface en zone agricole qui sont les plus susceptibles d'être contaminés par les nitrates, surtout s'ils sont situés en sols sablonneux. Nous effectuerons un suivi dans 50 puits de surface afin de vérifier s'il existe une variation temporelle de la contamination par les nitrates dans l'eau souterraine.

## TABLE DES MATIÈRES

|   |     |
|---|-----|
| LISTE DES TABLEAUX .....  | i   |
| LISTE DES ANNEXES .....   | ii  |
| GLOSSAIRE .....   | iii |
| INTRODUCTION .....  | 1   |
| CHAPITRE 1 - <u>PROBLÉMATIQUE</u> .....                                 | 2   |
| 1.1 Ampleur du problème .....   | 2   |
| 1.2 Risques à la santé .....  | 4   |
| 1.3 Pertinence pour la Montérégie .....                                 | 6   |
| CHAPITRE 2 - <u>OBJECTIFS</u> .....                                     | 10  |
| CHAPITRE 3 - <u>MÉTHODOLOGIE</u> .....                                  | 11  |
| 3.1 Territoire étudié .....   | 11  |
| 3.2 Identification des zones à risque .....                             | 11  |
| 3.3 Populations à l'étude .....   | 12  |
| 3.4 Évaluation des nitrates et des bactéries dans l'eau des puits ..... | 13  |
| 3.4.1 Paramètres d'échantillonnage .....                                | 13  |
| 3.4.2 Période d'échantillonnage .....                                   | 13  |
| 3.5 Validité d'un test colorimétrique .....                             | 14  |
| 3.6 Méthodes d'analyse des données .....                                | 15  |

|  |    |
|--|----|
| CHAPITRE 4 - <u>RÉSULTATS ET ANALYSE DES RÉSULTATS</u> .....           | 16 |
| 4.1 Description du territoire ciblé.....                               | 16 |
| 4.1.1 <b>Populations à l'étude</b> .....                               | 16 |
| 4.1.2 <b>Description du milieu</b> .....                               | 18 |
| 4.2 Résultats d'analyse des puits échantillonnés .....                 | 19 |
| 4.2.1 <b>Résultats des nitrates</b> .....                              | 19 |
| 4.2.2 <b>Résultats bactériologiques</b> .....                          | 24 |
| 4.3.3 <b>Résumé de l'ensemble des résultats</b> .....                  | 26 |
| 4.3 Résultats des analyses effectuées sur le test colorimétrique ..... | 28 |
| CHAPITRE 5 - <u>DISCUSSION ET CONCLUSION</u> .....                     | 31 |
| RÉFÉRENCES .....   | 34 |



**LISTE DES TABLEAUX**

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tableau 1</b>  | Portrait des activités agricoles ciblées pour les MRC de la Montérégie.....  | 7  |
| <b>Tableau 2</b>  | Exemples de résultats permettant de déterminer la validité du test colorimétrique ....   | 14 |
| <b>Tableau 3</b>  | Fréquences des échantillons de nitrates dans les trois groupes d'exposition.....   | 20 |
| <b>Tableau 4</b>  | Concentrations moyennes (géométriques) de nitrates dans l'eau des puits, classées en fonction du type de puits .....                     | 21 |
| <b>Tableau 5</b>  | Influence du type de sol sur la présence de nitrates dans l'eau des puits privés .....   | 22 |
| <b>Tableau 6</b>  | Répartition de la contamination bactérienne hors norme dans les trois groupes d'exposition .....   | 24 |
| <b>Tableau 7</b>  | Influence du type de sol sur la qualité bactériologique de l'eau des puits de surface et artésiens .....                                 | 25 |
| <b>Tableau 8</b>  | Résumé de l'ensemble des résultats de notre étude.....   | 27 |
| <b>Tableau 9</b>  | Validité du test colorimétrique selon les résultats obtenus par le participant.....  | 28 |
| <b>Tableau 10</b> | Validité du test colorimétrique selon le diagnostic de contamination constitué à partir de deux épreuves en parallèle <sup>1</sup> ..... | 30 |

**LISTE DES ANNEXES**

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Annexe I:   | Communiqué de presse .....   | 40 |
| Annexe II:  | Protocoles de prélèvement des échantillons d'eau pour l'analyse<br>en laboratoire des nitrates/nitrites et des bactéries ..... | 42 |
| Annexe III: | Questionnaire sur la qualité de l'eau .....  | 44 |
| Annexe IV:  | Protocole d'utilisation des bâtonnets AQUACHEK pour l'analyse de<br>nitrites/nitrates dans l'eau .....                         | 55 |
| Annexe V:   | Fichier des données .....  | 56 |
| Annexe VI:  | Résultats des tests colorimétriques .....  | 59 |
| Annexe VII: | Résultats des analyses de validité du test colorimétrique .....  | 62 |

**GLOSSAIRE**

|                   |  |
|-------------------|--|
| B-M               | Brome-Missisquoi   |
| CLSC              | Centres locaux de services sociaux                                       |
| CSE               | Comité de santé environnementale   |
| DSP               | Direction de la santé publique   |
| Fe                | Fer  |
| H-R               | Haut-Richelieu   |
| H-Y               | Haute-Yamaska  |
| ha                | Hectare  |
| I.C.              | Intervalle de confiance  |
| Kg                | Kilogramme   |
| m                 | Mètre  |
| MAPAQ             | Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec |
| MEF               | Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec                    |
| MetHb             | Méthémoglobine   |
| mg                | Milligramme  |
| mL                | Millilitre   |
| MRC               | Municipalité régionale de comté  |
| MSSS              | Ministère de la Santé et des Services sociaux                            |
| N                 | Azote  |
| N-NO <sub>2</sub> | Nitrites   |
| N-NO <sub>3</sub> | Nitrates   |
| L                 | Litre  |
| R                 | Rouville   |
| SBSC              | Santé et Bien-être Social Canada   |
| UPA               | Union des producteurs agricoles  |
| USP               | Unité de santé publique  |
| VP <sup>-</sup>   | Valeur prédictive négative   |
| VP <sup>+</sup>   | Valeur prédictive positive   |

## INTRODUCTION

La Montérégie représentait, en 1991, 30% des superficies totales des terres en culture au Québec, 69% de la culture du maïs-grain, 39% de l'utilisation d'engrais, 35% de la production porcine et 18% de l'utilisation de purin comme fertilisant. De plus, environ 30% de la population montréalaise s'alimente en eau souterraine dont la moitié via des puits privés (180 000 habitants).

Cette production agricole intensive nous fait craindre une source importante de contamination de l'eau des puits par les nitrates. De plus, le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) n'a pas juridiction sur les puits individuels et le suivi sur la qualité de l'eau reste à la discrétion du propriétaire. Comme la population montréalaise habite sur un territoire à risque de contamination, il est important pour préserver la santé de cette population d'évaluer la contamination de l'eau souterraine par les nitrates.

Cette étude a donc été élaborée afin d'avoir une meilleure connaissance de la problématique de la contamination par les nitrates des puits privés en Montérégie. Cet objectif s'inscrit dans les stratégies mises de l'avant dans la politique de santé et de bien-être du ministère de la Santé et des Services sociaux qui visent à "soutenir les milieux de vie et développer des environnements sains et sécuritaires". De plus, le projet répond aussi à l'objectif spécifique de la problématique de l'eau préconisé par le réseau de la santé publique en matière de santé environnementale, soit:

« d'ici l'an 2002, s'assurer que l'exposition de la population québécoise aux contaminants présents dans l'eau de consommation et de baignade ne présente pas de risque significatif pour la santé (notamment pour les nitrates-nitrites, le plomb, les trihalométhanes, les micro-organismes, ...) ».

On trouvera donc dans cette étude, une évaluation de la présence des nitrates sur un territoire pilote de la Montérégie. Le chapitre 1 présentera la problématique de l'exposition aux nitrates dans l'eau potable, les aspects de risque à la santé et la pertinence pour la Montérégie. On présentera ensuite les objectifs et la méthodologie aux chapitres 2 et 3. Le chapitre 4 inclura les résultats, ainsi que les analyses de ces derniers. Les résultats des analyses bactériologiques et des nitrates seront présentés, ainsi que l'évaluation de l'utilité d'un test colorimétrique pour la détection des nitrates dans l'eau potable.

## CHAPITRE 1 - PROBLÉMATIQUE

### 1.1 Ampleur du problème

Les concentrations naturelles de nitrates dans les eaux souterraines sont généralement inférieures à 1 mg/L d'eau mais de nombreuses activités humaines ont pour effet d'augmenter leur concentration dans l'eau et le sol (SBSC, 1992). La pollution azotée retrouvée à de plus grandes profondeurs peut être la conséquence d'actions datant de cinq, dix ou vingt ans (Zilliox *et al.*, 1990).

Plusieurs facteurs peuvent influencer le lessivage des nitrates dans l'eau souterraine, soit entre autres le type de sol, le type de culture et la fertilisation (Asselin, 1993). Les sables et les sols légers vont généralement lessiver plus de nitrates que les sols de matériel argileux (ceci dû entre autres à leur porosité uniforme). Les sols sous cultures horticoles (comme par exemple la pomme de terre) sont plus susceptibles de lessiver des nitrates en raison entre autres de la perméabilité du sol, de leur plus grande période sans couvert végétal, du travail du sol généralement fréquent et intensif (qui favorise la minéralisation) et des grandes quantités de résidus contenant beaucoup d'azote (Zilliox *et al.*, 1990). Dans une étude effectuée par Banton *et al.* (1992) sur l'évaluation des pertes azotées dans les eaux souterraines, les concentrations de nitrates mesurées dans le sol et dans l'eau diminuaient avec la profondeur où l'on situait dans le sol et que les sites argileux étaient moins perméables que les sites sablonneux.

Plusieurs études ont démontré que le type d'activités agricoles avait un impact sur la concentration de nitrates mesurée dans l'eau souterraine (Asselin, 1993; Banton *et al.*, 1992; Gangbazo *et al.*, 1995 et Landreau, 1984). En général, le taux de lessivage sera croissant si on est en présence d'un couvert forestier, de cultures herbagères (millet, luzernes) et enfin de cultures sarclées (céréales, maïs et culture horticole). Selon certaines études (Asselin, 1990), environ deux fois plus d'azote est lessivé (en sols sablonneux) dans une rotation horticole comparativement à une rotation de grandes cultures (ex.: maïs). Dans une étude récente effectuée par le MEF (Gangbazo *et al.*, 1995), les résultats de concentration de nitrates dans l'eau indiquent que la culture du maïs semblerait présenter plus de risque pour l'eau souterraine que la prairie et le pâturage. De plus, la fertilisation azotée (minérale ou organique) dépassant le besoin peut entraîner une augmentation d'azote dans les sols durant l'automne et l'hiver et la quantité

d'azote lessivée par drainage sera en fonction de la quantité d'azote résiduelle sous forme de nitrates présents dans le sol et de l'eau évacuée (Asselin, 1993).

On observe dans plusieurs régions du monde, une augmentation des contaminations des eaux souterraines par les nitrates, particulièrement en Europe et aux États-Unis (Champagne, 1993). Dans un suivi de 124 000 puits aux États-Unis, on a retrouvé des concentrations de 0,3 à 10 mg/L dans 13% des puits et des concentrations de nitrates supérieures à la norme (10 mg/L) dans 6,4% des puits (Asselin, 1993). Dans d'autres études faites aux États-Unis, entre autres dans le Dakota du sud, on a démontré, parmi les puits domestiques échantillonnés, que 39% de ceux-ci avaient des teneurs élevées en nitrates et étaient considérés non sécuritaires. Une autre étude aux États-Unis, en 1981, a montré que 27% de 1 000 puits échantillonnés avaient des concentrations en nitrates supérieures à la norme (Johnson et Kross, 1990). Dans une étude récente (Mitchell et Harding, 1996), où l'on évaluait le risque de contamination de l'eau souterraine par les nitrates pour la santé d'une population rurale de l'Oregon, les résultats ont révélé que 23% de la population consommait une eau contenant plus de 10 mg/L de nitrates. Toujours selon cette étude, 2,4% des puits situés en milieu rural présenteraient des concentrations supérieures à 10 mg/L et la moyenne nationale serait de 1,6 mg/L (Mitchell et Harding, 1996). Selon une enquête nationale effectuée en France, 2% de la population consommeraient une eau dont la concentration en nitrates est supérieure à la norme (Landreau, 1984). L'auteur montre aussi que selon cette étude, 80% de la population consommeraient une eau ayant entre 0 et 5 mg/L de nitrates. Dans toutes ces études, la plupart des puits ayant des teneurs élevées en nitrates étaient des puits de moins de 30 m de profondeur.

Ce n'est qu'en 1983 qu'on a commencé à investiguer ce problème au Québec (Beaudoin, 1983). Certaines DSP ont recherché la présence de nitrates et de pesticides dans l'eau potable; ils ont souvent observé des contaminations de l'eau par les nitrates en présence de grandes cultures. Dans la région de Rivière-du-Loup, 5 puits sur 77 avaient des concentrations qui ont dépassé la norme (N: 10 mg/L) tandis que dans les régions de Portneuf et de l'Île d'Orléans, 29 puits sur 70 et 8 puits sur 35 avaient des valeurs supérieures à 10 (Laferrrière *et al.*, 1995; Levallois et Phaneuf, 1994, Paradis *et al.*, 1991 et Roy *et al.*, 1992). Dans une étude récente menée par le MEF dans les régions de culture de pommes de terre (Giroux, 1995) parmi les 36 puits échantillonnés, 21 (61,7%) montraient des concentrations supérieures à la norme. La plupart de ces puits étaient des puits de surface de moins de 10 mètres de profondeur. Ces puits étaient aussi généralement situés à moins de 50 mètres des champs en culture. Onze puits (32%)

avaient des concentrations situées entre 1 et 9 mg/L et 2 puits avec moins de 1 mg/L. Les investigations réalisées jusqu'à présent ne nous permettent pas de dresser un état de situation précis pour la province, mais permettent néanmoins de sonner l'alarme dans certaines régions telles Québec, Lanaudière et le Bas-St-Laurent(Champagne, 1993).

## 1.2 **Risques à la santé**

Les nitrates ingérés sont facilement absorbés par l'organisme et vont être rapidement excrétés par l'urine et la salive. La biotransformation des nitrates va s'effectuer au niveau de la bouche et de l'estomac, ceci sous l'action bactérienne (SBSC, 1992). Les produits résultant de cette biotransformation, les nitrites, seront ensuite impliqués dans le phénomène de méthémoglobinémie, principale cause connue de l'ingestion des nitrates. La méthémoglobinémie est le résultat de l'oxydation du fer de l'hémoglobine, forme sous laquelle cette protéine ne pourra fixer l'oxygène nécessaire aux cellules. À l'état physiologique, cette réaction est réversible via les systèmes enzymatiques et l'organisme l'humain peut tolérer des concentrations de 1 à 2% de méthémoglobine (MetHb) (Levallois et Phaneuf, 1992).

Les nourrissons de moins de 3 mois, les femmes enceintes ainsi que les personnes déficientes génétiquement en enzymes impliquées dans la réaction réversible méthémoglobine $\leftrightarrow$ oxyhémoglobine sont plus susceptibles à la formation de MetHb. Les facteurs affectant la susceptibilité des nourrissons sont 1) l'hémoglobine foetale est plus facilement oxydable; 2) l'activité enzymatique MetHb-réductase est plus faible; 3) la capacité de production d'acide gastrique est incomplète et 4) ils sont plus sujets aux gastro-entérites. Ces deux derniers facteurs vont faciliter la transformation des nitrates en nitrites par les bactéries réductrices de nitrates (SBSC, 1992). De plus, les préparations lactées faites à partir d'une eau contaminée par les nitrates vont représenter un apport considérable pour les nourrissons compte tenu de leur poids corporel en fonction des quantités totales de liquide ingéré. La femme enceinte est aussi susceptible aux effets des nitrates plus particulièrement vers le 7<sup>ième</sup> mois de grossesse, où son taux de MetHb peut atteindre 10%. Une ingestion de nitrates pourrait alors engendrer une augmentation de ce niveau déjà élevé (Laferrrière *et al.*, 1995).

Plus de 2000 cas de méthémoglobinémie ont été rapportés dans la littérature et la plupart de ceux-ci concernaient les nourrissons de moins de 3 mois ayant consommé de l'eau contaminée par plus de 25 mg

de N-NO<sub>3</sub>/L d'eau (Levallois et Phaneuf, 1992). Quelques études russes (Johnson et Kross, 1990) suggèrent que les niveaux croissants de méthémoglobinémie due à l'ingestion d'eau de puits contaminés par des nitrates ne sont pas seulement le cas de nourrissons. Les auteurs ont rapporté des augmentations de niveaux de MetHb jusqu'à 7% chez des enfants d'âge scolaire, qui auraient consommé de l'eau contaminée par les nitrates à des concentrations atteignant 204 mg de N-NO<sub>3</sub>/L. La consommation de vitamine C pourrait expliquer ces différences, car il semblerait que cet élément essentiel aurait un effet protecteur contre l'action des nitrates (Johnson et Kross, 1990).

La méthémoglobinémie n'est pas le seul risque associé à la présence de nitrates dans l'eau potable. Des risques potentiels de cancérogénéicité et de tératogénéicité sont aussi associés à l'ingestion de nitrates/nitrites via la formation de nitrosamines et de nitrosamides que l'on distingue sous le nom de composés N-nitroso. Environ 80% des nitrosamines et presque toutes les nitrosamides étudiées se sont montrés cancérogènes chez plusieurs espèces animales (Casarett et Doull's, 1986).

Morales-Suarez-Varela *et al.*(1995) ont tenté de mesurer l'impact de la présence de nitrates dans l'eau potable sur la mortalité par cancer dans la province de Valence en Espagne. Ils ont analysé la relation entre les différents niveaux d'exposition aux nitrates dans l'eau potable de 258 municipalités et la mortalité due au cancer de l'estomac, du rein, de la prostate et du côlon chez ces populations. L'étude montre que les taux de mortalité par cancer (gastrique et de la prostate) augmentent, pour les deux sexes, avec les niveaux d'exposition aux nitrates. D'autres enquêtes épidémiologiques ont établi une corrélation particulièrement forte entre l'exposition aux nitrates dans les eaux de boissons et l'incidence de cancer gastrique (Armijo *et al.*, 1981; Gilli *et al.*, 1984; Jensen, 1982 et Leclerc *et al.*, 1991). Par contre, des études menées en Allemagne et aux États-Unis n'ont pas montré d'augmentation du risque de développer un cancer en fonction des niveaux d'exposition aux nitrates dans l'eau potable (Rachemacher *et al.*, 1992; SBSC, 1992 et Steindorf *et al.*, 1994). Les biais soulevés dans ces études épidémiologiques sont 1) la variation de la consommation d'eau du robinet selon un individu et selon le groupe social; 2) l'eau potable n'est pas la seule source d'exposition aux nitrates, lesquels peuvent être présents dans les aliments. Les végétaux, tel le céleri, la laitue, les épinards constituent le principal apport en nitrates (environ 85%); 3) dans des études cas-témoins, l'assimilation et la migration de la population non exposée à celle exposée pendant les années qui précèdent les études rétrospectives ne sont pas toujours prises en compte et 4)



souvent les niveaux d'exposition aux nitrates ne sont pas connus pour les périodes auxquelles les études épidémiologiques sont menées (Leclerc *et al.*, 1991 et Steindorf *et al.*, 1994).

Une étude récente menée auprès de quatre groupes de femmes a montré que des niveaux élevés de nitrates dans l'eau potable entraînent un risque génotoxique et une augmentation de la formation endogène de composés N-nitroso (van Maanen *et al.*, 1996). Une autre étude effectuée aux États-Unis a montré une incidence élevée de lymphomes non Hodgkiniens chez la population de 66 comtés du Nebraska associée à des concentrations de nitrates dépassant la norme de potabilité de l'eau (Weisenburger, 1993).

La norme concernant la concentration de nitrates dans l'eau potable est basée sur la prévention du risque de méthémoglobinémie. Bien que le risque à long terme dû au potentiel cancérigène des nitrates via la formation de nitrosamines ne soit pas pris en compte pour la détermination de la norme de nitrates dans l'eau potable, on considère prudent de minimiser l'exposition à ces composés pour l'ensemble de la population (SBSC, 1992).

### 1.3 **Pertinence pour la Montérégie**

Les activités agricoles tiennent une place importante en Montérégie tant au niveau économique qu'en termes de superficie de territoire occupé et de diversité des cultures et d'élevage. L'ensemble de ces caractéristiques sont présentées pour chaque MRC au tableau 1.

**Tableau 1** Portrait des activités agricoles ciblées pour les MRC de la Montérégie

| MRC                        | Population alimentée par des puits privés <sup>1</sup> | Superficies pulvérisées en 1991 <sup>2</sup> (hectares) |        | Culture du maïs <sup>2,3</sup> (hectares) | Élevage porcin <sup>2</sup> (# d'animaux) |
|----------------------------|--|---|--------|---|---|
|                            |  | Engrais chimiques                                       | Purin  |   |   |
| Acton                      | 9 955  | 16 747  | 10 025 | 6 839                                     | 135 991                                   |
| Beauharnois-Salaberry      | 10 129   | 24 424  | 3 124  | 14 365                                    | 6 181                                     |
| Brome-Missisquoi           | 19 123   | 23 730  | 11 720 | 12 403                                    | 93 490                                    |
| Champlain                  | 187  | 580   | 85     | ----                                      | ----                                      |
| Lajemmerais                | 504  | 8 838   | 1 411  | 2 775                                     | 2 130                                     |
| La Haute-Yamaska           | 22 874   | 9 447   | 10 329 | 4 885                                     | 127 403                                   |
| La Vallée du Richelieu     | 4 880  | 21 371  | 2 869  | 9 156                                     | 6 545                                     |
| Le Bas-Richelieu           | 55   | 21 311  | 3 873  | 12 253                                    | 29 692                                    |
| Le Haut-Richelieu          | 28 747   | 50 224  | 8 869  | 32 591                                    | 65 641                                    |
| Le Haut-Saint-Laurent      | 15 543   | 33 554  | 7 570  | 19 177                                    | 8 466                                     |
| Les Jardins de Napierville | 12 045   | 33 782  | 3 622  | 15 108                                    | 9 154                                     |
| Les Maskoutains            | 9 932  | 76 240  | 17 144 | 50 188                                    | 408 943                                   |
| Roussillon                 | 13 567   | 14 017  | 1 072  | 6 880                                     | 7 135                                     |
| Rouville                   | 12 373   | 25 335  | 8 187  | 12 343                                    | 118 059                                   |
| Vaudreuil-Soulanges        | 12 123   | 31 201  | 4 227  | 20 087                                    | 10 077                                    |

<sup>1</sup> Selon le questionnaire envoyé aux municipalités en 1991 par la DSP de la Montérégie;

<sup>2</sup> Selon le profil agricole du Québec, partie 1, Statistiques Canada, 1991;

<sup>3</sup> Les superficies de cultures de maïs-grain et de maïs à ensilage ont été combinées.

La superficie totale des terres montérégiennes, ayant été fertilisées avec des engrais minéraux en 1991, totalise plus de 390 000 ha, ce qui représente 76% des terres en culture. Ce sont dans les MRC qui produisent le maïs-grain et les légumes où l'on enregistre les plus grandes surfaces de terres fertilisées. Par ordre croissant, les MRC sont les Maskoutains, le Haut-Richelieu, les Jardins-de-Napierville, le Haut-St-Laurent et Rouville.

Principale région productrice de porc du Québec, la production montérégienne est surtout concentrée à l'intérieur du bassin versant de la Yamaska et plus particulièrement dans la MRC les Maskoutains. Ensuite, viennent les MRC d'Acton, de la Haute-Yamaska et de Rouville dont l'élevage porcin est important. L'augmentation depuis les années '70 du cheptel de certains animaux (notamment, l'élevage du porc a augmenté de 113% dans le bassin de la Yamaska entre 1976 et 1986) a fait en sorte qu'on a produit des surplus de fumier qui dépassent souvent la capacité des sols en culture à les recevoir (Primeau et Grimard, 1990). Un suivi de la qualité des eaux chez des producteurs de porc et de maïs de la MRC des

Maskoutains a montré que ces producteurs auraient appliqué 1,5 fois les besoins en azote et de 2 à 6 fois les besoins en phosphore et potasse (Asselin, 1993).

Au niveau des productions végétales, la culture céréalière occupait 56,7% des terres en culture de la Montérégie, dont 41,6% étaient destinées à la culture du maïs-grain. La région a produit plus de 69% du maïs-grain du Québec en 1991. Les principales MRC productrices sont les Maskoutains et le Haut-Richelieu, comptant à elles seules pour 27% des superficies cultivées au Québec (Allard *et al.*, 1995).

Dans le cadre d'études hydrogéologiques effectuées entre 1978 et 1980 (Paré, 1978 et Simard et Desrosiers, 1979), au delà de 666 puits domestiques répartis dans différentes régions du Québec ont été soumis à l'analyse des nitrates. Ces études ont montré que 66% des puits présentaient des concentrations en N-NO<sub>3</sub> inférieures à 1 mg/L, 23% entre 1,0 et 4,9 mg/L, 5% entre 5,0 et 9,9 mg/L et 6% supérieures à 10 mg/L. Bien que peu documentée à l'échelle de notre territoire, nous avons connu (en 1992-1993) à Notre-Dame-de-Stanbridge, une contamination de l'eau des puits privés par les nitrates et les bactéries de 12 résidences. L'épandage de déjections animales dans les champs situés à proximité des résidences, à une période non propice, serait à l'origine de cette contamination. Les valeurs de nitrates mesurées allaient de <0,02 à 20,0 mg/L d'eau avec une moyenne de 9,19 mg/L (N: 10 mg/L). Dans des études que poursuit le MEF en région agricole (notamment pour la culture du maïs et les vergers), des niveaux de nitrates dépassant les normes ont été mesurés. Les concentrations moyennes de nitrates mesurées dans l'eau potable à proximité de vergers sont de 1,16 mg/L et varient de <0,02 à 4,9 mg/L tandis que celles en zone de culture du maïs sont de 3,6 mg/L et varient de <0,02 à 33,0 mg/L dont 2 dépassaient largement la norme (i.e. 27,0 et 33 mg/L).

La culture intensive du maïs, l'élevage porcin industriel et l'épandage excessif de fertilisants (minéraux et organiques) s'avèrent les principales causes de dégradation de la qualité des cours d'eau en Montérégie, notamment la rivière Yamaska (Primeau et Grimard, 1990) et la rivière Richelieu (Simoneau, 1993). Les cultures à grands interlignes, comme celle du maïs, supposent l'application de grandes quantités d'engrais par hectare. L'élevage porcin implique la concentration des animaux dans des bâtiments spécialisés et même si cette concentration a conduit à la construction de structure d'entreposage des lisiers sur notre territoire, beaucoup de producteurs n'ont pas assez de superficies disponibles afin d'épandre les lisiers produits (Primeau et Grimard, 1990). Ainsi, la production intensive de maïs-grain, le développement de

l'industrie porcine et les épandages de fertilisants font craindre une source potentielle de contamination de l'eau souterraine en Montérégie.

## CHAPITRE 2 - OBJECTIFS

Il s'agit d'une étude descriptive dont l'objectif est de réaliser un portrait de la contamination de l'eau des puits par les nitrates en Montérégie dans des zones d'activité agricole.

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants:

- évaluer la présence des nitrates dans l'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable;
- vérifier l'association possible entre la culture du maïs-grain, l'utilisation des fertilisants (engrais chimiques et purins) et l'élevage du porc en milieu agricole et le niveau de nitrates présents dans l'eau potable;
- évaluer l'influence du type de sol sur la concentration de nitrates mesurée dans l'eau.

Deux objectifs secondaires au projet sont 1) de mesurer la qualité bactériologique de l'eau afin de vérifier s'il y a une association entre la présence de nitrates et la présence de bactéries; et 2) de valider un test colorimétrique peu coûteux pour la mesure des nitrates dans l'eau par les propriétaires de puits privés.

## CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Territoire étudié

Le territoire pilote étudié se situe dans la partie sud-est de la Montérégie et comprend les MRC d'Acton, de Brome-Missisquoi, de la Haute-Yamaska, du Haut-Richelieu, des Maskoutains et de Rouville. Ces MRC ont été sélectionnées en raison de l'importance de l'approvisionnement en eau souterraine (plus précisément l'utilisation de puits privés), de la présence de pratiques culturelles susceptibles de lessiver des nitrates et de leur localisation géographique (pour des raisons pratiques).

### 3.2 Identification des zones à risque

Plusieurs sources d'information nous ont permis de localiser les zones à risque de contamination par les nitrates:

- une étude initiée par la DSP de la Montérégie en 1994, sur l'utilisation de l'eau souterraine, a permis d'identifier les municipalités utilisant des puits privés comme source d'alimentation en eau potable;
- les données de Statistique Canada (1991) ont permis d'identifier les municipalités ayant les pratiques culturelles ciblées (c'est-à-dire maïs, élevage porc, utilisation de fertilisants) de celles n'ayant aucune activité agricole;
- les zones sablonneuses et non sablonneuses ont été identifiées à partir des cartes de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, préparées par le ministère de l'Environnement du Québec (McCormack, 1985a et 1985b). Une municipalité était identifiée comme ayant des sols sablonneux lorsque plus de 50% de son territoire montrait ce type de sol;
- le personnel de la direction régionale du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) ainsi que la responsable du dossier aménagement et environnement de la Fédération de l'UPA de St-Hyacinthe nous ont confirmé les grandes cultures et les secteurs vulnérables en fonction des types de sol.

### 3.3 Populations à l'étude

Le projet vise les populations rurales des municipalités pratiquant les activités agricoles ciblées et les municipalités n'ayant aucune activité agricole (ciblée ou non). Ces populations sont soit des familles résidant à proximité de pratiques culturelles ciblées ou les producteurs agricoles eux-mêmes pour les groupes exposés, et des familles résidant à proximité d'aucune activité agricole pour le groupe non exposé.

Quatre méthodes nous ont permis de dresser la liste des participants à l'étude. Ces quatre méthodes ont été utilisées, l'une après l'autre, suite à l'évaluation du taux de réponse de chacune et de l'atteinte de l'objectif fixé, c'est-à-dire obtenir 150 familles participantes.

- La première consiste en une méthode de participation volontaire qui fait suite à la promotion du projet auprès des agriculteurs de la région Richelieu/St-Hyacinthe par le MAPAQ et la Fédération de l'UPA de St-Hyacinthe. La promotion du projet s'est faite via deux journaux distribués à près de 5000 producteurs agricoles. De plus, le MAPAQ a distribué un résumé du projet ainsi que le dépliant sur les nitrates lors d'un congrès à St-Hyacinthe et dans tous ses bureaux locaux de renseignements agricoles. Les responsables des bureaux locaux ont pu ensuite donner l'information aux agriculteurs lors de leurs rencontres avec ceux-ci;
- la deuxième méthode a été de dresser une liste de participants à partir des listes électorales de 17 municipalités des MRC ciblées. Une liste de 15 noms par municipalité a été dressée et un contact téléphonique était ensuite effectué afin de solliciter leur participation;
- un communiqué de presse (annexe I) concernant le projet et la demande de participation a été envoyé dans tous les journaux locaux situés dans les régions ciblées;
- il arrivait parfois que certains participants ou même des employés de la DSP connaissaient des gens susceptibles de participer à l'étude. L'on communiquait alors avec eux et leur demandait leur participation, bien entendu celle-ci était possible lorsqu'ils remplissaient tous les critères de sélection.

### 3.4 Évaluation des nitrates et des bactéries dans l'eau des puits

#### 3.4.1 Paramètres d'échantillonnage

Les paramètres analysés sont les bactéries et les nitrates dans l'eau. Le terme nitrates correspond ici à l'analyse des nitrites-nitrates. La qualité bactériologique est déterminée par la mesure des coliformes totaux, des streptocoques et coliformes fécaux. Les analyses pour vérifier quantitativement la présence de nitrates et des bactéries ont été exécutées respectivement au laboratoire du MEF à Québec et dans un laboratoire accrédité de la région de Longueuil. Les protocoles d'échantillonnage de l'eau sont présentés à l'annexe II.

Les résultats d'analyse pour chaque participant étaient traités de façon confidentielle et leur étaient communiqués immédiatement après réception. Des recommandations de santé publique leur étaient promulguées par écrit mais lorsque les niveaux de contamination étaient très élevés, nous communiquions par téléphone les avis le plus rapidement possible, essayions de cerner la cause afin de régler le problème.

#### 3.4.2 Période d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué entre novembre 1995 et février 1996. Pour des questions de coûts, l'analyse bactériologique de l'eau s'est effectuée au même moment que les nitrates même si on n'était pas aux périodes les plus susceptibles de contamination bactérienne de l'eau (i.e. le printemps et l'automne).

Un questionnaire s'adressant au participant était complété par le représentant de la DSP (annexe III). Ce questionnaire fournit des données sur les caractéristiques du puits, le type d'activité agricole et l'utilisation de l'eau potable, en plus d'évaluer l'utilité d'un test colorimétrique. Ces renseignements ont été recueillis dans le but de faciliter l'interprétation ultérieure des résultats.



### 3.5 Validité d'un test colorimétrique

Un des objectifs du projet est de déterminer la validité d'un test colorimétrique pour la mesure des nitrates dans l'eau par les résidents. Nous avons demandé aux 150 participants de procéder à la mesure des nitrates dans l'eau à l'aide d'un bâtonnet colorimétrique après qu'ils ont pris connaissance du protocole d'utilisation en annexe IV. L'objectif est de déterminer, à partir des données de nitrates recueillies par le participant et le représentant, si le test colorimétrique peut être utilisé comme outil simple de dépistage de la contamination de l'eau souterraine par les nitrates et ceci, afin de protéger les populations vulnérables.

Pour ce faire, nous avons calculer, à diverses concentrations de nitrates correspondant à la charte de couleur du test ( $\geq 1$ ,  $\geq 2$ ,  $\geq 5$  et  $\geq 10$  mg/L), la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive ( $VP^+$ ) et la valeur prédictive négative ( $VP^-$ ) en prenant comme référence les résultats de laboratoire. Les calculs ont été faits à partir des résultats obtenus d'une part par le participant et d'autre part, en combinant ceux obtenus par le représentant de la DSP et le participant (épreuves en parallèle afin de constituer un diagnostic de contamination). Le tableau suivant illustre les façons dont ont été utilisé les résultats des tests colorimétriques pour les 2 séries de calcul de validité.

**Tableau 2** Exemples de résultats permettant de déterminer la validité du test colorimétrique

| Test colorimétrique effectué par le participant | Test colorimétrique effectué par le représentant | Résultat de laboratoire | Type de résultats pour la validité du test effectué par le participant | Type de résultats pour la validité du test effectué après combinaison des résultats du participant et du représentant |
|---|--|-------------------------|--|---|
| si test $\geq 2$ mg/L                           | si test $\geq 2$ mg/L                            | $\geq 2$ mg/L           | Vrai positif   | Vrai positif  |
| si test $\geq 2$ mg/L                           | si test $\geq 2$ mg/L<br>si test $< 2$ mg/L      | $< 2$ mg/L              | Faux positif   | Faux positif<br>vrai positif  |
| si test $< 2$ mg/L                              | si test $< 2$ mg/L                               | $< 2$ mg/L              | Vrai négatif   | Vrai négatif  |
| si test $< 2$ mg/L                              | si test $< 2$ mg/L<br>si test $\geq 2$ mg/L      | $\geq 2$ mg/L           | Faux négatif   | Faux négatif<br>vrai positif  |

### 3.6 Méthodes d'analyse des données

La cueillette et le traitement des données ont été effectués à l'aide du logiciel SPSS. Le test de student a été utilisé pour la comparaison des moyennes géométriques des concentrations de nitrates. Le test  $\chi^2$  a été utilisé pour comparer les résultats hors normes des échantillonnages bactériologiques avec différentes variables telle la profondeur du puits, le type de puits, l'utilisation d'appareils de traitement, la distance entre l'installation septique et le puits, la distance entre la présence d'animaux et le puits, l'entreposage du fumier et l'utilisation d'engrais chimiques.

Pour l'analyse des nitrates, des moyennes géométriques ont été calculées et les tests statistiques ont été effectués sur les moyennes des logarithmes naturels des concentrations de nitrates mesurées; ceci parce que la distribution des données était de type géométrique (avec un plus grand nombre de valeurs aux faibles concentrations qu'aux concentrations plus élevées). Pour le calcul de ces moyennes, nous avons utilisé la moitié de la valeur de la limite de détection pour les mesures de nitrates non détectables (la limite de détection des nitrates étant  $<0,02$  mg/L).

Le niveau de signification pour considérer un résultat statistiquement significatif est  $p < 0,01$  et aucun test statistique n'est effectué pour des fréquences inférieures à 5.

## CHAPITRE 4 - RÉSULTATS ET ANALYSE DES RÉSULTATS

### 4.1 Description du territoire ciblé

#### 4.1.1 Populations à l'étude

##### 4.1.1.1 Description de la population

Une attention particulière a été apportée chez les familles avec des enfants en bas âge, ainsi que les femmes enceintes, compte tenu de leur potentiel de risque plus élevé. Lorsque le représentant était en présence de population plus vulnérable et d'un test colorimétrique avec les résultats positifs en nitrates, des recommandations préventives étaient émises avant même d'avoir reçu les résultats d'analyse de laboratoire, ceci afin de protéger leur santé.

Parmi la population habitant les 150 résidences visitées, il y avait 3 enfants de moins de 6 mois et 2 femmes enceintes. Cependant, une seule personne consommait l'eau provenant directement du puits et était la seule à risque plus élevé pour les effets aigus des nitrates.

Des 150 participants, 29 n'avaient aucune activité agricole pratiquée au pourtour de leur résidence. Dans les zones d'activité agricole, 50 participants pratiquaient au moins une des activités ciblées tandis que pour les 71 autres participants, ces activités étaient pratiquées par leurs voisins.

##### 4.1.1.2 Habitudes de consommation

Quatre-vingt-treize pour cent (93%) des sources d'eau que les participants boivent, proviennent du robinet, 14% de l'eau embouteillée, 8% de l'eau en vrac et 2% de l'eau de source. Dix-huit pour cent (18%) des participants buvaient plus d'une source d'eau. Au niveau de l'eau embouteillée, on rapporte dans quelques études québécoises, sur les habitudes de consommation de l'eau, qu'entre 30 à 40% des

consommateurs boivent de l'eau embouteillée (Grondin *et al.*, 1995, Hudon *et al.*, 1991 et Lainesse *et al.*, 1991). Il faut noter que ces études n'étaient pas spécifiques à l'eau souterraine des puits privés puisque les sources d'eau provenaient de réseaux d'aqueduc dont l'approvisionnement peut se faire par les eaux de surface aussi bien que par les nappes d'eau souterraine. On pense que les participants de notre étude privilégient l'eau du robinet à l'eau embouteillée puisque l'eau souterraine selon la croyance populaire est beaucoup plus sécuritaire que l'eau de surface.

On note toutefois que 34% des participants ont installé un système de traitement d'eau domestique à la tuyauterie, ce qui diffère légèrement du 10% noté dans les études québécoises (Grondin *et al.*, 1995). On dénombrait aux États-Unis et au Canada (entre 1990-1993), 14% des foyers possédant un purificateur d'eau. Dans notre étude, l'adoucisseur est celui qui est le plus souvent présent, soit 76% des systèmes installés. Les autres appareils sont des filtres, des distillateurs, des chlorateurs et des appareils à osmose inverse. La dureté de l'eau semble être une caractéristique montérégienne, puisque lors d'études effectuées dans les années '80, entre 67 et 100% des échantillons d'eau souterraine analysés dans 13 MRC de la Montérégie (qui en compte 15) ont présenté des résultats hors normes ou dépassant les critères de potabilité concernant ce paramètre. Le sodium est aussi un paramètre fréquemment dépassé dans 36 à 75% des échantillons d'eau analysés de 8 MRC (Allard *et al.*, 1995).

Concernant la qualité de l'eau des puits, 106 plaintes ont été rapportées au niveau du goût, de l'odeur et de la couleur. Près de la moitié, soit 48% des participants, ont fait analyser leur eau depuis les cinq dernières années. Dans une étude québécoise (Grondin *et al.*, 1995), entre 66% et 90% des répondants, consommant l'eau du robinet traitée par une usine de filtration, se disent plutôt satisfaits de l'odeur, de la couleur, de la clarté, du goût et des qualités esthétiques de leur eau. Il semble donc qu'ici les degrés d'insatisfaction soient plus élevés et ceci est peut-être dû à la nature même de l'eau souterraine dans ces régions puisque 14,7% avaient des problèmes de fer, 12,0% de soufre et 6,7% de dureté (composés affectant les propriétés organoleptiques de l'eau). Suite aux analyses effectuées, 19% des participants ont changé leurs habitudes de consommation le plus souvent en achetant un appareil de traitement.

#### 4.1.2 Description du milieu

##### 4.1.2.1 Caractéristiques du puits

Des 150 participants, 135 identifiaient posséder un puits artésien et seulement 15 un puits de surface. Mentionnons que la sélection des participants ne tenait pas compte du type de puits. Parmi les puits artésiens, au moins 46 avaient une profondeur de 15 m et moins. Ce qui représente environ 30,7% des puits ayant moins de 15 mètres et près de la moitié (soit 48,7%) ayant plus de 15 mètres. Toutefois, 20,7% des puits n'ont pu être classifiés en termes de profondeur puisque les participants ne possédaient pas cette information.

Concernant l'âge des puits, 65,3% des puits ont 15 ans et plus, 57,3% se répartissent presque également entre 1 et 15 ans et 8% des puits n'ont pas été classifiés selon l'âge, car les participants ne possédaient pas l'information.

##### 4.2.2.2 Caractéristiques des installations septiques

La majorité des installations septiques (soit 69,3%) comporte une fosse septique munie d'un champ d'épuration, 17,3% ont des puisards et seulement 3,3% des participants n'avaient aucune installation. Parmi les autres types d'installation, on retrouve des fosses avec puits ou filtres et des égouts.

De ceux possédant des installations septiques, 55% ont des installations qui sont situées à plus de 30 m de leur puits, 41% sont à moins de 30 m et 4% ne connaissent pas la distance ou l'emplacement de leur installation.

##### 4.2.2.3 Activités agricoles

Près de la moitié des terres en culture à l'étude (43,3%) sont du maïs suivi des céréales à 27% et du foin à 17%. Les vergers et la pomme de terre sont faiblement représentés, soit 9% et moins de 1% des cultures.

Les produits de fertilisation utilisés sur les terres en culture sont à 41% des engrais chimiques et 36% du fumier ou purin. Le purin de porc et le fumier de vache sont plus utilisés que le fumier de poulet. On note que 23% des terres en culture ont été fertilisées avec d'autres produits.

Concernant l'élevage, le boeuf est au premier rang avec 58% des élevages suivi du porc à 18%, de la volaille à 7% et 17% d'autres élevages. Seulement, 14,3% des élevages sont situés à moins de 30 mètres du puits.

L'entreposage du fumier est plus ou moins conforme. Quarante-neuf pour cent (49%) de l'entreposage se caractérise par un amas de fumier et seulement le tiers, soit 34% ont une fosse à purin. Huit pour cent (8%) ont les deux types d'entreposage. Toutefois, seulement, 3 sur 77 entreposages sont situés à moins de 30 mètres du puits.

## 4.2 **Résultats d'analyse des puits échantillonnés**

Nous avons divisé notre échantillon en trois classes:

- Type 1: puits de surface situés à proximité d'activités agricoles ciblées (n=11);
- Type 2: puits artésiens situés à proximité d'activités agricoles ciblées (n=110);
- Type 3: puits de surface (n=4) ou artésiens (n=25) non situés à proximité d'activité agricole

### 4.2.1 **Résultats des nitrates**

On détecte des nitrates dans l'eau de 35% des 150 puits analysés. Cinq puits ont des concentrations entre 5,0 et 9,9 mg de N-NO<sub>3</sub>/L et trois puits des concentrations qui dépassent la norme de 10 mg de N-NO<sub>3</sub>/L. Les valeurs hors normes de nitrates dans l'eau se retrouvent entre 14,3 et 28 mg/L. Deux appartiennent à la classe de type 1 et un à la classe de type 2. Ce dernier échantillon, de type 2 ayant dépassé la norme de nitrates dans l'eau, provient d'un puits artésien situé sur une propriété dont les conditions sanitaires sont particulières, notamment des animaux de ferme pouvaient circuler librement dans la partie habitée de la résidence. Parmi le groupe non exposé, on retrouve autant de puits avec des nitrates que de puits sans

nitrate, mais aucune concentration ne dépassait la norme. L'ensemble des résultats se retrouve dans le fichier des données à l'annexe V et le résumé est présenté au tableau suivant:

**Tableau 3** Fréquences des échantillons de nitrates dans les trois groupes d'exposition

| Classe <sup>1</sup> | Fréquences (et: %) des échantillons de nitrates selon la gamme de concentration en mg/L |             |             |             |              |
|---------------------|---|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                     | < 0,02  | 0,02 - 0,99 | 1,00 - 1,99 | 2,00 - 4,99 | 5,00 et plus |
| Type 1 (n=11)       | 1 (9,1%)  | 2 (18,2)    | 5 (45,4)    | 0 (--)      | 3 (27,3)     |
| Type 2 (n=110)      | 83 (75,5)   | 15 (13,6)   | 6 (5,5)     | 2 (1,8)     | 4 (3,6)      |
| Type 3 (n=29)       | 14 (48,3)   | 11 (37,9)   | 2 (7,0)     | 1 (3,4)     | 1 (3,4)      |
| TOTAL (n=150)       | 98 (65,3)   | 28 (18,7)   | 13 (8,7)    | 3 (2,0)     | 8 (5,3)      |

<sup>1</sup> Type 1: puits de surface situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
 Type 2: puits artésiens situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
 Type 3: puits privés (surface ou artésiens) situés à proximité d'aucune activité agricole (ciblées ou non).

#### 4.2.1.1 Influence du type de puits

Les concentrations supérieures à 5 mg/L se retrouvent plus fréquemment dans les puits de surfaces en milieu agricole (27,3%) contrairement aux puits artésiens en milieu agricole (3,6%) et les puits (surface et artésiens) en milieu non agricole (3,4%). De plus, parmi les puits de surface en milieu agricole, le pourcentage des échantillons des nitrates détectables était plus élevé (91%: c'est-à-dire 10 puits sur 11) que parmi les puits artésiens (25%: 27 puits sur 110).

Lorsque l'on calcule la concentration moyenne en nitrates de chacun des types, nous obtenons les résultats présentés au tableau suivant. Précisons que pour les tests statistiques, nous avons utilisé des moyennes géométriques des concentrations de nitrates en raison de la distribution asymétrique des données.

**Tableau 4** Concentrations moyennes (géométriques) de nitrates dans l'eau des puits, classées en fonction du type de puits

| Classes <sup>1</sup> | n   | Concentrations moyennes de nitrates <sup>2</sup> (mg/L) |
|----------------------|-----|---|
| Type 1               | 11  | 0,98*   |
| Type 2               | 110 | 0,03  |
| Type 3               | 29  | 0,06  |

- <sup>1</sup> Type 1: puits de surface situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
 Type 2: puits artésiens situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
 Type 3: puits privés (surface ou artésiens) situés à proximité d'aucune activité agricole (ciblées ou non)
- \* différences significatives à  $p < 0,01$  pour les valeurs en sols sablonneux

L'analyse des résultats pour les 3 types de puits nous montre une différence significative ( $p < 0,01$ ) entre les concentrations moyennes mesurées pour les puits de surface en zone agricole et celles mesurées pour les puits artésiens en zone agricole. Une différence significative ( $p < 0,01$ ) a aussi été retrouvée entre les concentrations mesurées pour les puits de surface en zone agricole en comparaison avec les puits (surface ou artésiens) en zone non agricole (groupe-témoin). Les concentrations moyennes mesurées pour les puits artésiens en zone agricole sont du même ordre de grandeur que celles mesurées pour le groupe-témoin.

#### 4.2.1.2 Influence du type de sol

Nous avons voulu aussi vérifier si le type de sol avait une influence sur les concentrations en nitrates retrouvées dans l'eau souterraine. Bien que la détermination exacte du type de sol n'ait pu être effectuée, le type de sol identifié à partir des cartes de vulnérabilité de l'eau souterraine à la pollution produite par le MEF (McCormack, 1985a et 1985b) donnait une liste des municipalités ayant plus de 50% de sols sablonneux. La classification des zones sablonneuses et non-sablonneuses pourrait être sujette à des erreurs puisqu'elle est estimée à partir d'une carte. Les résultats des nitrates dans l'eau des puits selon les types de sol sont présentés au tableau suivant:



**Tableau 5** Influence du type de sol sur la présence de nitrates dans l'eau des puits privés

| Classes <sup>1</sup> | Type de sol <sup>2</sup> | n  | Concentration moyenne de nitrates <sup>3</sup> (mg/L) |
|----------------------|--------------------------|----|---|
| Type 1               | S                        | 6  | 2,52*   |
|                      | N-S                      | 5  | 0,32  |
| Type 2               | S                        | 42 | 0,02  |
|                      | N-S                      | 68 | 0,03  |
| Type 3               | S                        | 14 | 0,05  |
|                      | N-S                      | 15 | 0,08  |

- <sup>1</sup> Type 1: puits de surface situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
Type 2: puits artésiens situés à proximité d'activités agricoles ciblées;  
Type 3: puits privés (surface ou artésiens) situés à proximité d'aucune activité agricole (ciblées ou non).
- <sup>2</sup> S: sols sablonneux N-S: sols non sablonneux
- <sup>3</sup> Moyennes géométriques calculées sur les concentrations de nitrates
- \* différences significatives à  $p < 0,01$  pour les valeurs en sols sablonneux

Parmi les puits de surface en zone agricole (type 1), il appert que les concentrations de nitrates sont plus élevées pour les puits situés dans des zones sablonneuses (2,52 mg/L) en comparaison avec ceux situés en zone de sol non sablonneux (0,32 mg/L). Ceci pourrait s'expliquer par l'effet résiduel lié au type de puits, puisque la concentration moyenne mesurée pour les puits de surface en zone non sablonneuse est plus élevée (0,32 mg/L) que celles observées pour les puits artésiens en milieu agricole (0,02 mg/L) et les puits de surface et artésien en milieu non agricole (0,05 mg/L). Toutefois, les différences entre les concentrations mesurées ne sont pas statistiquement significatives pour ces derniers. De plus, nous n'observons pas l'influence du type de sol avec les concentrations de nitrates mesurées pour les puits artésiens ( qui soit en milieu agricole ou non).

Les résultats retrouvés ici sont dans le même ordre de grandeur que ceux rapportés dans d'autres études québécoises. En effet, dans une étude menée dans la région de Québec (Paradis *et al.*, 1991) et une autre menée récemment dans la région de Rivière-du-Loup (Laferrrière *et al.*, 1995), les concentrations moyennes (géométriques) calculées pour les puits de surface étaient 2,50 et 3,38 mg/L respectivement (nous avons calculé les moyennes géométriques afin de rendre les résultats comparables). Ces études étaient menées dans des régions où l'on pratique la culture de la pomme de terre et qui demande généralement un sol sablonneux. Pour les puits artésiens, les concentrations mesurées étaient cependant

supérieures à celles observées ici (c'est-à-dire 0,74 et 0,45 mg/L dans Québec et Rivière-du-Loup respectivement). À notre avis, ces différences pourraient être expliquées par le fait que dans notre étude, la culture de la pomme de terre n'était pas la seule activité agricole pratiquée autour de la résidence.

#### 4.2.1.3 Influence de l'activité agricole

Nous avons vérifié si la présence ou l'absence d'activité agricole avait un impact sur les concentrations de nitrates mesurées dans l'eau souterraine. Plusieurs activités agricoles pouvaient être pratiquées au pourtour de la résidence où l'échantillon était prélevé. Cette influence a été évaluée pour les deux types de puits, soit: de surface et artésiens.

Lorsqu'on étudie chacune des activités agricoles (ex: maïs, vergers, épandage d'engrais, élevage, etc.), les différences entre les concentrations moyennes observées de nitrates pour les puits de surface sont toujours supérieures à celles observées pour les puits artésiens. Ainsi dans les zones de culture de maïs, notre étude montre des différences significatives ( $p < 0,01$ ) entre les concentrations moyennes de nitrates dans les puits de surface (0,61 mg/L) et celles des puits artésiens (0,03 mg/L). On retrouve les mêmes phénomènes pour la culture des céréales (puits de surface:1,62 mg/L vs puits artésiens:0,02 mg/L); l'élevage (de tout type) (0,74 mg/L vs 0,04 mg/L); et l'utilisation de fertilisants (0,81 mg/L vs 0,03 mg/L) notamment les engrais chimiques (1,41 mg/L vs 0,02 mg/L). Des différences semblent aussi apparaître lorsqu'on analyse les données pour la culture du foin (3,71 mg/L vs 0,04 mg/L), les vergers (1,35 mg/L vs 0,04 mg/L); l'élevage du porc (1,29 mg/L vs 0,03 mg/L), du boeuf (4,9 mg/L vs 0,03 mg/L) et l'utilisation du purin de porc comme fertilisant (1,30 mg/L vs 0,03 mg/L). Cependant, aucun test statistique n'a été effectué pour ces critères puisque les fréquences étaient inférieures à 5 (valeur limite que l'on a fixée afin d'avoir un poids statistique suffisant). Selon ces données, une activité agricole quelconque a une influence sur la présence de nitrates dans l'eau, en fonction du type de puits utilisé.

#### 4.2.2 Résultats bactériologiques

Un objectif secondaire au projet est de mesurer la qualité bactériologique de l'eau dans le but de vérifier s'il y a une association entre la présence de nitrates dans l'eau et la présence de bactéries, puisque des installations septiques déficientes peuvent générer des nitrates en plus de bactéries (coliformes totaux et fécaux).

Les résultats de l'analyse bactériologique montrent que 14,7% des puits (22/150) ont présenté une contamination bactérienne totale hors norme, c'est-à-dire au moins une fois des concentrations hors normes pour les bactéries coliformes totaux ou fécaux (norme étant de < 10 bactéries coliformes totaux/100 mL d'eau et < 1 bactérie coliforme fécale/100 mL d'eau) ou des concentrations hors normes pour les bactéries streptocoques fécaux (norme étant < 1 bactérie streptocoque fécale/100 mL). Les valeurs de coliformes totaux dépassant les normes varient de 13 à 84 bactéries/100 mL d'eau. Pour les coliformes fécaux, ces valeurs varient de 1 à 60 bactéries/100 mL d'eau et pour les streptocoques fécaux, de 1 à 74 bactéries/100 mL d'eau. Ces résultats sont présentés au tableau 6:

**Tableau 6** Répartition de la contamination bactérienne hors norme dans les trois groupes d'exposition

|  | Contamination totale <sup>1</sup> |        | Coliformes totaux |       | Coliformes fécaux |      | Streptocoques fécaux |       |
|--|-----------------------------------|--------|-------------------|-------|-------------------|------|----------------------|-------|
|  | # puits                           | %      | # puits           | %     | # puits           | %    | # puits              | %     |
| Type 1 (n=11)  | 6/11                              | 54,5%* | 3/11              | 27,3% | 1/11              | 9,1% | 2/11                 | 18,2% |
| Type 2 (n=110)                                       | 12/110                            | 10,9%  | 8/110             | 7,3%  | 5/110             | 4,5% | 10/110               | 9,1%  |
| Type 3 surface (n=4)                                 | 2/4                               | 50,0%  | 2/4               | 50,0% | ---               | ---  | 1/4                  | 25,0% |
| artésien (n=25)                                      | 2/25                              | 8,0%   | 2/25              | 8,0%  | ---               | ---  | 1/25                 | 4,0%  |
| Total (n=29)   | 4/29                              | 13,8%  | 4/29              | 13,8% | ---               | ---  | 2/29                 | 6,9%  |
| Grand total  | 22/150                            | 14,7%  | 15/150            | 10,0% | 6/150             | 4,0% | 14/150               | 9,3%  |
| Gamme de concentration<br>(# bactéries/100 mL d'eau) | -----                             |        | [13-84]           |       | [1-60]            |      | [1-74]               |       |

<sup>1</sup> soit ≥10 coliformes totaux, ≥1 coliformes ou streptocoques fécaux  
\* Différences significatives à p < 0,01

L'analyse de ces résultats montre que les puits de surface, qu'ils soient en milieu agricole ou non, semblent plus fréquemment contaminés sur le plan bactériologique que les puits artésiens. De plus, des différences significatives peuvent être mesurées lorsque l'on compare les puits de surface en milieu agricole (54,5%) aux puits artésiens (10,9%) dans ce même milieu. L'analyse nous montre aussi une différence entre la contamination par les coliformes totaux pour les puits de surface (27,3%) en milieu agricole et celle pour les puits artésiens (7,3%) pour le même milieu. Ces résultats sont en accord avec ceux d'une étude effectuée dans la région de Rivière-du-Loup (Laferrière *et al.*, 1995) et d'une autre effectuée en Abitibi-Témiscamingue (Poissant, 1996), qui démontrent que les puits de surface présentent des contaminations bactériennes hors normes pour les coliformes (totaux ou fécaux) plus fréquentes que les puits artésiens.

Lorsque que l'on regroupe les types de puits et que l'on étudie l'influence du type de sols, les résultats sont les suivants:

**Tableau 7** Influence du type de sol sur la qualité bactériologique de l'eau des puits de surface et artésiens

|                  |                | Contamination totale <sup>1</sup> |       | Coliformes totaux |       | Coliformes fécaux |       | Streptocoques fécaux |       |
|------------------|----------------|-----------------------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|----------------------|-------|
|                  |                | # puits                           | %     | # puits           | %     | # puits           | %     | # puits              | %     |
| Puits de surface | S <sup>2</sup> | 6/9                               | 66,7% | 3/9               | 33,3% | 1/9               | 11,1% | 3/9                  | 33,3% |
|                  | N-S            | 2/6                               | 33,3% | 2/6               | 33,3% | ---               | ---   | ---                  | ---   |
| Puits artésiens  | S <sup>1</sup> | 2/53                              | 3,8%  | 1/53              | 1,9%  | 1/53              | 1,9%  | 2/53                 | 3,8%  |
|                  | N-S            | 12/82                             | 14,6% | 8/82              | 9,8%  | 4/82              | 4,9%  | 9/82                 | 11,0% |

<sup>1</sup> soit  $\geq 10$  coliformes totaux,  $\geq 1$  coliformes ou streptocoques fécaux  
<sup>2</sup> S= sols sablonneux N-S= sols non-sablonneux

Aucun test statistique n'a été effectué pour évaluer l'influence du type de sol sur la qualité bactériologique de l'eau des puits, car les échantillons étaient de petite taille ( $n < 5$ ). En ce qui concerne la contamination bactérienne totale hors norme, il semble que les puits de surface en sols sablonneux soient plus affectés (66,7%) que les puits de surface en sol non sablonneux (33,3%). Dans l'étude de Poissant (1996), le phénomène contraire a été observé, i.e. que les puits de surface dans l'argile présentent des contaminations bactériennes hors normes plus fréquentes que les puits de surface dans le sable (31,5% vs 15,2%). L'imprécision de notre classification des puits selon le type de sol pourrait en partie expliquer

cette différence. Par contre, dans l'étude de Poissant (1996), la mesure des streptocoques fécaux n'avait pas été prise en compte afin de déterminer la contamination bactérienne totale hors norme. Dans notre étude, aucune différence n'apparaît pour la contamination par les coliformes totaux (33,3% vs 33,3%) pour les puits de surface, qu'il soit en sol sablonneux ou pas. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'à la période d'échantillonnage, les régions ciblées ont fait face à des inondations dues à de fortes précipitations de pluie (janvier 1996). Ce phénomène expliquerait aussi la présence de coliformes totaux mais non des coliformes fécaux. Car, il semble que les coliformes fécaux seraient moins résistants que les coliformes totaux, ne résisteraient pas aux fortes précipitations et ne survivraient pas assez longtemps pour contaminer le puits (Poissant, 1996).

#### **4.3.3 Résumé de l'ensemble des résultats**

La contamination de l'eau souterraine par les nitrates est, comme nous l'avons vu, influencée par plusieurs facteurs dont l'utilisation de nappe d'eau peu profonde et du type de sol. Nous résumons ici l'ensemble des résultats obtenus dans notre étude en relation avec ces différents facteurs.

**Tableau 8** Résumé de l'ensemble des résultats de notre étude

| Type de puits   | Résultats bactériologiques   | Résultats de nitrates   |
|---|--|---|
| Puits de surface en sols sablonneux (n=9)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>6 puits sur 9 (67%) ont des résultats bactériologiques hors normes dont 83% des puits situés en zones agricoles;</li> <li>50% des puits avec une contamination bactérienne hors norme ont une installation septique à &lt; 30 mètres et ont plus de 15 ans;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tous les puits (9/9) ont des concentrations détectables de nitrates [0,03 à 23 mg/L];</li> <li>Pour les résultats de nitrates détectables en zone agricole, 67% sont situés à proximité d'un entreposage de fumier et 83% près d'un élevage du boeuf.</li> </ul>   |
| Puits de surface en sols non sablonneux (n=6)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>2 puits sur 6 ont présenté des contaminations bactériennes hors normes en plus des concentrations en nitrates supérieures à la norme.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>5 puits sur 6 ont des concentrations détectables de nitrates [0,02 - 14,3 mg/L].</li> <li>Un seul puits en zone non agricole montre des nitrates de l'ordre de 9,4 mg/L et 19 coliformes totaux/100 mL. La distance non réglementaire de l'installation septique (&lt;30m) et l'âge du puits (+15 ans) peuvent être les causes.</li> </ul> |
| Puits artésiens (sols sablonneux et non sablonneux) (n=135) | <ul style="list-style-type: none"> <li>10% des puits présentent une contamination bactérienne hors norme;</li> <li>75% des échantillons ayant des bactéries coliformes totaux sont associés à des puits artésiens de &lt; 15 mètres.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aucune contamination bactérienne hors norme n'est associée à des concentrations élevées de nitrates (sauf l'échantillon prélevé dans une résidence où certaines conditions sanitaires étaient déficientes).</li> </ul>   |
| TOTAL:  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes totaux: 13-84 bactéries/100mL;</li> <li>coliformes fécaux: 1-60 bactéries/100 mL;</li> <li>streptocoques fécaux: 1-74 bactéries/100 mL;</li> <li>l'analyse de l'ensemble des résultats montre une contamination bactérienne hors norme plus grande pour les puits de &lt; 15 mètres de profondeur (différence significative à p &lt; 0,05).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>75% des échantillons ayant des concentrations en nitrates supérieures à 5,0 mg/L sont associés à la culture du maïs.</li> </ul>  |

### 4.3 Résultats des analyses effectuées sur le test colorimétrique

Nous voulions évaluer dans quelle mesure les données provenant d'un test simple (test colorimétrique) réalisé par le participant correspondait bien aux valeurs de nitrates mesurées en laboratoire et pour quelles concentrations le test devenait un bon outil de dépistage des nitrates dans l'eau potable. Le tableau 9 présente les résultats de l'analyse de la validité du test colorimétrique effectué pour le test réalisé par le participant lorsque comparé au test effectué en laboratoire. On retrouvera l'ensemble des résultats de nitrates mesurés par le participant et le représentant à l'annexe VI et les calculs pour les analyses de validité du test à l'annexe VII.

**Tableau 9** Validité du test colorimétrique selon les résultats obtenus par le participant

| Valeur de nitrates estimés via le test colorimétrique | Valeurs du test colorimétrique effectué par le participant en rapport aux résultats de laboratoire |   |
|---|--|---|
| ≥ 1 mg/L  | Sensibilité  | 91,3% (I.C. à 95%: 70,5 - 98,5)           |
|   | Spécificité  | 91,9% (I.C. à 95%: 85,3 - 95,8)           |
|   | VP <sup>+</sup>  | 67,7% (I.C. à 95%: 48,5 - 82,7)           |
|   | VP <sup>-</sup>  | 98,3% (I.C. à 95%: 93,3 - 99,7)           |
| ≥ 2 mg/L  | Sensibilité  | 90,9% (I.C. à 95%: 57,1 - 99,5)           |
|   | Spécificité  | 94,9% (I.C. à 95%: 89,3 - 97,7)           |
|   | VP <sup>+</sup>  | 58,8% (I.C. à 95%: 33,5 - 80,6)           |
|   | VP <sup>-</sup>  | 99,2% (I.C. à 95%: 95,2 - 100)            |
| ≥ 5 mg/L  | Sensibilité  | 75,0% (I.C. à 95%: 35,6 - 95,5)           |
|   | Spécificité  | 97,8% (I.C. à 95%: 93,3 - 99,4)           |
|   | VP <sup>+</sup>  | 66,7% (I.C. à 95%: 30,9 - 91,0)           |
|   | VP <sup>-</sup>  | 98,6% (I.C. à 95%: 94,3 - 99,7)           |
| ≥10 mg/L  | Sensibilité  | 100% (I.C. à 95%: indéfini <sup>1</sup> ) |
|   | Spécificité  | 97,9% (I.C. à 95%: 93,6 - 99,5)           |
|   | VP <sup>+</sup>  | 50,0% (I.C. à 95%: 13,9 - 86,1)           |
|   | VP <sup>-</sup>  | 100% (I.C. à 95%: indéfini)               |

<sup>1</sup> Aucun faux résultat négatif n'a été estimé via le test colorimétrique

On remarque que la sensibilité et la spécificité du test colorimétrique pour les concentrations supérieures à 1 mg/L, 2 mg/L et 10 mg/L sont très élevées et que pour le seuil établi à 5 mg/L, la sensibilité est de 75%.

La sensibilité du test indique, pour un seuil donné (1, 2, 5, 10mg/L), le % de cas pour lequel le test a détecté une contamination égale ou supérieure à ce seuil, tel que révélée par les résultats de laboratoire. Pour sa part, la spécificité indique, pour un seuil donné, le % de cas pour lequel le test a détecté une contamination inférieure à ce seuil, tel que révélée par le laboratoire. Une méthode de dépistage idéale devrait avoir une sensibilité, une spécificité mais aussi des valeurs prédictives positives et négatives aussi près de 100% que possible (Jenicek et Cléroux, 1984). Dans le cas de la contamination par les nitrates, la présence de faux négatifs, obtenus avec le test colorimétrique, pourrait engendrer des conséquences plus ou moins grave selon les niveaux de contamination et les populations consommant cette eau. Puisqu'en présence de concentrations supérieures à 10 mg/L, les enfants de moins de 6 mois et les femmes enceintes sont les groupes les plus vulnérables aux effets des nitrates. Par contre, selon Mitchell et Harding (1996), on ne rapporte aucun effet observable chez des adultes en santé consommant de l'eau contenant jusqu'à 20 mg/L de nitrates. Dans le cas de faux positifs, obtenus par le test colorimétrique, le seul inconvénient serait de faire payer un test de laboratoire inutilement afin de confirmer la contamination.

L'analyse des résultats des tests colorimétriques montre que pour toutes les concentrations étudiées, la valeur prédictive positive (i.e. la proportion de vrais positifs parmi les résultats testés positifs par le participant) est faible (entre 50,0% et 67,7%). De plus, il semblerait que selon les résultats obtenus par le participant, les chances d'identifier un dépassement lorsque les concentrations sont supérieures 10 mg/L seraient de 50%, ce qui est équivalent à faire un test «pile ou face» avec une pièce de monnaie.

Selon Jenicek et Cléroux (1984), pour une prévalence faible, la valeur prédictive du résultat positif sera moins élevée tandis que la valeur prédictive du résultat négatif sera plus élevée. Notre étude montre que la prévalence (le nombre total de résultats positifs) est relativement faible pour chacune des concentrations de nitrates mesurées. Pour les concentrations  $\geq 1$  mg/L, la prévalence est de 23 échantillons/147; pour les concentrations  $\geq 2$  mg/L, elle est de 11/147; pour  $\geq 5$ mg/L de 8/147 et  $\geq 10$  mg/L de 3/147. Nous avons effectué l'analyse de la validité du test sur 147 échantillons puisque 3 participants ont refusé d'essayer de déterminer la concentration de nitrates par le test colorimétrique.



On peut se questionner sur les méthodes à utiliser afin d'augmenter la spécificité, la sensibilité et la valeur prédictive positive du test puisque la prévalence est faible. Devrait-on exécuter à plusieurs reprises le test avant de déterminer la présence d'une contamination? Doit-on faire un, deux ou 3 tests avant de demander une confirmation en laboratoire? Nous avons refait les analyses de validité du test en appliquant le principe que le test effectué par le représentant de la DSP constitue une épreuve en parallèle afin de poser le diagnostic de contamination. Les résultats sont présentés au tableau 10.

**Tableau 10** Validité du test colorimétrique selon le diagnostic de contamination constitué à partir de deux épreuves en parallèle<sup>1</sup>

| Valeur de nitrates estimés via le test colorimétrique | Valeurs du test colorimétrique effectué par le participant et confirmé par le représentant de la DSP en rapport aux résultats de laboratoire |  |
|---|--|--|
| ≥ 1 mg/L  | Sensibilité<br>Spécificité<br>VP <sup>+</sup><br>VP <sup>-</sup>   | 100% (I.C. à 95%: indéfini <sup>2</sup> )<br>96,8% (I.C. à 95%: 91,4 - 99,0)<br>85,2% (I.C. à 95%: 65,4 - 95,1)<br>100% (I.C. à 95%: indéfini) |
| ≥ 2 mg/L  | Sensibilité<br>Spécificité<br>VP <sup>+</sup><br>VP <sup>-</sup>   | 100% (I.C. à 95%: indéfini)<br>95,6% (I.C. à 95%: 90,2 - 98,2)<br>64,7% (I.C. à 95%: 38,6 - 84,7)<br>100% (I.C. à 95%: indéfini)               |
| ≥ 5 mg/L  | Sensibilité<br>Spécificité<br>VP <sup>+</sup><br>VP <sup>-</sup>   | 100% (I.C. à 95%: indéfini)<br>99,3% (I.C. à 95%: 95,5 - 100)<br>88,9% (I.C. à 95%: 50,7 - 99,4)<br>100% (I.C. à 95%: indéfini)                |
| ≥10 mg/L  | Sensibilité<br>Spécificité<br>VP <sup>+</sup><br>VP <sup>-</sup>   | 100% (I.C. à 95%: indéfini)<br>98,6% (I.C. à 95%: 94,6 - 99,8)<br>60,0% (I.C. à 95%: 17,0 - 92,7)<br>100% (I.C. à 95%: indéfini)               |

<sup>1</sup> Le test a été effectué par le participant et ensuite par le représentant de la DSP;

<sup>2</sup> Aucun faux résultat négatif n'a été estimé via le test colorimétrique.

On remarque que lorsqu'on effectue un autre test colorimétrique sur le même échantillon, on augmente la sensibilité, la spécificité mais surtout la valeur prédictive positive du test. Cependant, cette augmentation ne pourra jamais être très élevée compte tenu de la faible prévalence de la contamination de l'eau par les nitrates dans ces régions. Cette analyse de la validité du test sera aussi effectuée par le sous comité provincial, qui prendra les résultats de cette étude et les couplera avec les résultats obtenus par les 3 autres DSP participantes. On pourra ainsi vérifier la valeur prédictive positive du test, dans une région où la prévalence de la contamination risque d'être plus élevée.

## CHAPITRE 5 - DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude démontre, qu'en milieu agricole, les puits de surface sont plus susceptibles d'être contaminés par les nitrates (90% des puits avaient des niveaux détectables de nitrates) que les puits artésiens (25%). Vingt-sept pour cent (27%) des puits de surface avaient des concentrations en nitrates supérieures à 5,00 mg/L comparativement à 3,6% des puits artésiens. La majorité des concentrations de nitrates mesurées dans les puits artésiens ne dépasse pas 1 mg/L (120 puits artésiens sur 135), ce qui correspond (selon SBSC, 1992) aux concentrations naturelles de nitrates dans l'eau. Il apparaît aussi que les puits de surface situés en zone agricole et construits dans des sols sablonneux sont plus susceptibles d'être contaminés par les nitrates. Ce résultat était prévisible puisqu'il est établi que le type de sol influence le lessivage des contaminants dans l'eau souterraine. Ainsi, les sols sablonneux sont plus perméables aux nitrates que les sols non sablonneux (Asselin, 1993).

Il est surprenant de constater en janvier-février une contamination importante des puits de surface par les bactéries. En effet, environ 50% des puits de surface ont présenté une contamination bactérienne hors norme et 10% des puits artésiens. Les précipitations abondantes et les inondations qui sont survenues durant cette période (janvier 96) ont pu être la cause de cette forte contamination bactérienne des puits de surface.

Notre analyse de la contamination de l'eau en nitrates a été effectuée durant la période hivernale. Malheureusement, on peut difficilement comparer nos résultats avec ceux d'études réalisées ailleurs et ceci, pour les raisons suivantes. Il ne semble pas y avoir de consensus parmi les chercheurs quant au moment de l'année où les concentrations de nitrates dans les puits de surface sont plus élevées. Asselin (1993) et Zillicox *et al.* (1990) ont observé des pics de contamination de nitrates à la période hivernale. Par contre, d'autres observent des maxima surtout au printemps et à l'automne (Banton *et al.*, 1992; Gangbazo *et al.*, 1995; Landreau, 1984 et Simoneau, 1993). Ces derniers arguent que les pointes observées en ces périodes de l'année sont attribuables à l'absence de couvert végétal, aux précipitations fréquentes et à de basses températures qui limitent l'activité microbienne ayant un pouvoir réducteur sur les nitrates. Dans la plupart des études québécoises consultées, les analyses de nitrates ont été effectuées entre avril et novembre. Par ailleurs, en Europe, les conditions hivernales étant différentes des nôtres,

l'augmentation des concentrations de nitrates dans l'eau souterraine observées en hiver ne peut être comparée avec nos résultats.

Comme suivi à cette étude, nous comptons effectuer un échantillonnage de 50 puits de surface à la fin de l'automne (novembre) et un autre échantillonnage à l'hiver (février). Parmi ces puits seront inclus les 15 puits de surface déjà échantillonnés dans la présente étude. Nous aurons donc un suivi temporel de certains puits qui permettra de vérifier s'il y a une variation saisonnière en nitrates dans l'eau souterraine.

Les résultats de la validité du test colorimétrique montrent que ce test a une grande sensibilité, une grande spécificité et une valeur prédictive négative élevée. Cette dernière caractéristique nous permet d'obtenir très peu de faux négatifs, ce qui est très important. Toutefois, la limite du test réside au niveau de la valeur prédictive positive qui peut être qualifiée de faible à modérée, en raison de la faible prévalence de contamination. Cependant, on peut améliorer cette valeur prédictive positive (malgré une prévalence faible) en répétant le test avant de déterminer qu'il y a contamination. Nous croyons qu'obtenir un faux positif (i.e. d'avoir un résultat positif avec le test colorimétrique lorsque l'analyse de laboratoire nous donnerait un test négatif) n'entraînerait pas de conséquence grave. Le seul inconvénient serait de faire payer un test de laboratoire inutilement. Cela a toutefois l'avantage de confirmer ou d'infirmer le test colorimétrique. Cependant, plusieurs questions sont soulevées:

- 1- Combien de tests colorimétriques doivent être effectués avant de déterminer la présence d'une contamination? Est-ce un, deux ou trois...?
- 2- Quelle devrait être la concentration de nitrates nécessitant une seconde épreuve, ou une surveillance accrue ou continue?
- 3- La norme actuelle de nitrates au Québec est de 10 mg/L, doit-on s'inquiéter qu'à partir de cette concentration ou aux concentrations de 2 ou 5 mg/L?
- 4- Comment et par qui devrait être utilisé le test colorimétrique? Pourrait-on distribuer ce test à l'ensemble de la population? Devrait-on avoir un protocole bien établi?

Une validation plus complète de ce test pourra être réalisée en couplant l'ensemble des données issues des projets en cours dans les autres régions, via les travaux du sous comité provincial. La réponse à ces

questions devrait nous aider à déterminer si le test colorimétrique peut être intéressant comme outil de dépistage de la contamination de l'eau par les nitrates.

Les principales retombées de l'étude sont les suivantes:

- une meilleure connaissance de l'ampleur de la problématique de la contamination de l'eau souterraine par les nitrates en Montérégie et des facteurs associés à cette contamination;
- une meilleure connaissance de la validité et des contraintes d'utilisation d'un test de dépistage de la contamination de l'eau potable par les nitrates;
- une meilleure connaissance de l'ampleur de la contamination bactérienne de l'eau des puits;
- la sensibilisation des propriétaires vivant dans des zones à risque de contamination à l'importance de faire analyser l'eau de leur puits.

**RÉFÉRENCES**

- ALLARD, R., J.B. BROUSSEAU, D. GAUDREAU, L. JACQUES, C. LÉONARD, E. MASSON ET M. MERCIER**, 1995. Profil de santé environnementale de la Montérégie. DSP de la Montérégie, 84 pages.
- ARMIJO, R., A. GONZALEZ, M. ORELLANA, A.H. COULSON, J.W. SAYRE et R. DETELS**, 1981. Epidemiology of gastric cancer in Chile: nitrate exposures and stomach cancer frequency. *Int. J. Epid.*, 10:57-62.
- ASSELIN, R.**, 1990. Combien avez-vous perdu de nitrates l'an dernier? *Terre de Chez-nous*, 10 (5): 42-52.
- ASSELIN, R.**, 1993. *Le lessivage des nitrates: brève revue de littérature*. MAPAQ - Région des Bois-Francis, 23 p.
- BANTON, O., M.C. CHAPDELAINÉ, M. LAROCQUE et L. TRÉPANIÉ**, 1992. *Évaluation des pertes de composés azotés dans les eaux souterraines lors de l'épandage de fumiers et lisiers. Développement d'un outil d'évaluation*. Rapport d'étape no. 2 (No-R-349). Institut National de la Recherche Scientifique, INRS - eau, 75 p. + annexes.
- BEAUDOIN, C.E.**, 1983. *Étude de la rémanence des pesticides retenus dans la nappe phréatique de Portneuf*. Service de l'assainissement agricole, Dir. gén. de l'amélioration et de la restauration du milieu aquatique, MENVIQ, 50 p.
- CSE, FÉDÉRATION DES CLSC, MSSS, MEF, UPA**. *Aux propriétaires de puits: attention aux nitrates dans l'eau potable*. Dépliant.
- CASARETT AND DOULL'S**, 1986. *Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 3<sup>e</sup> édition, Macmillan Publishing Company, 974 p.

- CHAMPAGNE, L.**, 1993. *Contamination des eaux souterraines par les nitrates à partir des sources agricoles: État de la situation*. MENVIQ, Direction des écosystèmes urbains, 23 p. (document de travail).
- CHOW, C.K., C.J. CHEN et C. GAIROLA**, 1980. Effect of nitrates and nitrite in drinking water on rat. *Toxicology letters*, 6 (3): 199-206.
- DUBÉ, J. et J.-J. MINVILLE**, 1994. *Évaluation d'un test colorimétrique pour l'analyse de la concentration de nitrates de l'eau des puits*. Cégep de Rivière-du-Loup et USP Grand-Portage, 23 p.
- FAN, A.M., C.C. WILLHITE et S.A. BOOK**, 1987. Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicity. *Regulatory tox. and pharm.*, 7: 135-148.
- GANGBAZO, G., I. PICHÉ, R. McCORMACK et J. DION**, 1995. *Contamination des eaux souterraines par les nitrates à St-Bernard de Beauce*, MEF, 16 p.
- GILLI, G., G. CORRAO et S. FAVILLI**, 1984. Concentrations of nitrates in drinking water and incidence of gastric carcinomas: First descriptive study of the Piemonte, Italy. *The Science of total Environment*, 34: 45-48.
- GIROUX, I.**, 1995. *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions de culture de pommes de terre, Campagnes d'échantillonnage 1991 - 1992 - 1993*, Direction des écosystème aquatiques, MEF, 60 p.
- GRONDIN, J., P. LEVALLOIS et S. MOREL**, 1995. La consommation d'eau potable provenant du St-Laurent dans la région de Québec: comportement, connaissance et attitude, *St-Laurent Vision 2000*, 77 p. + annexes.
- HUDON, E., J. ZAYED et P. LAINESSE et S. LORANGER**, 1991. Habitudes de consommation de l'eau potable au Québec et perception du risque pour le consommateur. *Sciences et techniques de l'eau*, 24 (4): 357-362.

- JENICEK, M.** et **CLÉROUX, R.**, 1984. *Epidémiologie: Principes, techniques, applications*. Edisem et Maloine, 3<sup>e</sup> tirage, 454 p.
- JENSEN, O.M.**, 1982. Nitrate in drinking water and cancer in Northern Jutland, Denmark, with special reference to stomach cancer. *Ecotoxicology and environmental safety*, 6 (3): 258-267.
- JOHNSON, C.J.** et **C.B. KROSS**, 1990. Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *American Journal of Industrial Medicine*. 18: 449-456.
- LAFERRIERE, M.**, **A. NADEAU**, **G. MALENFANT** et **J.J. MINVILLE**, 1995. *La contamination par les nitrates des puits privés en milieu rural: Prévention des risques à la santé*. USP du Centre hospitalier régional du Grand-Portage, CLSC Rivières & marées, 38 p.
- LAFERRIÈRE, M.** et **J.J. MINVILLE**, 1996. L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 7 (2): 1-4.
- LAINESSE, P.**, **E. HUDON**, ET **J. ZAYED**, 1991. Les habitudes de consommation d'eau potable. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 2 (2): 3.
- LANDREAU, A.**, 1984. *Éléments sur le processus de contamination des nappes d'eau souterraine par les nitrates d'origine agricole*. Congrès international sur l'utilisation des eaux souterraines et l'hydrogéologie des contaminants, pp. 465-473.
- LECLERC, H.**, **P. VINCENT** et **P. VANDEVENNE**, 1991. Nitrates de l'eau de boisson et cancer. *Bull. Acad. Natl. Méd.*, 175 (4): 651-671.
- LEVALLOIS, P.** et **D. PHANEUF**, 1992. Risques associés à la contamination de l'eau potable par les nitrates. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 3 (3): 1-3.
- LEVALLOIS, P.** et **D. PHANEUF**, 1994. La contamination de l'eau potable par les nitrates: analyses des risques à la santé. *Canadian Journal of Public Health*, 84 (3): 192-196.
- McCORMARK, R.**, 1985a. *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution: Bassin de la rivière Yamaska*. Direction des eaux souterraines et de consommation, ministère de l'Environnement du Québec.

- McCORMARK, R.**, 1985b. *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution: Région sud de Montréal*. Direction des eaux souterraines et de consommation, ministère de l'Environnement du Québec.
- MITCHELL, T.J.** et **HARDING, A.K.**, 1996. Who is drinking nitrate in their well water? A study conducted in rural Northeastern Oregon, *Environmental Health*, 59 (3): 14-19.
- MORALES-SUPREZ-VARELA, M.M.**, **A. LLOPIS-GONZALEZ** ET **M.L. TEJERIZO-PEREZ**, 1995. Impact of nitrates in drinking water on cancer mortality in Valencia, Spain, *European Journal of Epidemiology*. 11: 15-21.
- PARADIS, D.**, **P. BERNIER** et **P. LEVALLOIS**, 1991. *Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de Portneuf*. MENVIQ, MAPAQ et DSC-CHUL, 13 p.
- PARÉ, D.**, 1978. *Étude hydrogéologique du bassin versant de la Yamaska*. Ministère des Richesses Naturelles, Direction générale des eaux. Rapport E.B.-3, 50 pages.
- POISSANT, L.M.**, 1995. *La contamination bactérienne des puits domestiques en Abitibi-Témiscamingue*. Direction régionale de santé publique, RRSSS de l'Abitibi-Témiscamingue, 94 p.
- PRIMEAU, S.** et **Y. GRIMARD**, 1990. *Rivière Yamaska 1975-1988. Volume 1: Description du bassin versant et la qualité du milieu aquatique*. Direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, 136 p.
- RADEMACHER, J.J.**, **T.B. YOUNG** et **M.S. KANAREK**, 1992. Gastric cancer mortality and nitrates levels in Wisconsin drinking water. *Archives of Environmental Health*, July/August, 47 (4): 292-294.
- ROY, L.** et **P. LEVALLOIS**, **L. CHAMPAGNE** et **H. ROUSSEAU**, 1992. Aperçu de la contamination de l'eau potable par les nitrates. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 3 (6): 3-4.



- SANTÉ ET BIEN-ETRE SOCIAL CANADA**, 1992. *Le Nitrate et le nitrite*. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, 9 p.
- SIMARD**, G. et R. **DESROSIERS**, 1979. *Qualité de l'eau souterraine du Québec*. Ministère de l'Environnement, Direction générale des inventaires et de la recherche. Rapport H.G.-13, 161 p.
- SIMONEAU**, M., 1993. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Richelieu, 1979 à 1992*. Direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, 126 p.
- STATISTIQUES CANADA**, 1991. *Profil agricole du Québec, partie I*. Recensement 91, Cat. 95-335, 409 p.
- STEINDORF**, K., B. **SCHLEHOFER**, H. **BECHER**, G. **HORNING** et J. **WAHRENDORF**, 1994. Nitrate in drinking water: A case-control Study on Primary Brain tumors with Embedded drinking water survey in Germany. *International Journal of Epidemiology*. 23 (3): 451-457.
- Van MAANEN**, J.M.S., I.J. **WELLE**, G. **HAGEMAN**, J.W. **DALLINGA**, P.L.J.M. **MERTENS** et J.C.S. **KLEINJANS**, 1996. Nitrate contamination of Drinking water: Relationship with HPRT Variant frequency in lymphocyte DNA and urinary excretion of N-nitrosamines. *Environmental Health Perspectives*. 105 (5): 522-528.
- ZILLIOX**, L., C. **SCHENCK**, H. **KOBUS** et B. **HUWE**, 1990. Pollution par les nitrates: quels remèdes? *Supplément la Recherche*, 227: 18-21.