



Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé



Méthodologie



**ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE
DANS SEPT BASSINS VERSANTS EN SURPLUS DE FUMIER
ET IMPACTS POTENTIELS SUR LA SANTÉ**

MÉTHODOLOGIE

Ce document est disponible en version intégrale dans les sites Web suivants :

www.menv.gouv.qc.ca www.inspq.qc.ca www.mapaq.gouv.qc.ca www.msss.gouv.qc.ca

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec, 2004

ISBN 2-550-43507

Envirodoq ENV/2004/0311

Document déposé à Santécom <http://www.santecom.qc.ca>

Cote : MENV-2004-001

© Gouvernement du Québec, 2004

L'Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé a été réalisée conjointement par le ministère de l'Environnement, le ministère de la Santé et des Services sociaux, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et l'Institut national de santé publique du Québec. Elle comprend neuf rapports de recherche et un sommaire.

Méthodologie est un de ces rapports

AUTEURS

Normand Rousseau, M. Sc.

Direction des politiques de l'eau
Ministère de l'Environnement du Québec

Nadine Roy, ing. jr.

Direction des politiques de l'eau
Ministère de l'Environnement du Québec

Philippe Cantin, Ph. D.

Analyse et étude sur la qualité du milieu
Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

Pierrette Cardinal, M. Sc.

Direction des laboratoires d'expertises et
d'analyses alimentaires
Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation
du Québec

REMERCIEMENTS

Comité technique

Le projet a été conçu et réalisé grâce aux efforts d'individus regroupés sous le nom de *comité technique*.

Yolaine Blais	Direction du milieu agricole Ministère de l'Environnement du Québec
Jean-François Boulet	Direction régionale de la Montérégie Ministère de l'Environnement du Québec
Philippe Cantin	Analyse et étude sur la qualité du milieu Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Pierrette Cardinal	Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Albert Daveluy	Direction de la protection de la santé publique Ministère de la Santé et des Services sociaux
Benoît Gingras	Direction de santé publique de Chaudière-Appalaches Ministère de la Santé et des Services sociaux
Richard Laroche	Direction de l'environnement et du développement durable Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Donald Lemelin	Direction régionale de Chaudière-Appalaches Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Patrick Levallois	Direction Risques biologiques, environnementaux et occupationnels Institut national de santé publique du Québec et Unité de recherche en santé publique Centre de recherche du CHUL (CHUQ)
Normand Rousseau, coordonnateur	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec
Marc Simoneau	Direction du suivi de l'état de l'environnement Ministère de l'Environnement du Québec
Hélène Tremblay	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec
Lucie Veillette	Direction régionale de l'inspection et de santé animale, Montréal, Laval et Lanaudière (DRISA Montréal, Laval et Lanaudière) Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Le comité technique a bénéficié de la contribution particulière de :	
Suzanne Gingras	Unité de recherche en santé publique Centre de recherche du CHUL (CHUQ)
Stéphane Tomat	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec
Christine Barthe	Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

TABLE DES MATIÈRES

1. ORIGINE DE L'ÉTUDE	1
1.1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
2. ENCADREMENT ADMINISTRATIF	3
2.1. MANDAT DU COMITÉ DIRECTEUR.....	3
2.2. MANDAT DU COMITÉ TECHNIQUE INTERMINISTÉRIEL	3
3. CONCEPTION DE L'ÉTUDE	5
3.1. TERRITOIRE À L'ÉTUDE.....	5
3.2. INDICATEUR DE PRODUCTION ANIMALE INTENSIVE	5
3.2.1. <i>ORIGINE ET CONCEPT</i>	5
3.2.2. <i>JUSTIFICATIONS</i>	6
3.3. ZONE DE PRODUCTION ANIMALE INTENSIVE	7
3.4. ZONE DE RÉFÉRENCE	7
3.5. HOMOGENÉITÉ DU TERRITOIRE.....	7
3.6. VULNÉRABILITÉ DE LA NAPPE SOUTERRAINE.....	7
4. CHOIX DES PARAMÈTRES ANALYSÉS	9
4.1. PARAMÈTRES CHIMIQUES	9
4.1.1. Nitrites-nitrates.....	9
4.2. PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES	10
4.2.1. Paramètres microbiologiques analysés.....	10
4.2.1.1. <i>Escherichia coli</i>	10
4.2.1.2. <i>Entérocoques</i>	10
4.2.1.3. <i>Coliphages F-spécifiques</i>	12
4.2.2. Paramètres microbiologiques non retenus.....	13
4.2.3. En résumé.....	14
4.3. DISTINCTIONS ENTRE LES INDICATEURS	15
5. PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE	17
5.1. BANC D'ESSAI.....	17
5.2. SÉLECTION DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE	17
5.2.1. Sources d'information disponibles	17
5.2.2. Sélection de la population totale des puits sur le territoire à l'étude	17
5.2.3. Taille de l'échantillon.....	18
5.3. DISTRIBUTION SPATIALE DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE	18
5.4. IDENTIFICATION DES ÉCHANTILLONS.....	19
5.5. CARTOGRAPHIE DES PUIXS IDENTIFIÉS	20
5.6. ÉQUIPES DE TERRAIN	20
5.7. ASPECTS ÉTHIQUES DE L'ÉTUDE	21
5.8. ACTIONS DE COMMUNICATION	21
5.9. TRAVAUX DE TERRAIN.....	21
5.10. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE.....	21
5.10.1. Période d'échantillonnage	21
5.10.2. Localisation des puits	22
5.10.3. Visite des résidences.....	22

5.10.4.	Procédure de remplacement.....	22
5.10.5.	Présentation de l'étude	23
5.10.6.	Procédure de prélèvement d'un échantillon d'eau.....	23
5.10.6.1.	Prise de l'échantillon d'eau	23
5.10.6.2.	Transport des échantillons d'eau	24
5.10.6.3.	Questionnaire environnement	24
5.10.6.4.	Questionnaires santé.....	25
5.11.	COMMUNICATION DES RÉSULTATS D'ANALYSES AUX PROPRIÉTAIRES.....	25
6.	MÉTHODES ANALYTIQUES.....	27
6.1.	RÉCEPTION AU LABORATOIRE.....	27
6.2.	MÉTHODE D'ANALYSE DES NITRITES-NITRATES	27
6.3.	DÉNOMBREMENT DES <i>E. COLI</i>	27
6.4.	DÉNOMBREMENT DES ENTÉROCOQUES ET DES STREPTOCOQUES FÉCAUX.....	28
6.5.	DÉTECTION DES COLIPHAGES MÂLES-SPÉCIFIQUES (F- SPÉCIFIQUES).....	28
6.6.	CONTRÔLES DE LA QUALITÉ	28
6.6.1.	Contrôles intralaboratoires DLEAA-MAPAQ	28
6.6.2.	Contrôles interlaboratoires en microbiologie	29
6.6.2.1.	Coliphages F-spécifiques en présence/absence, janvier 2002.....	29
6.6.2.2.	<i>E. coli</i> et entérocoques, février 2002.....	29
6.6.2.3.	<i>E. coli</i> et entérocoques, mai 2002	31
7.	VALIDATION DES DONNÉES	33
7.1.	CORRECTION DES DONNÉES	33
7.2.	VARIABLES UTILISÉES POUR LE TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES.....	33
7.2.1.	Type de puits	33
7.2.2.	Présence d'activité agricole autour du puits	33
7.2.3.	Distance entre le puits et l'installation septique	34
7.2.4.	Distance entre le puits et le site d'entreposage de fumier.....	34
	RÉFÉRENCES	35
	ANNEXE 1 CALCUL DU BILAN DE PHOSPHORE ET SES CONTRAINTES.....	37
	ANNEXE 2 LISTE DES MUNICIPALITÉS INCLUSES AU PROJET	43
	ANNEXE 3 COMPTE RENDU DES ACTIVITÉS DU BANC D'ESSAI.....	49
	ANNEXE 4 CALCUL DU NOMBRE TOTAL DE POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE	53
	ANNEXE 5 EXEMPLE DE CARTE ET DE TABLEAU DISTRIBUÉS AUX ÉCHANTILLONNEURS.....	57
	ANNEXE 6 TEXTE DE L'AVIS PUBLIÉ DANS LES HEBDOS RÉGIONAUX.....	61
	ANNEXE 7 MODÈLE DU REGISTRE DU SUIVI DES VISITES	65
	ANNEXE 8 FORMULAIRE DE CONSENTEMENT.....	69
	ANNEXE 9 TEXTE DU DÉPLIANT DISTRIBUÉ AUX PROPRIÉTAIRES.....	73
	ANNEXE 10 FORMULAIRE DE DEMANDE D'ANALYSES	83
	ANNEXE 11 EXEMPLE DE QUESTIONNAIRE UTILISÉ LORS DE LA PRISE D'ÉCHANTILLON	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Exemple de la quantité de phosphore et d'azote dans les fumiers.....	9
Tableau 2	Changements dans la nomenclature des streptocoques fécaux.....	11
Tableau 3	Limitations des coliphages F-spécifiques par rapport aux caractéristiques d'un indicateur idéal de la présence de virus entériques humains (VEH) selon Grabow, 2001	13
Tableau 4	Indicateurs microbiologiques non retenus dans l'étude.....	14
Tableau 5	Distribution des puits échantillonnés par bassin versant	19
Tableau 6	Nombre d'échantillonneurs par région	20
Tableau 7	Tests de confirmation des entérocoques et des streptocoques fécaux	28
Tableau 8	Étude interlaboratoires portant sur l'analyse de <i>E. coli</i> et des entérocoques	30
Tableau 9	Évaluation interlaboratoires pour l'analyse de <i>E. coli</i> et des entérocoques à partir d'un échantillon d'eau usée diluée.....	31

1 ORIGINE DE L'ÉTUDE

Les techniques agricoles ont évolué très rapidement au cours des trente dernières années. La mécanisation et l'usage de produits chimiques ont radicalement changé les méthodes d'exploitation des terres agricoles. Cette tendance s'est accompagnée d'une spécialisation accrue des exploitations agricoles. Pour les activités d'élevage, la spécialisation signifie aussi la concentration de plus en plus grande d'animaux par unité de surface et logiquement, de plus en plus de déjections animales à épandre pour une même superficie en culture.

Ce constat a mené à la publication d'un avis de santé publique, émis le 22 mars 2001 par la Régie régionale de la santé et des services sociaux de la région de Chaudière-Appalaches, qui recommandait que soit réalisée une étude approfondie sur les risques environnementaux et sanitaires associés aux productions animales.

Le ministre de l'Environnement annonça le même jour que le ministère de l'Environnement (MENV) mettrait sur pied une étude de caractérisation de la qualité de l'eau souterraine, de concert avec l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Par cette annonce, le ministre de l'Environnement désirait répondre aux inquiétudes soulevées et prendre les moyens pour mieux informer la population sur les risques environnementaux et sanitaires qui sont liés aux productions animales dans les régions aux prises avec un important problème de surplus de fumier.

1.1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'étude de caractérisation visait à évaluer les liens qui existent entre la qualité de l'eau de consommation, l'état de la santé des populations et l'activité intensive d'élevage. Les objectifs étaient les suivants:

- caractériser la qualité de l'eau, souterraine et de surface, destinée à la consommation domestique dans les bassins versants prédéterminés;
- estimer le niveau d'exposition des populations visées à certains contaminants microbiologiques et chimiques attribuable à la consommation d'eau;
- étudier le lien possible entre la présence de ces contaminants dans l'eau de consommation et les activités agricoles qui ont cours dans les différents bassins ciblés selon une approche scientifique et rigoureuse;
- évaluer les impacts potentiels sur la santé reliés à la contamination de l'eau destinée à la consommation.

L'étude associait deux axes de recherche étroitement liés qui sont la caractérisation de la qualité de l'eau de consommation et les effets sur la santé en milieu agricole. Les équipes de recherche oeuvrant sur ces deux aspects évoluent souvent indépendamment et leur association dans le projet donnait l'opportunité d'explorer la situation de manière beaucoup mieux intégrée. Ainsi, la caractérisation de la qualité de l'eau des résidences en milieu rural a été synchronisée avec une enquête sur les incidences de gastro-entérites et complétée par une évaluation du risque à la santé pour les gens exposés aux nitrates. Cet élément central du projet était appuyé par des études sur les habitudes de consommation d'eau des adultes et des nourrissons, une étude d'incidence de gastro-entérites s'appuyant sur les hospitalisations et les registres des Directions de santé publiques, une étude sur l'effet de la vulnérabilité des aquifères sur l'occurrence de contamination de l'eau et une étude sur la qualité de l'eau brute dans les sources d'approvisionnement des réseaux de distribution d'eau potable.

2 ENCADREMENT ADMINISTRATIF

L'étude globale se voulait dès le départ une collaboration entre les ministères dont le mandat est relié à la santé ou à l'agriculture. Ainsi, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), le ministère de l'Environnement (MENV) et le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) ont contribué, à parts égales, au financement de l'étude. Le MSSS a retenu les services de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) pour réaliser le volet santé publique de l'étude.

La responsabilité de s'assurer de la réalisation de l'étude a été confiée à un comité directeur secondé par un comité technique, tous deux composés de membres provenant de tous les ministères et de l'organisme impliqués.

2.1 MANDAT DU COMITÉ DIRECTEUR

Le Comité directeur était composé de sous-ministres adjoints de chacun des trois ministères impliqués, le MAPAQ, le MENV et le MSSS, et du président-directeur général de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Ce comité devait :

- S'assurer de la réalisation des travaux effectués par le comité technique;
- S'assurer de la réalisation et du suivi du plan de communication auprès des diverses clientèles;
- Assurer le suivi du cadre budgétaire;
- Sélectionner et s'assurer de la mise en œuvre des options de gestion.

2.2 MANDAT DU COMITÉ TECHNIQUE INTERMINISTÉRIEL

Le comité technique, pour sa part, était composé de treize professionnels provenant des différents ministères et de l'organisme impliqués. Le coordonnateur du comité, Normand Rousseau (MENV), a travaillé à la bonne marche du projet en étroite collaboration avec le responsable du volet santé, Patrick Levallois (l'INSPQ) et le responsable du volet agricole, Richard Laroche (MAPAQ).

Le comité technique devait :

- Développer le protocole de l'étude;
- S'assurer de la réalisation de l'étude et en faire le suivi auprès du comité directeur;
- S'assurer de l'analyse et de l'interprétation des résultats;
- S'assurer de la rédaction des rapports d'étapes et du rapport final;
- Transmettre ses recommandations au comité directeur.

3 CONCEPTION DE L'ÉTUDE

3.1 TERRITOIRE À L'ÉTUDE

L'étude de caractérisation couvrait quatre régions administratives qui regroupent sept bassins versants, soit les régions de Chaudière-Appalaches, regroupant les bassins des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer; de Lanaudière pour les rivières Bayonne et L'Assomption; de la Montérégie pour la rivière Yamaska et finalement du Centre-du-Québec pour la rivière Nicolet. Ce territoire couvre les bassins versants les plus souvent associés à une forte pression agricole dont les répercussions se font déjà sentir dans les eaux de surface. Il correspond aussi aux zones du Québec où l'intensification et la concentration des activités d'élevage génèrent des craintes à propos des conséquences sur la qualité de l'eau potable et la santé. En dépit du fait que le territoire sélectionné correspond aux bassins hydrographiques dont la qualité de l'eau de surface est dégradée, les résidents du milieu rural s'y approvisionnent essentiellement en eau potable d'origine souterraine. Par conséquent, l'étude se concentrait principalement sur la qualité de l'eau souterraine.

L'immensité du territoire délimité par les sept bassins versants allait influencer grandement le choix de la stratégie à employer pour mener à bien l'étude. L'ensemble de ce territoire devait faire partie de l'étude tout en gardant à l'esprit l'objectif principal qui consistait à déterminer si l'élevage intensif a un effet sur la santé de la population rurale et sur la qualité de l'eau potable. Il a donc été décidé de procéder de manière similaire à un sondage, c'est-à-dire de comparer la population résidant en zone agricole à celle résidant en zone témoin, cette dernière étant définie de façon à représenter le milieu rural peu agricole.

3.2 INDICATEUR DE PRODUCTION ANIMALE INTENSIVE

3.2.1 Origine et concept

La comparaison entre la zone d'élevage intensif et la zone témoin requérait un critère de sélection permettant de distinguer le territoire où s'exerce une production animale intensive du territoire où l'agriculture est marginale. Notre choix s'est porté sur le bilan de phosphore, déjà utilisé pour identifier les municipalités en surplus de fumier dans le cadre du *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole (RRPOA)*, en vigueur au moment de la conception de l'étude. Le bilan de phosphore est un bilan « à la surface du sol », qui met en relation les fumiers produits par le cheptel présent sur le territoire d'une municipalité et les prélèvements effectués par les récoltes sur ce même territoire. L'algorithme de calcul est présenté à l'annexe 1.

L'équation servant au calcul du bilan de phosphore utilise trois paramètres techniques : 1) la superficie en culture de la municipalité, à ne pas confondre avec la superficie totale de cette dernière, 2) le nombre d'animaux dans cette municipalité et, 3) le prélèvement de phosphore par les plantes. Les informations sur le cheptel animal et la superficie en culture sont obtenues à partir des fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ, des inventaires et des certificats d'autorisation délivrés.

Pour les besoins de l'application du RRPOA « une municipalité est en surplus si son bilan de la quantité de P_2O_5 à l'hectare est plus grand que zéro pour un territoire situé dans les trois bassins versants des rivières Chaudière, Yamaska et L'Assomption, ou si ce bilan est plus grand que 20 kg de P_2O_5 à l'hectare pour les territoires situés hors de ces trois bassins versants ». Toutefois, le protocole d'échantillonnage suivi pour l'étude se démarque de cette définition puisque les municipalités dont le bilan de phosphore se situe entre 0 et 20 kg de P_2O_5 /ha étaient considérées en surplus quel que soit le bassin versant.

3.2.2 Justifications

L'utilisation du bilan de phosphore comme indicateur d'activité d'élevage intensive a été la cible de nombreuses critiques, comme en fait état le *Rapport du comité avisier technique sur les municipalités en surplus* (MEF 1998), dont un chapitre est reproduit à l'annexe 1. Les faiblesses de cet indicateur qui sont reliées au fonctionnement et aux objectifs du projet sont commentées dans les paragraphes qui suivent.

Critique : *Une municipalité peut être déclarée en surplus ne comptant que peu de producteurs*

Il peut arriver qu'une municipalité déclarée en surplus de fumier ne compte que très peu de producteurs (MEF, 1998) et qu'alors la superficie sur laquelle s'exerce une pression agricole soit faible par rapport à la superficie totale de la municipalité. Cette faiblesse a été contournée par l'utilisation de critères supplémentaires visant à s'assurer d'une superficie agricole minimale lors de la sélection des municipalités à l'étude, tel qu'expliqué aux sections 3.3 et 3.4.

Critique : *Les engrais minéraux ne sont pas inclus dans le calcul du bilan de phosphore*

Dans l'équation utilisée, seul le fumier est considéré comme source d'engrais. Pour les nitrates, l'absence des engrais minéraux dans l'équation du calcul du bilan de phosphore fait en sorte qu'une municipalité déclarée en surplus de fumier sous-estime l'apport réel de nitrates. En effet, un surplus de fumier signifie un apport important en nitrates provenant du fumier, mais en fait les engrais minéraux épandus constituent aussi un apport en nitrates qui s'ajoutent aux nitrates du fumier. Ainsi, aux fins de l'étude le nitrate est un indicateur de pression agricole résultant à la fois de l'élevage et des cultures. Au contraire, les sources de microorganismes liées à l'agriculture proviennent presque exclusivement du fumier, ce qui rend valable l'utilisation du bilan de phosphore comme indicateur de source de microorganismes.

L'équation soustrait le phosphore (qui provient du fumier) utilisé par la croissance des plantes. Cette opération favorise l'utilisation du bilan de phosphore comme indicateur de pression agricole puisqu'elle y ajoute un facteur de sécurité étant donné que les quantités de fumier soustraites dans les calculs (en équivalent de phosphore) sont aussi épandues sur le terrain.

Critique : *Le fumier peut être produit dans une municipalité et épandu sur le territoire de la municipalité voisine.*

Le transfert de fumier d'une municipalité vers ses voisines peut faire varier le bilan de phosphore des municipalités impliquées, mais ne modifie pas leur statut en terme de pression agricole exercée sur le territoire. En effet, sur le territoire à l'étude les zones en surplus de fumier regroupent plusieurs municipalités adjacentes, formant ainsi de vastes territoires en surplus et non des municipalités excédentaires isolées les unes des autres. (Voir cartes produites dans le rapport sur la *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*).

D'autres critiques du bilan de phosphore, rapportées à l'annexe 1, portent sur le statut individuel des municipalités qui entraîne des conséquences en vertu de l'application du RRPOA. Dans la présente étude, notre intérêt se porte plutôt sur l'ensemble du territoire englobant quelques centaines de municipalités qu'il fallait départager selon l'intensité de la pression agricole. Dans cette optique, le bilan de phosphore départage adéquatement le territoire en fonction de la pression exercée par la production animale, puisqu'il comptabilise, par l'équation utilisée, 1) le nombre d'animaux et, 2) la superficie cultivée d'une municipalité, indiquant ainsi la densité animale sur le territoire agricole pour chaque municipalité.

La liste des municipalités à l'étude est présentée à l'annexe 2.

3.3 ZONE DE PRODUCTION ANIMALE INTENSIVE

La zone agricole avec activités de production animale intensives regroupe les municipalités des bassins versants à l'étude ayant un bilan de phosphore excédentaire (positif) et dont le territoire agricole constitue plus de 25 % de la superficie de la municipalité.

Nous avons choisi d'ajouter le critère du 25 % pour sélectionner les municipalités en surplus afin de s'assurer qu'un bilan de phosphore excédentaire était associé à une activité agricole qui prenait place sur une portion significative de territoire municipal et non pas le résultat de la présence de quelques producteurs sur une superficie très limitée de territoire municipal dédié à l'agriculture.

3.4 ZONE DE RÉFÉRENCE

Pour s'assurer que la sélection des puits dans la zone de référence correspondait bien à des zones non agricoles, nous avons sélectionné les municipalités dont le bilan de phosphore était négatif en juin 2001 et dont le territoire agricole était inférieur à 25 %. De surcroît, l'identification et l'élimination des superficies agricoles de ces municipalités, réalisées à l'aide de photos satellites, a augmenté la probabilité de sélectionner des points d'échantillonnage se retrouvant en zone non agricole.

La caractérisation des puits situés en zone témoin permettait d'évaluer l'ampleur de la contamination de l'eau potable provenant de l'installation septique ou de l'entretien de la propriété, de la pelouse ou du potager à proximité du puits d'une résidence isolée.

3.5 HOMOGÉNÉITÉ DU TERRITOIRE

Le comité technique a présumé, dès le début de l'étude, que le territoire était suffisamment homogène pour affirmer que la distinction entre la zone agricole et la zone témoin, le cas échéant, serait attribuable à l'activité agricole. Ainsi, il n'était pas nécessaire de tenir compte des caractéristiques du sous-sol dans le traitement des données.

Cette homogénéité du territoire est une notion étroitement liée à la nature des paramètres chimiques et microbiologiques choisis comme indicateurs de contamination. Ainsi, la présence des indicateurs choisis pour l'étude devait être naturellement uniforme sur l'ensemble du territoire et de préférence à de faibles concentrations, de façon à distinguer les anomalies. Les quatre indicateurs retenus, les nitrates et les trois microorganismes (les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*), les bactéries entérocoques et les virus de type coliphage), respectaient ces exigences.

La concentration de nitrates dans l'eau souterraine à l'état naturel est généralement inférieure à 0,5 mg/L-N et le plus souvent près de la limite de détection de 0,02 mg/L-N (Paradis et al, 1991) sur l'ensemble du territoire du Québec, quelle que soit la géologie du sous-sol. À l'instar des nitrates, les trois microorganismes choisis respectent la condition d'uniformité, puisqu'ils sont absents d'une eau souterraine non contaminée, et ce sur l'ensemble du territoire du Québec. Avec de telles distributions, les indicateurs de contamination utilisés respectent le concept d'homogénéité du territoire pour les besoins de l'étude.

3.6 VULNÉRABILITÉ DE LA NAPPE SOUTERRAINE

L'homogénéité, ou plutôt l'homogénéité chimique du territoire, décrit bien la répartition des concentrations naturelles des indicateurs choisis. Par contre, la distribution spatiale des concentrations de ces mêmes indicateurs à la suite d'un apport anthropique varie en fonction de certaines caractéristiques du sous-sol intégrées dans un concept appelé « vulnérabilité ». En effet, les différentes propriétés du sous-sol

influencent la direction et la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine. Par exemple, un horizon de sable ou de gravier représente un milieu perméable dans lequel l'eau souterraine voyage rapidement et en grande quantité alors qu'à l'opposé une couche d'argile est plutôt une barrière à l'écoulement souterrain. Le roc, pour sa part, laisse passer l'eau par les fractures et la quantité d'eau qui y circule est liée directement à la quantité et à la dimension de ces fractures. En plus des distinctions stratigraphiques, d'autres caractéristiques du sous-sol jouent un rôle dans le transfert des contaminants vers la nappe souterraine, telles la pente du terrain, l'épaisseur de la zone vadose, la profondeur de la nappe phréatique, la recharge annuelle. Pour plus de détails sur le sujet, vous pouvez consulter l'étude *Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la M. R. C. de Montcalm*.

Selon l'agencement des différentes caractéristiques du sous-sol, l'eau souterraine peut être bien protégée des répercussions des activités de surface ou au contraire être vulnérable. Une zone peu vulnérable peut masquer complètement les effets d'une activité polluante alors qu'à l'opposé, la qualité de l'eau souterraine dans les zones très vulnérables peut être grandement altérée par une activité comparativement peu polluante. Entre ces deux extrêmes, toute une gamme de vulnérabilités vient moduler, à des degrés divers, l'influence d'une activité de surface sur la qualité de la nappe souterraine. Sans méthode systématique pour évaluer ces nombreuses variations, chaque spécialiste pourrait élaborer ses propres critères d'évaluation pour arriver à des conclusions sur le degré de vulnérabilité sans qu'il soit possible de comparer deux ouvrages indépendants. La capacité de faire des comparaisons est essentielle puisque la vulnérabilité n'est pas une notion absolue mais comparative. Il importe donc que la méthode sélectionnée intègre toutes les caractéristiques du sous-sol impliquées dans l'évaluation de la vulnérabilité de façon structurée.

Étant donné l'immensité du territoire à l'étude, le peu de connaissances des caractéristiques du sous-sol influençant la vulnérabilité sur ce territoire, et la variabilité des informations disponibles tant en terme de quantité que de précision, il a été jugé hasardeux d'utiliser des données fragmentaires tel le type de sol. Nous avons plutôt utilisé le type de puits, tel que défini à la section 7.2.1, qui partage les ouvrages de captage en deux catégories, les puits de surface et les puits profonds. Un puits de surface ne peut être construit que si la nappe est près de la surface pendant toute l'année et que la perméabilité du sol est suffisamment grande pour fournir une quantité adéquate d'eau pour de faibles profondeurs. À l'opposé un puit profond est généralement implanté dans un milieu où la nappe phréatique est isolée de la surface par une couche imperméable ou bien dans un aquifère dont la productivité est trop faible pour fournir un volume adéquat sur une faible épaisseur de sol ou de roc.

4 CHOIX DES PARAMÈTRES ANALYSÉS

Les quatre paramètres analysés dans la présente étude, soit la bactérie *Escherichia coli*, les bactéries entérocoques, les virus coliphages F-spécifiques de même que les nitrites-nitrates, ont été choisis en fonction des préoccupations de santé publique associées à la présence de contamination chimique et microbiologique (Gingras *et al.*, 2000).

4.1 PARAMÈTRES CHIMIQUES

4.1.1 Nitrites-nitrates

Le territoire à l'étude est partagé en zone agricole et zone témoin sur la base du bilan de phosphore. Or, le phosphore ne fait pas partie des composés chimiques analysés. Les nitrites-nitrates¹ ont plutôt été retenus. Plusieurs raisons militent en faveur de ce choix. Tout d'abord, le phosphore se déplace très peu dans l'eau souterraine puisqu'il s'attache aux particules fines du sol, alors qu'à l'inverse, les ions nitrates sont très mobiles et sont réputés voyager au même rythme que l'eau souterraine (Appelo et Postma, 1993). Tous deux sont des composantes majeures des fumiers utilisés comme engrais en agriculture. On observe que lorsque la concentration en phosphore augmente, celle des nitrates augmente aussi de sorte que le rapport « phosphore / azote » est semblable d'un type de fumier à un autre (tableau 1). Bien que l'azote soit l'élément nutritif le plus limitant du rendement des cultures, un surplus de phosphore en provenance des fumiers correspond à un apport substantiel de nitrates. Cet apport est complété par les nitrates provenant des engrais minéraux qui ne sont pas comptabilisés dans le bilan de phosphore (section 3.2 [Indicateur de production animale intensive](#)).

Tableau 1 Exemple de la quantité de phosphore et d'azote dans les fumiers*

	Azote dans le fumier kg/tonne	Phosphore sous forme de P₂O₅ dans le fumier kg/tonne	Rapport Phosphore / Azote
Vaches laitières	5,7	3,6	0,63
Porcs d'engraissement	4,2	2,3	0,55
Volailles à griller (mâle)	28,7	23,8	0,83

* Information tirée de Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ 2003)

De surcroît, les nitrates qui migrent dans l'eau souterraine tendent à y demeurer. Ce comportement représente une caractéristique recherchée pour un indicateur d'activité agricole.

Le cycle des nitrates dans l'eau souterraine mérite qu'on s'y attarde quelque peu. Les ions nitrates sont composés de deux éléments chimiques, l'azote et l'oxygène (NO₃). Sans simplifier outre mesure, l'azote est l'élément important en agriculture par sa fonction de nutriment pour les plantes. Il fait partie de tous les types de déjections animales utilisées comme engrais et représente une proportion importante des engrais minéraux en plus d'être présent dans plusieurs matières résiduelles fertilisantes. La forme sous laquelle il se retrouve varie selon le type d'engrais. Les engrais organiques, entre autres les fumiers, le renferment sous forme d'azote ammoniacal (NH₄⁺) et sous forme d'azote lié à la matière organique alors qu'il est principalement sous forme d'azote ammoniacal ou de nitrates dans les engrais minéraux.

1. Bien que l'analyse du laboratoire donne la concentration en nitrites-nitrates, l'apport fourni par les nitrites est négligeable par rapport à celle des nitrates; donc, dans le texte, nous utiliserons souvent « nitrates ».

Lorsque l'engrais est épandu, l'azote peut changer de forme selon les conditions qui prévalent dans le sol (Freeze et Cherry, 1979; Appelo et Postma, 1993). La partie superficielle du sol est le siège d'une activité bactérienne très intense. Les bactéries transforment l'azote organique en ammoniac et l'ammoniac en nitrates, forme facilement assimilable par les plantes. Ces dernières en utilisent une partie pour satisfaire les besoins de leur croissance et l'excédent, lorsqu'il migre sous le niveau des racines, n'est plus accessible pour la croissance des plantes et contribue alors à l'enrichissement de l'eau souterraine en nitrates. L'activité agricole peut ainsi enrichir l'eau souterraine en nitrates année après année.

4.2 PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES

Selon Gingras *et al.* (2000), des infections d'origine environnementale causées par des bactéries, des parasites et des virus peuvent être associées aux productions animales. Les matières fécales humaines ou animales représentent la principale source de contamination de l'environnement par ces microorganismes pathogènes. En raison de l'impossibilité de rechercher simultanément tous ces microorganismes, trois indicateurs ont été sélectionnés parmi tous les indicateurs microbiologiques habituellement utilisés pour évaluer la vulnérabilité et l'innocuité de l'eau.

4.2.1 Paramètres microbiologiques analysés

Les paramètres analysés dans la présente étude sont mentionnés dans l'article 13 du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* adopté en 2001. Cet article porte sur le contrôle des eaux souterraines non désinfectées.

4.2.1.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie naturelle et normale de la flore intestinale des humains et des animaux à sang chaud. *E. coli* joue des rôles utiles dans l'intestin en participant à la synthèse des vitamines et en protégeant l'hôte contre des microorganismes pathogènes (FDA, 2003). A priori, *E. coli* n'est pas un microorganisme pathogène. Seulement certaines souches, notamment 0157:H7, présentent un pouvoir pathogène important.

E. coli est généralement reconnu comme le meilleur indicateur bactérien de contamination d'origine fécale des animaux à sang chaud, y compris l'humain. Sa présence dans l'eau indique de manière certaine une contamination d'origine fécale, et par conséquent, l'existence d'un risque de la présence de microorganismes pathogènes entériques. Il constitue un indicateur plus spécifique à une contamination d'origine fécale que le groupe des coliformes fécaux (aussi appelé « coliformes thermotolérants »). Ce dernier comprend certaines espèces bactériennes telles que *Klebsiella pneumoniae* qui ne sont pas nécessairement d'origine fécale. Selon le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (MENV, 2001), la présence de *E. coli* dans un échantillon d'eau « potable » doit entraîner aussitôt l'émission d'un avis d'ébullition dans le but de protéger la population.

La méthode d'analyse de *E. coli* employée dans cette étude permettait dans un premier temps la détection et l'énumération des coliformes fécaux, et ensuite, la confirmation de l'appartenance des coliformes fécaux à l'espèce *Escherichia coli*. Cette méthode ne permettait pas de faire la différence entre les souches génériques et pathogènes de *E. coli* ni de différencier l'origine animale ou humaine.

4.2.1.2 Entérocoques

Avant les années 1990, les « entérocoques » constituaient une catégorie du genre bactérien *Streptococcus*. Cette catégorie contenait quatre espèces bactériennes : *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. avium* et *S. gallinarum* (Hardie, 1984). De son côté, l'appellation « streptocoques fécaux » était utilisée pour désigner des bactéries appartenant au genre *Streptococcus* qui étaient associées au tractus gastro-intestinal des

humains et des animaux (Leclerc *et al.*, 1996). Le groupe des streptocoques fécaux comprenait les quatre espèces déjà nommées de la catégorie des entérocoques et deux espèces d'une catégorie du genre *Streptococcus* nommée « autres streptocoques » soit *S. bovis* et *S. equinus* (APHA, AWWA et WEF, 1998). Le groupe des streptocoques fécaux était fondé sur les méthodes d'analyse plutôt que sur des critères taxonomiques.

À la suite d'études avec de nouveaux outils génétiques de caractérisation, des changements ont été apportés dans la nomenclature du genre *Streptococcus* (Leclerc *et al.*, 1996). Un nouveau genre nommé *Enterococcus* a été créé et les espèces appartenant à l'ancienne catégorie des entérocoques du genre *Streptococcus* ont été transférées vers le nouveau genre. De leur côté, *S. bovis* et *S. equinus* sont demeurées dans le genre *Streptococcus* (Tableau 2).

Tableau 2 Changements dans la nomenclature des streptocoques fécaux

Ancienne classification*		Nouvelle classification
Genre et espèce	Catégorie	
<i>Streptococcus faecalis</i>	Entérocoques	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Streptococcus faecium</i>	Entérocoques	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>Streptococcus avium</i>	Entérocoques	<i>Enterococcus avium</i>
<i>Streptococcus gallinarum</i>	Entérocoques	<i>Enterococcus gallinarum</i>
<i>Streptococcus bovis</i>	Autres streptocoques	Pas de changement
<i>Streptococcus equinus</i>	Autres streptocoques	Pas de changement

* Cette liste n'est pas exhaustive.

Les méthodes d'analyse des streptocoques et des entérocoques associées à la pollution fécale n'ont pas suivi la vague des changements dans la nomenclature : les méthodes employées pour les streptocoques fécaux sont toujours utilisées aujourd'hui. En fait, il n'existe pas de méthode d'analyse simple et peu coûteuse qui permette de rechercher spécifiquement toutes les espèces du genre *Enterococcus* ou toutes les espèces du genre *Streptococcus*, ni de détecter exclusivement les espèces d'origine fécale de l'un ou l'autre de ces genres. Afin de faire le lien entre les méthodes d'analyse traditionnelles et les changements apportés à la nomenclature, Leclerc *et al.* (1996) ont d'ailleurs proposé d'identifier les bactéries fécales des genres *Streptococcus* et *Enterococcus* susceptibles d'avoir un impact en santé publique par l'appellation « streptocoques et entérocoques intestinaux ». Dans ce rapport, nous avons choisi d'utiliser « entérocoques et streptocoques fécaux » pour désigner les bactéries analysées.

Dans la présente étude, la méthode employée permettait dans un premier temps de détecter les bactéries des genres *Enterococcus* et *Streptococcus* qui correspondent à l'ancien groupe des streptocoques fécaux (Tableau 2). Les entérocoques étaient ensuite différenciés des streptocoques par des tests biochimiques (voir tableau 7). Vu le très faible nombre de résultats positifs pour les streptocoques, seulement les entérocoques ont été retenus dans l'analyse statistique des résultats.

Il existe peu de publications sur la valeur d'indicateur de la qualité de l'eau souterraine pour les entérocoques et streptocoques fécaux. Il existe une plus grande quantité d'informations quant à leur utilisation pour évaluer la qualité des eaux de surface et des eaux récréatives. De manière générale, on pense que la valeur d'indicateur pour les eaux souterraines des entérocoques et streptocoques fécaux n'est pas aussi élevée que celle de *E. coli* (Edberg *et al.*, 1997). Les entérocoques et streptocoques fécaux ne devraient pas être retrouvés dans une eau destinée à la consommation humaine. Cependant, leur présence ne permet pas de conclure de manière certaine à une contamination fécale (Edberg *et al.*, 1997). Contrairement à *E. coli*, ce groupe devrait donc être utilisé davantage comme un indicateur de la qualité et de la vulnérabilité de l'eau que comme indicateur sanitaire.

4.2.1.3 Coliphages F-spécifiques

L'utilisation des coliphages comme indicateurs est associée à la problématique de la contamination de l'eau par les virus entériques humains. Différentes sources de données indiquent qu'environ 50% des épidémies d'origine hydrique seraient causées par des virus entériques humains tels que le virus de Norwalk. Ces virus sont excrétés dans les matières fécales des individus porteurs.

On ne peut pas rechercher en routine tous les virus entériques humains associés à l'eau parce que les méthodes d'analyse sont dispendieuses, fastidieuses et qu'aucune ne permet de les détecter tous simultanément. Les indicateurs bactériens traditionnels ne peuvent pas non plus être utilisés pour déterminer le risque de la présence de virus entériques puisque le comportement de ces derniers dans l'environnement est différent de celui des bactéries. Ainsi, les virus sont plus résistants à la désinfection et persistent plus longtemps dans l'environnement que les bactéries. De plus, en raison de leur petite taille et de leur structure, leur vitesse de migration dans le sol est différente de celle des bactéries. Des virus entériques peuvent donc être présents dans l'environnement sans que des indicateurs bactériens tels que *E. coli* ou les entérocoques y soient.

Les coliphages constituent une alternative intéressante aux indicateurs bactériens traditionnels comme indicateurs de la présence de virus entériques. Les coliphages sont des virus qui infectent les bactéries coliformes. Bien qu'ils partagent des caractéristiques morphologiques avec certains virus qui infectent les humains, notamment leur petite taille (environ 100 fois plus petite que *E. coli*), les coliphages ne sont pas pathogènes. Parce qu'ils sont des parasites obligatoires, les coliphages peuvent uniquement se multiplier à l'intérieur d'une cellule bactérienne hôte qui est en croissance. Ils s'attachent d'abord de manière spécifique à la cellule hôte et leur matériel génétique y pénètre. Ils utilisent alors les ribosomes, les facteurs de synthèse des protéines, les acides aminés ainsi que l'énergie de l'hôte pour se répliquer. Lorsque le nombre de copies du coliphage produites à l'intérieur de la cellule hôte devient suffisamment élevé, la cellule lyse et les nouveaux coliphages se répandent dans l'environnement immédiat, prêts à infecter d'autres cellules bactériennes.

Les coliphages mâle-spécifiques ou F-spécifiques ont la particularité d'infecter uniquement les cellules bactériennes qui exhibent des *pili*. Les *pili* sont des tubes protéiques microscopiques formés sur la surface de certaines bactéries. Chez *E. coli*, la formation des *pili* est codée par la présence d'un facteur génétique de fertilité F. Toutes les cellules de *E. coli* n'exhibent pas de *pili*. Pour former des *pili*, elles doivent posséder le facteur F et être en phase exponentielle de croissance, à une température supérieure à 30° C.

Plusieurs caractéristiques des coliphages F-spécifiques permettent de les considérer comme de bons indicateurs du risque de contamination par les virus entériques humains. Cependant, quelques limitations font en sorte que leur valeur est parfois restreinte. Le Tableau 3 met en relief ces limitations des coliphages F-spécifiques par rapport aux caractéristiques d'un indicateur viral idéal.

Dans le cadre de cette étude, les coliphages F-spécifiques ont été considérés comme un indicateur général de la contamination fécale d'animaux à sang chaud, incluant les humains.

Tableau 3 Limitations des coliphages F-spécifiques par rapport aux caractéristiques d'un indicateur idéal de la présence de virus entériques humains (VEH) selon Grabow, 2001

Caractéristiques d'un indicateur idéal pour les VEH	Limitations
1. Toujours présents lorsque des VEH sont présents.	<ul style="list-style-type: none"> – Les coliphages sont présents chez un certain pourcentage d'humains et d'animaux, mais pas chez tous les individus. – Des VEH ont été détectés dans certaines eaux, sans qu'on y détecte de coliphages. Il faut cependant noter que les volumes analysés étaient différents.
2. Présents dans l'eau contaminée en quantité équivalente ou supérieure à celle des VEH	<ul style="list-style-type: none"> – Il n'y a pas de corrélation entre le nombre de coliphages et le nombre de VEH. – Le nombre et le type de coliphages excrétés par les humains peuvent varier dans le temps. – De plus, des VEH ont été détectés dans certaines eaux, sans qu'on y détecte de coliphages, mais ici aussi, il faut noter que les volumes analysés étaient différents.
3. Aussi résistants ou plus résistants que les VEH aux procédés de désinfection et de purification de l'eau.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Les coliphages F-spécifiques possèdent cette caractéristique.</i>
4. Spécifique d'une pollution fécale ou d'une pollution par de l'eau usée.	<i>Idem.</i>
5. Incapacité de se multiplier dans l'eau.	<i>Idem.</i>
6. Non-pathogènes et ils doivent être faciles à analyser en laboratoire.	<i>Idem.</i>

4.2.2 Paramètres microbiologiques non retenus

L'utilisation de plusieurs autres indicateurs microbiologiques a été envisagée pour la réalisation de cette étude mais ils n'ont pas été retenus. Outre les raisons budgétaires, les raisons techniques figurent dans le tableau 4.

Tableau 4 Indicateurs microbiologiques non retenus dans l'étude

Indicateurs	Raisons
Coliformes fécaux (ou thermotolérants)	Moins spécifiques que <i>E. coli</i> pour indiquer une contamination fécale. Par exemple, <i>K. pneumoniae</i> est détecté par les méthodes traditionnelles d'analyse des coliformes fécaux, mais elle n'est généralement pas considérée comme une bactérie d'origine fécale.
Coliformes totaux	Ne sont pas spécifiques d'une contamination fécale. Rencontrés fréquemment dans les puits individuels, dans le sol et les végétaux. N'ont pas de signification sanitaire dans une eau non-traitée. Est utilisé comme indicateur d'efficacité de traitement dans un réseau de distribution pour une eau traitée.
BHAA (Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives)	Ce groupe de bactéries est ubiquitaire. Peut être présent en grande quantité dans les puits individuels. N'est pas considéré comme un indicateur sanitaire mais plutôt comme un indicateur général de qualité d'un réseau de distribution.
Bactéries sporulantes aérobies	Absence de donnée concernant la pertinence de cet indicateur pour les eaux de puits individuels. Utilisé comme indicateur de l'efficacité de traitement de potabilisation.
Spores de <i>Clostridium perfringens</i>	Indicateur intéressant pour déterminer la contamination fécale passée puisqu'il est plus résistant dans l'environnement que <i>E. coli</i> . Cependant, il existe des souches environnementales. La spécificité de cet indicateur à une contamination fécale est donc moindre.
Coliphages somatiques	A été rejeté parce qu'il n'est pas nécessairement spécifique d'une contamination fécale. Les coliphages somatiques peuvent parfois se multiplier dans l'environnement. De plus, dans une étude non publiée de la DPSM (Direction des politiques du secteur municipal du MENV), des coliphages somatiques ont été détectés dans plusieurs eaux brutes non désinfectées de réseaux qui ne présentaient aucun autre problème de contamination.
<i>Bacteroides fragilis</i>	Disparaît plus rapidement que <i>E. coli</i> dans l'environnement. Méthode d'analyse plus complexe puisqu'elle requiert des conditions anaérobies.
<i>Bifidobacterium</i> sp.	Peut nous permettre de différencier la contamination fécale humaine et animale selon l'espèce identifiée. Cependant la culture est plus complexe que pour les bactéries indicatrices régulières. Il n'y a pas de croissance dans l'environnement. Certaines espèces sont particulièrement sensibles à l'oxygène et peuvent disparaître rapidement suite à la contamination de l'eau. Requiert des conditions anaérobies lors de l'analyse.

4.2.3 En résumé

E. coli constitue le meilleur indicateur sanitaire dans le cadre de cette étude. Sa présence dans un puits indique une contamination d'origine fécale, qu'elle soit humaine (fosse septique) ou animale (fumier, lisier, épandage, puits mal construit, contamination de la nappe, etc). Son absence n'assure cependant pas l'absence de contamination d'origine fécale humaine ou animale.

Les entérocoques constituent le second indicateur bactérien sélectionné. La spécificité de ce groupe à une contamination fécale est moins grande que celle de *E. coli*. En raison de leur persistance plus longue dans l'environnement, ils possèdent cependant l'avantage de permettre la mise en évidence de pollution fécale plus ancienne que celle mise en évidence par *E. coli*.

Les coliphages F-spécifiques constituent un indicateur viral de contamination fécale. Ils possèdent l'avantage d'être assez spécifiques d'une contamination d'origine fécale, mais l'inconvénient de ne pas être toujours présents lors d'une telle contamination.

Il n'existe aucun indicateur microbiologique de pollution fécale qui soit parfait. Les trois indicateurs choisis dans cette étude étaient complémentaires et permettaient d'augmenter la probabilité de détecter une contamination fécale associée à un risque de la présence de virus, de bactéries et de protozoaires pathogènes d'origine entérique.

DISTINCTIONS ENTRE LES INDICATEURS

Il existe deux distinctions importantes entre les nitrates et les microorganismes pour les besoins du projet. Premièrement, les microorganismes sont absents des engrais minéraux, c'est-à-dire que seuls les engrais organiques tels les fumiers en contiennent, contrairement aux nitrates qui se retrouvent dans tous les types d'engrais. La deuxième distinction est liée à leur dynamique respective. Les nitrates qui atteignent la nappe d'eau souterraine ont tendance à y rester tandis que les microorganismes, qui sont des organismes vivants, ont une durée de vie limitée. Cette différence de persistance dans l'eau leur confère un rayonnement spatial de quelques mètres dans de bonnes conditions. Par contre, les nitrates peuvent migrer sur des centaines de mètres, voir des kilomètres dans des conditions hydrogéologiques favorables. Ainsi, les nitrates représentent une influence régionale échelonnée sur une longue période de temps tandis que les microorganismes mesurent une influence spatiale immédiate et une influence temporelle d'environ six mois.

5 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le protocole d'échantillonnage s'applique à toutes les recherches de l'*Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé*. Les distinctions, lorsqu'elles existent pour une recherche en particulier, sont expliquées dans les rapports spécifiques.

Le protocole utilisé pour la recherche intitulée *Caractérisation des sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier* étant différent, il est introduit dans le rapport spécifique portant sur cet aspect.

5.1 BANC D'ESSAI

L'expérience très diversifiée des membres du comité technique a été mise à profit pour la conception du protocole d'échantillonnage. Il demeurerait, néanmoins, des segments de la démarche qui n'avaient pas été expérimentés auparavant dans un contexte similaire, tels que la planification du budget, le matériel nécessaire, les besoins en personnel, le temps nécessaire pour réaliser l'ensemble des prélèvements sur les sept bassins versants, l'utilisation des GPS² pour repérer les résidences ciblées, la réceptivité des résidents face au projet et face au questionnaire, la logistique de l'expédition des échantillons aux laboratoires dans les délais prévus, l'organisation du travail d'analyses au laboratoire, et le transfert des résultats hors normes aux résidents via le coordonnateur régional. Le banc d'essai fut réalisé, sur une période de deux semaines à raison de trois jours par semaine, pour nous apporter les éclaircissements recherchés et pour mettre à l'épreuve les différentes étapes du protocole d'échantillonnage et y apporter les correctifs jugés nécessaires. Ainsi, après les trois premiers jours des ajustements à la démarche furent apportés et testés durant la deuxième semaine. Bref, cet exercice a mis en lumière plusieurs détails qui ont permis d'ajuster le protocole d'échantillonnage (Annexe 3).

5.2 SÉLECTION DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

Dans le milieu rural, l'eau potable des résidences provient de l'eau souterraine puisée d'un ouvrage de captage situé tout près. Il existe trois types d'ouvrages de captage, les puits profonds, les puits de surface et les captages de sources naturelles. Leurs différences de conception jouent un rôle important sur le transfert des contaminants en provenance des activités de surface. En conséquence, le processus de sélection des points d'échantillonnage doit en tenir compte pour s'assurer que les points choisis soient représentatifs de la distribution des trois types de captage.

5.2.1 Sources d'information disponibles

L'information sur les puits au Québec est contenue dans le système d'information hydrogéologique (SIH) mieux connu sous l'appellation « La banque de données des puits et forages ». Cette banque de données contient près de 120 000 puits profonds, mais ne contient pas d'information sur les puits de surface ni sur les captages de sources. Il nous était alors impossible de l'utiliser pour sélectionner aléatoirement les points d'échantillonnage et espérer obtenir un échantillon représentatif de l'ensemble des puits sur le territoire. Le comité technique a donc dû recourir à des moyens indirects pour faire la sélection des puits inscrits à l'étude. L'approche par géomatique fut privilégiée parce qu'elle permettait d'atteindre nos objectifs sans exiger des coûts de réalisation excessifs.

5.2.2 Sélection de la population totale des puits sur le territoire à l'étude

L'approche par géomatique nécessite l'utilisation des cartes topographiques numériques qui couvrent l'ensemble du territoire à l'étude. Nous avons utilisé celles qui proviennent de la Base de données

2. Instrument indiquant les coordonnées d'un point à l'aide du système de repérage par satellite.

topographiques du Québec (BDTQ) à l'échelle 1: 20 000. Pour chaque carte, les points susceptibles de représenter une habitation ont été sélectionnés sur la couche cartographique du fichier qui contient l'ensemble des édifices. Sur cette couche d'information, chaque habitation est représentée par un polygone fermé auquel une coordonnée est assignée. Comme nous pouvons croire que chaque habitation possède un point d'approvisionnement en eau, chaque bâtiment identifié sur la carte devrait correspondre à la proximité d'un puits. Seuls les points localisés à l'intérieur des bassins versants à l'étude et à l'extérieur des zones urbaines des municipalités (centres-villes) ont été conservés. Les zones urbaines ont été éliminées afin d'exclure le territoire desservi par un réseau de distribution d'eau potable. Cette opération éliminait la plupart des zones desservies sans toutefois les éliminer toutes puisque l'extension géographique du territoire desservi par réseau de distribution n'est pas connue avec précision au Québec.

L'ensemble des bâtiments retenus suite à cette sélection ont été consignés dans une banque de données et constituaient la population totale des puits sur le territoire à l'étude.

5.2.3 Taille de l'échantillon

Le nombre d'échantillons a été déterminé en fonction du budget disponible et d'exigences statistiques notamment, afin d'obtenir une puissance statistique de 80 % et une erreur alpha de 5 %. Nous avons fait des calculs exploratoires en utilisant les données disponibles (Paradis *et al.*, 1991, Laferrière *et al.*, 1995, Gaudreau *et al.*, 1998, Polan *et al.*, 1998) et la compilation des résultats d'analyse des troupes que le public pouvait se procurer auprès du ministère de l'Environnement (résultats non publiés). En considérant que les données disponibles avaient été obtenues de régions déjà reconnues problématiques nous avons présumé que 10% des puits pourraient être contaminés. Suzanne Gingras, statisticienne à l'INSPQ, nous a guidé pour établir la meilleure répartition de puits échantillonnés en zone agricole et en zone témoin en tenant compte des contraintes statistiques et budgétaires. Au total nous avons un budget permettant l'échantillonnage et l'analyse d'eau dans 1500 puits dont 1200 en zone agricole et 300 en zone témoin.

La campagne d'échantillonnage dans la MRC Montcalm a suivi une démarche similaire afin d'arriver à une répartition de 300 puits par zone de vulnérabilité et 100 puits en zone témoin.

Le nombre de refus, ou de puits non admissibles, n'était pas connu et ne pouvait pas être estimé avec confiance puisqu'aucune étude similaire n'a été réalisée auparavant.

5.3 DISTRIBUTION SPATIALE DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

Les puits sélectionnés couvrent l'ensemble du territoire des sept bassins versants et le territoire de la MRC de Montcalm, ce dernier pour les besoins de l'étude *Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm*. Un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié proportionnel à la superficie agricole au sein de chacun des bassins versants a été privilégié. Ce plan assure un effort d'échantillonnage d'un puits par 317 ha de territoire agricole. Par l'intermédiaire d'un programme (Script) en langage Avenue (ArcView^{MD}), on a sélectionné le nombre de points ou bâtiments correspondant au nombre de puits requis dans chaque bassin versant. Le territoire de la MRC de Montcalm était divisé en trois zones en fonction du degré de vulnérabilité. Contrairement au reste du territoire, le nombre de points sélectionnés dans la MRC de Montcalm n'était pas proportionnel à la superficie d'une zone, mais plutôt constant pour chacune des trois zones de vulnérabilité. La répartition des points d'échantillonnage est présentée au tableau 5.

Le nombre de points initialement planifié fut majoré de 10 % pour chaque bassin versant en zone agricole et pour la zone témoin dans son ensemble afin de compenser pour les absences ou les refus des propriétaires qui empêcheraient la prise d'un échantillon d'eau (voir calcul en annexe 4). Deux raisons ont milité en faveur de la sélection de points supplémentaires. D'une part, les propriétaires ne pouvaient pas être rejoints au préalable pour fixer un rendez-vous et il n'était pas possible de connaître à l'avance le

taux de refus au moment de se présenter à la résidence pour prélever l'échantillon. D'autre part, l'ordre des visites des résidences suivait une logique territoriale et non pas l'ordre de tirage des points d'échantillonnage. De plus, les visites étaient effectuées durant les heures normales de travail, il était permis de penser qu'il y aurait un certain nombre d'absents.

Tableau 5 Distribution des puits échantillonnés par bassin versant

Bassins	Points planifiés		Points échantillonnés	
	Zone agricole	Zone témoin	Zone agricole	Zone témoin
Boyer	33	0	27	0
Etchemin	110	4	86	1
Chaudière	233	123	185	89
Nicolet	278	15	250	14
Yamaska	528	63	424	37
L'Assomption	102	144	50	77
Bayonne	36	1	20	0
MRC de Montcalm	990	110	712	98
Total	2310	460	1754	316

5.4 IDENTIFICATION DES ÉCHANTILLONS

Chaque point d'échantillonnage était identifié par un code à 7 chiffres, contrainte imposée par le système de saisie du laboratoire. Les deux premiers chiffres correspondaient au numéro du bassin versant dans lequel se situe le puits échantillonné. Ces numéros de bassin versant découlent de la convention couramment utilisée pour identifier les rivières québécoises à l'intérieur d'une région hydrographique :

- 01 pour le bassin de la rivière Nicolet ;
- 03 pour le bassin de la rivière Yamaska ;
- 22 pour le bassin de la rivière L'Assomption ;
- 24 pour le bassin de la rivière Bayonne ;
- 30 pour le bassin de la rivière Boyer ;
- 33 pour le bassin de la rivière Etchemin ;
- 34 pour le bassin de la rivière Chaudière;
- 99 pour la MRC de Montcalm (choisi arbitrairement pour distinguer les échantillons des autres séries).

Le troisième chiffre permettait d'identifier si l'échantillon d'eau provenait de la zone en surplus, de la zone témoin ou d'une zone de vulnérabilité:

- 0 pour les puits des municipalités en surplus de fumier;
- 1 pour les puits situés dans la zone de faible vulnérabilité (MRC de Montcalm);
- 3 pour les puits situés dans la zone de vulnérabilité moyenne (MRC de Montcalm);
- 5 pour les puits situés dans la zone de forte vulnérabilité (MRC de Montcalm);
- 9 pour les municipalités témoins.

Les quatre derniers espaces étaient occupés par un numéro séquentiel attribué par bassin versant à chaque puits lors du tirage au sort. Les puits échantillonnés dans la MRC de Montcalm avaient leur propre série séquentielle.

À l'intérieur d'une même région, tous les puits étaient numérotés à partir de 0001. À titre d'exemple, le puits identifié 3400101 correspondait à un puits échantillonné dans le bassin de la rivière Chaudière (34), dans une municipalité en surplus (0), et qui portait le numéro séquentiel 0101 dans la liste des puits tirés

au hasard dans le bassin de la rivière Chaudière. Ce système de numérotation des puits permettait d'identifier les échantillons selon la région, le bassin versant et la zone.

5.5 CARTOGRAPHIE DES PUIXS IDENTIFIÉS

Tous les points sélectionnés étaient localisés sur des cartes à l'échelle 1/20 000, imprimées en format 8 ½ x 11, pour être distribuées aux échantillonneurs (voir annexe 5).

Ces cartes étaient utilisées de concert avec des tableaux contenant le numéro séquentiel à quatre chiffres associé à chaque point, les coordonnées en projection MTM (Modified Transverse Mercator) sur le territoire des sept bassins versants et les coordonnées géographiques (latitude, longitude) pour la MRC de Montcalm. Ces informations étaient regroupées par municipalité et l'ensemble des cartes pour une équipe de terrain étaient reliées dans un cahier. De plus, une grande carte illustrant tous les points pour chaque région a été fournie à chaque coordonnateur et servait à la préparation des itinéraires et au suivi du déroulement de l'opération.

5.6 ÉQUIPES DE TERRAIN

Le territoire à l'étude était distribué principalement dans quatre régions administratives, Chaudière-Appalaches, Centre-du-Québec, Montérégie et Lanaudière, bien que les têtes de bassin des rivières Chaudière, Nicolet et Yamaska se situent dans la région de l'Estrie. Les distances importantes entre ces différentes régions rendaient irréaliste la supervision de l'opération d'échantillonnage par une coordination centrale. Cette tâche fut donc prise en charge par chacune des quatre Directions régionales du ministère de l'Environnement pour la *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants* et par une équipe du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation pour l'échantillonnage lié à l'étude *Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm*.

Les équipes étaient constituées d'un coordonnateur et d'un nombre d'échantillonneurs établi en fonction du nombre d'échantillons à prélever (tableau 6). Le coordonnateur jouait un rôle essentiel pour le déroulement des travaux de terrain. Il devait mettre sur pied l'équipe d'échantillonneurs, garantir la disponibilité de l'équipement (automobiles, glacières, etc.), planifier les opérations de terrain (l'échantillonnage, le transport des échantillons vers les laboratoires, le ravitaillement en glace à chaque jour), assurer la disponibilité du matériel nécessaire au prélèvement des échantillons (bouteilles, formulaires), assurer le suivi des questionnaires santé au MSSS et avertir les résidents des résultats hors normes (section 5.11).

Tableau 6 Nombre d'échantillonneurs par région

Région administrative	Nombre d'échantillonneurs
Chaudière-Appalaches	7
Centre-du-Québec	4
Montérégie	4
Lanaudière	8
MRC de Montcalm	14

Durant la semaine précédant le début de la campagne d'échantillonnage, tous les coordonnateurs et les échantillonneurs ont reçu une formation de trois jours pour se familiariser avec le but et les objectifs de l'étude ainsi qu'avec les différentes techniques nécessaires à l'accomplissement de leur tâche d'échantillonneur. Parmi les sujets traités, une attention spéciale a été portée au repérage des points

d'échantillonnage. Tout le personnel a ainsi reçu une formation sur l'utilisation d'un GPS, instrument central au bon déroulement des travaux de terrain.

5.7 ASPECTS ÉTHIQUES DE L'ÉTUDE

Le protocole de l'ensemble de l'étude a été soumis au comité d'éthique du Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ). Les recommandations du comité ont été suivies et le projet a été modifié en conséquence.

5.8 ACTIONS DE COMMUNICATION

La population du territoire sur lequel s'est déroulé le projet a été tenue informée par le biais d'un communiqué de presse, émis le 19 mars 2002 et d'avis publiés dans les hebdomadaires régionaux, à la fin du mois d'avril et au début du mois de mai. Le texte de ces avis est reproduit à l'annexe 6.

5.9 TRAVAUX DE TERRAIN

Le déroulement des travaux de terrain respectait les contraintes imposées par les choix stratégiques et incorporait les améliorations résultant du banc d'essai. Ainsi, il était planifié que chaque échantillonneur visite et échantillonne quatre résidences par jour en travaillant individuellement (chacun dans son véhicule).

L'équipement standard de chaque véhicule consistait en une glacière remplie de glace en cubes, des sacs de plastique suffisamment grands pour contenir toutes les bouteilles d'un échantillon d'eau, des bouteilles propres fournies par les laboratoires et prêtes à être utilisées, des questionnaires et des formulaires de consentement en quantité suffisante. La longueur d'une journée de travail était restreinte le matin par l'obligation de se présenter chez les résidents suffisamment tard pour ne pas interférer avec les préparatifs de la journée d'une famille, et le soir par l'heure maximale de tombée pour le transport des échantillons vers le laboratoire. Les visites étaient par conséquent réalisées entre 08h00 et 16h30 environ.

5.10 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

5.10.1 Période d'échantillonnage

La concentration des indicateurs chimiques et microbiologiques à l'étude n'est pas uniformément distribuée au cours de l'année. Elle est influencée par le cycle des saisons, tantôt pour des raisons purement naturelles liées à la dynamique de l'eau souterraine, tantôt pour des raisons liées aux activités humaines. Il importait alors de s'assurer que la période d'échantillonnage soit suffisamment courte pour que les derniers échantillons prélevés soient comparables aux premiers prélevés. Théoriquement, la meilleure stratégie consistait à échantillonner toutes les résidences au même moment. De toute évidence, une telle stratégie n'étant pas réaliste, il fallait faire un compromis entre les moyens disponibles et la longueur de la période d'échantillonnage. Il a été décidé de restreindre à quatre semaines la période de prélèvement. Ainsi, les changements saisonniers de la qualité de l'eau souterraine sur une si courte période seraient suffisamment limités pour ne pas engendrer de modification de la qualité de l'eau souterraine. Nous avons opté pour la période de recharge des nappes souterraines, période durant laquelle l'eau de la surface alimente la nappe, établissant ainsi un lien hydraulique direct entre la surface et le souterrain.

L'échantillonnage sur un mois est l'équivalent d'une photo d'un phénomène dynamique. Pour mieux connaître cette dynamique, il fallait un échantillonnage récurrent à des points fixes. C'est pourquoi

l'échantillonnage mensuel de l'eau pendant la période d'absence de gel a été réalisé pour améliorer notre connaissance de la variation saisonnière de la concentration des paramètres à l'étude. Un nombre de 93 résidences ont alors été échantillonnées du mois de juillet au mois de novembre 2002.

5.10.2 Localisation des puits

Les échantillonneurs, munis d'un cahier contenant les cartes et les tableaux ainsi que d'un GPS, devaient repérer chaque point à échantillonner. À l'aide de la carte, ils pouvaient s'approcher du point à visiter et lorsqu'ils étaient près de la cible, ils utilisaient le GPS et les tableaux de coordonnées pour identifier précisément la résidence sélectionnée comme point d'échantillonnage.

Le choix du système de projection MTM³ en conjonction avec l'utilisation du GPS s'est avéré problématique. Les GPS n'incluent pas par défaut le système MTM, il faut donc faire appel aux réglages personnalisés pour y insérer manuellement plusieurs données spécialisées. Cette lacune a engendré une autre déficience lorsque le territoire chevauchait deux zones MTM, comme dans la région administrative Centre-du-Québec. Dans cette région, toutes les fois qu'un échantillonneur changeait de zone MTM il devait corriger les données personnalisées dans l'appareil, chose difficile à faire puisqu'aucun repère géographique n'indique le changement de zone, d'une part, et que d'autre part, ce réglage du GPS est fastidieux et compliqué. Les coordonnées prises dans la mauvaise zone MTM ont dû être corrigées une à une à l'étape de la validation des données.

À la lumière de ces difficultés, il est fortement recommandé d'utiliser le système de coordonnées géographiques « latitude et longitude », puisque c'est le système utilisé par défaut par les GPS et qu'il ne comprend pas de zones.

5.10.3 Visite des résidences

Une fois la résidence localisée, l'échantillonneur s'y rendait et confirmait l'admissibilité du puits en vérifiant les informations suivantes :

- Les résidents étaient présents;
- Les résidents étaient propriétaires des lieux;
- La résidence n'était pas desservie par un réseau, même petit;
- Il n'y avait pas de système de traitement de l'eau autre qu'un adoucisseur ou un point d'échantillonnage avant traitement était accessible, et finalement;
- Les propriétaires consentaient à ce qu'un échantillon de leur eau potable soit prélevé.

Si un des critères n'était pas satisfait, la résidence était considérée inadmissible, l'échantillonneur en notait la raison et la procédure de remplacement était alors utilisée.

5.10.4 Procédure de remplacement

Cette procédure consistait à sélectionner le voisin le plus près ou à tirer au sort lequel des voisins immédiats serait visité et à reprendre de nouveau la vérification d'admissibilité du puits de la résidence. Cette procédure de substitution se répétait jusqu'à l'obtention d'un échantillon ou jusqu'à ce que quatre résidences aient été visitées sans succès.

La stratégie d'échantillonnage initiale prévoyait un maximum de deux résidences par point d'échantillonnage. Toutefois, dès les premiers jours d'échantillonnage, le nombre total des résidences

3. Mercator transverse modifiée : transposition d'une partie de l'ellipsoïde de référence géodésique représentant la surface de la terre, sur une surface plane, à l'aide d'un modèle mathématique.

visitées et non échantillonnées s'est avéré beaucoup plus important que prévu. Avec l'assentiment des statisticiens impliqués dans la conception de l'étude, le nombre maximum de visites par point est passé à quatre dès la première semaine d'échantillonnage. Parallèlement, toutes les visites devaient être documentées dans un registre où était notée la prise d'un échantillon ou, le cas échéant, la raison pour laquelle la résidence n'avait fourni aucun échantillon d'eau (voir annexe 7). Ainsi, toutes les résidences visitées étaient associées à un numéro d'échantillon.

5.10.5 Présentation de l'étude

Lorsque la résidence visitée était admissible, l'échantillonneur présentait le projet à la personne répondante à l'aide du formulaire de consentement dont une copie est annexée au présent rapport (annexe 8). Après s'être assuré que le répondant avait bien compris la nature du projet, l'échantillonneur lui demandait de signer ce formulaire et le contresignait lui-même. Il en remettait alors une copie au propriétaire avec un dépliant contenant de l'information sur la nature des paramètres échantillonnés et sur la procédure de désinfection du puits en cas de besoin (annexe 9). Cette démarche constituait l'introduction et confirmait le consentement des résidents à ce qu'un échantillon d'eau potable soit prélevé dans leur résidence.

5.10.6 Procédure de prélèvement d'un échantillon d'eau

La procédure de prélèvement de l'échantillon d'eau comportait trois tâches différentes : 1) prélever un échantillon d'eau, 2) remplir un questionnaire portant sur les caractéristiques physiques de l'ouvrage de captage à l'aide des réponses fournies par les résidents (section 5.10.6.3), et 3) remettre un questionnaire portant sur des questions de santé humaine (section 5.10.6.4), en expliquer les objectifs et fournir des précisions sur la démarche à suivre.

5.10.6.1 Prise de l'échantillon d'eau

Les principes usuels d'asepsie étaient appliqués pour éviter la contamination des échantillons lors du prélèvement. L'échantillon d'eau était normalement prélevé au robinet de la cuisine mais tout autre robinet pouvait être utilisé s'il était facile d'accès et propre. La prise de l'échantillon d'eau se déroulait comme suit :

- Utiliser une petite glacière pour transporter les bouteilles. Ceci facilite le transport des bouteilles et maintient l'échantillon d'eau à une température adéquate dans l'éventualité d'une visite allongée;
- Noter dans le questionnaire l'emplacement du robinet sélectionné pour l'échantillonnage : cuisine, extérieur, etc.;
- Identifier les bouteilles avec le numéro du puits selon la convention établie (section 5.4);
- Retirer la grille ou l'aérateur au bout du robinet, sans utiliser d'outil autre que les mains;
- Laisser couler l'eau à bon débit pendant 5 minutes;
- Se laver soigneusement les mains avant de manipuler les bouteilles de prélèvement ou porter les gants fournis à cet effet;
- Réduire le débit pour éviter les éclaboussures;
- Remplir les bouteilles en évitant tout contact du goulot ou du bouchon avec les mains, avec d'autres parties du corps ou encore avec le robinet;
- Remplir les bouteilles jusqu'à l'épaule. Garder un espace vide au-dessus de l'épaule pour permettre l'homogénéisation du contenu de la bouteille une fois rendue au laboratoire;
- Fermer hermétiquement les bouteilles pour qu'elles soient bien étanches;
- Remettre immédiatement les bouteilles de prélèvement dans la petite glacière.

De retour à l'auto, les bouteilles étaient mises dans un grand sac de plastique fermé de manière aussi étanche que possible à l'aide d'un nœud. Les bouteilles étaient ensuite placées debout dans une glacière remplie de glace en cubes et le nœud du sac de plastique était placé au-dessus de la surface de la glace, précaution supplémentaire pour éviter que l'eau de fonte de la glace ne contamine l'échantillon d'eau.

5.10.6.2 Transport des échantillons d'eau

Le soir venu, les échantillonneurs se réunissaient à un point prédéterminé pour rassembler tous les échantillons de la journée dans des grandes glacières remplies de glace en cubes. Ces dernières étaient expédiées au laboratoire par courrier terrestre pour être livrées dès le lendemain matin.

Un formulaire de demande d'analyses était préparé au préalable et complété sur le terrain (voir annexe 10). Lorsque c'était possible, une partie du formulaire était remplie à l'avance. L'échantillonneur devait le compléter avec l'information suivante :

- Lieu de prélèvement : nom et adresse de la résidence visitée;
- La date et l'heure du prélèvement;
- Nom de l'échantillonneur;
- Numéro de l'échantillon;
- Le nom et le numéro de téléphone du propriétaire étaient ajoutés afin d'être en mesure de le rejoindre si l'analyse révélait un résultat hors norme de l'eau potable.

Ces formulaires étaient transmis au laboratoire dans le même envoi que les bouteilles de prélèvement.

5.10.6.3 Questionnaire environnement

Pour chaque échantillon d'eau prélevé, un questionnaire était rempli pour colliger des informations nécessaires au traitement des données, tel le type de traitement de l'eau, le système d'épuration des eaux usées domestiques, les caractéristiques de l'ouvrage de captage et les activités agricoles se déroulant autour de la résidence. Un exemple de questionnaire est présenté à l'annexe 11.

L'adresse et le numéro de téléphone des résidents étaient notés pour être en mesure de leur transmettre les résultats d'analyse.

L'importance de connaître l'existence d'un système de traitement d'eau potable a été traitée à la section 5.10.6.1. Le questionnaire recueillait néanmoins cette information à toutes les résidences dont l'eau était échantillonnée. Normalement, pour être admissibles, ces dernières ne devaient pas posséder de système de traitement ou encore, le type de système en place devait être jugé non influent pour les paramètres analysés.

Le questionnaire recueillait l'information sur le système de traitement des eaux usées domestiques tels le type d'installation septique, ses coordonnées et son âge. La distance avec le puits était obtenue par un calcul simple à l'aide des coordonnées respectives des deux points prises avec un GPS.

Dès le début de la conception de l'étude, il était anticipé que le type de puits serait un élément central dans l'analyse des résultats. Nous avons alors pris les dispositions nécessaires pour obtenir les informations les plus fiables compte tenu du contexte. Quatre questions interdépendantes servaient à déterminer si l'ouvrage de captage était un puits de surface, un puits profond ou un captage de source. Ces questions portaient sur l'emplacement de la pompe, le diamètre du puits, le matériau de construction du puits et la profondeur du puits indiquée par le propriétaire. L'échantillonneur prenait les coordonnées de l'ouvrage de captage à l'aide d'un GPS.

La présence d'activités agricoles demeure l'élément prépondérant du questionnaire. Premièrement, l'échantillonneur ou le propriétaire identifiait s'il y avait présence d'activité agricole autour de la résidence, et si oui, les distinguait selon trois types d'activité : culture, élevage et pâturage. Chacune de ces activités était ensuite précisée pour en connaître la nature (culture de soya, élevage de chevaux, etc.) La présence ou non d'un ouvrage d'entreposage de fumier était notée ainsi que sa position, à l'aide du GPS, lorsque le site était accessible.

5.10.6.4 Questionnaires santé

À l'instar du questionnaire environnement, des questionnaires santé ont été remis au répondant de la propriété où un échantillon d'eau a été prélevé, à l'exception des répondants domiciliés dans les zones de vulnérabilité moyenne et faible du territoire de la MRC de Montcalm. Le répondant devait solliciter tous les résidents, adultes et enfants, à participer à l'enquête santé. Ainsi, deux questionnaires par résident étaient confiés au répondant afin de recueillir l'information sur l'apparition de symptômes de gastro-entérite.

Au moment de la visite, l'échantillonneur identifiait les questionnaires d'après le numéro d'échantillon et donnait quelques directives pour les remplir adéquatement. Un numéro de téléphone sans frais était mis à la disposition des participants qui avaient besoin d'information ou d'assistance. De plus, leur numéro de téléphone était acheminé à l'INSPQ par le coordonnateur de chaque région. Cette procédure permettait d'effectuer un suivi téléphonique afin de vérifier la bonne compréhension des questions et le retour postal des questionnaires dûment complétés.

Un premier questionnaire colligeait l'information relative aux problèmes de santé actuels et antérieurs au prélèvement d'eau. Les questions portaient sur la consommation d'eau et autres facteurs de risque de gastro-entérite, sur la présence de problèmes de santé ayant nécessité une consultation médicale au cours de la dernière année et sur la présence de symptômes de gastro-entérite survenus la semaine précédente. Un second questionnaire (journal individuel) recueillait l'information en regard de la consommation quotidienne d'eau et de la présence de symptômes de gastro-entérite survenus la semaine subséquente au prélèvement d'eau.

5.11 COMMUNICATION DES RÉSULTATS D'ANALYSES AUX PROPRIÉTAIRES.

Le banc d'essai réalisé au début du projet nous indiquait que systématiquement tous les propriétaires voulaient recevoir les résultats d'analyses de leur eau potable. Après la saisie des données et une première vérification, les résultats ont été acheminés par la poste aux propriétaires concernés. Rappelons que tous les résultats hors normes avaient déjà été communiqués aux propriétaires par téléphone immédiatement après l'analyse du laboratoire dans le but de leur faire part des mises en garde et des actions à prendre (annexe 9).

6 MÉTHODES ANALYTIQUES

6.1 RÉCEPTION AU LABORATOIRE

Les échantillons étaient reçus à la DLEAA et au CEAEQ dans des glacières. La chaîne de froid a été respectée du prélèvement jusqu'à l'analyse et l'ensemble des échantillons a été analysé dans un délai de moins de 24 heures pour les paramètres microbiologiques.

6.2 MÉTHODE D'ANALYSE DES NITRITES-NITRATES

Les analyses de nitrates de tous les échantillons ont été réalisées au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Les échantillons pour l'analyse des nitrites et nitrates ont été acidifiés avec du H₂SO₄ à pH < 2 lors du prélèvement et ont été analysés directement sans pré-traitement par la méthode colorimétrique automatisée avec le sulfate d'hydrazine et le N.E.D. (MA 303-NO3 1.0, CEAEQ, 2001).

En laboratoire, la détermination des nitrites-nitrates se fait en deux étapes. Dans un premier temps, les ions nitrates sont réduits en nitrites en milieu alcalin par l'intermédiaire du sulfate d'hydrazine, avec du sulfate de cuivre agissant comme catalyseur. Dans un second temps, les nitrites réagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui se combine en milieu acide avec le dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-éthylènediamine pour former un composé rosé à violet dont l'absorbance à 520 nm est proportionnelle à la concentration des ions nitrites et nitrates.

Cette méthode s'applique à la détermination des ions nitrites et nitrates dans l'eau potable dans une plage de concentration variant de 0,02 à 2,00 mg/L-N de nitrites-nitrates. Lorsque requis, des dilutions étaient réalisées afin d'augmenter la plage de mesure.

6.3 DÉNOMBREMENT DES *E. COLI*

La méthode employée dans cette étude (CEAEQ, 2000a) permettait dans un premier temps la détection et l'énumération des coliformes fécaux, et ensuite, la confirmation de l'appartenance des coliformes fécaux à l'espèce *Escherichia coli*. Dans la première étape, un volume d'eau de 100 ml était filtré sur une membrane filtrante Millipore® de 0,45 µm. La membrane était ensuite déposée sur le milieu gélosé m-Fc qui était incubé à 44,5 °C pendant 24 heures. Cette première étape correspond à la méthode 9222D du *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA et WEF, 1998) et permettait la détection des coliformes fécaux thermotolérants.

La confirmation de ces coliformes fécaux à l'espèce *E. coli* se faisait dans la seconde étape. Environ 10 % des colonies typiques (bleues) et atypiques (autres couleurs) isolées sur le milieu m-Fc étaient transférées dans le milieu de culture Colilert (IDEXX®) puis incubées pendant 24 heures à 35 °C. Les colonies isolées étaient également soumises au test de l'oxydase. Les colonies de *E. coli* rapportées dans cette étude étaient celles qui utilisaient l'ONPG (présence de l'enzyme β-galactosidase) de même que le MUG (présence de la β-glucoronidase) dans le milieu de culture Colilert® et qui donnaient une réponse négative au test de l'oxydase.

À la DLEAA, une souche de *E. coli* ATCC 25922 a été utilisée à chaque jour comme contrôle positif pour chaque série d'échantillons. Au CEAEQ, les lots de milieu de culture ont été vérifiés avec des souches de *E. coli* de laboratoire.

6.4 DÉNOMBREMENT DES ENTÉROCOQUES ET DES STREPTOCOQUES FÉCAUX

La méthode employée dans cette étude pour le dénombrement des entérocoques et des streptocoques fécaux comportait elle aussi deux étapes, la recherche puis la confirmation (CEAEQ, 2000b). Un volume de 100 ml d'échantillon était filtré sur membrane filtrante Millipore® de 0,45 µm. La membrane était ensuite transférée sur le milieu gélosé m-Enterococcus qui était incubé à 35 °C pendant 48 heures. Cette première étape correspond à la méthode 9230C du *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA et WEF, 1998).

Environ 10% des colonies typiques (roses ou rouges) étaient ensuite soumises à plusieurs tests de confirmation. Dans le cadre de cette étude, les colonies étaient rapportées comme entérocoques ou comme streptocoques fécaux selon leurs réponses aux divers tests de confirmation (Tableau 7).

Tableau 7 Tests de confirmation des entérocoques et des streptocoques fécaux

Tests	Entérocoques	Streptocoques
catalase	négative	négative
hydrolyse de l'esculine en présence de bile 40%	positive	positive
croissance à 45 °C en bouillon cœur de cervelle	positive	positive
croissance en présence de 6,5% de NaCl à 35 °C	positive	négative
Gram	positif	positif

À la DLEAA, une souche de *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 a été utilisée à chaque jour comme contrôle positif pour chaque série d'échantillons. Au CEAEQ, les lots de milieux de culture ont été vérifiés avec la souche de contrôle *E. faecalis* ATCC 19433.

6.5 DÉTECTION DES COLIPHAGES MÂLES-SPÉCIFIQUES (F- SPÉCIFIQUES)

La détection des virus coliphages mâles-spécifiques (ou F-spécifiques) a été effectuée avec la méthode USEPA 1601 (EPA 821-R-01-030). Il s'agit d'une méthode de type présence/absence en deux étapes : un enrichissement suivi d'une mise en évidence de la présence des coliphages. La bactérie hôte employée était la souche *Escherichia coli* F_{Amp} (ATCC 700891) et le volume d'échantillon analysé était de 100 ml.

Avec chaque série d'analyses, un échantillon négatif (eau stérile) de même qu'un échantillon de contrôle positif (eau fortifiée avec le coliphage mâle-spécifique MS2, ATCC 15597-B1) ont été analysés en suivant toutes les étapes de la méthode (EPA, 2001). En cours d'étude, de l'eau usée municipale a été ajoutée comme second contrôle positif accompagnant chaque série d'échantillons, afin de vérifier la méthode avec des coliphages provenant de l'environnement.

6.6 CONTRÔLES DE LA QUALITÉ

6.6.1 Contrôles intralaboratoires DLEAA-MAPAQ

L'ensemble des pratiques de laboratoire et des contrôles de la qualité du programme d'assurance qualité d'un laboratoire basé sur la norme ISO-17025 est appliqué dans les deux laboratoires (Document ISO 01-D-001, DLEAA; Lignes directrices concernant l'application des contrôles de qualité en microbiologie SCA-02; Lignes directrices concernant l'application des contrôles de qualité en chimie SCA-01, CEAEQ).

Le laboratoire du CEAEQ est accrédité par le Conseil canadien des normes et répond à la norme internationale ISO/CEI 17025. La DLEAA est accréditée par le même organisme pour la norme ISO 9001.

Les laboratoires effectuent donc l'ensemble des contrôles au niveau de la qualité des locaux, de l'environnement, du matériel, des réactifs et des équipements. Les méthodes d'analyses comportent également une série de contrôles utilisés comme des témoins de stérilité, des contrôles positifs et négatifs, des confirmations, etc.

6.6.2 Contrôles interlaboratoires en microbiologie

Afin de vérifier que les deux laboratoires de microbiologie donnaient des résultats comparables, trois études interlaboratoires ont été réalisées avant et pendant le projet. La DLEAA et le CEAEQ ont profité des activités régulières du Service de l'accréditation du CEAEQ pour obtenir des échantillons de performance, i.e. des échantillons servant à la réalisation d'évaluation de la performance de laboratoires privés accrédités par le CEAEQ, pour les deux premières études interlaboratoires présentées ici, alors que l'échantillon de la troisième étude interlaboratoires a été préparé par le CEAEQ.

6.6.2.1 Coliphages F-spécifiques en présence/absence, janvier 2002

La première étude interlaboratoires à laquelle la DLEAA et le CEAEQ ont participé portait sur l'analyse des coliphages F-spécifiques. Trois échantillons de performance contenant des coliphages ont été préparés par le Service de l'accréditation du CEAEQ dans le cadre de l'étude de performance MPR-02. Cette dernière s'inscrivait dans le cadre des activités normales du Programme d'accréditation des laboratoires d'analyse environnementale (PALAE) du ministère de l'Environnement.

Plus spécifiquement, l'étude de performance MPR-02 visait à évaluer la performance de quatre laboratoires privés québécois accrédités pour l'analyse des coliphages F-spécifiques avec la méthode EPA 1601 (présence/absence dans 100 ml). L'objectif était de vérifier que le laboratoire du CEAEQ et celui de la DLEAA étaient en mesure de détecter des coliphages F-spécifiques dans des échantillons d'eau.

Des séries de trois échantillons contenant respectivement 20, 40 et 60 UFP/100 ml⁴ du coliphage MS2 ont été envoyés dans chacun des laboratoires visés par cette étude et quatre séries d'échantillons de référence ont été conservés au CEAEQ. Ces échantillons ont été analysés par la méthode EPA 1601 environ 24 heures après leur préparation.

Le laboratoire du CEAEQ a détecté des coliphages F-spécifiques dans les quatre séries de trois échantillons de référence qu'il avait conservés. Le laboratoire de la DLEAA a détecté des coliphages dans les trois échantillons qu'il avait reçus. Les laboratoires privés ont également détecté des coliphages F-spécifiques dans tous leurs échantillons. Cette étude a permis de vérifier que la méthode d'analyse des coliphages F-spécifiques était au point dans le laboratoire du CEAEQ et dans celui de la DLEAA.

6.6.2.2 *E. coli* et entérocoques, février 2002

Le laboratoire de microbiologie du CEAEQ et celui de la DLEAA ont participé à une seconde évaluation de performance tenue dans le cadre des activités régulières du Service de l'accréditation du CEAEQ. Cette étude interlaboratoires, la MPR-03, visait à évaluer la performance d'un laboratoire privé désirant s'accréditer auprès du ministère de l'Environnement.

4. UFP/100 ml : Unité utilisée pour mesurer la concentration des coliphages. Les « UFP » sont des « unités formant des plages de lyse ».

Cinq échantillons de performance contenant *E. coli* et quatre échantillons contenant des entérocoques ont été préparés par le Service de l'accréditation du CEAEQ et expédiés au laboratoire privé, au laboratoire de microbiologie du CEAEQ de même qu'à la DLEAA. Les échantillons ont été analysés dans les trois laboratoires 24 heures après leur préparation.

Le Service de l'accréditation a évalué la performance du laboratoire privé selon sa méthode habituelle. En résumé, des analyses répétées ont été faites pour chaque échantillon par le Service de l'accréditation. Les résultats des analyses répétées ainsi que des données provenant des évaluations de performance antérieures du Service de l'accréditation ont été utilisées pour calculer une valeur attendue de même qu'un écart attendu pour chaque échantillon de performance. Un système de pointage a ensuite été utilisé pour évaluer chacun des laboratoires ayant participé à l'évaluation de performance. Ainsi, un laboratoire qui a produit un résultat dont l'écart, par rapport à la valeur attendue, était inférieur ou égal à une fois, deux fois, trois fois ou à plus de trois fois l'écart attendu, recevait respectivement un pointage correspondant à cinq, quatre, trois ou zéro point(s). La note de passage était de 3 points.

Les résultats du laboratoire de microbiologie du CEAEQ de même que ceux du laboratoire de la DLEAA ont été évalués en utilisant la technique de pointage du Service de l'accréditation. Les valeurs attendues ainsi que les écarts attendus ont été fournis par le Service de l'accréditation (Tableau 8).

Tableau 8 Étude interlaboratoires portant sur l'analyse de *E. coli* et des entérocoques

Paramètre	No d'échantillon	Valeur de référence et écart attendu (UFC/100 ml) ⁵	CEAEQ		DLEEA	
			Résultat (UFC/100 ml)	Pt	Résultat (UFC/100 ml)	Pt
<i>E. coli</i>	1	0	0	5	0	5
	2	34 ± 7	34	5	31	5
	3	38 ± 8	42	5	46	5
	4	38 ± 8	45	5	31	5
	5	0	0	5	5	0
Pointage				25/25		25/25
Entérocoques	1	42 ± 6	57	3	52	4
	2	39 ± 6	35	5	36	5
	3	55 ± 8	57	5	61	5
	4	62 ± 8	73	4	70	5
Pointage				17/20		19/20
Pointage total				42/45		44/45

Les deux laboratoires ont obtenu le pointage maximum pour l'énumération de *E. coli* (Tableau 8). Pour les entérocoques, des écarts légèrement plus élevés ont été observés avec les valeurs de référence, mais même l'écart le plus grand, soit l'échantillon No 1 analysé par le CEAEQ, a obtenu la note de passage habituellement accordée par le Service de l'accréditation.

Ces résultats démontrent que les deux laboratoires étaient en mesure de réaliser des analyses comparables de *E. coli* et des entérocoques selon les critères du Service de l'accréditation du CEAEQ.

5. UFC/100 ml : Unité utilisée pour mesurer la concentration des bactéries. Les « UFC » sont des « unités formant des colonies ».

6.6.2.3 *E. coli* et entérocoques, mai 2002

La troisième comparaison interlaboratoires réalisée dans le cadre de l'étude impliquait toutes les techniciennes ayant participé à la réalisation des analyses dans les deux laboratoires. Cette comparaison interlaboratoires a été effectuée en mai 2002 pendant la réalisation de l'étude. Cette fois, l'échantillon de référence a été préparé par la microbiologiste chargée de l'étude au CEAEQ avec la collaboration d'une technicienne qui est affectée au Service de l'accréditation. Cette dernière ne participait pas à la réalisation des analyses de l'étude.

Vingt et une aliquotes de volumes similaires d'une eau usée provenant de l'usine d'épuration du secteur Ouest de la ville de Québec ont été diluées dans des volumes de 200 ml d'eau de dilution afin de constituer 21 échantillons identiques et représentatifs d'une eau "potable" contaminée. Chaque technicienne ayant participé au projet, quatre du CEAEQ et trois de la DLEAA a reçu trois répliqués de ces échantillons à analyser. Les volumes à analyser étaient de 100 ml pour *E. coli* et de 10 ml pour les entérocoques.

La méthode de pointage du Service de l'accréditation du CEAEQ a encore été utilisée, cette fois avec quelques modifications, afin d'évaluer les résultats (Tableau 9). Les modifications au système de pointage ont été d'utiliser la moyenne de tous les résultats de toutes les techniciennes, donc 21 résultats, comme valeur attendue, ainsi que la valeur de l'écart type sur la moyenne des 21 résultats comme écart attendu.

Tableau 9 Évaluation interlaboratoires pour l'analyse de *E. coli* et des entérocoques à partir d'un échantillon d'eau usée diluée

Techniciennes	<i>E. coli</i> sur m-Fc			Entérocoques sur m- <i>Enterococcus</i>			Pointage total
	UFC/100 ml	Pt	Pt /15	UFC/10 ml	Pt	Pt /15	Pt /30
CEAEQ 1	47	4	13	28	5	14	27
	37	5		34	4		
	25	4		22	5		
CEAEQ 2	28	4	14	34	4	13	27
	39	5		26	5		
	30	5		19	4		
CEAEQ 3	41	5	14	12	3	11	25
	27	4		14	4		
	38	5		19	4		
CEAEQ 4	41	5	15	28	5	15	30
	41	5		27	5		
	40	5		25	5		
DLEAA 1	25	4	13	22	5	15	28
	29	4		28	5		
	44	5		27	5		
DLEAA 2	46	4	14	24	5	14	28
	36	5		27	5		
	37	5		32	4		
DLEAA 3	51	4	13	30	5	15	28
	41	5		29	5		
	48	4		27	5		
Moyenne (valeur attendue)	38			25			
Médiane	39			27			
Écart type (écart attendu)	8			6			
Coefficient de variation	21 %			24 %			

Toutes les techniciennes ont obtenu des pointages de 4/5 ou plus pour l'analyse de *E. coli* sur le milieu m-Fc. Cela signifie que l'écart de chacun des résultats par rapport à la valeur attendue était inférieur à deux fois l'écart attendu. Pour les entérocoques, la majorité des pointages étaient supérieurs à 4/5, à deux exceptions près qui se situaient à 3/5. Comme pour *E. coli*, la majorité des écarts de chacun des résultats par rapport à la valeur attendue était inférieure à deux fois l'écart attendu.

L'analyse de ces échantillons faits à partir d'eau usée présentait un degré de difficulté plus élevé que l'analyse d'échantillons préparés par le Service de l'accréditation. Les échantillons du Service de l'accréditation contiennent une ou quelques cultures bactériennes de laboratoire et ces dernières sont choisies en raison de leur apparence très typique lorsqu'elles forment des colonies sur les milieux de culture. L'observation et le dénombrement des colonies des échantillons du Service de l'accréditation sont donc relativement simples. Au contraire, une eau usée contient toute une variété de bactéries. Ces dernières forment des colonies plus ou moins typiques, selon les espèces recherchées et les milieux de culture employés. De plus, certaines espèces bactériennes peuvent interférer avec la croissance des bactéries visées par un milieu de culture.

Compte tenu du mode de préparation des échantillons et de l'emploi d'une eau usée, les résultats présentés au tableau 9 indiquent que les techniciennes obtenaient des résultats comparables et satisfaisants pour la réalisation de l'étude.

7 VALIDATION DES DONNÉES

7.1 CORRECTION DES DONNÉES

À la suite de la saisie des données plusieurs étapes de vérification étaient nécessaires. La première opération réalisée a été de vérifier l'existence d'un système de traitement de l'eau à domicile. Lorsqu'un doute était soulevé dans les commentaires de l'échantillonneur, l'échantillon d'eau était rejeté. Ainsi, 22 échantillons d'eau (10 sur l'ensemble des sept bassins versant et 12 dans la MRC de Montcalm) ont été retirés puisqu'il n'était pas clair si ces derniers avaient été prélevés à un robinet sans traitement. À la suite de ce retrait, il restait 2070 échantillons pour le traitement des données.

Beaucoup d'efforts ont aussi été déployés pour vérifier et corriger les coordonnées des puits et des installations septiques. Cette opération s'est avérée nécessaire dans le bassin versant de la rivière Nicolet qui chevauchait deux zones MTM, et dont plusieurs points d'échantillonnage avaient été attribués à la mauvaise zone. Le calcul de la distance entre le puits et la fosse septique a permis de détecter et de corriger des aberrations, et finalement la correspondance des coordonnées avec le territoire municipal a permis de corriger des erreurs de saisie ou des mauvaises interprétations de chiffres mal formés.

7.2 VARIABLES UTILISÉES POUR LE TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

7.2.1 Type de puits

Les efforts ont surtout été consacrés à départager les puits de surface des puits profonds. Le captage de sources naturelles ne présentait aucune ambiguïté. Il a été décidé de séparer les puits à l'aide des déclarations des propriétaires et selon les indices visuels notés par l'échantillonneur comme les matériaux utilisés, le diamètre du puits et la localisation de la pompe. Cette opération était nécessaire après avoir constaté que les propriétaires ne connaissent pas, sauf exception, les caractéristiques de leur ouvrage de captage. Deux catégories ont été faites de l'ensemble des ouvrages de captage : les puits profonds et les puits de surface. Les puits profonds sont ceux qui ont plus de huit (8) mètres de profondeur avec un tubage en métal de 15 cm de diamètre et une pompe dans le puits. Les puits de surface sont ceux de huit mètres et moins de profond, de diamètre de 1 m, construits généralement en béton, maçonnerie ou avec soutènement en bois, et dont la pompe est généralement dans la maison. Les puits de surface incluent les pointes filtrantes. Les puits de surface et les puits profonds correspondent donc à des installations radicalement différentes et de surcroît peu de puits au Québec ont des profondeurs intermédiaires, c'est-à-dire entre 8 et 30 mètres. La limite de 8 mètres correspond à la profondeur maximale à laquelle l'eau peut être pompée par aspiration.

La distinction des puits profonds et des puits de surface est le résultat d'une démarche progressive visant à utiliser l'information la plus certaine. Premièrement, lorsque le propriétaire indiquait précisément la profondeur du puits, cette valeur était utilisée; deuxièmement, lorsque les quatre réponses du questionnaire (type de puits, localisation de la pompe, diamètre du puits et matériaux du puits) conduisaient à un même type de puits, ce dernier était retenu. Si trois des réponses sur quatre allaient dans le même sens, le type de puits résultant était conservé. Finalement, il est resté 25 ouvrages de captages échantillonnés dont les informations étaient ambiguës de sorte qu'il n'a pas été possible de déterminer leur catégorie. Ces échantillons n'ont donc pas été catégorisés.

7.2.2 Présence d'activité agricole autour du puits

La dernière section du questionnaire environnement (annexe 11) portait sur les activités agricoles autour du puits. La première question de cette section déterminait si le puits était dans un environnement boisé, en friche ou agricole. Cette information était fournie par le propriétaire ou par les observations de

l'échantillonneur dans un rayon d'environ 500 mètres. Lorsque de l'activité agricole était présente, le questionnaire demandait d'en préciser la nature, soit culture, élevage ou pâturage. Chacune de ces catégories était détaillée de manière à identifier le type de culture ou le type d'élevage.

La validation des données a permis de déterminer que les précisions portant sur les activités agricoles comme la distinction entre culture et élevage, *à fortiori* la précision du type de ces activités, fractionnait les données de telle sorte que le nombre de puits dans chacune de ces catégories était trop petit pour être utilisé au traitement statistique.

Pour les besoins de l'analyse statistique, cette information a été regroupée sous la variable « présence d'activité agricole » lorsqu'une activité agricole était observée et « absence d'activité agricole » lorsque le puits était dans un environnement boisé ou en friche.

7.2.3 Distance entre le puits et l'installation septique

Lors de la visite de chaque résidence, l'échantillonneur déterminait les coordonnées du puits et de l'installation septique à l'aide d'un GPS. La distance entre ces deux points a été calculée par triangulation à l'aide des coordonnées au moment du traitement statistique.

7.2.4 Distance entre le puits et le site d'entreposage de fumier

La distance entre le puits et le site d'entreposage de fumier a été calculée par triangulation à l'aide de leurs coordonnées.

RÉFÉRENCES

- APHA, AWWA ET WEF (1998), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 20^e édition, pagination multiple.
- Appelo, C.A.J., Psotma, D., 1993. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. A.A. Balkeman, Rotterdam, 536 p.
- Aller L., Bennet T, Lehr J.H., et al., 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Setting, rapport no EPA-600/2-87-035. National Water Well Association, Ohio.
- CEAEQ - MENVQ, 2000a, Recherche et dénombrement des coliformes fécaux - Méthode par filtration sur membrane (MA.700-FEC 1.0). Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 24 p.
- CEAEQ - MENVQ, 2000b, Recherche et dénombrement des entérocoques - Méthode par filtration sur membrane (MA.700-FEC 1.0) Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 24 p.
- CHARTRAND, J., LEVALLOIS, P., GAUVIN, D., GINGRAS, S., ROUFFIGNAT, J., GAGNON, M-F. 1999. « La contamination de l'eau souterraine par les nitrates à l'île d'Orléans ». *Vecteur Environnement*. Vol. 32, no 1, janvier. P. 37-46.
- Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA)-MAPAQ, Dénombrement des bactéries coliformes dans l'eau potable, Coliformes totaux et coliformes fécaux par la technique de la membrane filtrante, 01-M-90, DLEAA, MAPAQ, ISO 9001.
- DLEAA-MAPAQ, Dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau et la glace par la technique de la membrane filtrante millipore, 01-M-242, DLEAA, MAPAQ, ISO 9001.
- Edberg, S.C., H. Leclerc et J. Robertson (1997) Natural Protection of Spring and Well Drinking Water Against Surface Microbial Contamination. II Indicators and Monitoring Parameters for Parasites, *Critical Reviews in Microbiology*, 23:179-206.
- FDA (2003), Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook Escherichia coli O157:H7, U.S. Food & Drug Administration, Center for Food Safety & Applied Nutrition, <http://vm.cfsan.fda.gov/-mow/chapl5.html>.
- Freeze, R. A. et Cherry, J. A., 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 640 p.
- Gingras, B., Leclerc, J.-M., Bolduc, D.G., Chevalier, P., Laferrière M. et H.-Fortin, S., 2000. Les risques à la santé associés aux activités de production animale, Rapport scientifique du comité de santé environnementale, Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, 38p.
- Grabow, W. (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses water, *Water SA*, 27:251-268.
- GAUDREAU, D., MERCIER, M. 1998. *La contamination de l'eau des puits privés par les nitrates en milieu rural*. Module de Santé environnementale. Direction de la santé publique. RÉGIE RÉGIONALE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE LA MONTÉRÉGIE. ISBN : 2-89342-107-5. 64 pages.

- Hardie, J.M. (1986) Genus *Streptococcus*, dans : Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, vol. 2, Sneath, P.H.A., éditeur du vol. 2, William and Wilkins, Baltimore, pp. 1043-1071.
- LAFERRIÈRE, M., MALENFANT, G., MINVILLE, J. J., NADEAU, A. 1995. *La contamination par les nitrates des puits privés en milieu rural*. Unité de santé publique du Centre hospitalier régional du Grand-Portage. CLSC Rivières et marées. 38 pages.
- Leclerc, H., L.A. Devriese et D.A.A. Mossel (1996). Taxonomical changes in intestinal (faecal) enterococci and streptococci : consequences on their use as indicators of faecal contamination in drinking water, *Journal of Applied Bacteriology*, 81: 459-466.
- MEF, 1998. *Rapport du Comité adviseur technique sur les municipalités en surplus*, 3 juillet 1998, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 25 p, + 5 annexes.
- PARADIS, D., BERNIER, P.J., LEVALLOIS, P. 1991. *Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de Portneuf*. Opérations régionales. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Département de santé communautaire du Centre hospitalier de l'Université Laval, 13 pages.
- POLAN, Patrick, HENRY, Monique. 1998. *Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de Coaticook*. MSSSQ et Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie. Sherbrooke : Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie, 48 pages.
- USEPA, 2001, Method 1601: Male-specific (F+) and Somatic Coliphage in Water by Two-step Enrichment Procedure, Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 821-R-01-030, April 2001, Washington, D.C. 20460, United States(<http://www.epa.gov/nerlcwww/index.html>).

ANNEXE 1

CALCUL DU BILAN DE PHOSPHORE ET SES CONTRAINTES

Texte intégral tiré du rapport du Comité aviseur technique sur les municipalités en surplus (MEF, 1998)

MÉTHODOLOGIE DE DÉTERMINATION DES MUNICIPALITÉS EN SURPLUS ET CONTRAINTES S'Y APPLIQUANT

La méthodologie de calcul et les contraintes retenues sont intimement liées. Elle font donc partie de la même section du rapport. **En effet, le comité est d'avis que l'algorithme et les contraintes qui s'y rattachent sont indissociables. Ainsi, le choix des contraintes proposées tient compte de l'algorithme retenu.** Un autre algorithme aurait sans doute modifié les contraintes proposées.

LA MÉTHODOLOGIE

Description de la méthodologie

Elle consiste à faire un bilan par municipalité entre les apports en **phosphore provenant** des fumiers produits dans celle-ci et les prélèvements de ce même élément par les cultures qui y sont pratiquées.

Les résultats sont exprimés en kg de P₂O₅ / ha / an dépassant ou non l'équilibre entre les apports provenant des fumiers et les prélèvements.

L'algorithme proposé

Il s'agit d'une équation qui permet de faire le rapport entre le phosphore contenu dans les fumiers produits dans une municipalité et le phosphore que les cultures de cette municipalité peuvent potentiellement prélever.

L'équation se représente comme suit

$$S = (A-B)/C$$

Où :

- S quantité de surplus ou de réceptivité de fumiers d'une municipalité (kg P₂O₅ / an-ha) ; si S est positif, la municipalité est en surplus ; si S est négatif la municipalité est considérée comme potentiellement réceptrice
- A Rejet de P₂O₅ sous la queue des animaux (kg / an) ; Σ du nombre d'animaux par catégorie de cheptel X rejet sous la queue en P₂O₅ selon la catégorie de cheptel (kg / animal- an) ;
- B Prélèvement de P₂O₅ (kg / an) ; Σ Superficies cultivées par type de culture (ha) X prélèvement en P₂O₅ des plantes (kg/ha-an) selon le type de culture.
- C Superficie totale en culture (ha) ; Σ Superficies cultivées d'une municipalité

Trois paramètres techniques sont nécessaires pour déterminer ce bilan phosphore. Il s'agit de la quantité de phosphore produite par les animaux (rejet sous la queue), le prélèvement unitaire des plantes (kg/tonne récoltée) et la quantité totale prélevée (kg/ha-an). Les références scientifiques qui ont été utilisées pour identifier ces paramètres selon le type d'animal ou le type de culture sont décrites à l'annexe 3.

Par ailleurs, les statistiques par municipalité (cheptel animal, superficies en culture) qui sont nécessaires pour les calculs proviennent des fiches d'enregistrement des producteurs agricoles (MAPAQ, 1997).

Les limites de l'algorithme proposé

Le comité souhaite attirer l'attention sur le fait que cette méthodologie doit être considérée comme un outil de planification et non un portrait des pressions réelles environnementales sur le territoire cultivé de la municipalité.

En effet, l'algorithme proposé suppose que tous les fumiers produits dans une municipalité sont épandus sur toutes les terres cultivées dans celle-ci ; de plus, on ne tient pas compte des engrais minéraux. Il s'agit donc d'une situation projetée et hypothétique. Dans la réalité, il en est tout autrement : les apports d'engrais minéraux peuvent difficilement être ramenés à zéro, et il est peu probable que 100% des sols cultivés reçoivent effectivement des fumiers. Les surplus identifiés par l'approche proposée doivent donc être pris comme des minimums.

Par ailleurs, l'algorithme ne tient pas compte de la pression qu'exerce l'agriculture sur l'ensemble des superficies d'une municipalité ou d'un ensemble de municipalités (la proportion de l'occupation de la superficie par l'agriculture). Plus la proportion de la superficie totale d'une municipalité occupée par l'agriculture est grande, plus cette pression sera grande. L'inverse est aussi vrai. L'approche proposée ne permet pas de faire ce genre de nuances.

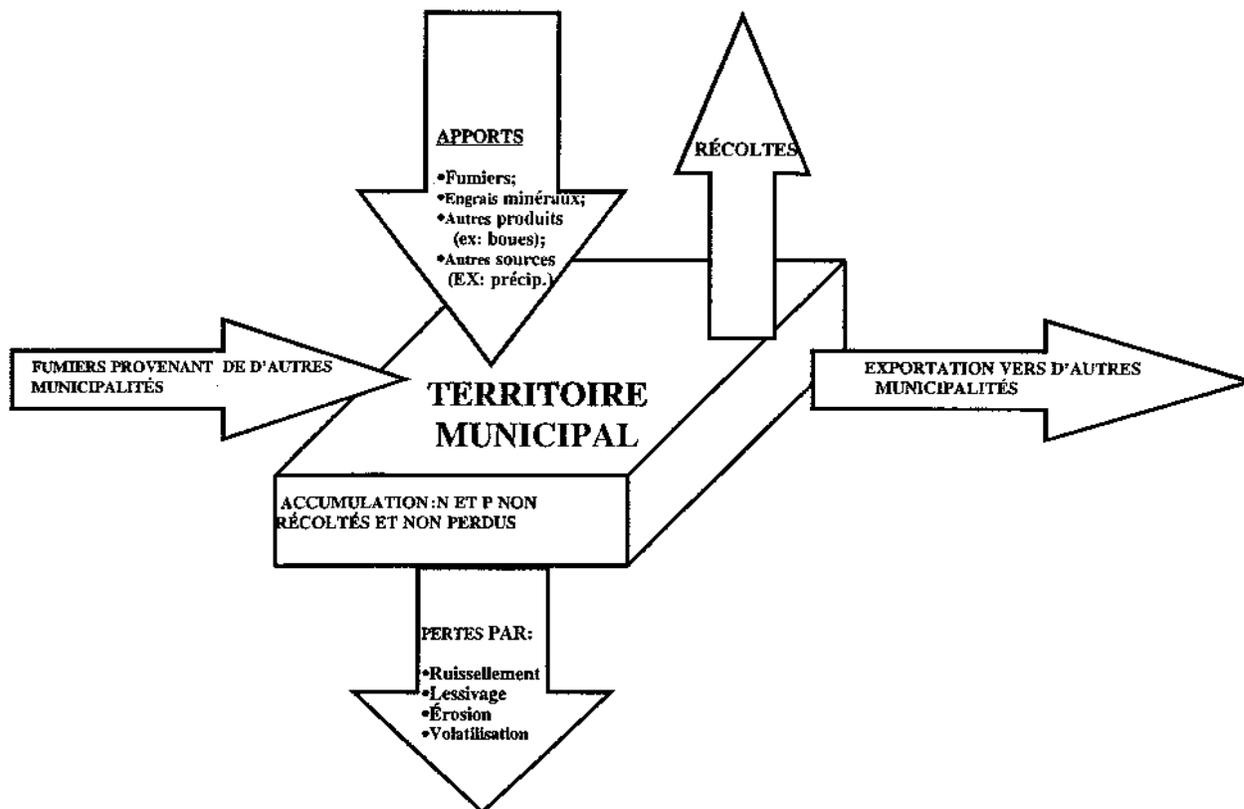
Cet outil de planification vise à orienter le développement de l'élevage vers les municipalités où il est possible de trouver des receveurs, de façon à permettre aux producteurs agricoles existants dans les municipalités en surplus de gérer adéquatement leurs fumiers sans avoir à les transporter sur de trop longues distances. En évitant d'augmenter indûment les cheptels dans les zones déjà en surplus, cela devrait faciliter la tâche pour les producteurs existants à trouver les terres d'épandage qui leur manquent.

Le comité tient aussi à souligner que les résultats issus de la méthodologie proposée ne constituent pas une mesure du niveau de la contamination des eaux de surface pour chacune des municipalités où elle a été appliquée. Comme d'autres facteurs que les apports de phosphore d'origine animale (ex. : le type de pratiques agricoles, les méthodes utilisées pour l'entretien et l'aménagement de cours d'eau, la phytoprotection, etc.) peuvent aussi avoir un impact, des problématiques de qualité d'eau de surface peuvent se rencontrer dans une municipalité non en surplus.

Le comité rappelle enfin que l'algorithme proposé n'établit pas un bilan complet. La figure 1 indique les informations qu'il faudrait colliger pour avoir un bilan complet. À partir de cette figure, on peut s'apercevoir que les éléments suivants ne sont pas pris en compte dans l'algorithme de calcul

- les éléments fertilisants autres que le phosphore ;
- les apports de phosphore provenant des engrais minéraux ;
- les apports de phosphore d'autres sources (compost, boues, etc.) ;
- les superficies cultivées inaptées à recevoir des fumiers soit pour des raisons agronomiques sur le plan technique ou pratique, soit pour des raisons environnementales (ex. : nappes d'eau souterraine vulnérables) ;
- l'accumulation du phosphore dans le sol ;
- les apports en phosphore provenant d'autres municipalités ;
- les pertes à l'environnement ;
- les exportations en phosphore vers d'autres municipalités.

Figure 1 Bilan au niveau municipal
Composantes théoriques



Le comité a analysé plus particulièrement le fait que la méthodologie proposée ne prenait pas en compte les exportations et les importations de fumier à l'échelle municipale.

Pour mieux illustrer cette situation, prenons l'exemple de trois municipalités X, Y et Z. Supposons que suite à l'application de la méthode de calcul proposée par le comité, la municipalité X présente un surplus de phosphore de 60 kg de P_2O_5 / ha-an et que les municipalités Y et Z sont chacune en déficit de 20 kg de P_2O_5 / ha-an. Supposons aussi qu'après quelques années, l'ensemble des éleveurs de la municipalité X solutionnent leur problème de surplus en l'exportant dans les municipalités Y et Z qui, en raison de ces nouveaux apports, deviennent à l'équilibre en Y et en surplus en Z.

La méthode de calcul actuelle ne permettra pas de tenir compte des changements décrits au paragraphe précédent. Dans les faits, deux municipalités seraient en situation d'équilibre (X et Y) et une en surplus (Z), mais l'équation que nous proposons nous fournirait toujours, lors d'une mise à jour, une indication à l'effet que la municipalité X est en surplus et que les deux autres sont réceptrices.

Comme le comité juge qu'il n'y a pas, sur une base fonctionnelle et pour l'ensemble du Québec, de système intégré permettant de tenir compte des importations et des exportations de fumiers entre municipalités, il a été convenu de ne pas introduire ces deux paramètres dans l'algorithme. Cependant, l'exemple précédent amène le comité à conclure que l'algorithme proposé n'est valable que pour un temps limité, puisque l'application de la nouvelle réglementation devrait faire en sorte que les fumiers seront exportés des municipalités en surplus vers celles ayant un potentiel de réception. Le comité juge, malgré cela, que l'algorithme proposé pourrait être appliqué pour une période n'excédant pas trois ans, c'est-à-dire le temps requis pour mettre au point un système qui permettra de tenir compte des importations et exportations de fumiers pour l'ensemble des municipalités du Québec.

Dans ces circonstances, le comité conclut qu'il ne faut pas introduire l'algorithme dans la réglementation, mais plutôt remplacer les listes actuelles de municipalités en surplus par une nouvelle liste établie selon l'algorithme proposé et selon les données les plus récentes des fiches d'enregistrement du MAPAQ. Lors de la publication officielle dans la réglementation de cette liste, les mesures nécessaires devront toutefois être prises pour protéger la confidentialité des résultats (ex. : lorsque seulement un producteur est déclaré dans une municipalité).

Ces limites que nous venons de décrire font ressortir qu'il n'a pas été possible d'intégrer immédiatement à la méthodologie l'ensemble des principes de base que le comité s'était donné (voir section 3.3). Ainsi, l'algorithme tel que proposé ne permet pas :

- de prendre en compte toutes les sources de N et de P ;
- de prendre en compte des apports éventuels de fumiers provenant de municipalités voisines ;
- qu'il soit inclus à la réglementation ;
- de tenir compte de l'introduction de nouvelles technologies.

Cela vient renforcer l'idée émise précédemment à l'effet que la liste des municipalités incluses à la réglementation soit mise à jour périodiquement.

Le comité veut aussi souligner une autre limite de l'approche proposée. Il s'agit des variations possibles entre les données incluses dans les fiches d'enregistrement des exploitations agricoles et la situation réelle sur le terrain. Cela est particulièrement vrai pour les municipalités où il y a peu de producteurs agricoles.

Les renseignements inclus à ces fiches proviennent d'une déclaration volontaire des producteurs agricoles. Il peut arriver par exemple que dans une municipalité, il n'y ait que deux producteurs agricoles et que ceux-ci fassent en sorte que la municipalité où ils sont situés soit déclarée en surplus à cause d'un manque de terres d'épandage. Les superficies réellement en culture dans cette même municipalité peuvent, dans les faits, être supérieures car il est possible que certains agriculteurs, donc d'éventuels récepteurs, n'aient pas inscrit au fichier les terres qu'ils possèdent et qu'ils soient en mesure d'absorber les surplus des deux agriculteurs décrits précédemment. En pareil cas, la municipalité en question serait considérée en surplus même si dans les faits, elle ne le serait pas. Par contre, les variations peuvent aller dans l'autre sens, c'est-à-dire une sous-estimation du cheptel déclaré qui conduirait à considérer une municipalité comme non en surplus alors que dans les faits, cette municipalité devrait être en surplus.

Par ailleurs, une municipalité peut voir son cheptel exagérément augmenter en raison du fait que les fiches d'enregistrement des exploitations agricoles comptabilisent les animaux d'un exploitant dans la municipalité où est situé le siège social de cet exploitant. Lorsque les animaux possédés par cet exploitant ne sont pas dans les faits tous situés dans la municipalité correspondant au siège social de l'entreprise, la méthode proposée peut injustement désigner cette municipalité comme étant en surplus. À l'inverse, la municipalité où sont réellement gardés les animaux peut injustement être déclarée comme réceptrice. Ceci peut aussi s'appliquer dans le cas des superficies en cultures.

Le comité est d'avis qu'il faudrait avoir des informations précises sur la situation réelle pour pouvoir bien juger. Il ne dispose pas de telles informations. Il suggère donc de publier la liste selon les résultats de calculs obtenus (selon le processus de prépublication réglementaire). Il est toutefois d'avis que suite à des représentations provenant du milieu (agriculteurs, municipalités, MRC, OGFAM, etc.) appuyées sur des données terrains validées, le ministre du MEF pourrait modifier cette liste de départ en ajoutant ou soustrayant une ou des municipalités. Cette décision du ministre du MEF devrait toutefois être précédée d'un avis du Comité aviseur technique sur les municipalités en surplus.

La liste pourrait ainsi être révisée périodiquement. Il sera toutefois nécessaire, à cet égard, de prévoir un mécanisme d'information adéquat afin de permettre aux groupes ou organismes visés de faire les représentations qu'elles estimeront nécessaires.

ANNEXE 2

LISTE DES MUNICIPALITÉS INCLUSES AU PROJET

Montérégie

<i>Municipalités en surplus visitées</i>		<i>Municipalités témoins visitées</i>
Ange-Gardien	Sainte-Christine	Bolton-Est
Béthanie	Saint-Edmond-de-Grantham	Bolton-Ouest
Brigham	Sainte-Hélène-de-Bagot	Cowansville
Brome	Sainte-Rosalie	East Farnham
Dunham	Saint-Eugène	Farnham
Durham-Sud	Saint-Germain-de-Grantham	Sorel
Granby	Saint-Hugues	Sutton
La Présentation	Saint-Hyacinthe-le-Confesseur	Waterloo
Mont-Saint-Grégoire	Saint-Joachim-de-Shefford	
Rainville	Saint-Jude	
Rougemont	Saint-Liboire	
Roxton	Saint-Louis	
Roxton Pond	Saint-Nazaire-d'Acton	
Saint-Alphonse	Saint-Paul-d'Abbotsford	
Saint-André-d'Acton	Saint-Pie	
Saint-Barnabé-Sud	Saint-Simon	
Saint-Césaire	Saint-Théodore-d'Acton	
Saint-Dominique	Saint-Valérien-de-Milton	
Sainte-Angèle-de-Monnoir	Shefford	
Sainte-Brigide-d'Iberville	Upton	
Sainte-Cécile-de-Milton	Warden	
	Wickham	

Lanaudière

<i>Municipalités en surplus visitées</i>	<i>Municipalités témoins visitées</i>
Crabtree	Berthierville
L'Épiphanie (P)	Joliette
Saint-Alexis	Notre-Dame-de-la-Merci
Saint-Ambroise-de-Kildare	Rawdon
Saint-Cléophas-de-Brandon	Repentigny
Sainte-Marie-Salomé	Sainte-Adèle
Saint-Esprit	Saint-Antoine-de-Lavaltrie
Saint-Félix-de-Valois	Sainte-Émélie-de-l'Énergie
Saint-Liguori	Sainte-Marcelline-de-Kildare
Saint-Lin	Saint-Zénon
Saint-Norbert	
Saint-Paul	
Saint-Pierre	
Saint-Roch-de-l'Achigan	
Saint-Roch-Ouest	

Chaudière-Appalaches

<i>Municipalités en surplus visitées</i>		<i>Municipalités témoins visitées</i>
Aubert-Gallion	Saint-Henri	Lévis
Honfleur	Saint-Honoré	Notre-Dame-des-Pins
La Durantaye	Saint-Isidore	Saint-Côme-Linière
Pintendre	Saint-Joseph-des-Érables	Sainte-Aurélie
Sacré-Coeur-de-Jésus	Saint-Jules	Sainte-Hélène-de-Breakeyville
Saint-Agapit	Saint-Lazare-de-Bellechasse	Saint-Hilaire-de-Dorset
Saint-Anselme	Saint-Michel-de-Bellechasse	Saint-Jean-de-la-Lande
Saint-Bernard	Saint-Narcisse-de-Beaurivage	Saint-Louis-de-Gonzague
Saint-Charles-de-Bellechasse	Saint-Odilon-de-Cranbourne	Saint-Nicolas
Sainte-Agathe-de-Lotbinière	Saint-Patrice-de-Beaurivage	Saint-Prosper
Sainte-Claire	Saints-Anges	Saint-Romuald
Sainte-Hénédine	Saint-Sylvestre	Saint-Théophile
Saint-Elzéar	Saint-Victor	
Sainte-Marguerite	Scott	
Sainte-Marie	Vallée-Jonction	
Saint-Éphrem-de-Beauce		
Saint-Frédéric		
Saint-Gervais		

Centre-du-Québec

<i>Municipalités en surplus visitées</i>	<i>Municipalités témoins visitées</i>
Chesterville	Ham-Nord
Kingsey	Saint-Adrien
Plessisville	Saint-Joseph-de-Ham-Sud
Princeville	
Saint-Albert	
Saint-Christophe-d'Arthabaska	
Sainte-Clotilde-de-Horton	
Sainte-Élisabeth-de-Warwick	
Sainte-Perpétue	
Sainte-Séraphine	
Sainte-Sophie-d'Halifax	
Saint-Léonard-d'Aston	
Saint-Norbert-d'Arthabaska	
Saint-Rémi-de-Tingwick	
Saint-Rosaire	
Saint-Valère	
Saint-Wenceslas	
Victoriaville	
Warwick	

Estrie

<i>Municipalités en surplus visitées</i>	<i>Municipalités témoins visitées</i>
Cleveland	Audet
Danville	Dudswell
Saint-Camille	Frontenac
Sainte-Anne-de-la-Rochelle	Lac-Mégantic
Saint-Georges-de-Windsor	Marston
Valcourt	Piopolis
Wotton	Racine
	Saint-Robert-Bellarmin
	Trois-Lacs

ANNEXE 3

COMPTE RENDU DES ACTIVITÉS DU BANC D'ESSAI

COMPILATION DES RÉSULTATS DU BANC D'ESSAI

NOMBRE DE RÉSIDENCES ÉCHANTILLONNÉES

- 68 résidences échantillonnées
- 31 la première semaine
- 37 la deuxième semaine
- 12 refus au total
- 7 résidences avec un système de traitement

Les instructions pour remplir le questionnaire devront fournir dans les plus grands détails les balises à respecter afin de recueillir de l'information de qualité uniforme sur tout le territoire.

Le temps requis pour faire la visite des résidences en milieu rural est estimé à 45 minutes. Il faut ajouter à cela le temps de déplacement, la planification de la journée, et le temps de faire les ajustements aux réponses inscrites au questionnaire en fin de journée. Compte tenu de ces exigences, il sera néanmoins possible de visiter 4 résidences par jour. Pour cela, il sera probablement nécessaire de signer des ententes précises avec les transporteurs pour que l'heure de "pick-up" soit suffisamment tardive pour permettre aux échantillonneurs de se rendre au point de rencontre sans perdre l'opportunité d'échantillonner 4 résidences.

Le banc d'essai a fait ressortir de façon claire la dualité de l'étude, d'une part la caractérisation de l'eau souterraine et d'autre part l'exposition des citoyens aux contaminants (aspect santé). Cette dualité est évidente lorsqu'un système de traitement est installé dans la résidence visitée. Il faut alors échantillonner l'eau brute (non traitée) et l'eau traitée. Ce deuxième échantillon occasionne des coûts supplémentaires difficiles à planifier. La situation est similaire lorsque de l'eau en bouteille est consommée, à l'exception que cette dernière n'est pas échantillonnée. Il faudra décider si de telles résidences doivent être échantillonnées, dans l'affirmative, comment planifier le budget supplémentaire requis.

En milieu rural, il est fréquent que plus d'une résidence s'alimentent d'un même captage. Durant le banc d'essai nous avons eu une situation où 5 résidences différentes étaient desservies par un même puits. C'est le propriétaire de captage qui connaît les caractéristiques du puits et ce sont les installations septiques les plus proches du captage qui ont le plus d'influence (probablement celles du propriétaire). Il faut alors avoir la permission de ce dernier pour obtenir cette information. Conséquemment, il faut aussi avoir sa permission pour prendre l'échantillon.

- Doit-on échantillonner seulement la résidence du propriétaire?
- Qui devra-t-on avertir en cas de dépassement de normes, le propriétaire et toutes les autres résidences branchées?
- Doit-on simplement passer à la résidence voisine?

ANNEXE 4

CALCUL DU NOMBRE TOTAL DE POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

CALCUL DU NOMBRE DE POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

Au cours de la planification des travaux de terrain, il est devenu inévitable de sélectionner un nombre supplémentaire de points d'échantillonnage pour compenser pour les résidences qui ne pourraient être échantillonnées. Les principales raisons qui avaient été anticipées étaient le refus des propriétaires, la présence d'un système de traitement à domicile et l'absence des résidents. Il avait alors été présumé qu'environ 30 % des résidences ne pourraient pas être échantillonnées. Ce pourcentage est le résultat d'une évaluation subjective des membres du comité technique puisqu'il n'existe pas de données similaires dans la littérature scientifique. Étant donné qu'au moment de la planification, lorsqu'une résidence ne pouvait pas être échantillonnée, le plus proche voisin était sollicité (section 5.10.4), il a été possible d'évaluer le pourcentage de points d'échantillonnage qui devaient être ajoutés à la série normale.

En supposant un taux de 30 % (0,3) de résidences non échantillonnables et la possibilité de visiter deux résidences par point d'échantillonnage, il était possible de calculer le pourcentage de points auxquels aucun échantillon d'eau ne serait obtenu :

$$\% \text{ sans échantillon d'eau} = 0,3 - (0,3 * 0,7) \quad (1)$$

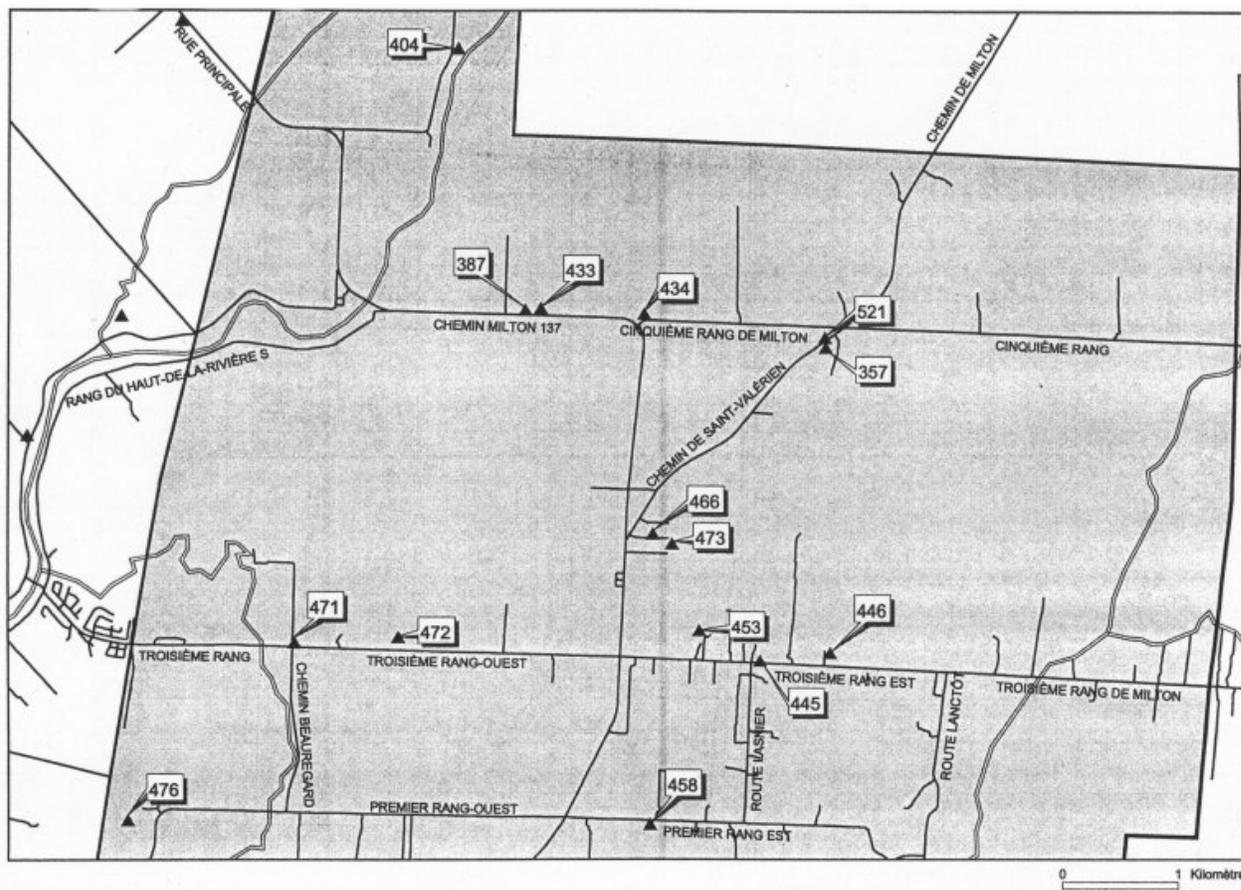
$$\% \text{ sans échantillon d'eau} = 9 \% \quad (2)$$

Le premier terme de l'équation (1) représente la probabilité de ne pas obtenir d'échantillon d'eau à la première résidence visitée et le terme entre parenthèses représente cette même probabilité pour la deuxième résidence visitée. Donc, pour chaque point d'échantillonnage, il existe 9 % de chance de ne pas obtenir d'échantillon d'eau.

ANNEXE 5

EXEMPLE DE CARTE ET DE TABLEAU DISTRIBUÉS AUX ÉCHANTILLONNEURS

Exemple de carte distribuée aux échantillonneurs



Exemple de tableau distribué aux échantillonneurs.

Nom de la municipalité				Commentaires
No	MTM-lat	MTM-long	Fuseau	
357	5041243	364430	8	
387	5041468	361751	8	
404	5043769	361061	8	
433	5041492	361889	8	
434	5041473	362811	8	
445	5038417	363957	8	
446	5038515	364578	8	
453	5038668	363405	8	
458	5036925	363039	8	
466	5039515	362964	8	
471	5038423	359812	8	
472	5038509	360733	8	
473	5039432	363137	8	
476	5036794	358383	8	
521	5041331	364425	8	

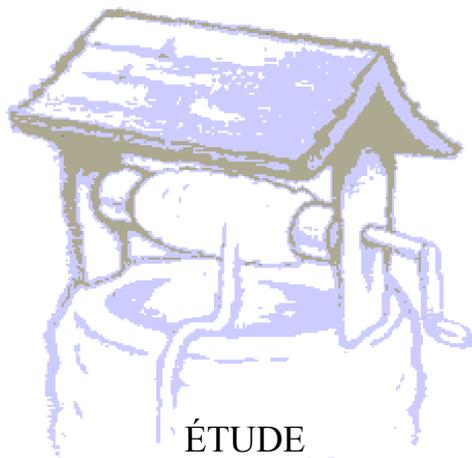
Ce tableau identifie les coordonnées des points montrés sur la carte.

ANNEXE 6

TEXTE DE L'AVIS PUBLIÉ DANS LES HEBDOS RÉGIONAUX

Le texte reproduit ici a été rédigé pour la région administrative de Chaudière-Appalaches.

Le même texte a été diffusé dans les trois autres régions impliquées,
Centre-du-Québec, Montérégie et Lanaudière.

AVIS IMPORTANT À LA POPULATION**SANTÉ, ENVIRONNEMENT ET ACTIVITÉ AGRICOLE**

ÉTUDE

*sur la qualité de l'eau potable**dans 159 municipalités du Québec*

Au Québec, la qualité de vie et la santé des Québécoises et des Québécois est au cœur des préoccupations. C'est la raison pour laquelle le ministère de l'Environnement, le ministère de la Santé et des Services sociaux, l'Institut national de santé publique du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation amorceront conjointement, dès ce printemps, une importante étude sur la qualité de l'eau potable dans quelque 159 municipalités situées dans les régions où l'on trouve les plus importants surplus de fumier. Il s'agit des bassins versants des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer, dans Chaudière-Appalaches, Bayonne et L'Assomption, dans Lanaudière, Yamaska, dans la Montérégie et l'Estrie, et Nicolet, dans le Centre-du-Québec et l'Estrie.

Cette étude sur la qualité de l'eau potable a pour but de mieux documenter les risques pour l'environnement et pour la santé potentiellement associés aux productions animales intensives. Elle fait notamment appel à la participation de la population des régions concernées, et plus particulièrement, des résidentes et résidents des maisons privées dont l'approvisionnement en eau potable est un puits individuel.

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Source de vie, l'eau du Québec doit demeurer une source de santé. Nous remercions d'avance celles et ceux qui accepteront de collaborer à cette étude, soit en répondant à des questionnaires sur leur santé, sur leurs installations septiques, sur leur approvisionnement en eau potable et en ouvrant leur porte afin que l'on puisse prélever à leur domicile des échantillons d'eau potable.

L'eau du Québec

**Source**
de fierté

Le personnel du ministère de l'Environnement de votre région se fera un plaisir de répondre à vos questions.

Région Chaudière-Appalaches (418) 386-8000

ANNEXE 7

MODÈLE DU REGISTRE DU SUIVI DES VISITES

Synthèse des travaux de la campagne d'échantillonnage

Nom de l'échantillonneur _____ Date _____

	No Échant. Et Nom	Téléphone	1ère maison	2ième maison	3ième maison	4ième maison	Suivi Santé	Résultats	Suivi au propriétaire
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:
	No Échant: Nom:		Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	Échantillonné: Absent: Refus: Syst.Traitement: Locataire: Réseau:	QS Responsable: QS >=14 ans: QS<=13 ans: Nbre journaux: Nbre enveloppe:	E. Coli: Virus: Entérocoques: Nitrates:	Téléphone: Lettre: Aucun:

ANNEXE 8

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



Mai 2002

Formulaire de consentement

QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS SEPT BASSINS VERSANTS EN SURPLUS DE FUMIER ET IMPACTS POTENTIELS SUR LA SANTÉ

Patrick Levallois, md (chercheur principal), Unité de recherche en santé publique du Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ) ; Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ; le ministère de l'Environnement (MENV) ; collaborateurs : Suzanne Gingras (CHUQ), Madeleine Caron (CHUQ), Denise Phaneuf (INSPQ), Pierre Payment (Institut Armand Frappier), Louis Jacques (Direction de santé publique, Montérégie), Benoît Gingras (Direction de santé publique, Chaudière-Appalaches), Suzanne Fortin (Direction de santé publique, Lanaudière), Josée Chartrand (Direction de santé publique, Centre du Québec).

INTRODUCTION

L'étude à laquelle je suis invité(e) à participer a pour objectifs de mieux documenter les risques environnementaux et sanitaires associés aux bassins versants possédant d'importants surplus de fumier. Une évaluation des risques à la santé générés par la consommation d'eau potable provenant de puits privés est ainsi réalisée. Cette étude est menée conjointement par l'Unité de recherche en santé publique du CHUQ, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), le ministère de la Santé et des services sociaux (MSSS), le ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation (MAPAQ) ainsi que par le ministère de l'Environnement du Québec (MENV).

PROCÉDURES

Un agent accrédité par le MENV (ou, dans la MRC Montcalm, un agent du MAPAQ qui, agira pour le MENV et transmettra à ce dernier les documents et les résultats d'analyse), échantillonnera l'eau de mon robinet et sollicitera ma participation pour remplir un questionnaire relatif à mon puits. Un second questionnaire et un journal portant sur ma santé me seront également remis. En tant que personne responsable, je m'assurerai que les questionnaires, d'une durée moyenne de 10 à 15 minutes, ainsi que les journaux soient dûment complétés par tous les membres de la famille et je les retournerai par la poste dans les enveloppes pré-affranchies. Un professionnel de l'Unité de recherche en santé publique du CHUQ me téléphonera pour m'aider si nécessaire à les remplir et répondre à toute autre question que je me poserais. À cette fin, le MENV fournira à l'Unité de recherche en santé publique du CHUQ mon nom et mon numéro de téléphone.

RISQUES ET BÉNÉFICES

Je ne m'expose à aucun risque en participant à cette étude. Par contre, certains bénéfices y sont associés. Une analyse gratuite de mon eau potable concernant la présence de nitrates et de nitrites et d'indicateurs de contamination microbienne (*E. coli*, entérocoques et coliphages) sera effectuée et les résultats me seront adressés personnellement ainsi qu'à l'Unité de recherche en santé publique du CHUQ et à l'INSPQ. En cas de dépassement des normes de qualité de mon eau, des informations détaillant les actions correctrices à entreprendre me seront fournies. De plus, je pourrai recevoir le compte-rendu de cette recherche sur simple demande en m'adressant au bureau des Communications du ministère de l'Environnement dès juin 2003.

CONFIDENTIALITÉ

Tous les renseignements recueillis durant cette étude seront traités par les seules personnes participant aux travaux liés à cette étude de façon confidentielle. Je ne serai identifié(e) que par un numéro lors de la phase d'analyse statistique. Tous les renseignements personnels qui me concernent seront détruits dès la fin de l'étude et tous les rapports découlant de cette recherche seront toujours traités de façon anonyme. Toute demande d'accès à ces renseignements sera traitée conformément à la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels.

CONSENTEMENT

Je reconnais que cette étude m'a été bien expliquée et que j'ai reçu des réponses satisfaisantes à toutes mes questions. Si je désire plus de renseignements relatifs à l'aspect santé de cette étude, je peux joindre en tout temps le Dr Patrick Levallois (responsable de l'aspect santé de l'étude) à l'Unité de recherche en santé publique du CHUQ au (418) 666-7000 poste 210. Pour toute question concernant l'étude sur la qualité de l'eau des puits, je pourrai appeler en tout temps au ministère de l'Environnement de ma région les personnes suivantes au numéro :

Chaudière-Appalaches	Stevens Perron	(418) 386-8000 poste 252
Centre-du Québec	Veronic Bisson	(819) 752-4530 poste 232
Lanaudière	Claude Magny	(450) 752-6860 poste 22
Montérégie	Richard Smith	(450) 534-5424 poste 259
Estrie	Jean Campagna	(819) 820-3882 poste 270

Si j'ai des questions à poser concernant mes droits en tant que sujet de recherche, je peux m'adresser au Directeur des services professionnels du CHUQ, au (418) 691-5521.

En signant le présent document, je me porte volontaire pour participer à cette étude et je reconnais avoir reçu copie du présent formulaire. Je sais que je peux me retirer de l'étude à n'importe quel moment et ce, sans aucun préjudice.

Nom du (de la) participant(e) en lettres moulées _____

Signature du (de la) participant(e) _____ Date _____

Signature du l'agent accrédité _____ Date _____

Nom des enfants âgés de moins de 14 ans pour lesquels un responsable adulte répondra :

ANNEXE 9

TEXTE DU DÉPLIANT DISTRIBUÉ AUX PROPRIÉTAIRES

*Santé, environnement et activité agricole :***ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE
DANS 159 MUNICIPALITÉS****MESSAGE DU MINISTRE**

« La qualité de vie et la santé des Québécoises et des Québécois est au cœur de mes préoccupations. C'est la raison pour laquelle j'ai annoncé en mars dernier le début d'une importante étude sur la qualité de l'eau potable qui se déroulera dès ce printemps, et ce, jusqu'à l'automne 2002, dans quelque 159 municipalités situées dans les régions où l'on trouve les plus importants surplus de fumier. Il s'agit des bassins versants des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer, dans Chaudière-Appalaches, Bayonne et L'Assomption, dans Lanaudière, Yamaska, dans le Centre-du-Québec et la Montérégie, et Nicolet, dans la Montérégie, le Centre-du-Québec et l'Estrie.

Cette étude sur la qualité de l'eau potable a pour but de mieux documenter les risques pour l'environnement et pour la santé potentiellement associés aux productions animales intensives. Elle fait notamment appel à la collaboration de la population des régions concernées, et plus particulièrement, des résidentes et résidents des maisons privées dont l'approvisionnement en eau potable est un puits individuel.

Je remercie d'avance celles et ceux qui accepteront de collaborer à cette étude, soit en répondant à des questionnaires sur leur santé, sur leurs installations septiques, sur leur approvisionnement en eau potable et en ouvrant leurs portes afin que l'on puisse prélever à leur domicile des échantillons d'eau potable.

S'il advenait que des problèmes étaient décelés, les propriétaires des résidences visitées en seront immédiatement informés afin qu'ils puissent apporter les correctifs appropriés aux problèmes identifiés lors de l'analyse des échantillons ainsi prélevés à leur domicile. En plus du contenu de l'étude, le présent dépliant les informe des mesures qu'ils devront prendre pour corriger la situation si l'eau de leur puits est contaminée.

Source de vie, l'eau du Québec doit demeurer source de confiance et de fierté! Encore une fois, je remercie de leur collaboration les citoyennes et citoyens des régions concernées ainsi que les organismes gouvernementaux qui sont associés à la réalisation de cette importante étude sur la qualité de l'eau potable dans les régions en surplus de fumier.»

ANDRÉ BOISCLAIR

Ministre d'État aux Affaires municipales et à la Métropole,
à l'Environnement et à l'Eau

LES GRANDES ÉTAPES DE L'ÉTUDE

Cette étude sur la qualité de l'eau potable dans les régions en surplus de fumier est réalisée conjointement par le ministère de l'Environnement, le ministère de la Santé et des Services sociaux, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et l'Institut national de santé publique du Québec. Les paramètres visés sont les nitrates-nitrites, les bactéries *Escherichia Coli* (*E. coli*) et entérocoques ainsi que les virus de type coliphage.

VOLET ENVIRONNEMENT

Le premier volet de cette étude consiste en l'échantillonnage et l'analyse de l'eau potable. Pour ce faire, le personnel du ministère de l'Environnement visitera, au cours du mois de mai 2002, quelque 1 500 résidences sélectionnées aléatoirement, afin d'y prélever des échantillons d'eau du robinet. Quelque 1 200 d'entre elles sont situées en zone où l'activité de production animale est fortement présente, et 300 là où cette activité est faible, sinon absente.

Afin que l'on puisse disposer de données comparatives, le personnel du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, pour sa part, procédera durant la même période et en utilisant la même stratégie d'échantillonnage, à la cueillette d'échantillons d'eau potable dans une région où la nature du sol est mieux connue. Il s'agit de la municipalité régionale de comté de Montcalm, dans la région de Lanaudière. Ainsi, 900 résidences seront visitées en zone de forte activité de production animale, et 100 dans les secteurs où cette activité est faible ou absente. Certains de ces puits feront l'objet d'un suivi afin de détecter les variations de la qualité de l'eau sur une plus longue période de temps. À cet égard, environ 200 résidences seront visitées une fois par mois durant six mois, soit de juin à novembre 2002.

En plus des puits individuels, on procédera à la cueillette d'échantillons provenant des réseaux de distribution d'eau potable dans les régions en surplus de fumier et, à des fins de comparaison, dans des zones où les activités de production animale sont faibles. Ces échantillons seront prélevés par les opérateurs des municipalités à la fin de l'été 2002.

VOLET SANTÉ

Le second volet de l'étude porte sur la santé. Ainsi, deux enquêtes téléphoniques concernant en particulier la consommation d'eau, commandées par l'Institut national de la santé publique du Québec, seront complétées. Une première enquête vise à joindre les mères d'environ 1000 nourrissons de moins de 3 mois. Depuis mars 2002, l'Unité de recherche en santé publique effectue cette enquête qui se terminera vers la fin de juin 2002. Une seconde enquête a été réalisée auprès de 9 000 adultes par une firme de sondage au mois d'avril dernier.

De plus, le volet santé inclut un questionnaire et un journal santé portant sur les antécédents médicaux, les symptômes de maladies entériques et la consommation d'eau. Le questionnaire et le journal santé, qui seront remis aux personnes visitées par le personnel du ministère de l'Environnement et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, permettront d'évaluer le lien entre la qualité de l'eau souterraine à la maison et l'apparition de gastro-entérites chez les membres d'une même famille. Des analyses des risques associés à la contamination de l'eau par les nitrates et les trihalométhanes seront également réalisées pour estimer si les personnes vivant en milieu où l'activité agricole est intense présentent un risque supplémentaire de développer certaines maladies transmissibles par l'eau. De plus, le registre des hospitalisations (Med-Écho) et celui des maladies à déclaration obligatoire (MADO) seront utilisés pour déterminer si les maladies entériques transmissibles par l'eau potable sont plus fréquentes chez les résidents des territoires en surplus de fumier en comparaison aux résidents des municipalités sans surplus de fumier.

Les résultats de cette étude, intitulée « Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé » seront disponibles et rendus publics en mai 2003.

« Que faire si l'eau de mon puits est contaminée ? »

Le présent dépliant fournit des informations sur la bactérie *E. coli* et sur les nitrates-nitrites ainsi que sur les mesures que vous devriez prendre pour corriger la situation, afin d'éliminer toute contamination à la bactérie *E. coli* ou un taux trop élevé de nitrates et nitrites.

Vous trouverez également des renseignements sur les bactéries entérocoques et les virus de type coliphage, et sur la manière de désinfecter votre puits si leur présence est détectée dans votre eau potable.

Présence de la bactérie *E. coli* dans l'eau potable

Cette bactérie fait partie du groupe des coliformes, et elle est la seule espèce qui soit strictement d'origine fécale. Elle est présente naturellement en grande quantité dans la flore intestinale des humains et des animaux. La contamination de l'eau par la bactérie *E. coli* signifie qu'elle peut contenir des microorganismes dont l'ingestion représente un risque pour la santé humaine (microorganismes pathogènes). La gastro-entérite est la maladie la plus fréquemment associée à l'ingestion d'une eau contaminée par des matières fécales. L'eau potable doit être exempte de toute trace de la bactérie *E. coli*. La présence de cette bactérie dans votre puits nécessiterait des actions immédiates, dont celle de faire bouillir l'eau une minute avant de la consommer.

Voici les étapes à suivre.

Étape 1

Faire bouillir l'eau

Avant tout, l'eau contaminée par la bactérie *E. coli* ne doit pas être consommée, à moins d'avoir été bouillie pendant au moins une minute. Il faut également s'abstenir de préparer des glaçons, de laver les aliments, de se brosser les dents ou de donner le bain à un bébé avec cette eau. **Cependant, même si l'analyse de *E. coli* est négative, l'eau utilisée pour la préparation des biberons doit toujours être bouillie.**

Étape 2

Corriger l'aménagement du puits et procéder à sa désinfection.

La présence de *E. coli* dans l'eau de votre puits peut être liée à l'infiltration directe d'eau de surface. Un puits bien aménagé répond aux conditions suivantes :

- 1- Il doit être muni d'un couvert étanche.
- 2- Le sommet du tubage doit être à au moins 30 centimètres au-dessus de la surface du sol.
- 3- Le tubage doit être entouré d'un monticule de terre, et la pente du sol autour du puits doit être orientée de manière à ce que l'eau de ruissellement ne puisse pas s'infiltrer le long du tubage.
- 4- Les matériaux de construction doivent être en métal ou en béton avec joint étanche pour empêcher les infiltrations. Un puits avec des parois en bois ou en pierres cordées devrait être abandonné et remplacé par un puits tubulaire foré.
- 5- L'accès aux environs du puits doit être limité (empêcher l'accès aux animaux sauvages ou domestiques).

Désinfecter le puits

Nettoyer le puits, si possible, à l'aide d'une puisette afin d'enlever les corps étrangers, les dépôts, les matières animales ou végétales, etc. Verser de l'eau de Javel (5%) dans le puits, selon les quantités mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Il est à noter qu'un puits de surface est généralement constitué de tuyaux en béton superposés dont le diamètre est le plus souvent supérieur à 60 centimètres (2 pieds), et sa profondeur excède rarement neuf mètres (28 pieds). Un puits tubulaire est un puits foré (puits artésien) lorsque la nappe d'eau souterraine est profonde ou lorsque la surface est rocheuse. Il est constitué d'un tuyau d'acier dont le diamètre est généralement de 15 centimètres (6 pouces) ou de 20 centimètres (8 pouces). La profondeur du puits est généralement supérieure à dix mètres (30 pieds).

Type de puits	Diamètre		Volume d'eau de Javel (5%) requis	
	cm	pouces	Système métrique (millilitres / mètre de profondeur)	Système anglais (once / pied de profondeur)
Tubulaire (artésien)	15	6	20 ml / mètre	1/5 once / pied
Tubulaire (artésien)	20	8	30 ml / mètre	3/10 once / pied
Surface (creusé)	60	24	300 ml / mètre	3 onces / pied
Surface (creusé)	90	36	625 ml / mètre	7½ onces / pied
Surface (creusé)	120	48	1200 ml / mètre	12½ onces / pied

Pour connaître la quantité totale d'eau de Javel nécessaire pour désinfecter votre puits, choisissez la ligne du tableau qui correspond à votre installation et multiplier le chiffre de la colonne « Volume d'eau de Javel requis » par la profondeur du puits en mètres ou en pieds, afin de connaître le volume total d'eau de Javel à ajouter.

Ex. : Quel serait le volume d'eau de Javel nécessaire à la désinfection d'un puits tubulaire de 15 cm (6 pouces) de diamètre ayant 20 mètres (65 pieds) de profondeur ?

Réponse : 20 mètres x 20 millilitres / mètre = 400 ml d'eau de Javel à ajouter.

OU

65 pieds x 1/5 once / pieds = 13 onces d'eau de Javel à ajouter.

Mélanger l'eau de Javel avec l'eau du puits et, si possible, laver et brosser la paroi.

Attendre une heure.

Démarrer la pompe et ouvrir tous les robinets. Lorsque l'odeur du chlore est perceptible, arrêter la pompe et fermer les robinets. Faire partir les toilettes.

Attendre 12 à 24 heures avant de faire circuler l'eau dans les tuyaux, pour laisser au chlore le temps de les désinfecter.

Effectuer par la suite une purge prolongée en laissant couler l'eau (vider le puits si possible).

Étape 3

Effectuer une nouvelle analyse

Il importe de procéder à de nouvelles analyses de l'eau pour la bactérie *E. coli* une semaine suivant la désinfection, et aussi quatre semaines plus tard, afin de savoir si votre eau répond aux normes de qualité. Par mesure de prévention, un puits qui a déjà été contaminé devrait faire l'objet d'un suivi serré de la qualité de l'eau. Celle-ci devrait être analysée pour la bactérie *E. coli* et les bactéries entérocoques à tous les changements de saison, c'est-à-dire quatre fois par an. Il est aussi important de faire ces analyses après une pluie abondante ou lorsque survient un changement dans la qualité de votre eau ou dans l'environnement de votre puits.

Étape 4

Identifier la source de contamination

S'il y a encore un problème de contamination fécale, il est important d'en faire identifier la source. Votre installation septique ou celles environnantes ou des activités agricoles pourraient être à l'origine de cette contamination. Vous devez communiquer avec votre municipalité pour qu'elle évalue la conformité environnementale de vos installations.

Étape 5

Aménager un nouveau puits ou installer un système de traitement

Dans certains cas, il faudra éventuellement envisager l'aménagement d'un nouveau puits ou l'installation d'un système permanent de traitement de l'eau.

L'aménagement d'un puits foré profond devrait être privilégié au lieu de celui d'un puits de surface. Idéalement, il devrait être placé dans une zone où il y a peu d'activités humaines. Pour l'aménagement d'un nouveau puits, vous pouvez contacter une entreprise spécialisée. On retrouve la liste de ces entreprises dans les Pages Jaunes du répertoire téléphonique, à la rubrique *Puits*.

L'installation d'un système de traitement (par distillation, par ultraviolet, par osmose inverse ou l'équivalent) peut s'avérer nécessaire. Les produits certifiés par le *National Sanitation Foundation* (NSF) sont reconnus comme respectant les critères de qualité. Pour l'installation d'un système de traitement, vous pouvez contacter une entreprise spécialisée en traitement de l'eau. On retrouve la liste de ces entreprises dans les Pages Jaunes du répertoire téléphonique, à la rubrique *Traitement de l'eau*.

Il est fortement recommandé que de tels systèmes de traitement soient installés, exploités et entretenus selon les recommandations du fabricant. De plus, des analyses pour la bactérie *E. coli* de l'eau traitée, devraient être réalisées sur une base régulière.

Présence de bactéries entérocoques dans l'eau potable

Les entérocoques font partie d'un groupe de bactéries naturellement présentes en grande quantité dans la flore intestinale des humains et des animaux. Même si quelques espèces peuvent se retrouver dans l'environnement, on considère que la détection d'entérocoques dans l'eau souterraine est révélatrice d'une eau ayant été contaminée par des matières fécales et qui peut donc présenter un risque pour la santé. Les bactéries entérocoques sont plus résistantes dans l'environnement que la bactérie *E. coli*; leur présence

peut donc indiquer une contamination fécale plus ancienne. Leur détection doit entraîner les mêmes actions que la détection de *E. coli* (voir la section précédente).

Présence de virus de type coliphage dans l'eau potable

Les virus de type coliphage sont des virus qui infectent seulement les bactéries. Ils ne s'attaquent pas à l'être humain ni aux animaux. Les coliphages sont considérés comme des indicateurs de pollution d'origine fécale, un peu comme les coliformes fécaux ou la *E. coli*, et ils sont utilisés comme complément à ces derniers. La présence de ces virus est cependant moins inquiétante. Il n'est donc pas nécessaire de faire bouillir l'eau avant de la consommer. Par contre, un traitement choc de désinfection est recommandé.

La petite taille des virus de type coliphage leur permet de migrer plus facilement et sur de plus grandes distances dans l'eau souterraine que les bactéries. La présence de coliphages dans l'eau de consommation provenant d'un puits pourrait indiquer que cette eau a été contaminée par des matières fécales humaines ou animales. Cela pourrait être causé par la proximité de fosses septiques, par la présence de fumier ou autre pollution fécale dans le voisinage du puits. Les puits sont plus susceptibles d'être affectés lorsqu'ils ne sont pas assez profonds ou, dans le cas des puits profonds, lorsque l'eau de surface s'infiltré.

Les virus coliphages sont plus persistants dans l'environnement que la bactérie *E. coli*. Pour s'en débarrasser, le propriétaire du puits devrait suivre la même procédure que celle mentionnée ci-dessus pour la *E. coli*, afin d'identifier et d'enrayer la source de contamination fécale. Il est surtout important de s'assurer que la contamination ne provient pas d'une installation septique, car les virus d'origine humaine sont ceux qui présentent le plus de risque pour la santé.

Des analyses régulières (quatre fois par an) de la qualité l'eau pour la bactérie *E. coli* et entérocoque devraient être effectuées par le propriétaire. Si la contamination persiste ou que les sources de contamination fécale identifiées n'ont pas fait l'objet de correctifs appropriés, il est recommandé d'aménager un nouveau puits ou d'installer un système de traitement (voir étape 5 décrite ci-dessus).

Présence de nitrates-nitrites dans l'eau potable

Les principales sources de nitrates-nitrites dans l'eau potable sont les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets domestiques et la décomposition d'organismes végétaux et animaux. Les nitrates sont entraînés par les eaux de surface vers les nappes d'eau souterraine par l'infiltration de la pluie ou la fonte des neiges. Les infiltrations sont donc plus importantes au printemps et à l'automne.

La concentration maximale acceptable de nitrates-nitrites que l'on peut retrouver dans l'eau potable est de 10 mg/L. Cette norme est précisée dans le *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. **En dessous de cette norme de 10 mg/L, l'eau de votre puits, préalablement bouillie, peut être utilisée pour reconstituer les préparations de lait maternisé.** La consommation d'une eau présentant une concentration de nitrates-nitrites supérieure à 10 mg/L peut avoir des effets nocifs sur la santé humaine. Cela peut causer la méthémoglobinémie, une maladie qui affecte la capacité du sang à transporter l'oxygène. Les bébés de moins de six mois représentent le groupe le plus à risque et **ne doivent pas consommer une telle eau**. Par mesure de prudence, les femmes enceintes devraient également s'abstenir de consommer une telle eau. De même, il n'est pas recommandé pour la population en général de consommer régulièrement et pendant une longue période de l'eau dépassant cette concentration. La présence de nitrates-nitrites en concentration supérieure à 5 mg/L justifie un suivi régulier, soit au moins deux analyses par année.

Si la quantité de nitrates-nitrites est supérieure à 10 mg/L dans l'eau de votre puits, voici les mesures à prendre.

Étapes à suivre

Étape 1

Ne pas consommer l'eau

Il est recommandé de ne jamais utiliser l'eau contaminée pour la préparation des biberons dans le cas des nourrissons et, par mesure de prudence, les femmes enceintes devraient s'abstenir de consommer une telle eau. Pour ce qui est des enfants plus âgés et des adultes, il est recommandé d'éviter de consommer cette eau régulièrement et pendant de longues périodes. Il est à noter que le fait de faire bouillir l'eau n'élimine pas ce type de contamination.

Étape 2

Identifier la source de contamination

L'utilisation d'engrais chimiques ou l'épandage intensif de fumier dans les environs du puits de même que votre installation septique ou celles environnantes peuvent constituer des sources de contamination. Il est important de faire identifier la source de contamination et de procéder aux travaux requis pour corriger la situation. À cet effet, vous devez communiquer avec votre municipalité pour qu'elle évalue la conformité environnementale des installations septiques situées à proximité de votre puits.

Étape 3

Aménager un nouveau puits ou installer un système de traitement

Il importe de faire de nouvelles analyses de l'eau pour les nitrates-nitrites lors de chaque changement de saison, afin de déterminer si la contamination persiste au-delà de la norme de 10 mg/L. Si tel est le cas, il faudra éventuellement envisager l'aménagement d'un nouveau puits ou l'installation d'un système permanent de traitement de l'eau.

L'aménagement d'un puits foré en profondeur devrait être préféré à celui d'un puits de surface. Idéalement, il devrait être placé dans une zone où il y a peu d'activités humaines et agricoles. Pour l'aménagement d'un nouveau puits, vous pouvez contacter une entreprise spécialisée. On retrouve la liste de ces entreprises dans les Pages Jaunes du répertoire téléphonique, à la rubrique *Puits*.

L'installation d'un système de traitement permanent de l'eau du robinet (osmose inverse, distillation ou l'équivalent) peut s'avérer nécessaire. Les produits certifiés NSF sont reconnus comme respectant les critères de qualité. Pour l'installation d'un tel système, vous pouvez contacter une entreprise spécialisée en traitement de l'eau. On retrouve la liste de ces entreprises dans les Pages Jaunes du répertoire téléphonique, à la rubrique *Traitement de l'eau*.

Il est fortement recommandé que de tels systèmes de traitement soient installés, exploités et entretenus selon les recommandations du fabricant. De plus, des analyses de nitrates-nitrites de l'eau traitée devraient être réalisées sur une base régulière.

Pour plus d'information

Dans le contexte de cette étude sur la qualité de l'eau potable dans 159 municipalités, une représentante ou un représentant des ministères concernés communiquera avec vous afin de vous informer de la situation si les analyses effectuées par les laboratoires du ministère de l'Environnement et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation révélaient que l'eau de votre puits est contaminée par la bactérie *E. coli*, les bactéries entérocoques, les virus de type coliphage ou les nitrates-nitrites.

Pour obtenir de l'information supplémentaire concernant votre eau potable, vous pouvez communiquer avec votre direction régionale du ministère de l'Environnement au numéro suivant :

Région	Téléphone
Chaudière-Appalaches	(418) 386-8000
Centre-du-Québec	(819) 293-4122
Estrie	(819) 820-3882
Lanaudière	(450) 654-4355
Montérégie	(450) 928-7607

Les questions portant sur le volet santé de l'étude pourront être adressées à la direction de santé publique de votre région dont le numéro apparaît dans le tableau suivant :

Région	Téléphone
Beauceville	(418) 774-9806
Centre-du-Québec	(819) 693-3916
Estrie	(819) 820-3882
Lanaudière	(450) 654-4355/759-1157
Montmagny	(418) 248-6122
Montérégie	(450) 928-6777 poste 4051 ou 1-877-352-5222

Rappelons que le propriétaire d'un puits individuel est responsable de la qualité de l'eau que celui-ci offre à la consommation. Il est recommandé d'en faire analyser l'eau régulièrement, soit au début du printemps et à l'automne ou après une forte pluie, et également si un changement de couleur, de limpidité, d'odeur ou de goût survient, ou encore lorsque des travaux ou des activités sont effectués à proximité. C'est le meilleur moyen de vous assurer que vous consommez une eau potable de qualité.

« L'eau du Québec : source de fierté ».

ANNEXE 10

FORMULAIRE DE DEMANDE D'ANALYSES

ANNEXE 11

EXEMPLE DE QUESTIONNAIRE UTILISÉ LORS DE LA PRISE D'ÉCHANTILLON

Numéro d'échantillon _____

ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DES PUIES PRIVÉS

Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé

IDENTIFICATION DES RÉSIDENTS

1. Adresse du lieu de prélèvement

Nom: _____

Adresse: _____

Municipalité: _____

Code postal: _____

Téléphone: _____

2. Adresse du propriétaire

Même adresse que la résidence

Nom: _____

Adresse: _____

Municipalité: _____

Code postal: _____

Téléphone: _____

3. Date de la prise d'échantillon _____

4. Heure de la prise d'échantillon _____

INFORMATIONS SUR LE POINT DE CAPTAGE DE L'EAU POTABLE

5. Informations sur le traitement de l'eau

Quel(s) type(s) de système(s) de traitement de l'eau utilisez-vous?

Aucun

Non fonctionnel

Désinfection

Chloration Modèle _____

Ultraviolet Modèle _____

Autre(s) :

Adoucisseur Modèle _____

Élimination du fer Modèle _____

Charbon activé Modèle _____

Osmose inverse Modèle _____

Distillateur Modèle _____

Filtre au sable Modèle _____

Autre(s) :

❖ Date et nature du dernier entretien

6. Emplacement du robinet utilisé

Cuisine Salle de bain Robinet extérieur À la pompe ou au réservoir

Sous-sol Autre(s) _____

ACTIVITÉS AGRICOLES

IL FAUT S'ASSURER QUE LA PERSONNE INTERROGÉE EST PROPRIÉTAIRE DU TERRAIN QUI FAIT L'OBJET DES QUESTIONS

14. Y a-t-il des activités agricoles autour du point de captage (surtout en amont et jusqu'à environ 500 m)?

Si oui :

- Champs en culture (Voir aussi question 15)
- Élevage (Voir aussi question 18)
- Pâturage (Voir aussi question 20)

Si non :

- Boisé Friche

**15. Si culture (au cours des trois dernières années), de quel type s'agit-il?
(Cette question ne peut être posée que si la personne interrogée est propriétaire du terrain en question.)**

- Maïs
- Pommes de terre
- Maraîchers
- Céréales
- Prairies
- Autre(s) :

16. Y a-t-il utilisation de produits de fertilisation autour du point de captage?

(TOUJOURS EN TENANT COMPTE QUE LA QUESTION PEUT ÊTRE POSÉE SEULEMENT SI LA PERSONNE INTERROGÉE EST PROPRIÉTAIRE DU TERRAIN.)

Si oui :

- Engrais chimiques Fumier Compost
- À quelle distance de l'ouvrage de captage? Moins de 30 m (0 - 100') 30 m et plus (>100')
- Aucun

17. Quelle est la distance entre les champs en culture et le point de captage?

- Moins de 30 m (0 - 100') Entre 100 et 500 m (300 - 1500')
- Entre 30 et 100 m (100 - 300') Plus de 500 m (>1500')

18. Si élevage, de quel type s'agit-il?

- Bœufs de boucherie
- Porcs
- Vaches laitières
- Volailles
- Autre(s) :

DONNÉES RECUEILLIES À L'EXTÉRIEUR

19. Y a-t-il présence d'une cour d'exercice du bétail?

- Non
- Oui

Si oui :

À quelle distance du point de captage?

- Moins de 30 m (0 - 100')
- 30 m et plus (>100')
- Ne sait pas

20. S'il y a pâturage, quelle est sa distance du point de captage?

- Moins de 30 m (0 - 100')
- 30 m et plus (>100')

21. Y a-t-il des sites d'entreposage de fumier (surtout situés en amont de l'ouvrage de captage)?

- Non
- Oui

Si oui :

De quel type d'entreposage s'agit-il?

- Amas
- Fosse
- Plate-forme
- Réservoir en sol
- Amas au champ de fumier solide
- Autre(s) (ou commentaire)

De quel type de gestion s'agit-il?

- Fumier solide
- Fumier liquide

22. Les sites d'entreposage sont-ils situés en amont (« plus haut »), en aval ou au même niveau que le point de captage?

- Amont Aval Au même niveau

Coordonnées du site d'entreposage (Ne traversez pas chez le voisin pour les prendre : estimez plutôt la distance).

MTM (NAD 83) X _____ MTM (NAD 83) Y _____

Zone _____

Distance estimée (le cas échéant) _____

Ouvrage de captage

23. Diamètre ou dimension du captage (si possible, mesurez et notez)

- 10 cm (4") 15 cm (6") 25 cm (10") Plus de 1 m (>3')

❖ Dimension Longueur _____ Largeur _____

❖ Matériaux Métal Bois Béton Pierres cordées

Note : _____

24. Longueur « hors terre » de la tête de puits?

- Enterrée (profondeur) _____ Au ras du sol
- Entre 0 et 15 cm (0 - 6") Entre 15 et 30 cm (6" - 12") Plus de 30 cm (>12")

25. Coordonnées de l'ouvrage de captage

MTM (NAD 83) X _____ MTM (NAD 83) Y _____

Zone _____

26. Quelle est la distance entre le puits et le fossé de la route?

- Entre 0 et 3 m (0 - 10') Entre 3 m et 10 m (10' - 30') Plus de 10 m (>30')

Installation septique

27. Les installations septiques sont-elles situées en amont , en aval ou au même niveau que votre puits d'alimentation en eau?

- Amont Aval Au même niveau

28. Quelle est la position du point d'infiltration le plus proche du captage?

MTM (NAD 83) X _____ MTM (NAD83) Y _____

Zone _____



L'Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé comprend neuf rapports et un sommaire.

Sommaire

- 1. Méthodologie**
- 2. Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants**
- 3. Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm**
- 4. Caractérisation des sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier**
- 5. Étude de la consommation d'eau dans la population adulte**
- 6. Étude de la consommation d'eau chez les nourrissons**
- 7. Étude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique**
- 8. Incidence des maladies entériques potentiellement transmissibles par l'eau : Analyse des hospitalisations et des cas déclarés aux directions de santé publique 1995-1999**
- 9. Évaluation du risque à la santé pour la population exposée aux nitrates présents dans l'eau potable**

