

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

SOMMAIRE



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.

Sommaire

AUTEURS

Normand Rousseau, M. Sc.	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec
Patrick Levallois, M.D., M. Sc., FRCPC	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)
Nadine Roy, ing. jr.	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec
Julie Ducrocq, DMV	Direction de l'environnement et du développement durable Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Suzanne Gingras, M. Sc.	Unité de recherche en santé publique Centre de recherche du CHUL (CHUQ)
Pierre Gélinas, Ph. D.	Professeur titulaire d'Hydrogéologie environnementale Département de géologie et de génie géologique, Université Laval
Hélène Tremblay, spécialiste en toxicologie	Direction des politiques de l'eau Ministère de l'Environnement du Québec

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.msst.gouv.qc.ca

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec, 2004

ISBN 2-550-43506

Enviroduq ENV/2004/0310

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

COTE: MENV-2004-005

Photo du couvert 4 : Julie Moisan, ministère de l'Environnement

© Gouvernement du Québec, 2004

1. ORIGINE DU PROJET

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 cultivées. Les activités traditionnelles sont devenues plus spécialisées, surtout dans le domaine de l'élevage. Dans certaines régions du Québec, le fait de concentrer plus d'animaux par unité de surface crée une pression croissante sur l'environnement, ce qui soulève des inquiétudes quant à la qualité de l'eau dans ces territoires.

Dans les régions rurales, la population s'approvisionne en eau par des puits individuels ou par un aqueduc qui est alimenté par l'eau de surface ou par l'eau souterraine. L'impact des activités agricoles intensives sur ces sources d'approvisionnement et les risques éventuels pour la santé sont mal connus. C'est pourquoi le ministère de l'Environnement, 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), a coordonné une étude de caractérisation de la qualité de l'eau souterraine et des risques environnementaux et sanitaires associés aux productions animales.

Ce projet, qui s'appelle *Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé*, s'est déroulé sur le territoire de sept bassins versants de rivières dont la qualité des eaux de surface est détériorée, en particulier à cause des concentrations excédentaires de phosphore. Les régions qui ont été étudiées sont :

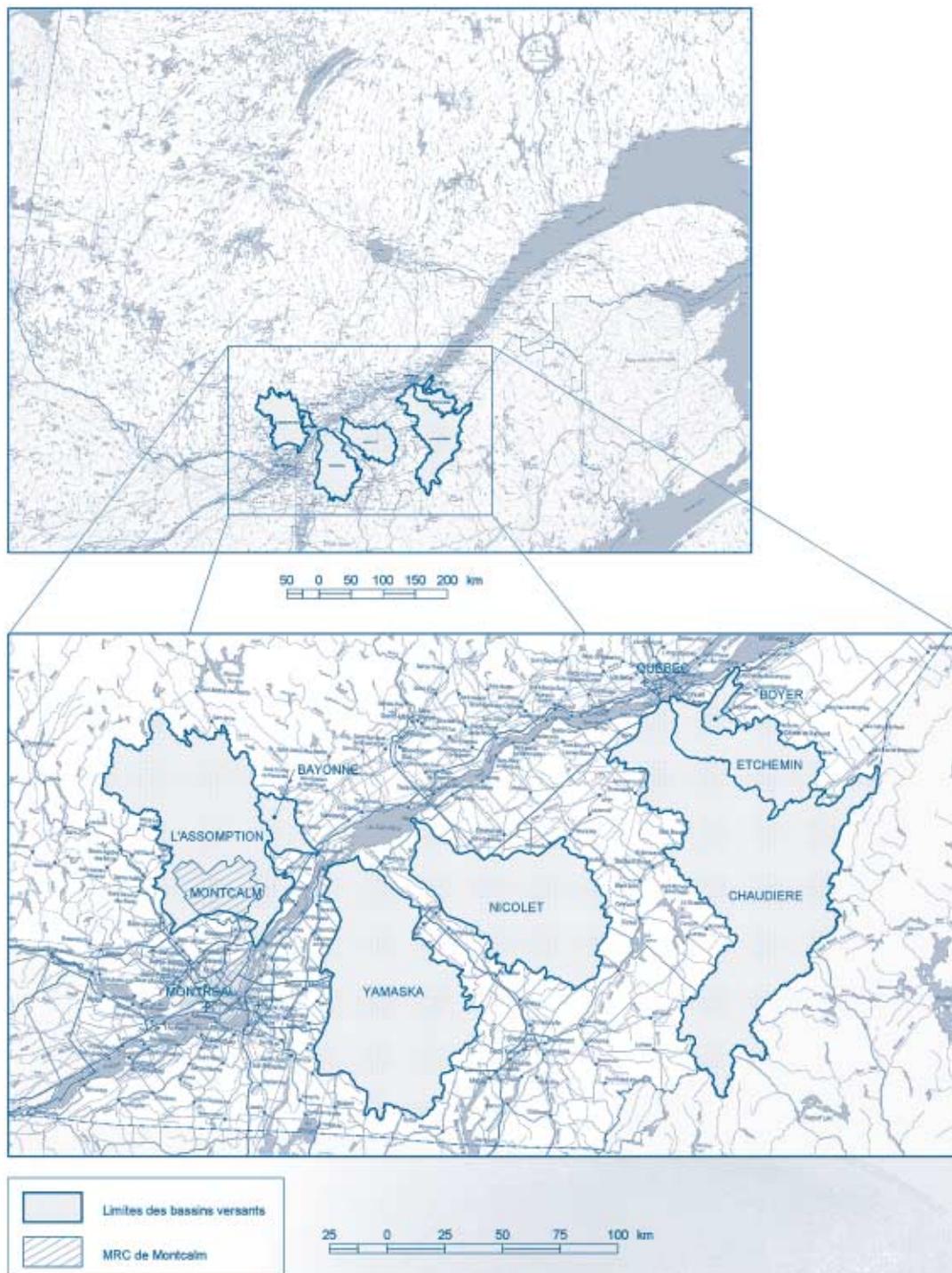
- (1) la région de Chaudière-Appalaches (bassins versants des rivières Chaudière, Etchemin et Boyer),
- (2) la région de Lanaudière (bassins versants des rivières L'Assomption et Bayonne),
- (3) la région de la Montérégie (bassin versant de la rivière Yamaska),
- (4) la région du Centre-du-Québec (bassin versant de la rivière Nicolet).

La Carte 1 montre le territoire sur lequel s'est déroulé le projet.



Source : Marc Lajoie, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Carte 1
Localisation des bassins versants à l'étude



2. OBJECTIFS ET STRATÉGIE

Le projet visait à évaluer les liens qui existent entre la qualité de l'eau de consommation, l'état de la santé des populations et l'intensité des activités agricoles, notamment les productions animales. Le projet comportait quatre objectifs :

- 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.

Le projet 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. Souvent, les équipes de recherche œuvrant dans ces deux secteurs d'activités évoluent indépendamment. Leur association dans le cadre du projet a été l'occasion d'étudier la situation d'une façon beaucoup mieux intégrée. Ainsi, on a synchronisé la caractérisation de la qualité de l'eau des résidences en milieu rural avec une enquête sur l'incidence de gastro-entérites, laquelle a été complétée par une évaluation des risques que courent les gens exposés aux nitrates. Cet élément central du projet est complété par des études sur les habitudes de consommation d'eau des adultes et des nourrissons, par une étude sur l'incidence de gastro-entérites qui est fondée sur le nombre d'hospitalisations et sur les registres



Rivière Nicolet

Source : Corporation pour la promotion de l'environnement de la rivière Nicolet

de maladies à déclaration obligatoire des Directions de santé publique, par une étude traitant de l'influence de la vulnérabilité des aquifères sur l'occurrence de contamination de l'eau des puits individuels et enfin par une étude de la qualité de l'eau (souterraine et de surface) servant de sources d'approvisionnement des réseaux municipaux de distribution d'eau potable.

Pour réaliser ce projet, 2 070 puits de résidences privées, répartis dans 159 municipalités et 144 sources d'approvisionnement (94 en eau souterraine et 50 en eau de surface) ont été échantillonnés. Par ailleurs, 1 164 familles ont accepté de participer à l'enquête sur les risques de gastro-entérite. Parallèlement, des enquêtes téléphoniques sur les habitudes de consommation ont permis aux chercheurs de bénéficier de la collaboration de 8 996 adultes et de 642 parents de nourrissons.

Pour évaluer objectivement les impacts de l'agriculture intensive, le territoire a été divisé en deux zones, auxquelles réfère la plupart des études du projet : (1) **une zone d'agriculture intensive** regroupant des municipalités où l'activité agricole (culture et élevage) couvre 25 % ou plus du territoire et dont le bilan de phosphore (P_2O_5)¹ se révèle excédentaire (municipalités en surplus de fumier) et (2) **une zone témoin** représentée par des municipalités rurales où l'activité agricole est faible (utilisation de moins de 25 % du territoire) et dont le bilan de phosphore est négatif.

¹ Le bilan de phosphore à la surface du sol tel que défini dans le *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* était utilisé comme indicateur de l'intensité de la production animale.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants

Cette étude comportait deux volets. Le premier volet consistait à évaluer l'état de la contamination de l'eau de puits domestiques, à un moment précis. Tous les échantillons ont été prélevés entre le 6 et le 31 mai 2002, période de l'année au Québec durant laquelle les eaux de surface s'infiltrent dans les formations aquifères pour rejoindre les eaux souterraines. On a prélevé au total 1 260 échantillons dans des puits privés sur le territoire des sept bassins versants à l'étude, dont 17,3 % dans la zone témoin. Lors de la visite des points d'échantillonnage sélectionnés, un questionnaire détaillé a permis aux échantillonneurs de recueillir de l'information sur la construction du puits, sur les installations septiques et sur les activités agricoles ayant cours dans les environs (élevage, culture, pâturage, entreposage de fumier).

Le second volet de l'étude consistait à échantillonner des puits à plusieurs reprises pour une plus longue période. Ainsi, quatre-vingt-treize (93) puits qui, pour la plupart, avaient déjà été échantillonnés en mai, ont été échantillonnés, sur une base mensuelle, de juillet à novembre 2002, dans la MRC de Montcalm (bassin de la rivière L'Assomption). L'objectif de ce deuxième échantillonnage était d'effectuer un suivi de la variation de la qualité de l'eau au cours de l'été et de l'automne.

Dans la zone d'agriculture intensive, les préoccupations majeures au chapitre de la santé publique portent sur les contaminants de nature chimique (engrais, pesticides) ou microbiologique (protozoaires, bactéries, virus). Il a été convenu de concentrer les analyses pour quatre paramètres : (1) les nitrites-nitrates, qui représentent la contamination de nature chimique, et les microor-

ganismes indicateurs suivants : (2) la bactérie *Escherichia coli*, (3) les bactéries entérocoques et (4) les virus de type coliphage F-spécifiques, qui représentent la contamination microbiologique.

L'analyse statistique des résultats de l'échantillonnage du mois de mai, confiée à l'Institut de la statistique du Québec, a permis de faire la comparaison entre les échantillons provenant de la zone d'agriculture intensive et ceux provenant de la zone témoin. On a fait la comparaison en tenant compte de deux résultats : premièrement, la proportion d'échantillons dont la concentration en nitrites-nitrates est d'au moins 3 mg/L-N², seuil à partir duquel l'influence des activités humaines sur l'eau souterraine est indéniable; et deuxièmement, la proportion d'échantillons comportant la présence d'au moins un indicateur microbiologique (*E. coli*, entérocoques ou virus de type coliphage F-spécifiques).

3.2. Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm

Parmi les nombreuses études planifiées dans le cadre de ce projet, la réalisation d'une étude sur le territoire de la MRC de Montcalm a permis d'intégrer un volet hydrogéologique en évaluant dans quelle mesure la vulnérabilité des aquifères permet d'anticiper le transfert de contaminants provenant de la surface vers l'eau souterraine dans la zone d'agriculture intensive. Le territoire de la MRC de Montcalm a été choisi parce qu'il a déjà fait l'objet d'une cartographie de la vulnérabilité fondée sur une approche rigoureuse et complète, nommément la méthode DRASTIC³. De plus, toutes les municipalités de cette MRC présentent un bilan de phosphore excédentaire ou bien ont une vocation essentiellement agricole.

2 La proportion de résultats au-dessus de la norme de potabilité de 10 mg/L-N était trop faible pour utiliser cette valeur pour les tests statistiques.

3 Méthode structurée servant à évaluer la vulnérabilité de la nappe souterraine à la pollution, développée entre 1983 et 1987 par la National Water Well Association (NWWA) pour le compte de l'Environmental Protection Agency (EPA), aux États-Unis (Aller *et al.*, 1989)

La campagne d'échantillonnage a été réalisée du 6 au 31 mai 2002, soit en même temps et de la même façon que la campagne d'échantillonnage de l'étude de *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*. Les 712 échantillons d'eau prélevés dans des puits individuels, sur le territoire de la MRC, ont été classés suivant trois zones, selon l'indice de vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère échantillonné : une zone de faible vulnérabilité (indices DRASTIC inférieurs à 100), une zone de vulnérabilité intermédiaire (indices compris entre 100 et 150), et une zone de forte vulnérabilité (caractérisée par des indices supérieurs à 150). On a analysé tous les échantillons d'eau pour quatre paramètres, les mêmes que ceux de l'étude *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*.

L'analyse statistique, confiée à l'Institut de la statistique du Québec, a comparé entre eux les groupes d'échantillons provenant des trois zones de vulnérabilité. On a fait cette comparaison en tenant compte de deux résultats : la proportion d'échantillons dont la concentration en nitrites-nitrates est d'au moins 3 mg/L-N et la proportion d'échantillons comportant la présence d'au moins un indicateur microbiologique.

3.3. Caractérisation des sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier

Cette étude comporte une analyse ponctuelle de la qualité des sources d'approvisionnement de réseaux municipaux de distribution d'eau potable dans la zone d'agriculture intensive et dans la zone témoin de même qu'une comparaison entre ces deux types de sources d'approvisionnement. On a identifié des sources dans la zone témoin et dans la zone d'agriculture intensive, à partir de critères similaires pour les eaux souterraines et les eaux de surface.

La plupart des échantillons d'eau ont été prélevés durant la période du 18 au 29 août 2002. Au total, 144 sources d'approvisionnement (94 en eau souterraine et 50 en eau de surface) ont été étudiées au cours de la campagne d'échantillonnage. Cinquante-deux pour cent des réseaux alimentés en eau souterraine et 40 % des réseaux alimentés en eau de surface, qui ont été étudiés, se retrouvent dans la zone d'agriculture intensive. On a obtenu des précisions sur la nature des sources d'approvisionnement sélectionnées à l'aide d'un questionnaire que chaque exploitant a rempli et qui a été validé subséquemment par le système informatisé *Eau potable* du ministère de l'Environnement.

Les indicateurs microbiologiques de contamination fécale (bactéries *E. coli*, entérocoques et virus de type coliphage F-spécifiques) ont été recherchés dans l'eau brute ainsi que certains paramètres chimiques (nitrites-nitrates, azote ammoniacal, phosphore et carbone organique total [COT]).

3.4. Étude de la consommation d'eau dans la population adulte

Une enquête téléphonique a été réalisée du 4 avril au 14 mai 2002, auprès d'adultes résidant dans des municipalités situées à l'intérieur des limites des sept bassins versants faisant l'objet de l'étude. Il s'agissait d'un échantillon aléatoire de 4 513 adultes domiciliés dans des municipalités en zone d'agriculture intensive et de 4 483 adultes domiciliés dans des municipalités en zone témoin.

L'entretien téléphonique a porté principalement sur la consommation d'eau du répondant au cours de la journée précédant l'entrevue (nombre de verres d'eau froide, de boissons froides et chaudes préparées à domicile, nombre total de verres d'eau et de boissons bus à l'extérieur). On a aussi posé des questions au regard de la consommation d'eau embouteillée, de la source d'approvisionnement en eau potable, de l'utilisation d'appareils de traitement et sur les perceptions que ces personnes ont de la qualité de l'eau du robinet.



Rivière Yamaska

Source : Michel Boulianne,
ministère de l'Environnement

Les analyses ont porté principalement sur les comparaisons entre les deux groupes de municipalités mais aussi sur les comparaisons selon la source d'approvisionnement en eau potable. Elles ont été pondérées selon la structure d'âge et de sexe de la population cible.

3.5. Étude de la consommation d'eau chez les nourrissons

Une enquête téléphonique a été réalisée du 26 février au 28 juin 2002, auprès de 642 parents de nourrissons âgés de 8 semaines et domiciliés dans des municipalités en zone d'agriculture intensive (483) et des municipalités en zone témoin (159). Toutes ces municipalités étaient situées dans les limites des sept bassins versants à l'étude et utilisaient de l'eau souterraine. L'entretien téléphonique portait sur la consommation d'eau et sur les habitudes alimentaires des nouveaux-nés (sur une base journalière, quantités de lait, d'eau et de jus consommées, et consommation de certains aliments). On a aussi évalué l'état de santé des nourrissons, dans quelle mesure on utilisait de l'eau embouteillée pour préparer des biberons à domicile, la source d'approvisionnement en eau potable, les appareils de traitement d'eau, quelle perception ces personnes avaient de la qualité de l'eau du robinet à domicile et la fréquence de vérification de la qualité de l'eau du puits. Les analyses ont porté essentiellement sur les comparaisons entre les deux groupes de municipalités mais aussi sur les comparaisons selon la source d'approvisionnement en eau potable.

3.6. Étude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique

L'enquête a été réalisée du 6 au 31 mai 2002, auprès de tous les membres des familles qui ont été visitées dans le cadre de l'étude de *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*. Parmi les personnes admissibles pour la présente étude, 3 008 personnes ont accepté de participer. Elles venaient de 923 familles résidant dans des municipalités situées dans la zone d'agriculture intensive et de 241 familles résidant dans des municipalités situées dans la zone témoin.

Les participants (ou un des parents pour les moins de 14 ans) ont dû remplir un questionnaire sur les habitudes de consommation d'eau et sur les symptômes de gastro-entérite (vomissements, diarrhée) survenus pendant la semaine qui a précédé la visite. Ils ont dû aussi répondre à des questions sur les facteurs de risques de gastro-entérite (antécédents médicaux, alimentation, prise de médicaments, travail avec exposition à risque, etc.) et remplir un journal sur leur consommation d'eau et sur leurs symptômes dans les sept jours suivant la visite.

Pour les résidents s'approvisionnant à partir d'un puits domestique, les risques qu'ils courent de contracter une gastro-entérite dans la zone d'agriculture intensive ont été comparés à ceux des résidents de la zone témoin. On a aussi comparé le niveau de risque selon le niveau de contamination de l'eau du puits domestique.

3.7. Incidence des maladies entériques potentiellement transmissibles par l'eau : analyse des hospitalisations et des cas déclarés aux directions de santé publique 1995-1999

On a consulté deux bases de données sanitaires : la banque des hospitalisations (Med-Écho) et celle des maladies à déclaration obligatoire du Québec (MADO). Les données ont été compilées pour la période de 1995 à 1999 inclusivement. Dans cette étude, la zone témoin est constituée de municipalités agricoles, dont le bilan de phosphore est négatif, se trouvant à l'extérieur des sept bassins versants étudiés. On a comparé la fréquence des maladies entériques (hospitalisation et incidence) entre les deux groupes de municipalités. On a évalué les liens entre, d'une part, l'apparition de maladies gastro-intestinales et, d'autre part, la source d'eau utilisée (puits privé ou réseau d'aqueduc), le traitement des réseaux d'aqueducs municipaux (chloration ou non) et le bilan en phosphore de la municipalité.

3.8. Évaluation du risque à la santé pour la population exposée aux nitrates présents dans l'eau potable

Pour évaluer chez les nourrissons le risque de méthémoglobinémie pouvant découler de la consommation d'eau de puits, on a élaboré un modèle toxicocinétique. Ce modèle tenait compte de la proportion de nitrates transformés en nitrites, du taux de formation de méthémoglobine à partir des nitrites et du taux de régénération de la méthémoglobine. Grâce à des simulations Monte Carlo, on a pu obtenir une distribution de concentrations de méthémoglobine pouvant être formée selon les concentrations de nitrates qui ont été mesurées dans les puits de l'étude

de *Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants*. Les estimations de volume d'eau consommée par les nourrissons ont été obtenues grâce à l'*Étude de consommation d'eau chez les nourrissons*. Les simulations ont été réalisées pour les nourrissons vivant dans la zone d'agriculture intensive et pour ceux de la zone témoin, selon les concentrations de nitrates mesurées dans l'ensemble des puits, les puits profonds et les puits de surface et de captage de sources naturelles.

Pour les adultes, on a réalisé une évaluation qualitative du risque cancérigène. Le calcul des apports en précurseurs aminés a permis d'estimer la quantité de composés N-nitrosés formés *in vivo* à la suite de l'ingestion d'eau contenant les concentrations de nitrates mesurées dans les puits et ainsi de comparer le risque associé à ces composés au risque cancérigène propre à une dose de N-nitrosodiméthylamine (NDMA) préformée qui est habituellement ingérée lorsqu'on consomme des aliments. On a complété cette évaluation qualitative par une évaluation quantitative pour trois composés N-nitrosés : le NDMA, le nitrosodiméthylamine (NDEA) et le nitrosopyrrolidine (NPYR). L'estimation des quantités formées de ces trois composés N-nitrosés combinée à un estimateur de risque a permis d'obtenir, à l'aide des simulations Monte Carlo, une estimation de la probabilité d'un risque accru de cas de cancer pour les populations exposées aux concentrations de nitrates mesurées dans les territoires à l'étude. Les volumes d'eau utilisés dans les estimations sont représentatifs de la population à l'étude puisqu'ils proviennent de l'*Étude de la consommation d'eau dans la population adulte*.

4. RÉSULTATS

4.1. Caractérisation de l'eau souterraine dans les sept bassins versants

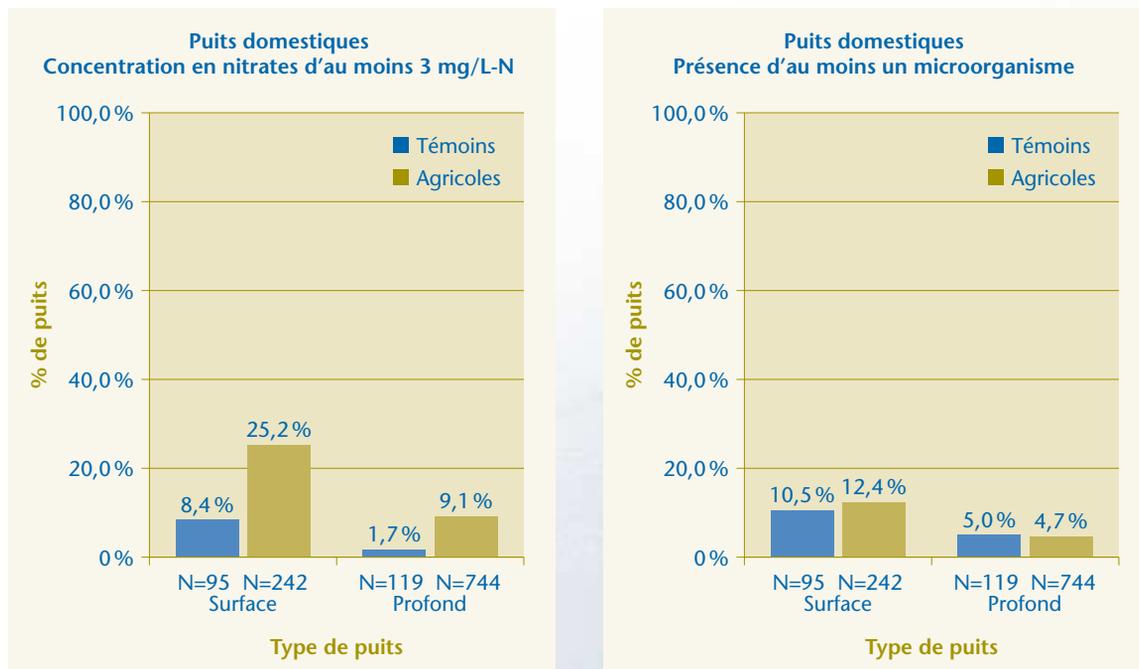
Sur les 1 260 échantillons qui ont été analysés, 33 (2,6%) ont dépassé la norme de potabilité de 10 mg/L-N (nitrites-nitrates) et 143 (11,3%) ont dépassé 3 mg/L-N. Vingt échantillons (1,6%) ont montré la présence de *E. coli*, 72 (5,7%) d'entérocoques et 3 (0,2%) de virus coliphages.

La proportion de puits dont l'eau présente une concentration d'au moins 3 mg/L-N est plus élevée dans la zone d'agriculture intensive que dans la zone témoin. Autrement dit, l'activité en surface a des répercussions sur l'eau souterraine qui se manifestent clairement en termes de nitrites-nitrates. Cependant, ces répercussions sont plus faibles dans le cas des puits profonds que dans celui des puits de surface. Quant aux microorganismes, les tests réalisés n'ont pas démontré de lien entre la présence des indicateurs microbiologiques analysés et l'agriculture intensive.

De façon générale, les puits qui sont affectés, que ce soit par les microorganismes ou par les nitrates (≥ 3 mg/L-N), sont des ouvrages de surface (moins de 8 mètres de profondeur). De plus, les puits affectés sont indépendants les uns des autres et sont souvent séparés par des distances de plusieurs kilomètres, ce qui indique que les sources de contamination sont locales. Enfin, seulement 18 puits (1,4%) étaient affectés à la fois par des nitrites-nitrates et par des bactéries, ce qui suggère des dynamiques, sinon des sources différentes, pour ces deux indicateurs.

La figure 1 présente le pourcentage de puits ayant des concentrations de nitrates ≥ 3 mg/L-N et le pourcentage de puits qui présentent au moins un indicateur de contamination microbiologique, selon le type de puits et la zone d'échantillonnage. Les puits de surface, dans la zone d'agriculture intensive, sont les plus touchés puisque plus de 25% dépassent le seuil de 3 mg/L-N.

Figure 1 : Sommaire des résultats de la caractérisation des puits domestiques



Suivi mensuel

Le suivi mensuel qui a été réalisé, de juillet à novembre 2002, dans 93 puits domestiques (la plupart échantillonnés aussi en mai), donne les indications suivantes : la qualité chimique de l'eau mesurée par les nitrates est pratiquement constante au cours de cette période et les faibles variations ne sont pas liées aux activités saisonnières. Cependant, le suivi des indicateurs microbiologiques indique que la contamination bactérienne est plus fréquente en été, avec un maximum en août, alors qu'elle est moindre en mai et à l'automne. De plus, contrairement aux nitrates, cette contamination est sporadique, c'est-à-dire qu'elle peut survenir une fois seulement ou, si elle se produit plus d'une fois, ce n'est pas nécessairement pour des mois consécutifs.

4.2. Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm

Pour les nitrites-nitrates, l'analyse statistique n'a pas révélé de lien entre la proportion d'échantillons dont la concentration est d'au moins 3 mg/L-N et la vulnérabilité, une fois qu'on a fait abstraction de l'effet des autres caractéristiques du puits ou de son environnement considérés dans l'étude. Cependant, il est difficile de distinguer l'effet du type de puits sur la proportion de puits affectés en nitrites-nitrates de l'effet de la vulnérabilité. En effet, le type de puits, qui est tributaire des caractéristiques du milieu, intègre plusieurs des paramètres considérés dans le calcul d'un indice de vulnérabilité.

En ce qui concerne les microorganismes, l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de lien entre la vulnérabilité et la contamination des puits profonds (plus de 8 mètres), puisque la proportion de puits contaminés est similaire dans les trois zones de vulnérabilité. Par contre, pour les puits de surface et les captages de source, le portrait

est plus nuancé puisqu'il faut tenir compte de l'activité agricole pour tirer des conclusions sur l'influence de la vulnérabilité sur la contamination microbiologique. Lorsqu'il y a présence d'activité agricole, la proportion de puits de surface contaminés par des microorganismes tend à être plus élevée dans les zones de forte vulnérabilité que dans les zones de moyenne ou de faible vulnérabilité, bien que ce lien ne soit pas statistiquement significatif. Au contraire, en l'absence d'activité agricole, la proportion de puits de surface contaminés par des microorganismes est nettement plus faible dans les zones de forte vulnérabilité que dans les zones de moyenne ou de faible vulnérabilité. Cette apparente contradiction dans les résultats met en lumière les facteurs multiples pouvant influencer le niveau de contamination d'un puits : intégrité du puits, aménagement de ses alentours, proximité de la source de contamination, topographie, caractéristiques physiques du sol, comportement des microorganismes, etc.

4.3. Caractérisation des sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier

Dans les approvisionnements en eau souterraine, les résultats de cette étude montrent que les concentrations d'azote ammoniacal sont plus importantes dans la zone d'agriculture intensive que dans la zone témoin. Une différence statistiquement significative a aussi été mise en évidence entre le pourcentage de sources contaminées au niveau bactériologique dans la zone d'agriculture intensive (16 %) et ce pourcentage dans la zone témoin (2 %).

Pour l'eau de surface, les sources d'approvisionnement en rivières, situées dans la zone d'agriculture intensive, présentent des concentrations plus élevées de nitrites-nitrates et de phosphore total que celles situées dans la zone témoin. En outre,



Rivière L'Assomption

Source : Lyne Pelletier, ministère de l'Environnement

pour ces sources d'approvisionnement, une corrélation positive entre les bactéries *E. coli* et les nitrites-nitrates a été observée dans la zone d'agriculture intensive. Cette corrélation n'a pas été établie pour la zone témoin.

4.4. Étude de la consommation d'eau dans la population adulte

À domicile, la consommation moyenne d'eau du robinet était légèrement plus élevée chez les résidents du territoire en surplus de fumier (1,24 L/jour) comparativement à ceux du territoire témoin (1,14 L/jour) ($p \leq 0,001$). À l'inverse, la proportion de consommateurs d'eau embouteillée était plus faible dans la zone d'agriculture intensive (25%) que dans la zone témoin (33%). Ces différences semblent être principalement attribuables à la source d'alimentation en eau potable qui différait selon les deux territoires. En effet, la proportion de puits privés dans la zone d'agriculture intensive était plus grande et la consommation moyenne d'eau du robinet était plus élevée pour ceux qui s'approvisionnaient via un réseau ou un puits privé que pour les gens qui s'approvisionnaient via un réseau public. Ainsi, lorsque l'on tenait compte de la source d'approvisionnement en eau potable, la consommation d'eau du robinet n'était plus différente entre les deux territoires.

Plus de 80% des participants considéraient de bonne à très bonne la qualité de l'eau du robinet et les gens résidant dans la zone d'agriculture intensive la percevaient un peu mieux. Cette différence semble attribuable aux sources d'alimentation en eau potable qui diffèrent selon les territoires étudiés. En effet, la qualité de l'eau provenant des puits privés était légèrement mieux perçue que celle desservie par les réseaux publics. Quant à l'eau souterraine non chlorée, elle était aussi un peu mieux perçue que l'eau chlorée. Par ailleurs, plus de 80% des répondants considéraient que le risque associé à la consommation d'eau du robinet était nul ou peu élevé.

4.5. Étude de la consommation d'eau chez les nourrissons

Parmi les 642 nourrissons, 393 (61,2%) consommaient de l'eau à l'âge de 8 semaines. De ces derniers, 4,6% étaient nourris surtout au lait maternel, 3,1% recevaient principalement du lait prêt à servir, 21,6% recevaient à la fois du lait maternel et des préparations lactées reconstituées et 70,7% recevaient surtout des préparations lactées reconstituées (72,7% dans la zone d'agriculture intensive et 64,6% dans la zone témoin). Pour ce groupe de 70,7%, on utilisait l'eau du robinet chez 60,1%, en proportion équivalente pour chaque territoire, et la quantité moyenne d'eau du robinet consommée était de 682 ± 241 mL, soit 126 ± 44 mL/kg, une quantité équivalente pour les deux territoires. Les moyennes de consommation d'eau du robinet étaient semblables entre les résidents s'approvisionnant par un puits privé ou par un réseau public.

Par ailleurs, les parents considéraient généralement que la qualité générale de l'eau du robinet était bonne ou très bonne et ceci dans une plus grande proportion pour ceux qui résidaient dans la zone d'agriculture intensive (90,2%) que pour ceux dans la zone témoin (83,7%). Cet écart

était attribuable à une plus grande proportion de puits dans la zone d'agriculture intensive et au fait que ces consommateurs avaient une opinion plus favorable de l'eau de puits (91,7%) comparativement à ceux des réseaux publics (83,6%). Quant à la perception d'un risque pour la santé des nourrissons lié à leur consommation d'eau du robinet, elle était plus fréquente chez les parents dont l'eau provenait d'un réseau public (28,3%) que chez ceux qui s'approvisionnaient à un puits privé (17,9%). Par ailleurs, pour les parents qui utilisaient, pour leur nourrisson, l'eau du robinet provenant d'un puits privé, la fréquence de vérification de la qualité de l'eau du puits, au cours de l'année ayant précédé l'enquête, était faible mais néanmoins plus grande dans la zone d'agriculture intensive, soit 36,4% comparativement à 21,8% dans la zone témoin.

4.6. Étude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique

La prévalence de symptômes de gastro-entérite était similaire dans les deux groupes de municipalités qui ont été étudiés. En effet, 9,5% des personnes résidant dans la zone d'agriculture intensive ont rapporté des symptômes de gastro-entérite durant les 2 semaines de la période de l'enquête, comparativement à 9,6% pour le groupe résidant dans la zone témoin. En tenant compte des différents facteurs de risque de gastro-entérite évalués, le risque de gastro-entérite restait le même dans les deux groupes de municipalités. De plus, il n'y avait pas de lien entre les symptômes de gastro-entérite et la consommation d'eau de robinet ou la proximité de sources potentielles de contamination des puits (fosse septique et épandage des fumiers et lisiers). On n'a pas observé de lien entre le territoire de résidence et la prévalence de diarrhée au cours de l'année qui a précédé l'enquête.

4.7. Incidence des maladies entériques potentiellement transmissibles par l'eau : analyse des hospitalisations et des cas déclarés aux directions de santé publique 1995-1999

Hospitalisations

Sans faire de distinction entre les territoires de résidence, on a observé que 90% des maladies entériques aiguës qui ont nécessité une hospitalisation avaient une étiologie inconnue, les diagnostics les plus fréquents étant la gastro-entérite et la colite. Les taux d'hospitalisation étaient les plus élevés pour les moins de 5 ans et les 65 ans et plus.

Pour les hospitalisations consécutives à des infections potentiellement transmissibles par l'eau, autant pour les cas dont l'étiologie est inconnue (90%) que pour ceux d'origine potentiellement animale (4%), le risque était plus élevé dans les municipalités de la zone d'agriculture intensive que dans les municipalités de la zone témoin. Pour les infections potentiellement d'origine animale, ces résultats ont été observés dans les municipalités dont la majorité de la population s'approvisionnait par des puits privés. Quant aux infections d'origine inconnue, chez les enfants de moins de 5 ans, les taux sont plus élevés dans la zone d'agriculture intensive, quelle que soit la source d'approvisionnement (réseaux s'approvisionnant en eaux de surface ou souterraines ou puits privés), de même que dans les municipalités qui s'approvisionnaient par un réseau public dont l'eau est non chlorée.

Maladies à déclaration obligatoire

Pour les infections par maladies entériques à déclaration obligatoire, 93% des cas étaient des infections transmissibles par voie hydrique et potentiellement d'origine animale. Cinquante pour cent des cas seraient attribuables à la bactérie *Campylobacter* sp. On observe ces maladies le plus souvent chez les enfants.



Rivière Chaudière

Source: Michel Boulianne, ministère de l'Environnement

En général, le risque d'infection par maladies entériques à déclaration obligatoire, transmissibles par l'eau et possiblement d'origine animale, n'était pas différent qu'il s'agisse de municipalités de la zone d'agriculture intensive ou de municipalités de la zone témoin. Cependant, lorsque la majorité de la population s'approvisionnait en eau par des puits privés et dans les municipalités avec un réseau d'aqueduc dont l'eau est chlorée, le risque était plus élevé pour les enfants de moins de 5 ans dans les municipalités situées dans la zone d'agriculture intensive que dans les municipalités situées dans la zone témoin.

4.8. Évaluation du risque à la santé pour la population exposée aux nitrates présents dans l'eau potable

À la lumière des résultats obtenus à la suite des simulations, il s'avère qu'aux concentrations de nitrates mesurées dans les territoires étudiés, il est peu probable d'observer une augmentation des niveaux de méthémoglobine chez les nourrissons. Cependant, lorsqu'il s'agit de considérer les puits un à un, la prudence reste de mise puisqu'un faible pourcentage de ceux-ci dépassait la norme des nitrates dans l'eau potable (10 mg/L-N) et que parmi ces derniers, certains présentaient des concentrations supérieures à 20 mg/L-N.

Les études épidémiologiques et le modèle toxicocinétique développé pour cette étude montrent que des concentrations de cet ordre peuvent être associées au risque de développer une méthémoglobinémie.

D'après l'évaluation du risque cancérigène associé aux nitrates, les concentrations de nitrates qu'on a mesurées lors de la campagne d'échantillonnage des puits ne sont pas plus susceptibles d'accroître le risque de cancer que les quantités de NDMA présentes dans les aliments. D'après l'estimation quantitative des risques de contracter un cancer, l'excès de risque associé à la formation dans l'estomac de NDMA, NDEA et NPYR est très faible et peut être considéré comme négligeable (le chiffre est inférieur à un cas de cancer en excès pour un million de personnes qui ont consommé cette dose pendant toute leur vie).

Puisqu'on a mesuré de faibles concentrations de nitrates dans les puits des territoires étudiés, les différentes évaluations du risque qu'on a effectuées démontrent que les dangers que courent les populations résidant dans la zone d'agriculture intensive sont en général très faibles, et ce, autant pour la méthémoglobinémie que pour le cancer.

5. SYNTHÈSE

Dans l'ensemble, l'étude permet de tracer un portrait ponctuel rassurant à l'égard de la qualité de l'eau et des risques à la santé auxquels sont confrontés les résidents de la zone d'agriculture intensive des sept bassins versants. Néanmoins, les écarts qu'on a observés dans les résultats entre la zone d'agriculture intensive et la zone témoin constituent un avertissement suffisant pour nous inciter à la vigilance et à l'action.

5.1. Volet environnement

5.1.1. Puits individuels

Les résultats obtenus constituent une première étude détaillée sur la qualité de l'eau souterraine en relation avec les activités agricoles au Québec. Au total, plus de deux mille échantillons d'eau (2 070) ont été prélevés dans des puits individuels sur le territoire de sept bassins versants qui regroupent la majorité des activités agricoles au Québec, surtout en ce qui a trait à l'élevage porcin ou bovin, et où l'eau de surface est affectée par des concentrations excessives de phosphore et d'azote (notamment sous les formes de nitrites et nitrates).

Les résultats observés, relativement à l'influence possible des activités agricoles sur la qualité de l'eau, sont différents pour les nitrates et pour les microorganismes. Il y a une plus grande proportion de puits affectés par les nitrates dans la zone d'agriculture intensive que dans la zone témoin, et cette proportion est plus importante encore dans les puits de surface que dans les puits profonds. Cependant, l'étude réalisée sur le territoire la MRC de Montcalm n'a pas permis d'établir de lien entre la vulnérabilité de la nappe et les concentrations en nitrates dans les puits privés.

En revanche, la distribution des microorganismes est uniforme sur l'ensemble du territoire, que ce soit dans la zone d'agriculture intensive ou dans la zone témoin. De plus, l'occurrence de microorganismes dans les puits d'approvisionnement en eau potable est très sensible à la saisonnalité et se manifeste indépendamment de la dynamique habituelle de l'eau souterraine. L'étude démontre ainsi que la dynamique de migration des microorganismes dans le sol et les caractéristiques du milieu qui la contrôlent sont encore imparfaitement connus.

5.1.2. Sources municipales d'approvisionnement en eau potable

Il y a très peu d'études au Québec qui portent spécifiquement sur la qualité des sources municipales d'approvisionnement en eau potable. La présente étude livre notamment un portrait instantané de la qualité des approvisionnements municipaux en eau souterraine et en eau de surface situées sur le territoire à l'étude.

Cent quarante-quatre sources d'approvisionnement ont été étudiées (94 en eau souterraine et 50 en eau de surface). De façon générale, les niveaux de contamination qui ont été observés ne sont pas alarmants même si certains paramètres peuvent être présents à des niveaux notables. En eau souterraine, les concentrations d'azote ammoniacal et la fréquence d'une contamination bactériologique sont plus élevées dans les captages situés dans la zone d'agriculture intensive. Lorsque les approvisionnements en eau de surface se font dans les rivières, ce sont les concentrations de nitrates et de phosphore total qui sont plus élevées. De plus, dans la zone d'agriculture intensive, une corrélation a pu être établie entre la présence de bactéries *E. coli* et les nitrates alors que ce n'est pas le cas pour la zone témoin.



Rivière Boyer

Source: Lyne Pelletier, ministère de l'Environnement

5.2. Volet santé

5.2.1. Exposition de la population

Sur le territoire étudié, la consommation moyenne d'eau du robinet à domicile est de 1,2 L par jour par adulte et elle est comparable à ce qui est rapporté dans la littérature. Cette consommation est semblable dans les deux territoires, peu importe le type de source utilisé (puits, réseau privé ou réseau public). On peut donc dire qu'aucun effet particulier n'a été observé dans la zone d'agriculture intensive quant aux quantités d'eau consommées. La proportion de personnes consommant de l'eau embouteillée (le plus souvent en complément à l'eau du robinet) est de 25 % dans la zone d'agriculture intensive. Elle est de 33 % dans la zone témoin où la population s'approvisionne principalement aux réseaux publics où la consommation d'eau en bouteille est généralement plus élevée. Cette situation est corroborée par le fait que les répondants ont une perception légèrement meilleure de la qualité de l'eau des puits privés que de celle des réseaux publics.

Chez les nourrissons résidant sur le territoire en surplus, la consommation moyenne d'eau est d'environ 0,7 L par jour et elle est comparable aux rares données citées dans la littérature. Un

peu plus de 60 % des nourrissons âgés de 2 mois, qui sont nourris surtout au lait reconstitué, consomment de l'eau du robinet.

La consommation d'eau du robinet dans les populations étudiées n'est nullement négligeable et elle justifie qu'on étudie les risques de contamination qu'elle présente pour la santé humaine. Cependant, le niveau moyen d'exposition aux contaminants qui sont présents dans l'eau reste faible. Pour les nitrates, la fréquence des cas de contamination avec dépassement de la norme d'eau potable (10 mg/L-N) est faible (2,6 %). Toutefois, quelques personnes peuvent être exposées à des niveaux dépassant plus de deux fois la norme actuelle. Quant aux aspects microbiologiques, les puits privés dont l'eau était contaminée étaient rares pendant la période à l'étude alors que le suivi qu'on a fait pendant six mois dans 93 puits a montré la présence d'indicateurs de contamination fécale dans plus de 20 % des cas, pendant certaines périodes qui sont plus propices à la contamination.

5.2.2. Risque de maladies entériques aiguës

D'une part, l'étude sur les risques de contracter une gastro-entérite chez les familles qui utilisent l'eau d'un puits domestique a été menée auprès de plus de 900 familles résidant dans la zone d'agriculture intensive pendant le mois de mai 2002. Elle n'a révélé aucune augmentation dans la fréquence de diarrhées ou de gastro-entérites pour ce groupe, comparativement à celui des 241 familles résidant dans la zone témoin. Cependant, on ne peut pas extrapoler, à partir de ces résultats, pour d'autres périodes de l'année durant lesquelles les puits sont plus susceptibles d'être contaminés.

D'autre part, l'étude concernant les hospitalisations et les maladies à déclaration obligatoire, couvrant la période de 1995 à 1999, montre que 90 % des cas d'hospitalisation pour maladies

entériques potentiellement transmissibles par l'eau sont d'origine inconnue, et que 4 % sont d'origine animale. Dans cette dernière catégorie, l'étude révèle que généralement les populations résidant dans la zone d'agriculture intensive ont un taux plus élevé de maladies entériques pouvant être dues à une transmission par l'eau. Toujours dans la zone d'agriculture intensive, l'on retrouve un taux plus élevé de maladies entériques d'origine inconnue chez les enfants de moins de 5 ans vivant dans des municipalités où les puits privés ou les réseaux d'eau non chlorée prédominent. Mentionnons que d'autres causes peuvent expliquer une occurrence plus élevée dans la zone d'agriculture intensive : alimentation, hygiène ou encore contact direct avec les animaux.

5.2.3. Problèmes de santé reliés aux nitrates

Une évaluation du risque, pour laquelle on a tenu compte de la consommation d'eau des enfants, des adultes et du niveau de contamination de l'eau par les nitrates, révèle que le risque pour la population résidant dans la zone d'agriculture intensive est considéré comme très faible. En effet, bien que la consommation d'eau sur le territoire étudié soit importante, les niveaux observés de contamination sont généralement trop faibles pour entraîner un risque pour la santé. Cependant, cette évaluation vaut pour la population dans son ensemble. Dans des cas particuliers, il est toujours possible que des populations qui consomment une eau dont la concentration en nitrates dépasse la norme actuelle s'exposent à un risque accru d'avoir des problèmes de santé. C'est le cas, entre autres, pour les nourrissons qui sont particulièrement vulnérables à la méthémoglobinémie.

La surveillance de l'eau des puits privés semble encore peu fréquente, malgré les efforts que le ministère de l'Environnement avait déployés pour faciliter aux propriétaires de puits privés l'accès aux analyses de *E. coli* et de nitrates. En effet, l'enquête réalisée auprès des parents de jeunes nourrissons révèle que seulement 34 % des familles qui donnaient à leur enfant de l'eau provenant de puits privés avaient fait tester leur eau pour détecter la présence de nitrates au cours de l'année ayant précédé l'enquête.

5.3. Forces et limites de l'étude

Indéniablement, cette étude a ses points forts et certaines caractéristiques méritent d'être soulignées : l'importance de l'échantillon et la diversité des sources étudiées, à savoir 2 070 puits privés, 144 sources d'approvisionnement municipales et 1 164 familles étudiées ; la qualité des analyses de laboratoire et des questionnaires utilisés ; l'étude portant sur la consommation d'eau chez les populations des territoires ; l'étude des problèmes de santé chez les participants à l'étude sur les puits ; l'étude sur les hospitalisations et les maladies déclarées aux directions de santé publique ; les analyses statistiques et la méthodologie qui ont servi à évaluer les risques associés aux nitrates.

Cependant, il faut mentionner plusieurs facteurs qui réduisent la portée de l'étude. D'une part, le bilan de phosphore utilisé pour mesurer l'intensité de la production animale n'est pas un indicateur précis. D'autre part, l'évaluation de la qualité de l'eau était limitée à un seul échantillonnage (effectuée en majeure partie en mai 2002 pour les puits individuels et en août 2002 pour les sources municipales). Le suivi que l'on a fait des 93 puits pendant six mois montre que le portrait de la qualité de l'eau, sur le plan microbiologique, peut varier, de façon notable, selon la saison.



Source: Julie Moisan, ministère de l'Environnement

Rivière Etchemin

Compte tenu de la grandeur du territoire et de son hétérogénéité, cette caractérisation n'a permis de dresser qu'un portrait général de la situation.

L'analyse de la qualité des sources municipales d'approvisionnement en eau potable repose sur un nombre relativement faible de réseaux (94 en eau souterraine et 50 en eau de surface). La sélection de ces réseaux s'appuie sur une évaluation macroscopique des sources de pollution puisqu'elle repose uniquement sur le bilan phosphore des municipalités et sur l'importance des zones cultivées pouvant recevoir des fumiers. De plus, aucune vérification concernant l'absence ou la présence réelle de sources de pollution potentielles, qu'elles soient agricoles, municipales ou industrielles, n'a eu lieu sur le terrain.

L'étude sur les hospitalisations et les maladies déclarées a été menée en complément de celle effectuée sur les participants étudiés qui consomment de l'eau de puits. La période de référence était beaucoup plus longue (1995-1999) et l'étude tenait compte non seulement des populations

utilisant un puits privé mais aussi des populations desservies par un réseau d'eau potable. Cependant, compte tenu du caractère écologique de l'étude (un facteur qui empêche de prendre en compte les caractéristiques individuelles des participants), cette étude n'a pas permis de tirer de conclusions sur l'origine définitive des risques microbiologiques et de définir la part provenant de l'alimentation, du contact direct, du manque d'hygiène et de la production animale. Elle évoque cependant la possibilité d'un impact engendré par les activités de production animale qui devra être élucidé par d'autres études.

Finalement, même si l'évaluation des risques associés aux nitrates a permis de recourir aux données sur la toxicité des nitrates citées dans la littérature, il reste que les connaissances actuelles sur les précurseurs des composés nitrosés, sur le métabolisme des nitrates, nitrites et nitrosamines, et sur l'action de co-facteurs, sont malheureusement très limitées.

6. RECOMMANDATIONS

Les recommandations ci-dessous visent à élucider certains problèmes qu'on a observés, à préciser les incertitudes résultant des limites inhérentes à l'étude actuelle et à proposer des interventions en conséquence :

1. Poursuivre les efforts d'amélioration des pratiques agricoles puisqu'un lien significatif a été établi entre la présence de nitrates dans l'eau des puits privés en concentration d'au moins 3 mg/L-N et la zone d'agriculture intensive. Ce résultat est en soi un avertissement puisque le seuil qui a été utilisé atteste de l'influence indéniable des activités anthropiques bien qu'il soit sous le critère de potabilité de 10 mg/L-N. L'accroissement observé de la concentration en nitrates indique qu'il y a un impact non négligeable des activités humaines sur la qualité de l'eau souterraine. Un constat similaire découle des résultats obtenus de l'échantillonnage des sources d'approvisionnement des réseaux municipaux de distribution d'eau potable.
2. Entreprendre une étude systématique des zones où l'on retrouve l'azote ammoniacal pour préciser l'origine de cette contamination puisque les résultats obtenus dans les sources d'approvisionnement municipales montrent que la concentration d'azote ammoniacal est plus élevée dans les sources souterraines localisées dans les municipalités situées en zone d'agriculture intensive que dans les municipalités en zone témoin.
3. La dynamique de migration des microorganismes dans le sous-sol s'est avérée nettement distincte des mouvements de l'eau souterraine. Cette constatation oblige à entreprendre de nouvelles recherches pour trouver quels facteurs contrôlent le déplacement dans le sol des microorganismes, autant celui des bactéries que celui des virus. Si on ne comprend pas cette dynamique, on aura de la difficulté à élaborer des stratégies efficaces pour protéger les sources d'approvisionnement en eau potable des résidences privées.



Rivière Bayonne

Source : Réjean Dumas, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec

4. Des études seront nécessaires pour préciser et documenter davantage quelle est l'origine de la pollution microbiologique (humaine ou animale) afin d'identifier formellement la nature des activités anthropiques responsables de la contamination des sources d'approvisionnement en eau potable
5. Un suivi périodique (environ aux cinq ans) de la qualité de l'eau souterraine devrait être mis en place dans la zone d'agriculture intensive pour mesurer l'impact qu'ont les pratiques agricoles et leur évolution puisque la campagne d'échantillonnage des puits individuels livre un portrait à un moment précis de la situation, pour les sept bassins versants. Ainsi, la variabilité dans le temps de la qualité de l'eau souterraine et son évolution ne sont pas connues et ne peuvent pas être déduites à partir de cette étude.
6. La suite logique à un projet global comme celui-ci serait d'identifier des zones vulnérables à la contamination de l'eau souterraine, et pas seulement de l'eau de surface comme cela se fait couramment. De plus, il faudrait inclure dans l'étude l'identification des facteurs locaux responsables de la contamination des puits privés (ex. : configuration des puits, fonctionnement de la fosse septique, proximité avec des activités d'élevage ou d'épandage).
7. Des études épidémiologiques plus approfondies de type cohorte et cas-témoins devraient être menées dans la zone d'agriculture intensive. Elles viseraient à évaluer plus précisément le lien entre la consommation d'eau et les risques de maladies entériques. Ces études devraient porter surtout sur les enfants et se dérouler dans les secteurs où prédominent les puits privés et les réseaux dont l'eau n'est pas chlorée ou dont les traitements ne semblent pas donner des résultats optimums. Elles devraient aussi être menées à proximité des zones d'épandage et sur de plus longues périodes de temps.
8. Puisque la contamination des puits privés par des microorganismes et les nitrates peut occasionner certains problèmes de santé, il serait important d'utiliser des moyens efficaces pour inciter la population en milieu rural à surveiller davantage la qualité de l'eau des puits privés. La mise sur pied d'un programme d'inspection des installations de captage pour faire des recommandations aux propriétaires contribuerait aussi à maintenir la qualité de l'eau.
9. La modélisation démontre qu'il faudrait approfondir nos connaissances sur le risque associé à l'exposition aux nitrates qui sont présents dans l'eau de consommation. Des recherches menées en laboratoire devraient permettre de mieux comprendre les mécanismes d'action des nitrates et leur métabolisme. Par ailleurs, on devrait mener des études épidémiologiques chez les enfants et les adultes pour mieux évaluer les risques pour les nourrissons d'être affectés de méthémoglobinémie, et les risques pour les adultes exposés de façon chronique à ces substances de contracter le cancer.
10. De façon plus générale, on devrait faire des études plus approfondies sur les risques potentiels associés aux activités de production agricole (animales et végétales). En ce qui concerne les risques liés à la contamination de l'eau, il faudrait tenir compte d'autres risques potentiels qui ne sont pas évalués dans la présente étude : transmission de microorganismes, présence de produits pharmaceutiques ou autres contaminants chimiques.



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