

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

RAPPORT SYNTHÈSE PRÉLIMINAIRE
SUR LA CARACTÉRISATION DE L'EAU SOUTERRAINE SOUMIS AU BAPE
(BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT)
DANS LE CADRE DE LA
COMMISSION SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE LA
PRODUCTION PORCINE AU QUÉBEC

Juin 2003

AVIS AU LECTEUR

L'étude de caractérisation des sept bassins versants regroupe les volets santé et environnement en une seule étude. Pour le bénéfice de la commission du BAPE sur « Le développement durable de la production porcine au Québec », le présent rapport aborde seulement les résultats de la qualité de l'eau souterraine. Sont absentes du présent rapport, bien qu'elles feront partie intégrante du rapport final, les études sur les habitudes de consommation des adultes et des jeunes enfants, l'étude d'incidence de gastro-entérites, l'étude sur les risques chimiques liés aux nitrates, l'étude des cas de gastro-entérites provenant des registres des hôpitaux et des registres des directions de santé publique, et finalement l'étude sur le lien entre la vulnérabilité des nappes souterraines et la contamination des puits.

Les observations et les conclusions du présent rapport ne portent que sur l'aspect de la qualité de l'eau souterraine sur le territoire à l'étude et ne peuvent donc être utilisées pour présumer des conclusions sur les autres aspects de l'étude.

NOTA. – Dans la présente étude, la désignation des « municipalités en surplus de fumier » a été effectuée sur les bases de l'ancien « *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* » (RRPOA), qui fut remplacé le 15 juin 2002 par le « *Règlement sur les exploitations agricoles* » (REA).

La désignation des municipalités en surplus de fumier en vertu du RRPOA est fondée sur une base de calcul différente du concept de « bilan global de phosphore » du REA. Le RRPOA utilisait un simple bilan « à la surface du sol », équation mettant en relation les fumiers produits par le cheptel présent sur le territoire et les prélèvements effectués par les récoltes. Ce bilan était calculé à partir des données déclaratoires contenues dans la fiche d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ ou des inventaires et certificats d'autorisation délivrés. Le bilan de phosphore est calculé à l'échelle de chacune des municipalités du Québec.

En vertu du RRPOA, dans les trois bassins versants prioritaires (Chaudière, Yamaska et L'Assomption), une municipalité était désignée en surplus de fumier sur la base d'un bilan de phosphore supérieur à l'équilibre (>0 kg P_2O_5 / ha cultivé) alors qu'ailleurs au Québec, le surplus résultait d'un bilan de phosphore égal ou supérieur à 20 kg à l'hectare.

Ce calcul ne fournit qu'une pression du cheptel sur un hectare en culture et non pas une estimation réelle du risque environnemental. Dans le RRPOA, l'ajout de fertilisants minéraux n'était pas comptabilisé, le niveau de saturation du sol en phosphore (fertilité) n'était pas considéré ni la façon dont les fumiers étaient répartis au cours de la saison de végétation, comme c'est le cas actuellement pour le REA.

1. INTRODUCTION

1.1 Origine de l'étude

Au cours des trente dernières années, les techniques agricoles ont évolué très rapidement entraînant la mécanisation poussée et l'usage de produits chimiques dans l'exploitation des terres agricoles. Les activités sont de plus en plus spécialisées surtout du côté de l'élevage. La concentration plus grande d'animaux par unité de surface dans certaines régions crée une pression sur l'environnement et mérite une attention spéciale en ce qui concerne la qualité de l'eau des secteurs touchés par ces activités intensives.

Le 22 mars 2001, un avis de santé publique était émis par la direction de la santé publique de la région de Chaudière-Appalaches. Cet avis recommandait au gouvernement de réaliser une étude approfondie des risques environnementaux et sanitaires associés aux productions animales dans cette région. Le ministre de l'Environnement annonça le jour même 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).

En région rurale, l'eau souterraine est souvent la seule source d'eau potable et les risques qu'elle soit contaminée justifient pleinement qu'on évalue la situation. Ainsi, l'étude de caractérisation couvre quatre régions où les surplus de fumier sont importants et où les activités agricoles y sont intensives : (1) la région de Chaudière-Appalaches (bassins des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer), (2) la région de Lanaudière (bassins des rivières L'Assomption et Bayonne), (3) la Montérégie pour le bassin de la rivière Yamaska et finalement (4) la région du Centre-du-Québec avec le bassin de la rivière Nicolet.

1.2 Objectifs de l'étude

L'étude de caractérisation dans les sept bassins versants vise à évaluer les liens qui existent entre la qualité de l'eau de consommation, l'état de la santé des populations et les activités agricoles intensives. Les quatre objectifs de l'étude sont de :

1. *Caractériser la qualité de l'eau, souterraine et de surface, destinée à la consommation domestique dans les bassins versants prédéterminés;*
2. *Estimer l'exposition des populations visées à certains contaminants microbiologiques et chimiques par la consommation d'eau;*
3. *Étudier le lien possible entre ces contaminants dans l'eau de consommation et les activités agricoles qui ont cours dans les différents bassins ciblés à partir d'une approche scientifique et rigoureuse;*

4. *Évaluer les impacts potentiels sur la santé reliés à la contamination de l'eau destinée à la consommation.*

Le présent rapport synthèse traite de la caractérisation de la qualité de l'eau souterraine dans les sept bassins versants à l'étude en relation avec les activités agricoles présentes (objectifs 1 et 3). Ne font pas partie du présent résumé les études complémentaires sur l'effet de la vulnérabilité des nappes souterraines, sur les eaux brutes des sources d'approvisionnement des réseaux, sur les habitudes de consommation de l'eau chez les adultes et chez les nourrissons, sur l'incidence de gastro-entérites, sur les risques chimiques, sur l'incidence des maladies entériques transmissibles par l'eau - analyse des hospitalisations et des cas déclarés aux directions de santé publique -. L'ensemble de ces études a été réalisé avec la collaboration des ministères et organismes suivants : le ministère de l'Environnement (MENV), le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) qui 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. Le MENV a fait effectuer une partie importante des analyses au Centre d'expertise en analyse environnementale (CEAEQ) et a collaboré avec l'Institut statistique du Québec (ISQ) pour l'analyse des données d'échantillonnage des eaux souterraines.

2. **MÉTHODOLOGIE**

2.1 **Définition de zone témoin et de zone agricole intensive**

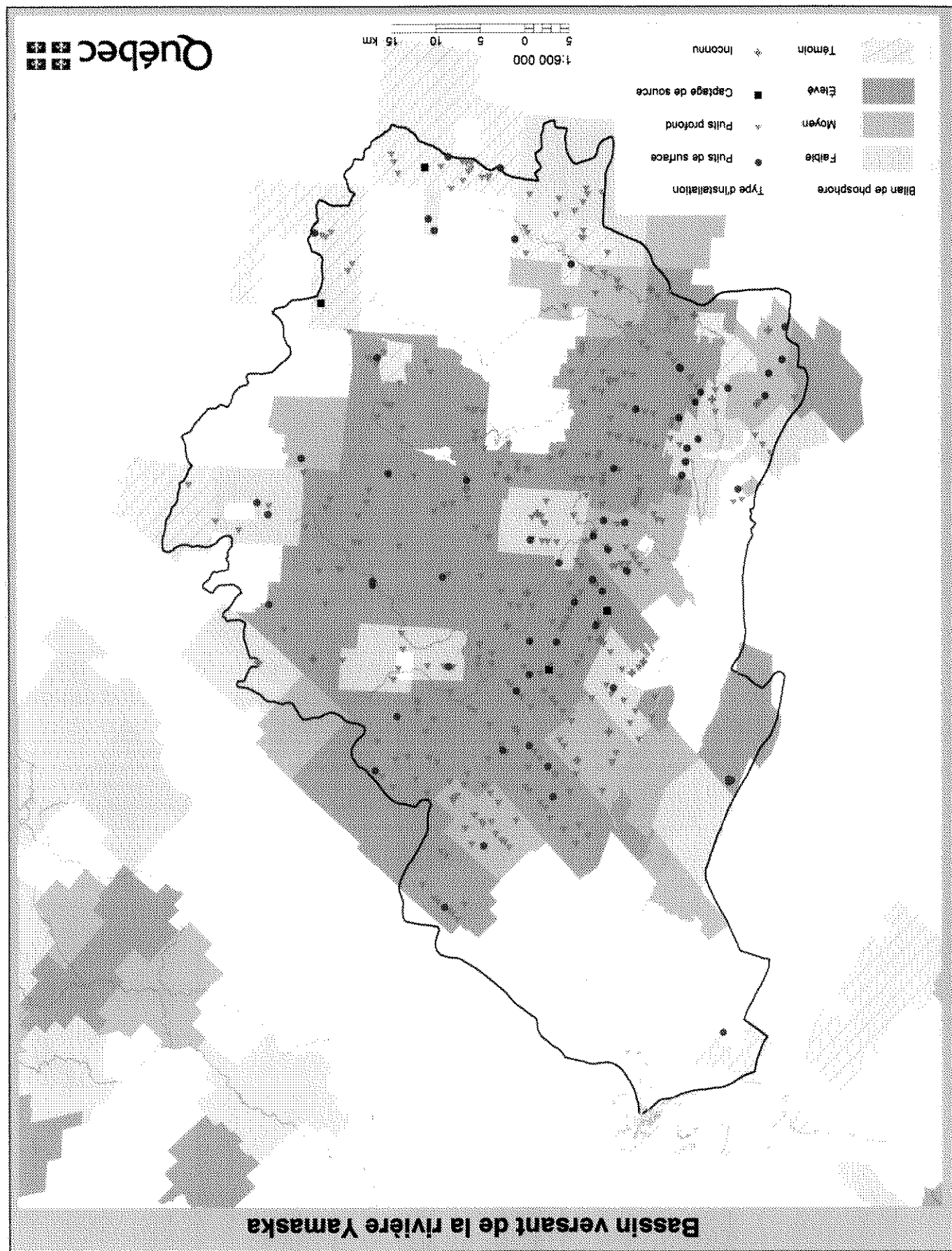
Le but essentiel de l'étude est d'évaluer l'impact des activités agricoles sur la qualité de l'eau souterraine dans certaines régions du Québec où il y a des activités intensives d'élevage. Pour permettre une évaluation objective des impacts, le territoire étudié a été divisé en deux zones : (1) une *zone de référence ou zone témoin* représentée par des municipalités de faible activité agricole (moins de 25% du territoire) avec un bilan de phosphore P_2O_5 négatif, et (2) une *zone agricole intensive* définie comme une municipalité où l'activité agricole, culture et élevage intensifs, couvre 25% ou plus du territoire et où le bilan de phosphore se révèle excédentaire

Les municipalités de la zone agricole intensive sont identifiées comme étant en surplus de phosphore dans le cadre du moratoire du ministère de l'Environnement sur l'octroi de nouveaux permis pour l'élevage du porc. Le bilan de phosphore est ainsi l'indicateur retenu pour estimer les quantités de fumier ou de lisier répandues sur les terres agricoles.

2.2 **Choix des bassins versants**

Les rivières principales des bassins versants retenus pour cette étude font partie d'une liste de rivières où la qualité des eaux de surface est détériorée, en particulier par les concentrations excessives de phosphore. Les bassins versants de ces rivières occupent une partie importante du territoire agricole du Québec (voir carte de localisation) et

Figure XXX Localisation des points d'échantillonnage dans le bassin versant de la rivière Yamaska



Bassin versant de la rivière Nicolet

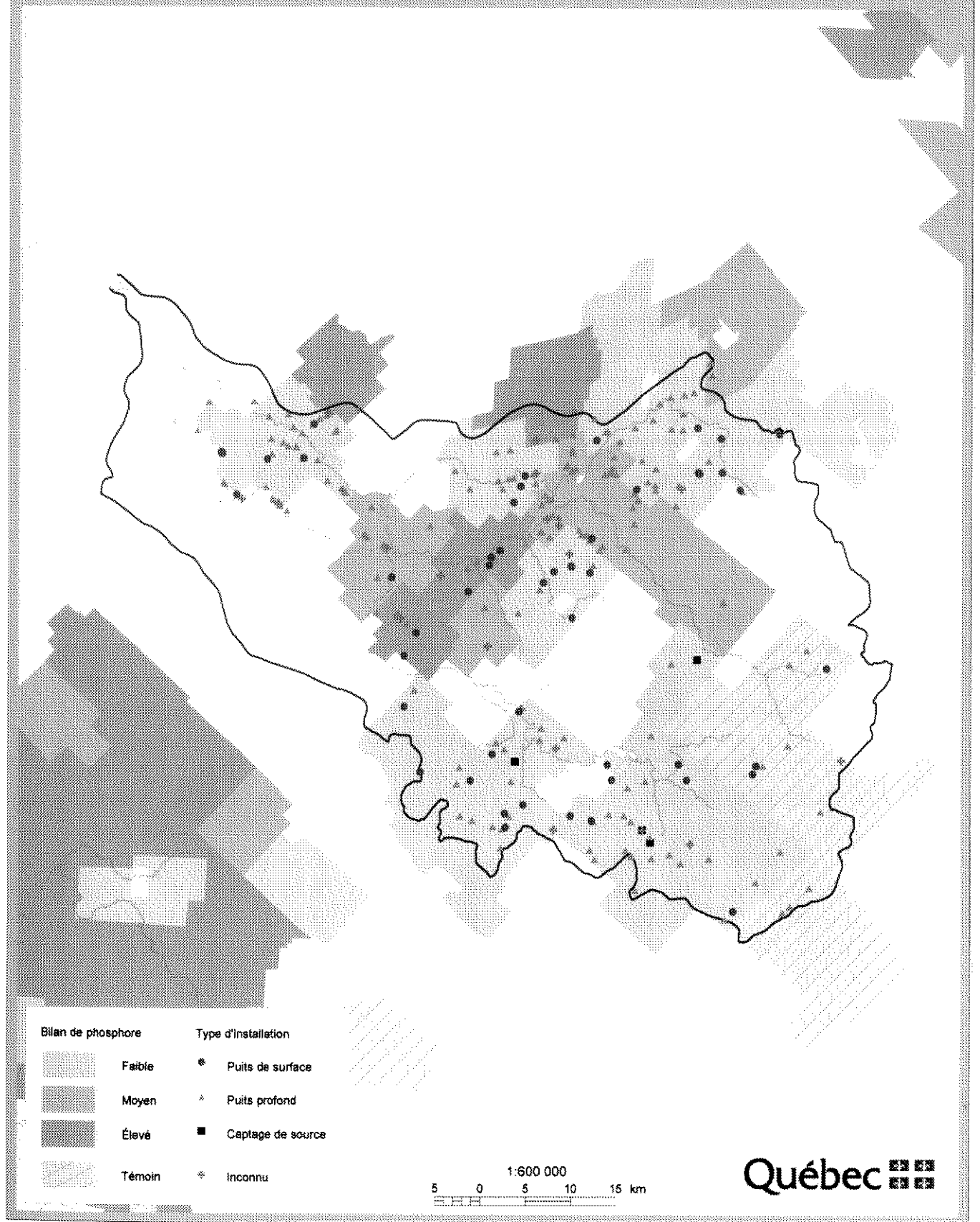


Figure XXX Localisation des points d'échantillonnage dans le bassin versant de la rivière Nicolet

Bassins versants des rivières L'Assomption et Bayonne

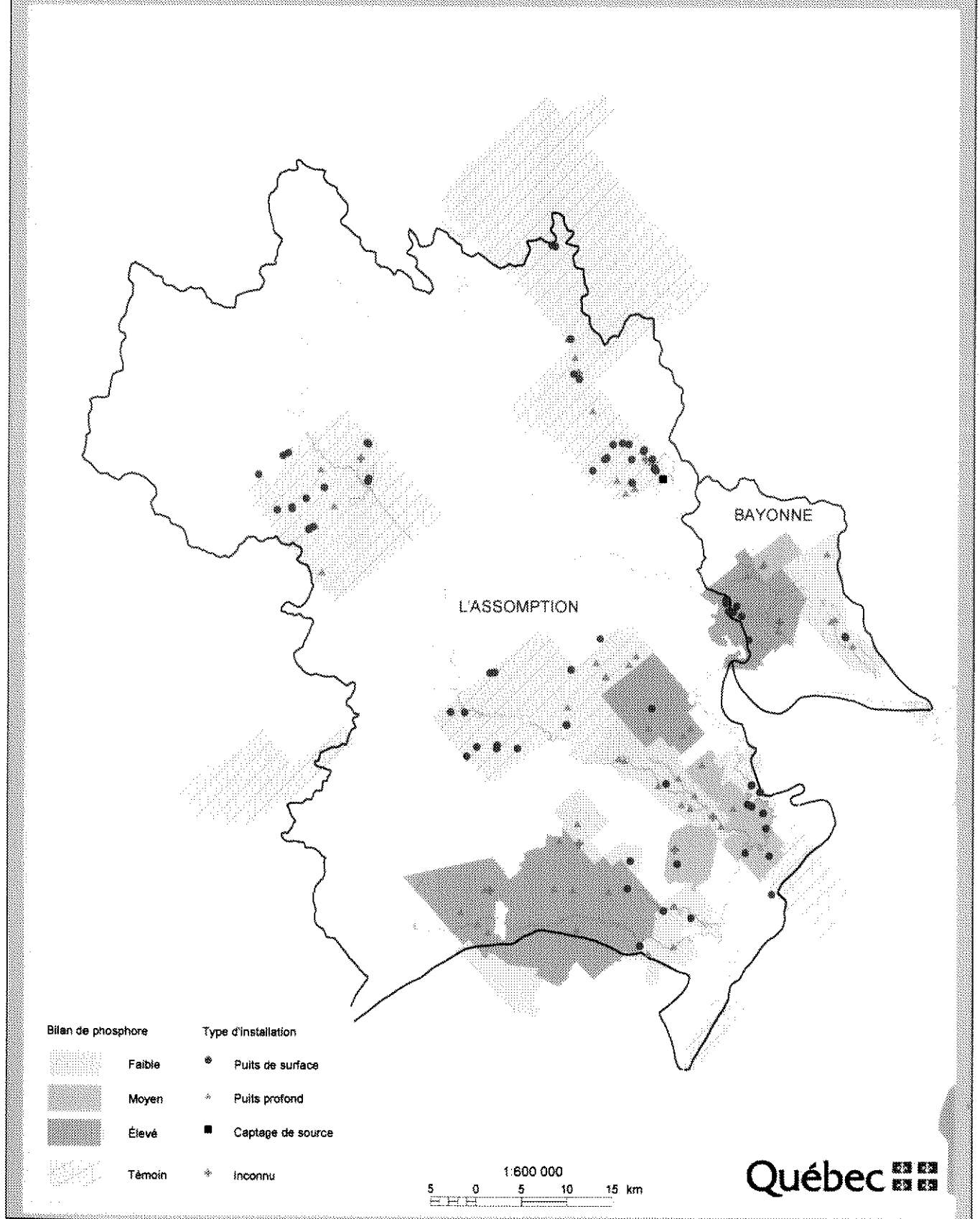


Figure XXX Localisation des points d'échantillonnage dans les bassins versants des rivières L'Assomption et Bayonne

Bassins versants des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer

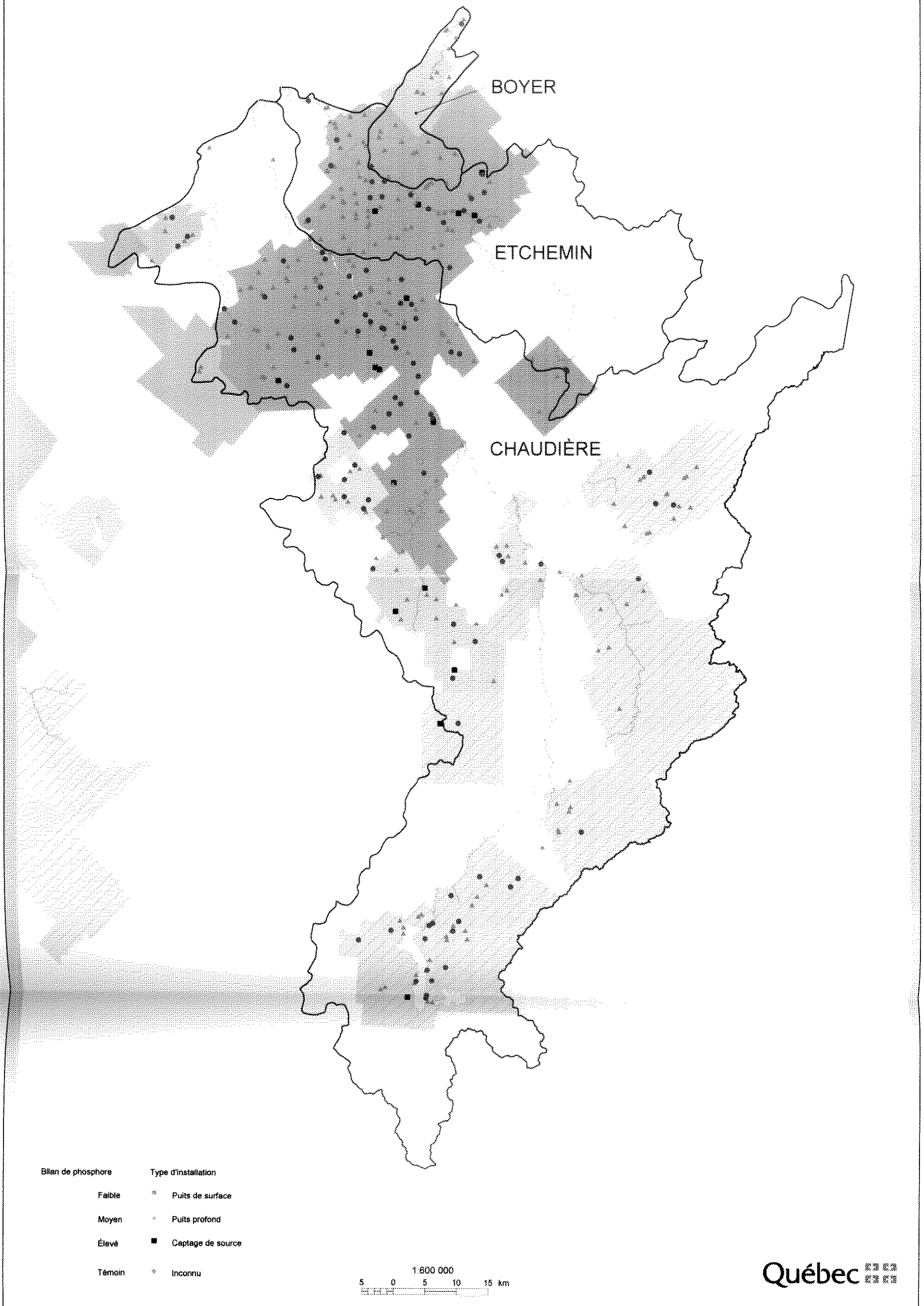


Figure XXX Localisation des points d'échantillonnage dans les bassins versants des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer

regroupent la majorité des producteurs agricoles du Québec. Le tableau A montre les principales caractéristiques de ces bassins où habite 10% de la population du Québec. Étant donné la faible superficie des bassins de la Boyer, de la Bayonne et de l'Etchemin, les sept bassins versants échantillonnés sont regroupés en quatre régions :

Centre-du-Québec : rivière Nicolet

Chaudière-Appalaches : rivières Boyer, Chaudière et Etchemin

Lanaudière : rivières L'Assomption et Bayonne

Montérégie : rivière Yamaska.

Tableau A : Caractéristiques des sept bassins versants

Bassin	Aire km ²	Popula-tion	% cultivé	Unités animales par km ²	Puits échan-tillonnés	Puits témoins	Excès P ₂ O ₅ kg/ha
Bayonne	347	8226	40.9	290	20	0	105,6
Boyer	217	4100	60.0	180	27	0	43,6
Chaudière	6682	173129	13.3	300	274	89	57,5
Etchemin	1466	42250	18.9	200	87	1	71,0
L'Assomption	4220	155000	14.3	120	127	77	27,2
Nicolet	3400	91321	31.6	100	264	14	13,3
Yamaska	4784	236000	43.3	150	461	37	44,8
Total ^T ou Moyenne ^m	21 100 ^T	710026 ^T	24,5 ^m	190 ^m	1260 ^T	218 ^T	51,9 ^m

Source : MENV, *Portraits régionaux de l'eau, 1999*

(^T) signifie que le nombre est le total de la colonne

(^m) signifie que le nombre est la moyenne des valeurs de cette colonne.

2.3 Choix des paramètres analysés

En zone agricole, les préoccupations concernant la santé publique se concentrent sur les contaminants de nature chimique (engrais, pesticides) ou microbiologique (protozoaires, bactéries, virus). L'étude avait pour but de couvrir une grande superficie où l'agriculture est une activité importante. Il a été convenu, en examinant ce qui s'est fait ailleurs au Canada et aux États-Unis, de concentrer les analyses sur quatre paramètres : (1) les nitrites-nitrates, et les microorganismes indicateurs (2) *Escherichia coli*, (3) bactéries entérocoques, et (4) virus de type coliphages F-spécifiques.

2.3.1 Nitrites-nitrates

Les sols naturels sont habituellement pauvres en azote et en phosphore de sorte que ces éléments doivent être ajoutés sous forme d'engrais minéraux, de fumier ou de lisier provenant de l'élevage de bétail. Le phosphore est facilement adsorbé par les particules minérales du sol de sorte qu'il migre peu vers les eaux souterraines. Il demeure toutefois un contaminant fréquent des eaux de surface, puisqu'il risque d'être entraîné par le ruissellement et l'érosion des sols.

L'azote est essentiel à la croissance des plantes et des quantités adéquates de cet élément doivent être fournies selon le type de culture et la période d'épandage. Les engrais minéraux contiennent l'azote sous la forme ammoniacale (NH_4^+) ou la forme nitrates (NO_3^-) alors que les fumiers et les lisiers renferment de l'azote lié à la matière organique et sous forme ammoniacale qui s'oxyde rapidement dans les sols pour former des nitrites (NO_2^-) ou des nitrates. C'est sous cette dernière forme, très mobile, que l'azote se retrouve éventuellement en concentrations plus ou moins élevées dans les eaux souterraines et les eaux de surface, notamment lorsqu'une surfertilisation des sols entraîne une concentration excédentaire.

Les nitrates sont universellement reconnus comme un des contaminants les plus répandus dans les eaux souterraines et la teneur limite acceptée dans l'eau potable au Québec est de 10 mg/L N (« N » signifie que la concentration est exprimée en poids d'azote). Dans les conditions naturelles, la teneur en nitrates est souvent inférieure à 1 mg/L N de sorte que l'impact des activités humaines peut s'évaluer en partie à partir de la présence de nitrates dans l'eau souterraine. Dans cette étude nous comparons les valeurs de nitrates entre la zone de référence (zone témoin) et la zone agricole intensive.

2.3.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie qui fait partie de la flore intestinale normale des humains et des animaux. C'est une bactérie non pathogène qui joue un rôle dans la digestion en participant à la synthèse des vitamines. Elle protège également l'organisme contre certains microorganismes pathogènes. Cependant, certaines souches de *E. coli* sont pathogènes, comme *O157:H7* responsable de l'épidémie de Walkerton en Ontario, et peuvent exceptionnellement menacer la santé publique.

E. coli est généralement reconnue comme le meilleur indicateur bactérien de contamination d'origine fécale en raison de sa spécificité. Les sources habituelles de *E. coli* sont les excréments des humains et des animaux. En région rurale, lorsqu'il n'y a pas de réseau d'égouts sanitaires, *E. coli* peut être associée à des installations sanitaires plus ou moins adéquates des résidences isolées ou à l'épandage de fumier ou de lisier sur les terres agricoles.

Le groupe des coliformes « fécaux », aussi appelé « thermotolérants », peut contenir des espèces bactériennes qui ne sont pas d'origine fécale stricte. De même, les coliformes

totaux, souvent rapportés dans d'autres études comme indicateurs de contamination fécale, peuvent aussi inclure des bactéries qui ne sont pas réellement de souche fécale humaine ou animale.

Pour ces raisons, *E. coli* a été retenue dans cette étude comme le principal indicateur de risque infectieux d'origine fécale. La présence de *E. coli* dans une eau destinée à la consommation indique que cette eau a été en contact avec des matières fécales et donc qu'on risque d'y retrouver également des microorganismes pathogènes.

2.3.3 Bactéries entérocoques

Comme *E. coli*, les bactéries entérocoques sont des indicateurs de contamination par des sources fécales humaines ou animales. Ces bactéries persistent plus longtemps dans l'environnement que *E. coli*, ce qui permet de mettre en évidence des pollutions moins récentes. Ils présentent cependant un inconvénient en tant qu'indicateurs : les entérocoques retrouvés dans l'environnement ne sont pas toujours d'origine fécale, ce qui rend cet indicateur moins spécifique que *E. coli* pour mettre en évidence une contamination d'origine fécale. Leur présence révèle davantage une vulnérabilité de l'eau souterraine aux microorganismes de l'environnement qu'un risque à la santé.

2.3.4 Virus de type coliphages F-spécifiques

Les coliphages F-spécifiques sont des virus de très petite taille qui infectent *E. coli* et quelques autres bactéries. Ils ne sont pas pathogènes pour l'humain ni pour les animaux, mais ils se multiplient chez les bactéries dans l'intestin de ces derniers et sont libérés dans l'environnement avec les matières fécales. Les virus coliphages F-spécifiques peuvent être considérés un complément à *E. coli* et aux entérocoques comme indicateurs de contamination fécale. Le principal avantage de cet indicateur viral par rapport aux indicateurs bactériens est sa petite taille qui lui permet de migrer plus facilement dans le sol que ces derniers. Ainsi, la détection de coliphages F-spécifiques dans une eau souterraine indique une contamination fécale qui n'est pas nécessairement détectable par les indicateurs bactériens traditionnels.

2.4 Protocole d'échantillonnage des puits

Un protocole complet d'échantillonnage des puits sera fourni avec notre rapport final. Cependant, les principaux points de ce protocole sont exposés ci-dessous et un exemple du questionnaire, rempli à chaque résidence visitée, est soumis en annexe.

Le choix initial du nombre de puits tenait compte des objectifs du projet qui sont de caractériser la qualité de l'eau souterraine dans la zone de référence ou zone témoin qui ne devrait pas être contaminée par des activités agricoles, et dans la zone agricole intensive où l'épandage de lisier ou de fumier peut introduire un excès de nitrates ou de microorganismes dans l'eau. En plus, pour obtenir une bonne couverture régionale, les points d'échantillonnage devaient être distribués entre les différents bassins versants qui représentent une variété de conditions géologiques et hydrologiques. Le tableau B ci-

dessous indique le nombre de points d'échantillonnage qui étaient planifiés et le nombre de points effectivement échantillonnés pour chaque zone.

Tableau B. Nombre et localisation des points d'échantillonnage

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
Total	1320	350	1042	218

Initialement 1670 échantillons devaient être prélevés dont environ 20% en zone témoin. Le nombre final est de 1260 échantillons dans les sept bassins versants et le nombre de témoins représente 17,3% du total. Le nombre moins élevé d'échantillons est dû à plusieurs causes dont : le refus du propriétaire de faire échantillonner son eau, la présence d'un système de traitement de l'eau à l'endroit visité, la connexion à un réseau d'aqueduc ou l'absence de résidents à l'endroit prévu pour l'échantillonnage.

Pour éviter de biaiser l'étude en choisissant les points d'échantillonnage, il a été décidé dès le départ de faire un choix aléatoire. Puisque la localisation des puits au Québec n'est pas connue de façon systématique, le fichier de départ est une base de données cartographiques qui contient les coordonnées (longitude et latitude) de tous les bâtiments qui peuvent être représentés sur une carte à l'échelle 1 : 20 000. C'est à partir d'un tel fichier que les tirages au sort ont été effectués par ordinateur en respectant les règles énoncées ci-haut, à savoir que la zone témoin et la zone agricole intensive devaient être représentées dans des proportions fixées d'avance selon le tableau B.

Au moment de la visite des points d'échantillonnage sélectionnés, un questionnaire détaillé permettait aux échantillonneurs de faire un certain nombre de vérifications pour valider un échantillon. Par exemple, seuls les propriétaires du logement et du puits étaient admissibles pour l'échantillonnage, il ne devait pas y avoir de système de traitement de l'eau autre qu'un adoucisseur ou de connexion à un réseau d'aqueduc. Les autres items du questionnaire ont permis de s'enquérir sur le type de puits, sa profondeur, sa localisation (système GPS), la présence et la localisation de tout système de traitement

des eaux usées (fosse septique, champ d'épuration, puisard...), la présence ou l'absence d'activité agricole à proximité du puits, la présence ou non de tas de fumier ou d'ouvrage d'entreposage du fumier et leur position par rapport au puits. Finalement, le préposé à l'échantillonnage pouvait noter certains commentaires concernant le puits et son aménagement.

Le prélèvement d'échantillons d'eau s'est fait selon une procédure stricte dont les principaux éléments sont les suivants :

- Identifier le lieu d'échantillonnage, numéroter l'échantillon selon une procédure pré-établie et répondre au questionnaire;
- Retirer l'aérateur du robinet et laisser couler l'eau pendant 5 minutes;
- Se laver les mains ou porter des gants lors de la manipulation des bouteilles et s'assurer que l'échantillon est recueilli dans des conditions d'asepsie;
- Ranger immédiatement les bouteilles échantillonnées dans une glacière;
- Regrouper à chaque soir les échantillons prélevés dans la journée et les expédier au laboratoire pour l'analyse microbiologique dès le lendemain matin.

Toute une série de procédures supplémentaires étaient suivies pour s'assurer de l'intégrité des échantillons et de l'identité de l'échantillonneur avec l'information nécessaire au suivi des analyses en laboratoire. Ces détails se retrouveront dans le rapport final sur la méthodologie de l'étude.

Parmi les paramètres analysés dans cette étude, la présence de *Escherichia coli* dans l'eau de consommation fait l'objet d'une recommandation stricte de faire bouillir l'eau destinée aux humains en raison du risque à la santé résultant d'une contamination fécale. Le lien entre la présence d'entérocoques ou de coliphages F-spécifiques et l'existence d'une contamination fécale est moins bien documenté dans la littérature, mais dans le cadre de l'étude, la présence de l'un ou l'autre de ces indicateurs entraînait aussi l'émission d'un avis de non-consommation de l'eau.

2.5 Période d'échantillonnage et choix des laboratoires

Sur la base de la période d'échantillonnage, l'étude comportait deux volets. Le premier volet de l'étude consistait à évaluer un profil de la contamination de l'eau à un moment précis. Tous les échantillons ont été prélevés au cours du mois de mai 2002. Le choix de cette période est le résultat de plusieurs considérations : hydrologiques, microbiologiques et agricoles. Puisque c'est l'eau souterraine qui est en cause, la principale saison durant laquelle se fait l'infiltration des eaux de surface vers les formations aquifères au Québec est tout de suite après la fonte des neiges, au printemps. Les engrais (minéraux, fumier, lisier) épandus en surface précédemment peuvent être entraînés vers la nappe par percolation des eaux souterraines. À d'autres périodes de l'année, comme en été, même après des pluies abondantes, il n'y a jamais d'infiltration jusqu'à la nappe sauf dans des circonstances exceptionnelles. Après un épandage de lisier ou de fumier au début de l'été, les bactéries sont plus abondantes en surface mais leur dissémination vers les eaux

souterraines est très incertaine à cause de la compétition exercée par la flore microbienne normale du sol.

Le second volet consistait en des échantillonnages répétés pour les mêmes puits pendant une longue période. Ainsi, un certain nombre de puits (93) ont été échantillonnés de juillet à novembre 2002 dans la MRC de Montcalm, située dans le bassin de la rivière L'Assomption, pour vérifier la variation de la qualité de l'eau au cours de cette période. L'analyse de ce suivi mensuel est présentée plus loin dans le rapport.

Les analyses chimiques ont été réalisées dans les laboratoires du CEAEQ tout comme les analyses microbiologiques effectuées au mois de mai, à l'exception des échantillons provenant de la MRC de Montcalm, réalisées par le MAPAQ, pour les deux volets de l'étude.

3. RÉSULTATS DES ANALYSES

3.1 Répartition des analyses par zone et type de puits

Le but principal des analyses effectuées dans le cadre de ce projet est de déterminer s'il y a une différence significative entre la zone témoin et la zone agricole intensive en terme de qualité des eaux souterraines au moment de l'échantillonnage. Le nombre d'échantillons a été réparti pour représenter adéquatement ces deux zones. Le tableau C montre la répartition des analyses entre les deux zones. L'élément devenu rapidement essentiel pour la compréhension des résultats est le type d'aménagement de l'ouvrage de captage pour l'approvisionnement en eau potable des résidences. Le protocole adopté distingue 1) les puits profonds, dont la profondeur minimale est de 8 mètres, 2) les puits de surface, de profondeur inférieure à 8 mètres, et 3) les captages de sources naturelles qui peuvent aussi s'assimiler à des exploitations de surface. Pour certains des puits échantillonnés, il n'a pas été possible de recueillir d'information précise sur la nature ni même le positionnement du puits, souvent parce que les propriétaires avaient acheté leur maison il y a longtemps et ne possédaient pas cette information.

Au total, les puits de surface représentent près du quart de tous les puits analysés et les puits profonds plus des deux tiers. Dans la zone témoin, la proportion de puits de surface est de 41% alors que dans la zone agricole intensive, elle est de 21%. Les puits profonds sont généralement capables de soutenir un débit important toute l'année, ce qui n'est pas toujours le cas pour les puits de surface.

Tableau C. Répartition des analyses par zone et type de puits

Système d'approvisionnement en eau	Zone témoin Bilan P ₂ O ₅ Négatif		Zone agricole intensive Bilan P ₂ O ₅ positif		Total	Pour- centage
	#	%	#	%	#	%
Puits de surface	90	41	219	21	309	24,5
Puits profond	119	55	744	72	863	68,5
Captage de source	5	2	23	2	28	2,2
Non spécifié	4	2	56	5	60	4,8
Total	218	100	1042	100	1260	100

Dans cette partie de l'étude, aucune référence au bassin versant d'où provient l'échantillon n'est considérée. Il s'agit d'une comparaison des résultats entre la zone témoin et la zone agricole intensive, et entre les différents types de puits indifféremment du bassin versant.

3.2 Analyse des nitrites-nitrates

Pour l'analyse des nitrates, une distinction est faite entre les puits de la zone témoin (tableau D) et ceux de la zone agricole intensive (tableau E). Les résultats d'analyses sont exprimés sous forme d'une concentration en mg/L N. Les tableaux séparent les résultats en plusieurs catégories : la concentration plus grande que 10 mg/L N est considérée comme un dépassement de la norme québécoise pour la teneur en nitrates dans les eaux de consommation. À partir de 3 mg/L N, la concentration en nitrates est attribuable à l'activité humaine. De 1,5 à 3 mg/L N, l'activité humaine est soupçonnée de fournir des nitrates à l'eau souterraine, mais d'autres sources peuvent aussi exister. Les concentrations inférieures à 1,5 mg/L N sont considérées dans ce rapport comme la teneur de fond. Dans les tableaux, les échantillons qui excèdent les normes de potabilité sont indiqués en grisé.

Tableau D. Analyses des nitrates—Zone témoin

Nitrites-nitrates Concentration en mg/L N	Nombre total #	% cumulatif	Puits profond		Puits de surface		Captage de source		Non classé	
			#	%	#	%	#	%	#	%
	218	100%	119	54,6%	90	41,3%	5	2,3%	4	1,8%
Plus de 10	3	1,4%	0	0,0%	3	3,3%	0	0,0%	0	0,0%
5 et +	6	2,8%	1	0,8%	5	5,6%	0	0,0%	0	0,0%
3 et +	10	4,6%	2	1,7%	8	8,9%	0	0,0%	0	0,0%
1,5 et +	38	17,4%	14	11,7%	23	25,6%	1	20,0%	0	0,0%
Moins que 1,5	180	82,6%	105	88,2%	67	74,4%	4	80,0%	4	100%

Dans la zone témoin indiquée dans le tableau D, trois puits (1,4%), tous des puits de surface, montrent une concentration excédant la norme. Moins de 5% des puits montrent une concentration égale ou supérieure à 3 mg/L N et ce sont surtout des puits de surface (8 puits sur 10, soit 8,9% des puits de surface) qui sont affectés. La très grande majorité des points échantillonnés (82,6%) ont des teneurs en nitrates inférieures à la valeur de 1,5 mg/L N, considérée comme la teneur de fond.

Dans la zone agricole intensive (tableau E), près de 3% des puits affichent une concentration excédant la norme de 10 mg/L N. Plus de puits profonds, en proportion, ont été échantillonnés dans cette zone mais en pourcentage, ce sont encore les puits de surface qui sont le plus affectés dans une proportion de 5% comparé à 2,2% pour les puits profonds. La différence marquante entre les deux zones est le pourcentage de puits avec une concentration égale ou supérieure à 3 mg/L N, qui atteint 12,2% en zone agricole intensive alors que dans la zone témoin cette proportion est inférieure à 5%. Les puits de surface sont plus souvent affectés par des concentrations élevées de nitrates et on remarque que plus du quart des puits de surface ont des concentrations de 3 mg/L N ou plus alors que moins de 10% des puits profonds excèdent ce seuil. Le traitement statistique présenté à la section 4 analyse ces résultats en intégrant l'ensemble des variables importantes.

Tableau E. Analyses des nitrates—Zone agricole intensive

Nitrites-nitrates Concentration en mg/L N	Nombre total #	%	Puits profond		Puits de surface		Captage de source		Non classé	
			#	%	#	%	#	%	#	%
	1042	100%	744	71,4%	219	21,0%	23	2,2%	56	5,4%
Plus de 10	30	2,9%	16	2,2%	11	5,0%	2	8,7%	1	1,8%
5 et +	89	8,1%	48	6,5%	35	16,0%	3	13,0%	3	5,4%
3 et +	133	12,2%	68	9,1%	57	26,0%	4	17,4%	4	7,1%
1,5 et +	215	20,6%	105	14,1%	91	41,6%	10	43,5%	9	16,1%
Moins que 1,5	827	79,4%	639	85,9%	128	58,4%	13	56,5%	47	83,9%

3.3 Analyse de la contamination bactérienne

Dans la zone témoin (tableau F), 218 puits ont été échantillonnés pour les analyses microbiologiques. Rappelons que toutes ces analyses ont été effectuées en mai 2002, période de l'année où la recharge annuelle des nappes souterraines est considérée comme maximale. Un suivi effectué de juillet à novembre sur un petit nombre de puits, ciblés pour maximiser la manifestation de la variation saisonnière, permettra de replacer les résultats dans leur contexte.

Pour l'ensemble des données dans la zone témoin, 4 échantillons ont montré la présence de *E. coli*, soit 1,8% des endroits visités, dont 3 puits de surface et un puits profond. La présence d'entérocoques a été détectée dans 5,5% des puits échantillonnés, avec une prédominance dans les puits de surface deux fois plus grande par rapport aux puits profonds. Dans le cas des virus coliphages, une seule valeur a été décelée ce qui ne permet pas de conclure sur la signification de ce paramètre.

Tableau F. Analyses des *E. coli*, entérocoques et coliphages --- zone témoin

	Nombre	%	Puits profond		Puits de surface		Captage de source		Non classé	
			#	%	#	%	#	%	#	%
Analyses de <i>E. coli</i>	218	100	120	55,0%	89	40,8%	5	2,3%	4	1,8%
Dépassements de <i>E. coli</i>	4	1,8	1	0,8%	3	3,4%	0	0,0%	0	0,0%
Analyses d'Entérocoques	218	100	120	55,0%	89	40,8%	5	2,3%	4	1,8%
Dépassements Entérocoques	12	5,5	4	3,3%	8	9,0%	0	0,0%	0	0,0%
Analyses de Coliphages	217	100	119	54,8%	89	41,0%	5	2,3%	4	1,8%
Dépassements Coliphages	1	0,5	1	0,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

L'analyse des données dans la zone agricole intensive est donnée au tableau G. Un plus grand nombre de puits ont été échantillonnés dans la zone [] pour vérifier s'il y avait une tendance quelconque. En fait, les résultats montrent des proportions similaires à la zone témoin.

Tableau G. Analyses des *E. coli*, entérocoques et coliphages --- zone agricole intensive

	Nombre	%	Puits profond		Puits de surface		Captage de source		Non classé	
			#	%	#	%	#	%	#	%
Analyses de <i>E. coli</i>	1042	100%	743	71,3%	220	21,1%	23	2,2%	56	5,4%
Dépassements de <i>E. coli</i>	16	1,5%	9	1,2%	5	2,3%	1	4,4%	1	1,8%
Analyses d'Entérocoques	1040	100%	741	71,2%	220	21,2%	23	2,2%	56	5,4%
Dépassements Entérocoques	60	5,8%	30	4,0%	22	10,0%	5	21,7%	3	5,4%
Analyses de Coliphages	1042	100%	743	71,3%	220	21,1%	23	2,2%	56	5,4%
Dépassements Coliphages	2	0,2%	2	0,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Le pourcentage de puits contaminés par *E. coli* dans la zone agricole intensive (1,5%) est comparable à ce qui est observé dans la zone témoin (1,8%). Nous verrons plus loin comment la variation saisonnière des cas de contamination se compare à ce constat.

L'examen des cas de contamination par des entérocoques et des virus coliphages est un calque presque parfait des données observées dans la zone témoin. Le traitement statistique de ces données est présenté à la section 4.

3.4 Suivi saisonnier de la qualité de l'eau souterraine

Les données de la campagne de mai 2002 ont été complétées par une série d'analyses effectuées entre juillet et novembre 2002 dans la MRC de Montcalm sur un nombre plus limité de points de mesure. Quatre-vingt-treize puits font partie de la liste des points échantillonnés à plusieurs reprises. Chaque suivi comporte normalement 6 analyses (une en mai et cinq prélèvements consécutifs à partir de juillet). Toutefois, quelques puits n'ont été échantillonnés que 4 ou 5 fois en raison de problèmes logistiques (absence des propriétaires, vente de la propriété...). Tous les puits utilisés pour le suivi se situent dans le bassin de la rivière L'Assomption. Ces puits représentent un sous-ensemble tiré d'une précédente campagne d'échantillonnage intensive pour vérifier l'influence de la vulnérabilité des nappes sur l'impact des activités agricoles. Les mêmes protocoles d'échantillonnage que ceux de l'étude de caractérisation des sept bassins versants ont été suivis. Le tableau G résume la répartition des puits échantillonnés selon le type d'installation de captage et la zone, témoin ou agricole intensive, comme défini précédemment.

Tableau G. Répartition des puits échantillonnés pour le suivi mensuel

Zone	Puits profonds		Puits de surface		Captage de source		Non classé		Total
	#	%	#	%	#	%	#	%	
Zone agricole intensive	26	44%	19	32%	2	3%	12	20%	59
Zone témoin	0	0%	33	97%	0	0%	1	3%	34
Total	26		52		2		13		93

On voit dans ce tableau que la répartition des points échantillonnés par type de puits est très différente de ce qui s'est fait pour la caractérisation des sept bassins versants, surtout pour la zone témoin qui, pour le suivi mensuel, est représentée uniquement par des puits de surface.

Ce groupe de puits représente un échantillon volontairement très biaisé de l'ensemble des puits puisqu'ils ont été sélectionnés parmi les plus susceptibles à la contamination de sorte que les variations saisonnières y soient bien apparentes.

3.4.1 Analyses chimiques : nitrites-nitrates

Le suivi des nitrates montre que les valeurs observées à chacun des puits sont relativement constantes, peu importe le mois où s'est fait le prélèvement d'échantillons d'eau. Les puits domestiques prélèvent des quantités très modestes d'eau souterraine de

La section suivante expose les résultats du suivi des analyses microbiologiques.

Des 29 puits dont la concentration en nitrates est de 1,5 mg/L N et plus, quatre sur cinq sont des puits de surface. Il semble donc que la contamination par les nitrates est beaucoup plus importante pour les puits de faible profondeur à cause de la proximité de la source de nitrates, et aussi à cause de l'aménagement souvent moins sécuritaire des puits de surface.

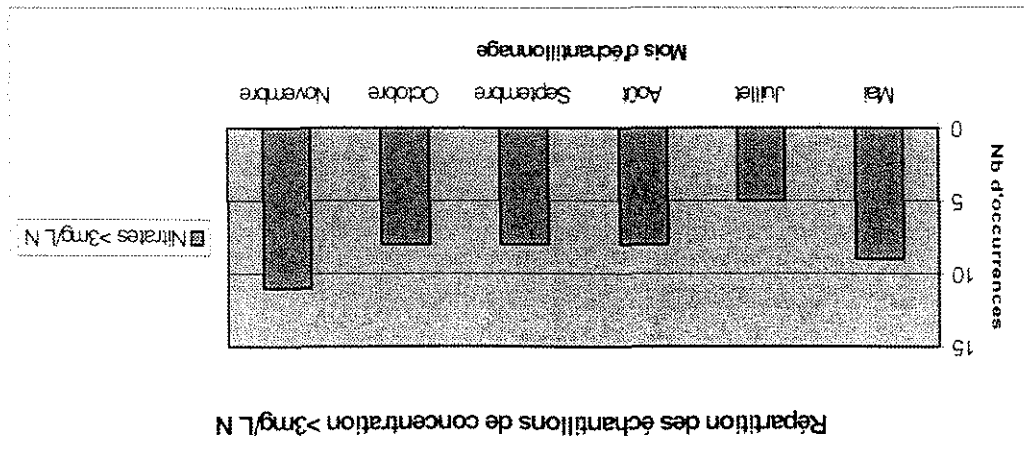
Quinze pourcent des puits présentent des concentrations plus grandes que le seul de 3 mg/L N, niveau que nous avons utilisé pour identifier un impact significatif de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines. Ces proportions sont comparables à ce qui a été observé dans les autres bassins versants. Ce qu'on retient de cette analyse c'est que la qualité chimique de l'eau, à partir de l'analyse des nitrates, est relativement constante au cours de la période d'échantillonnage, tel qu'illustré à la figure 1.

Figure 1. Variation mensuelle de la concentration en nitrates

Nitrates-nitrates en mg/L N	Zone agricole		Zone intensive		Zone témoin	
	Nombre %	#	Nombre %	#	Nombre %	#
Plus de 10	4	4,3%	4	6,8%	0	0
5 et +	9	9,7%	8	13,5%	1	2,9%
3 et +	14	15,1%	10	16,9%	4	11,8%
1,5 et +	29	31,2%	15	25,4%	14	41,2%
Moins que 1,5	64	68,8%	44	74,6%	20	58,8%
Total	93	100%	59	63,4%	34	36,6%

Tableau H. Nitrates—Zone agricole intensive et zone témoin

sorte que les caractéristiques chimiques de cette dernière sont la plupart du temps d'origine très locale. Les concentrations mesurées dans les puits des différentes zones sont illustrées dans le Tableau H. Quatre (4) puits ont une concentration en excès de la norme de potabilité de 10 mg/L N et la plupart sont dans la zone agricole intensive.



3.4.2 Analyses microbiologiques

Le suivi mensuel de la qualité microbiologique des eaux souterraines des 93 puits s'articule autour d'un grand nombre d'analyses, 533 au total. Dans le tableau I, nous classons les résultats en fonction du nombre d'événements de contamination, un événement correspondant à la présence d'au moins un des trois indicateurs analysés : *E. coli*, entérocoques et virus coliphages. Le nombre de puits affectés au moins une fois correspond, pour un puits quelconque, à une analyse positive pour un des trois indicateurs mentionnés ci-dessus, peu importe le mois du prélèvement.

Tableau I. Suivi mensuel des analyses microbiologiques – Nombre d'événements

	<i>Nombre</i>	<i>Zone agricole intensive</i>	<i>Zone témoin</i>
Nombre d'événements	95	48	47
Présence de <i>E. coli</i>	16	9	7
Présence d'entérocoques	92	45	47
Présence de coliphages	2	2	0
Puits affectés au moins 1 fois	43	21	22
Puits affectés plus d'une fois	29	14	15

Il faut noter dans ce tableau que la présence de *E. coli* est presque toujours accompagnée d'entérocoques mais que l'inverse n'est pas vrai. Des 43 puits qui ont été affectés par un indicateur de contamination, 84% sont des puits de surface.

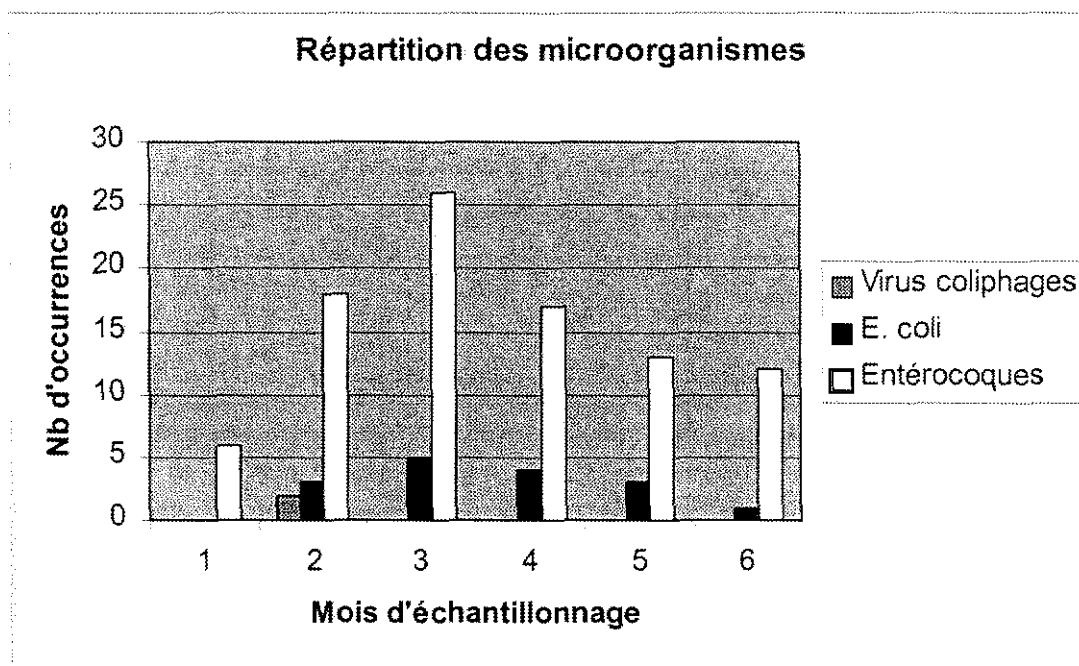
Une question importante abordée dans ce volet est de vérifier si la présence d'une contamination microbiologique est plus importante à certaines périodes de l'année. L'analyse de la variabilité temporelle permet de mettre en perspective les études de caractérisation effectuées en mai pour les sept bassins versants et pour la MRC de Montcalm. Le Tableau J illustre les données d'analyses en fonction du temps. Chaque événement représente ici la présence d'au moins un indicateur dans une analyse mensuelle. La figure 2 illustre cette variation saisonnière.

Tableau J. Suivi mensuel des analyses microbiologiques – Répartition mensuelle

	<i>Nombre</i>	<i>Zone agricole intensive</i>	<i>Zone témoin</i>
Total	95	48	47
Mai	6	5	1
Juillet	20	9	11
Août	26	14	12
Septembre	18	7	11
Octobre	13	7	6
Novembre	12	6	6

Le tableau et la figure montrent que la contamination microbiologique est plus fréquente en été avec un maximum d'activité au mois d'août. Ce patron se répète dans chaque zone analysée.

Figure 2. Variation mensuelle de la contamination



Note : Certains puits sont contaminés par plus d'un indicateur à la fois.

Le protocole initial avait établi que le moment opportun pour l'échantillonnage de l'eau souterraine se situait en mai lors de la recharge maximale des eaux souterraines. Pour évaluer les risques de contamination microbiologiques, ce n'est pas nécessairement le cas. Il faut toutefois retenir que la majorité des puits ayant fait l'objet de suivi dans le temps sont des puits de surface ou des captages de source, surtout dans la zone témoin (Tableau G ci-dessus). Ce type de suivi devrait recevoir plus d'attention pour déterminer si les activités de la saison estivale peuvent être responsables de la contamination bactériologique des eaux souterraines. En considérant les données de nitrates, il ne semble pas que l'eau se soit détériorée au cours de cette période.

Durant l'été et l'automne 2002, les prélèvements et les analyses microbiologiques étaient sous la responsabilité du MAPAQ. Dans le protocole d'intervention convenu pour cette partie de l'étude, les responsables de l'échantillonnage devaient communiquer aux propriétaires des résidences les résultats d'analyses bactériologiques positives (i.e. contamination de l'eau par au moins un des paramètres définis plus haut). Cette information était accompagnée de la recommandation de désinfecter leur puits. Des 43 puits qui ont été contaminés au moins 1 fois, 21 ont été désinfectés une fois. Cependant, pour les puits qui présentent plus d'un événement de contamination, 13 de ceux qui avaient été désinfectés (près de la moitié dans la zone témoin) ont subi une contamination subséquente. Dans ces cas, il faudrait revoir tout l'aménagement du puits et des environs parce qu'une source constante de contamination se trouve à proximité.

De cette étude de suivi mensuel, le facteur qui ressort le plus clairement est le type de construction de puits, les puits de surface étant beaucoup plus susceptibles d'être contaminés, que la source de contamination soit d'origine agricole ou non. Par ailleurs, il est important de noter la variation importante de la contamination microbiologique qui était à son maximum en août et à son minimum en mai.

4. ANALYSE STATISTIQUE

4.1 Pondération des échantillons

Pour l'étude de caractérisation des sept bassins versants, l'analyse des données par des méthodes statistiques poussées a été confiée à une équipe d'experts de l'Institut de la Statistique du Québec (ISQ). La première étape du travail a consisté à pondérer l'échantillon de puits utilisé pour cette étude. Selon le protocole initial, chaque point d'échantillonnage est choisi à partir d'un fichier électronique contenant les coordonnées de longitude et de latitude de chaque bâtiment cartographiable à l'échelle 1:20 000. Cette procédure apparemment non biaisée favorise en fait les puits qui sont rattachés à une exploitation agricole parce que, pour un puits d'alimentation en eau, on peut retrouver à proximité plusieurs bâtiments comme des granges, remises, étables ou écuries qui ne sont pas des habitations. Pour corriger cet effet, un facteur de pondération a pris en compte le nombre de bâtiments à proximité de chaque puits échantillonné.

Un autre aspect de la pondération est le problème des substituts. Le protocole prévoyait que lorsque l'échantillonneur se présentait à un lieu de prélèvement choisi au hasard et qu'une raison empêchait la prise de l'échantillon, il pouvait visiter jusqu'à 4 voisins pour obtenir un échantillon. Ces causes de refus sont mentionnées au protocole que devaient suivre les échantillonneurs. La pondération dans ce cas ne peut pas se faire automatiquement et les spécialistes de l'ISQ ont posé l'hypothèse que dans le voisinage immédiat du puits initialement choisi les caractéristiques des autres puits étaient semblables et qu'il n'y avait pas lieu de pondérer pour cette substitution.

4.2 Modèle de régression logistique

L'objectif de l'étude statistique est l'analyse de la qualité de l'eau souterraine selon deux paramètres, les nitrates et les bactéries. Le modèle statistique de régression logistique est utilisé dans cette étude. Ce type de modèle permet d'analyser des données de type « vrai ou faux », des données qui se traitent de façon dichotomique (réponse par « oui ou non ») comme dans le cas présent où des bactéries sont présentes ou non dans un échantillon d'eau. Pour les variables distribuées en continu comme les nitrates, on traite l'information à partir de valeurs-seuils qui sont atteintes (ou dépassées) ou non dans un échantillon donné. Ce type de modèle permet ainsi de faire intervenir de nombreuses variables qui ont un effet significatif ou non sur la qualité d'un échantillon donné.

Ce modèle était particulièrement approprié à l'étude de caractérisation puisque les données du questionnaire ont permis aux statisticiens de considérer huit variables qui pourraient expliquer la teneur en nitrates ou la présence de bactéries observée dans un puits donné. Ces variables explicatives sont : (1) la zone (témoin ou agricole intensive), (2) la strate d'échantillonnage (l'un ou l'autre des sept bassins et une strate correspondant à tous les échantillons témoins), (3) le type de puits, (4) l'absence ou la présence d'activité agricole, (5) le type d'installation septique, (6) la distance entre le puits et l'installation septique, (7) le type d'entreposage de fumier et (8) la distance entre le puits et l'entreposage de fumier. Le questionnaire n'a pas réussi à amasser suffisamment d'informations sur tous ces paramètres et le faible nombre de puits contaminés avec des bactéries ne permettait pas non plus de relier le nombre de bactéries observées (plutôt que leur absence ou leur présence) à tel ou tel facteur.

Essentiellement, le modèle de régression logistique associe une probabilité p_i (valeur comprise entre 0 et 1) que la valeur de nitrates, par exemple, soit égale ou plus grande qu'une valeur-seuil étant donné les valeurs prises par d'autres variables qui affectent ce puits. Dans toutes les interprétations résumées ci-dessous, on ne retiendra que celles qui sont jugées *statistiquement significatives*. Plusieurs variables ont été évaluées pour tenter d'expliquer les résultats mais pour la plupart, il n'est pas possible de confirmer, statistiquement, qu'il y a association entre ces variables. Cela ne veut pas dire qu'il y a ou qu'il n'y a pas de relations, mais que, selon la taille ou la structure de l'échantillon de puits, il n'est pas possible de conclure autrement.

4.3 Analyse statistique de la concentration de nitrates

Pour l'analyse des nitrates, le modèle de régression logistique se base sur la concentration en nitrates égale ou supérieure à 3 mg/L N. Le critère de qualité d'eau potable, basé sur le risque sanitaire, est de 10 mg/L N mais à cause du petit nombre de dépassements de cette norme dans l'échantillon de puits analysé, les modèles statistiques seraient de faible utilité. La valeur-seuil de 3 mg/L N correspond à une concentration de nitrates que l'on considère influencée par une activité humaine. Elle témoigne d'un début de contamination même si le critère santé n'est pas dépassé.

Par la suite, l'analyse statistique a permis d'éliminer un bon nombre de variables explicatives, soit à cause de leur petit nombre (variables 7 et 8) ou encore parce que leur effet ne se distingue pas significativement de l'effet causé par le hasard. Les trois premières variables (zone, strate et type de puits), sont celles qui ont permis de mieux expliquer les résultats obtenus pour les nitrates.

En tenant compte de ces variables explicatives, les analyses statistiques ont permis de déterminer qu'il y a un lien entre la présence de l'activité agricole et la qualité de l'eau potable de puits, pour l'ensemble du territoire composé des sept bassins versants, pour la concentration en nitrates égale ou supérieure au seuil de 3 mg/L N. De plus, la proportion de puits dont la concentration excède ce seuil est plus élevée pour les puits de surface que pour les puits en profondeur.

Cette étude est une représentation dans le temps des conditions observées en mai 2002, et il serait opportun d'effectuer un suivi annuel d'un certain nombre de puits pour étudier s'il y a dégradation à moyen terme de la qualité de l'eau souterraine en zone agricole intensive.

4.4 Analyse statistique de la contamination par des bactéries

L'analyse statistique a porté sur la présence d'au moins une bactérie dans l'échantillon, soit un cas de contamination, par rapport à un échantillon exempt de bactérie. Cette analyse est rendue difficile à cause du faible nombre total de cas de contamination, soit 6,7% dans les échantillons analysés.

Les résultats de l'analyse n'ont pas permis de dégager des conclusions aussi nettes que dans le cas des nitrates. C'est-à-dire que la zone d'échantillonnage, soit zone témoin ou zone d'activité agricole intensive, n'est pas une variable qui permet de prédire la probabilité de la présence de bactéries indicatrices. Ce qui ressort de l'application du modèle, c'est que deux variables sont importantes pour expliquer les résultats. Premièrement, comme c'est le cas pour les nitrates, le type de puits constitue la variable la plus significative pour prédire le risque de contamination. Deuxièmement, le type d'ouvrage d'entreposage de fumier est aussi, à un moindre degré, significativement lié à la proportion d'échantillons contaminés. Toutefois, cette dernière variable introduit des distorsions dans le modèle parce que les sites d'entreposage se retrouvent essentiellement

en zone agricole intensive, et parce que le nombre de données analysées avec cette variable ne constitue que les 2/3 des données totales. Cette restriction pourrait affecter la validité des conclusions à ce niveau.

5. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Les résultats de cette enquête représentent une première étude détaillée de la qualité de l'eau souterraine en relation avec les activités agricoles. D'autres études plus ponctuelles avaient déjà été publiées mais sans que soit garanti le processus d'échantillonnage qui doit demeurer aléatoire et indépendant d'hypothèses formulées d'avance. De plus, le choix des paramètres d'analyses a été restreint à un petit nombre d'éléments très spécifiques à l'activité agricole, soit les nitrates provenant des engrais minéraux ou du fumier, et les bactéries indicatrices d'agents pathogènes d'origine fécale, provenant de l'épandage de fumier ou des installations sanitaires des résidences isolées.

Le Québec dispose maintenant d'une base de données qui pourra servir d'étalon pour des études semblables dans le futur afin d'examiner les effets d'une politique ou d'une réglementation sectorielle. Plus de deux mille échantillons ont été prélevés (dont plus de 800 dans une étude parallèle dans la MRC de Montcalm) et leur représentativité du territoire agricole est illustrée sur les cartes en annexe. Le choix de sept bassins versants représentant une très grande partie de l'activité agricole au Québec, surtout en ce qui a trait à l'élevage porcin ou bovin, permet d'étudier la qualité de l'eau souterraine dans ces régions où l'eau de surface est sérieusement affectée par la présence d'excès de phosphore.

Les protocoles d'échantillonnage et d'analyses ont été élaborés par des spécialistes de plusieurs ministères afin d'obtenir des résultats les plus probants qui soit et aussi pour répondre aux préoccupations de chaque partenaire. Les équipes de terrain ont bénéficié d'une formation adéquate et plusieurs contrôles internes et externes ont permis de vérifier en tout temps la bonne marche du processus. Le questionnaire illustré en annexe a aussi été conçu pour permettre la cueillette uniforme de données à tous les endroits visités pour assurer la couverture la plus complète possible des facteurs qui affectent la qualité des eaux souterraines.

À la question posée comme objectif de l'étude, à savoir si l'élevage intensif influence négativement la qualité de l'eau potable des résidents en milieu rural, la réponse est partagée. D'entrée de jeux, le faible taux de dépassements des normes ou de contamination rend l'analyse statistique moins performante. Ce faible taux signifie aussi que la population rurale est pourvue d'un approvisionnement en eau potable de bonne qualité lorsque vue dans son ensemble.

Il n'a pas été possible de faire l'analyse pour les nitrates au seuil représentant la norme de qualité de l'eau potable. Cependant, au seuil de 3 mg/L N, qui représente l'influence de l'activité humaine sur la qualité de l'eau souterraine, la zone agricole intensive est significativement plus affectée que la zone témoin. Cette conclusion, obtenue à la

lumière des données recueillies dans le cadre de cette étude, indique que l'activité agricole générerait un surplus de nitrates qui migre vers l'eau souterraine.

Sous l'aspect de la contamination bactériologique, l'influence de l'activité agricole ne peut pas être mise en cause. L'information tirée du suivi mensuel illustre une dynamique de contamination qui prend sa source localement et qui se manifeste indépendamment des grands mouvements de l'eau souterraine. Il existe néanmoins une relation significative entre la présence de bactéries dans l'eau et le type d'ouvrage d'entreposage de fumier. Cependant cette analyse repose sur un échantillon qui n'est pas aussi représentatif parce qu'en zone témoin il n'y a pas d'entreposage de fumier. Cette remarque ne vaut donc que pour la zone agricole intensive.

Les principaux constats de l'étude peuvent se résumer ainsi.

- Le faible nombre de dépassements des normes pour les indicateurs microbiologiques semble contredire les résultats d'autres études publiées au Québec et en Amérique du Nord. Cependant, dans la plupart de ces études, les coliformes totaux étaient utilisés comme indicateur et non uniquement les indicateurs de contamination fécale comme dans cette étude.
- En mai 2002, il n'y avait pas d'évidence de contamination importante des nappes souterraines, tant d'un point de vue microbiologique qu'en terme de nitrates, étant donné que les cas de contamination avec dépassements de normes étaient isolés. L'examen des points au voisinage d'un puits contaminé montre que les puits voisins sont très rarement contaminés. L'effet de contamination, pris au sens strict de dépassement de norme, est considéré comme local et on émet l'hypothèse que la source de contamination se retrouve fort probablement dans l'environnement immédiat du puits.
- Le suivi mensuel de juillet à novembre 2002 montre que la qualité chimique de l'eau mesurée par les nitrates est pratiquement constante et que les faibles variations ne sont pas liées à des activités saisonnières.
- Le suivi mensuel des indicateurs microbiologiques dans les puits montre une présence beaucoup plus grande en été (juillet et août surtout) et moindre en mai et à l'automne. Les cas de contamination sont sporadiques, c'est-à-dire que certains puits sont contaminés une fois seulement ou plus d'une fois mais pas nécessairement à des mois consécutifs. Les résidents étant avertis de la contamination de leur eau, on leur recommandait de désinfecter leur puits. Environ la moitié des répondants ont fait désinfecter leur puits mais dans 50% des cas la contamination revenait le mois suivant. Le choix des puits pour ce suivi mensuel n'est pas représentatif des puits de la caractérisation des sept bassins versants puisque les puits du suivi mensuel ont été sélectionnés dans le but de maximiser une variation éventuelle de la qualité de l'eau et que par conséquent une majorité de puits sont des installations de surface.

- De tous les paramètres analysés, ce qui ressort le plus nettement comme une variable qui explique le mieux la qualité de l'eau c'est le type de puits. Si on distingue un puits profond comme étant un forage de plus de 8 m de profondeur et un puits de surface comme une installation d'une profondeur de moins de 8 m, en incluant le captage de sources, alors la nette majorité de puits contaminés par des nitrates ou des bactéries sont des puits de surface.

ANNEXE 1

Numéro d'échantillon _____

ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DES PUITTS PRIVÉS

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

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DES ALIMENTAIRES

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 _____

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) _____

INSTALLATION SEPTIQUE

11. Quel type d'installation septique dessert la résidence?

(Poser la question pour savoir comment est construite l'installation plutôt en termes descriptifs)

- Aucun
- Puisard
- Fosse septique avec champ d'épuration
- Fosse septique avec puits absorbant
- Fosse septique avec filtre à sable
- Fosse septique avec biofiltre à base de tourbe
- Réservoir scellé : vidange périodique à la fréquence de _____
- Autre(s) :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

12. En quelle année a été construite l'installation septique?

Année _____

UTILISATION DE PRODUITS DE FERTILISATION

13. Y a-t-il utilisation de produits de fertilisation?

- Sur votre potager 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')
- Sur la pelouse 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 (ou ne s'applique pas)

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

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

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

RENSEIGNEMENTS PARTICULIERS

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

- Non
- Oui

Si oui :

A 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 _____

