



information



formation



recherche



coopération
internationale

PRÉVALENCE DE LA DIARRHÉE DANS LES MUNICIPALITÉS EXPOSÉES AUX ÉPANDAGES DE LISIER DE PORC

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

ÉTUDE

PRÉVALENCE DE LA DIARRHÉE DANS
LES MUNICIPALITÉS EXPOSÉES
AUX ÉPANDAGES DE LISIER DE PORC

DIRECTION DES RISQUES BIOLOGIQUES,
ENVIRONNEMENTAUX ET OCCUPATIONNELS

FÉVRIER 2007

AUTEURS

Christine St-Pierre, M. Sc. (épidémiologie)
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec

Suzanne Gingras, M. Sc.
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec et
Unité de recherche en santé publique du CHUL (CHUQ)

Patrick Levallois, M.D., M. Sc., FRCPC
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels
Institut national de santé publique du Québec et
Unité de recherche en santé publique du CHUL (CHUQ)

Pierre Payment, Ph. D. (microbiologie)
Institut national de la recherche scientifique-Institut Armand-Frappier

Marc Gignac, Ph. D. (médecine, B. Sc.) (chimie)
Direction des politiques de l'eau
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Yolaine Blais, M. Ing.
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

Stéphane Godbout, Ph. D., Ingénieur et agronome
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce au support financier du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, dans le cadre des priorités de recherche concernant la production porcine et la santé humaine.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 3^e TRIMESTRE 200X
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN 13 : 978-2-550-50406-1 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN 13 : 978-2-550-50405-4 (PDF)

REMERCIEMENTS

Un remerciement tout particulier à monsieur Marc-André Bertrand du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec pour son travail acharné sur le traitement des données agricoles provenant des bases de données du GIRMA (gestion intégrée des ressources en milieu agricole) et des nombreuses heures à créer des données de qualité et correspondant à la réalité agricole des territoires à l'étude pour l'année 2000.

Nous voulons aussi exprimer toute notre reconnaissance à monsieur Yves Léonard de Statistique Canada pour ses précieux conseils en ce qui concerne les données du recensement agricole de 2001 et sa grande disponibilité face aux ressources de ce recensement.

Merci également aux personnes que, par inadvertance, nous aurions pu oublier.

AVANT-PROPOS

En juillet 2002, le ministre de l'Environnement du Québec a confié au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) le mandat de réaliser une consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec. Dans son rapport final, la commission d'enquête du BAPE a notamment souligné l'importance de poursuivre et d'accentuer les efforts de recherche sur les impacts sanitaires de la production porcine.

Pour faire suite à ces recommandations, le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) a proposé à l'Institut national de santé publique du Québec de créer un comité scientifique en collaboration avec les milieux de la recherche en santé publique, les universités et d'autres organismes afin de déterminer des priorités de recherche concernant les impacts de l'industrie porcine sur la santé publique et de veiller à la réalisation de projets pertinents.

À l'issue des travaux du comité scientifique, six projets de recherche ont été financés par le MSSS. L'étude intitulée *Prévalence de la diarrhée dans les municipalités exposées aux épandages de lisier de porc* est l'un d'eux.

RÉSUMÉ

L'intensification des productions animales, principalement de la production porcine, a engendré des situations où la quantité de fumier et de lisier produite dépasse les capacités de réception des terres disponibles pour l'épandage. L'objectif de cette étude consistait à évaluer l'association entre l'intensité des productions animales, et particulièrement de la production porcine, et la présence de diarrhée chez des résidents de territoires agricoles. Les données d'une enquête portant sur 8 702 personnes vivant dans 162 municipalités de régions agricoles du Québec ont été analysées. Des informations concernant les symptômes de diarrhée survenus lors de la semaine précédant la consommation d'eau et certains facteurs de risque de diarrhée avaient été recueillies lors d'un entretien téléphonique. L'analyse statistique, utilisant le modèle d'équation d'estimation généralisée, a révélé une association négative entre la densité de porcs et la diarrhée, et entre le ratio de la densité animale de porcs sur la densité de la population et la diarrhée. La même tendance était observée entre la densité animale totale et la diarrhée. Cependant, aucune relation dose-réponse claire n'a été observée. De plus, aucun effet modifiant de la consommation d'eau sur ces associations n'a été observé. En conclusion, aucun risque de diarrhée n'a été observé chez les populations des territoires avec des activités d'élevage importantes. Le risque plus faible observé dans les municipalités les plus exposées mériterait d'être approfondi.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES SIGLES, ACRONYMES OU ABRÉVIATIONS.....	IX
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 RISQUES ASSOCIÉS AUX ACTIVITÉS DE PRODUCTION ANIMALE	1
2 MÉTHODOLOGIE.....	3
2.1 POPULATION ET ÉCHANTILLON	3
2.2 SOURCE DE DONNÉES	3
2.3 VARIABLES CONSIDÉRÉES.....	4
2.4 ANALYSES STATISTIQUES.....	4
3 RÉSULTATS.....	7
3.1 TAUX DE RÉPONSE, EXCLUSION DE DONNÉES AVANT ANALYSES ET DONNÉES MANQUANTES	7
3.2 PRINCIPAUX RÉSULTATS DESCRIPTIFS ET EXPLICATIFS.....	7
4 DISCUSSION.....	13
5 CONCLUSION	17
ANNEXE 1 DESCRIPTION DES INDICATEURS AGRICOLES ET VALEUR DES QUINTILES.....	23
ANNEXE 2 DESCRIPTION DE L'ÉCHELLE DE PROBABILITÉ DE CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU DU ROBINET	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques descriptives des sujets	8
Tableau 2	Prévalence de diarrhée en fonction de ses facteurs de risque.....	10
Tableau 3	Rapports de cotes ajustés de prévalence de la diarrhée selon le quintile d'exposition aux indicateurs agricoles	11
Tableau 4	Effet modifiant de la probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet et de la consommation d'eau du robinet, sur l'association entre les indicateurs d'exposition agricole et la diarrhée des 7 derniers jours	11
Tableau 5	Rapports de cotes ajustés de prévalence de diarrhée selon l'exposition à la densité animale totale/densité population, stratifiés pour la consommation d'eau froide du robinet	12

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES OU ABRÉVIATIONS

GEE	<i>Generalized estimation equation</i> ou équation d'estimation généralisée
GIRMA	Gestion intégrée des ressources en milieu agricole
ha	Hectare de terre agricole cultivée
IC	Intervalle de confiance
IRDA	Institut de recherche en développement agroenvironnemental
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
RC	Rapport de cotes
RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r. 18.1.1)
u.a.	Unité animale (une unité animale équivaut en moyenne à 500 kg de poids corporel)
UV	Traitement à l'aide de rayons ultraviolets

1 INTRODUCTION

1.1 RISQUES ASSOCIÉS AUX ACTIVITÉS DE PRODUCTION ANIMALE

L'essor des élevages intensifs au Canada et leur concentration géographique ont engendré des situations problématiques sur le plan environnemental (Lavoie *et al.*, 1995). Des pluies intensives peuvent favoriser le ruissellement des contaminants vers les sources d'eau potable et plusieurs études ont montré que l'application de lisier de porc accroît les risques de ruissellement par l'augmentation de l'humidité au sol (Comité de santé environnementale du Québec, 2000; Gangbazo *et al.* 1992 et 1996).

Les risques microbiologiques associés aux opérations animales proviennent des contacts directs ou indirects avec le fumier ou le lisier. L'importance du risque est liée aux différentes espèces animales d'élevage et à la concentration des microorganismes pathogènes présents dans le fumier (Bicudo et Goyal, 2003). Lorsque le lisier et le fumier sont appliqués au sol, les microorganismes qu'ils contiennent sont généralement retenus dans la couche supérieure du sol dépendamment du type de sol (porosité, charge ionique, pH, température, substances organiques dissoutes) et des conditions d'écoulement de l'eau en zone saturée et non saturée. Les bactéries sont généralement retenues dans les sols par la surface de tension tandis que les virus entériques les plus petits sont retenus par l'adsorption (Bicudo et Goyal, 2003; Bitton et Gerba, 1984). Les microorganismes pathogènes peuvent aussi persister dans le fumier liquide pour une longue période, dépendant des conditions d'entreposage, de la température d'entreposage et du type d'agent pathogène (Strauch et Ballarini, 1994).

La prévalence élevée de microorganismes pathogènes dans le lisier de porc est bien démontrée (Cox *et al.*, 2005; Hutchison *et al.*, 2004). Leur persistance pendant l'entreposage et sur les terres agricoles est aussi démontrée. Ainsi, des salmonelles peuvent survivre au moins 14 jours dans un sol ayant été imprégné de déjections porcines liquides (Baloda *et al.*, 2001). De plus, certains protozoaires peuvent survivre jusqu'à 63 jours dans du lisier de porc épandu et sans incorporation au sol (Hutchison *et al.*, 2005). Une revue sur la qualité de l'eau dans les régions agricoles rapporte qu'elle a grandement diminué depuis l'arrivée de la production animale intensive et que l'on retrouve une plus grande quantité de bactéries et de protozoaires dans l'environnement pouvant être à l'origine de diarrhées (Hooda *et al.*, 2000).

Les agents étiologiques pouvant être à l'origine de diarrhées sont par ordre de taille : les virus, les bactéries et les protozoaires dont la majorité est d'origine animale. Les principales espèces bactériennes présentes dans le lisier et le fumier sont : *Salmonella* spp, *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni* et *Yersinia enterocolitica*; les principaux protozoaires sont *Cryptosporidium parvum*, *Giardia duodenalis* et *Giardia lamblia*. Exceptionnellement, certains rotavirus et entérovirus peuvent aussi être transmis par l'eau contaminée par le lisier et le fumier (Chevalier *et al.*, 2004; Bicudo *et al.*, 2003).

L'exposition aux microorganismes pathogènes entériques présents dans le fumier est possible par contact direct avec le fumier et le lisier, les sols contaminés ou l'ingestion d'eau contaminée. Le porc est le réservoir principal de *Yersinia enterocolitica* (Mead *et al.*, 1999;

Funk *et al.*, 1998; Walker et Grimes, 1985). La prévalence de la bactérie chez les troupeaux de porcs peut atteindre près de 100 %, les animaux âgés de 5 à 25 semaines étant les plus contaminés (Pilon *et al.*, 2000; Funk *et al.*, 1998; Skjerve *et al.*, 1998; Fukushima *et al.*, 1983).

Letellier *et al.* (1999) ont rapporté au Québec la présence de salmonelles dans les déjections des troupeaux porcins dans 71 % des fermes échantillonnées. Une étude danoise rapporte que 56 % des porcs sont susceptibles de contracter ces infections, que l'excrétion des salmonelles dans les fèces peut être intermittente et peut persister jusqu'à 5 semaines dans le lisier et l'environnement (Jensen *et al.*, 2006). Une étude ontarienne a aussi montré que plusieurs génotypes de souches d'*E. coli* peuvent être retrouvés dans des entreposages de lisier de porc après plusieurs mois, même si leur dénombrement diminue (Lu *et al.*, 2005).

Les récents changements industriels dans la gestion des pratiques d'élevage de porcs ont résulté en une croissance des élevages et des effets sur l'environnement et la santé publique (Cole *et al.*, 2000). Au Québec, il existe 7 grands bassins qui sont aux prises avec d'importants surplus de fumier et lisier et où l'élevage porcine occupe une place très importante, soit de 50 à 60 % des activités d'élevage. Le présent projet, mené sur ce territoire, vise à déterminer si la présence d'activités intenses de production animale, et particulièrement de production porcine, sur les terres agricoles québécoises est un facteur associé à la diarrhée chez des populations locales et si la consommation d'eau est un facteur aggravant ce risque.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 POPULATION ET ÉCHANTILLON

Les données sur la population à l'étude proviennent d'une enquête précédente réalisée en 2002. La population du territoire concerné consiste en 540 000 adultes (18 ans et plus) résidant dans 162 municipalités situées dans des bassins hydriques considérés, par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, « en surplus » de fumier et donc exposées à des activités d'élevage importantes. Un échantillonnage aléatoire stratifié, non proportionnel, selon la taille de la population des municipalités avait permis d'obtenir un échantillon de 8 996 adultes. Les participants devaient être âgés de 18 ans ou plus, en mesure de s'exprimer en français ou en anglais et résider au même domicile depuis au moins six mois dans les régions concernées. Les personnes demeurant en institution étaient exclues de l'échantillon.

2.2 SOURCE DE DONNÉES

Une entrevue téléphonique d'une durée moyenne de 6 minutes a été réalisée auprès de chaque participant pendant la période allant du 4 avril au 14 mai 2002 (Caron *et al.*, 2004). Les informations demandées concernaient la consommation d'eau du robinet, la source d'eau, la présence de diarrhée dans la semaine précédant l'entretien, les principaux facteurs de risque de diarrhée (travail avec des animaux de ferme, présence d'animaux de compagnie, travail dans un établissement de santé, voyage à l'étranger, consommation d'aliments à risque), l'âge, le sexe et quelques questions d'ordre sociodémographique.

Les données concernant l'épandage de fumier liquide (95 % de lisier et purin de porc) proviennent du recensement agricole de 2001 de Statistique Canada (95F0354XCB). Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, par le système de gestion intégrée des ressources en milieu agricole (GIRMA), a permis d'obtenir les données du recensement agricole québécois pour l'année 2000 concernant le nombre d'unités animales par hectare (u.a./ha), le nombre de porcs et le nombre total d'animaux par municipalité. Les données sur la taille de la population proviennent du recensement de la population de 2001 de Statistique Canada (CO-0893 Profil semi-personnalisé).

Les informations servant à estimer la qualité de l'eau consommée provenant de réseaux d'eau potable ont été recueillies auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. Il s'agit du type d'eau brute¹ et du type de traitement² pour le réseau desservant le lieu de résidence des participants.

¹ Eau de surface; eau souterraine; type de puits municipal.

² Aucun traitement; désinfection seule; filtration avec produits chimiques (coagulation, décantation et filtration) ou par filtration lente ou membranaire et désinfection (chloration, traitement UV).

2.3 VARIABLES CONSIDÉRÉES

- o La diarrhée était définie par la présence de trois selles molles, ou plus, pendant au moins une journée, durant les sept derniers jours précédant la date d'entrevue.
- o Les indicateurs d'exposition aux activités de production animale suivants ont été utilisés : la proportion des superficies agricoles cultivées qui recevait de l'épandage de fumier liquide (par épandage en surface, irrigation ou injection), la densité porcine et la densité animale totale (unités animales/superficie cultivée [u.a./ha]) par municipalité, et le ratio du nombre d'unités animales de porcs et animales totales sur la taille de la population. Une unité animale équivaut à environ 500 kg de poids corporel animal (1 u.a. = 500 kg). Pour les animaux de plus petite taille, un facteur multiplicatif a été appliqué afin d'obtenir un équivalent de 500 kg selon la classification des données animales disponibles dans les bases de données agricoles. Ces variables ont été traitées en quintiles d'exposition (voir l'annexe 1 pour la définition des quintiles).
- o La consommation d'eau froide du robinet au domicile du répondant a été estimée selon les données recueillies au questionnaire téléphonique pour la consommation totale d'eau du robinet. L'effet de la consommation d'eau a été évalué pour les consommateurs d'eau froide du robinet. Le type de source d'eau du robinet (aqueduc municipal, aqueduc privé ou puits privé) et les traitements appliqués ont été utilisés pour estimer la qualité microbiologique de l'eau consommée. La probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet a été estimée à l'aide de trois catégories (faible, modérée, élevée) selon une procédure adaptée de Lévesque *et al.* (1999). Les données disponibles pour la source d'eau du robinet au domicile du répondant (ou du type de puits privé le cas échéant) et pour le traitement appliqué à cette source d'eau ont permis d'attribuer une cote (faible, modérée, élevée) de probabilité de contamination microbiologique de l'eau par les espèces microbiologiques pathogènes. Cette échelle a été adaptée pour tenir compte de toutes les espèces microbiologiques pathogènes pouvant être retrouvées dans l'eau et de leur sensibilité aux divers traitements existants pour l'eau potable (voir l'annexe 2).

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'association entre les indicateurs d'exposition agricole et la diarrhée a été estimée à l'aide des rapports de cotes (RC) et de leur intervalle de confiance à 95 % (IC à 95 %), en utilisant le modèle d'équation d'estimation généralisée (*generalized estimation equation* [GEE]). Ce modèle a été utilisé pour tenir compte de la non-indépendance des individus à l'intérieur d'une unité géographique. Les covariables suivantes incluses dans le questionnaire téléphonique ont été prises en considération : l'âge du répondant (18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64 et ≥ 65 ans), le sexe du répondant, le contact avec des animaux (animaux de compagnie, animaux de la ferme), la consommation d'aliments à risque (viandes crues ou mal cuites, produits laitiers non pasteurisés), les voyages à l'extérieur du Canada, le travail en laboratoire ou dans le secteur de la santé. Les modèles GEE multivariés ont permis de contrôler pour les facteurs de risque potentiellement confondants, facteurs sélectionnés initialement parmi ceux associés à la diarrhée avec une valeur p inférieure à 0,15.

Les facteurs potentiellement confondants considérés dans les modèles étaient : l'âge, le sexe, la scolarité, la présence d'animaux de compagnie, les voyages à l'extérieur du Canada et la source d'eau du robinet. Un facteur était considéré confondant s'il entraînait un changement du coefficient de régression d'au moins 10 %. L'effet modifiant de la consommation d'eau froide du robinet et de la probabilité de contamination microbiologique de cette eau a été évalué à l'aide de termes d'interaction dans les modèles.

Le logiciel SAS version 9.1 a été utilisé pour les analyses statistiques (SAS Institute, Cary, NC, 2002-2003). Pour tenir compte du plan d'échantillonnage stratifié et non proportionnel à la taille de la population, une pondération *a posteriori* selon la taille de la population dans chaque strate d'échantillonnage, a permis de rétablir la distribution de la population pour la taille de la population selon le recensement de 2001. De plus, afin d'être représentatif de la population visée, la pondération *a posteriori* a corrigé la différence de la structure d'âge et de la répartition selon le sexe entre l'échantillon et la population du recensement de 2001.

3 RÉSULTATS

3.1 TAUX DE RÉPONSE, EXCLUSION DE DONNÉES AVANT ANALYSES ET DONNÉES MANQUANTES

Un total de 18 001 numéros de téléphone ont été sélectionnés, dont 15 032 des répondants ont été rejoints, 781 n'ont pas été rejoints et 2 188 avaient un numéro de téléphone non valide. Parmi les 15 032 répondants rejoints : 3 854 ont refusé de participer avant même que leur admissibilité ne soit déterminée, 986 n'étaient pas admissibles et 10 192 étaient admissibles. Parmi ces derniers, 8 702 répondants (79 %) ont accepté de participer. Parmi ceux pour lesquels l'admissibilité a pu être établie (986 + 10 192), 91 % étaient admissibles. L'admissibilité était basée sur les critères d'inclusion à l'enquête (voir méthodologie) et le lieu et la durée de résidence du répondant. En supposant cette même proportion d'admissibilité pour les 781 non-rejoints et les 3 854 répondants qui ont refusé avant que leur admissibilité ne soit établie, on obtient une estimation de 4 226 répondants admissibles supplémentaires qui n'ont pas participé. Ainsi, un taux de réponse estimé à 60 % ($8\,702 / [10\,192 + 4\,226]$) a été obtenu. De plus, puisque l'information sur la diarrhée était manquante chez 7 individus, les analyses ont porté sur 8 695 sujets.

3.2 PRINCIPAUX RÉSULTATS DESCRIPTIFS ET EXPLICATIFS

Les caractéristiques descriptives de l'échantillon à l'étude sont présentées au tableau 1. On peut constater que les deux sexes et les différents groupes d'âge sont assez également répartis, excepté le groupe des 18-24 ans qui a été en proportion moins échantillonné. Trente-quatre pour cent des répondants ont complété une scolarité postsecondaire et près de 40 % le secondaire. La majorité des répondants réside dans des petites villes (1 000 à 4 999) ou dans des villes moyennes (5 000 à 19 999). Soixante-quatre pour cent de l'échantillon est desservi par un aqueduc municipal et 34 % par un puits privé. La pondération sur les données de recensement, utilisée pour le reste des analyses, a permis de corriger pour la sous-représentation des jeunes de 18 à 24 ans dans l'échantillon initial par rapport à la population (12,4 % de 18 à 24 ans parmi les 18 ans et plus dans la population). Elle a permis aussi de corriger pour la surreprésentation des femmes dans l'échantillon (50,7 % de femmes dans la population chez les 18 ans et plus) et pour le suréchantillonnage dans les municipalités de petites tailles (qui représentent près de 8 % de la population). Les données pondérées ont ainsi permis de rendre la répartition d'âge et de sexe comparable aux données du recensement de la population de 2001 de Statistique Canada.

Tableau 1 Caractéristiques descriptives des sujets

Caractéristique	Effectif brut ¹ (%)	Effectif pondéré ² (%)
Groupe d'âge (n = 8 461) ³		
18-24 ans	566 (6,7)	1 050 (12,4)
25-34 ans	1 230 (14,5)	1 304 (15,3)
35-44 ans	2 000 (23,6)	1 928 (22,7)
45-54 ans	1 806 (21,3)	1 740 (20,5)
55-64 ans	1 351 (16,0)	1 179 (13,9)
≥ 65 ans	1 508 (17,8)	1 301 (15,3)
Sexe (n = 8 695)		
Homme	3 572 (41,1)	4 290 (49,3)
Femme	5 123 (58,9)	4 405 (50,7)
Scolarité (n = 8 589) ³		
Primaire	2 316 (27,0)	2 022 (23,5)
Secondaire	3 297 (38,4)	3 332 (38,7)
Collégial	1 734 (20,2)	1 899 (22,1)
Universitaire	1 242 (14,5)	1 356 (15,8)
Source d'eau du robinet (n = 8 529) ³		
Puits privé	2 909 (34,1)	2 321 (27,2)
Aqueduc privé	166 (2,0)	124 (1,5)
Aqueduc municipal	5 454 (63,9)	6 084 (71,3)
Taille des municipalités (n = 8 695)		
< 1000 habitants	1 380 (15,9)	666 (7,7)
1 000-4 999 habitants	2 808 (32,3)	2 892 (33,3)
5 000-19 999 habitants	2 539 (29,2)	1 975 (22,7)
≥ 20 000 habitants	1 968 (22,6)	3 162 (36,4)

1. Effectif et pourcentage observés.
2. Effectif et pourcentage pondérés par la taille de la population dans la strate d'échantillonnage, par la structure d'âge et de sexe dans la population de la strate d'échantillonnage au recensement de Statistique Canada en 2001.
3. La différence entre le total de l'échantillon (n = 8 695) et des effectifs pour la caractéristique descriptive mentionnée est due à des valeurs manquantes.

Le tableau 2 présente la prévalence de diarrhée selon certaines caractéristiques des répondants. Cette prévalence varie selon le groupe d'âge ($p < 0,001$) et ce sont les 25 à 34 ans qui ont la prévalence la plus élevée ($RC = 2,21$ comparativement aux 18-24 ans). Les femmes sont plus à risque de diarrhée que les hommes ($RC = 1,23$ [IC à 95 % = 1,00-1,50]). La prévalence de la diarrhée ne varie pas selon le niveau de scolarité. Les personnes qui ont voyagé à l'extérieur du Canada ont un risque de diarrhée plus élevé avec un $RC = 1,71$ (IC à 95 % = 1,18-2,47). Le fait d'être exposé à des animaux de compagnies est faiblement associé à la diarrhée ($p = 0,056$). Les personnes qui consomment de l'eau du robinet n'ont pas un risque plus élevé de diarrhée et le risque de diarrhée n'augmente pas avec la probabilité de contamination microbiologique de l'eau consommée. En fait, le risque de diarrhée semble le plus faible lorsque la probabilité de contamination est modérée.

Les résultats concernant l'association avec les activités agricoles sont présentés au tableau 3. La densité porcine, de même que le ratio densité porcine/densité de population, sont associés négativement à la diarrhée. Il existe une tendance statistique à la diminution de risque pour la densité porcine et la densité animale totale/densité de population (P -tendance = 0,021 et 0,026) mais pas une véritable relation dose-réponse. Le fait de résider dans une municipalité avec une densité animale (totale) élevée par habitant est associé à la diarrhée avec une tendance significative à la baisse avec l'augmentation des quintiles, sauf pour le troisième quintile d'exposition (voir l'annexe 1 pour la définition des quintiles). La proportion des superficies agricoles cultivées qui recevait du fumier liquide est aussi associée de façon négative à la diarrhée, cependant la réduction du risque est surtout présente dans les deuxième et troisième quintiles d'exposition et tend à diminuer dans les quintiles supérieurs. Il est à noter que la source d'eau du robinet n'a pu être intégrée comme covariable dans les modèles multivariés, étant donné la multiple colinéarité avec les indicateurs d'exposition agricole. En effet, on retrouve la majorité des puits privés dans les quintiles 4 et 5 et la majorité des aqueducs municipaux dans les quintiles 1 et 2.

La probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet et la consommation d'eau du robinet ne modifient pas les associations observées entre les indicateurs agricoles et la diarrhée étant donné que les valeurs p des termes d'interaction ne sont pas significatives, par contre la valeur p du terme d'interaction de 0,061 entre la consommation d'eau froide du robinet et le ratio densité animale totale/densité population (tableau 4) justifie le fait de présenter les résultats stratifiés pour cette consommation d'eau. La stratification des rapports de cotes de prévalence ajustés, selon la consommation d'eau du robinet, est présentée au tableau 5. On y constate que les rapports de cotes sont non significatifs chez les non-consommateurs d'eau froide du robinet, par contre ils sont négativement associés à la diarrhée chez les consommateurs de cette eau froide aux 2^e, 4^e et 5^e quintiles d'exposition du ratio densité animale totale/densité population. Cet effet protecteur peut dépendre entre autres de la quantité moyenne d'eau froide du robinet consommée en rapport avec la dose minimale infectieuse et la concentration requise en microorganismes pathogènes pour provoquer une diarrhée, et dont la qualité peut varier d'une municipalité à l'autre. Cet effet peut être associé à la source d'eau du robinet qui n'a pu être intégrée aux modèles statistiques multivariés, étant donné la multiple colinéarité avec les indicateurs agricoles. On peut en effet constater au tableau 2 que les puits privés représentent 34 % des effectifs bruts (tableau 1) et sont négativement associés à la diarrhée ($RC = 0,63$).

Tableau 2 Prévalence de diarrhée en fonction de ses facteurs de risque

Facteur de risque	n pondéré ¹ (%)	RC ² (IC à 95 %) ²	Valeur p
Groupe d'âge (n = 8 461) ³			
18-24 ans	19 (3,4)	1,00	< 0,001
25-34 ans	82 (6,7)	2,21 (1,48-3,30)	
35-44 ans	89 (4,5)	1,47 (0,99-2,19)	
45-54 ans	71 (3,9)	1,21 (0,80-1,83)	
55-64 ans	47 (3,5)	1,00 (0,63-1,60)	
≥ 65 ans	58 (3,9)	1,25 (0,81-1,93)	
Sexe (n = 8 695)			
Homme	136 (3,8)	1,00	0,050
Femme	243 (4,7)	1,23 (1,00-1,50)	
Scolarité (n = 8 589) ³			
Primaire	116 (5,0)	1,00	0,084
Secondaire	120 (3,6)	0,72 (0,55-0,94)	
Collégial	71 (4,1)	0,87 (0,65-1,17)	
Universitaire	65 (5,2)	0,93 (0,68-1,28)	
Animal de compagnie (n = 8 693) ³			
Non	184 (4,0)	1,00	0,056
Oui	195 (4,7)	1,22 (0,99-1,49)	
Voyage à l'extérieur du Canada (n = 8 695)			
Non	351 (4,3)	1,00	0,005
Oui	28 (6,5)	1,71 (1,18-2,47)	
Source d'eau du robinet (n = 8 529) ³			
Aqueducs municipaux	270 (5,0)	1,00	0,001
Aqueducs privés	4 (2,4)	0,52 (0,17-1,56)	
Puits privés	94 (3,2)	0,63 (0,49-0,82)	
Eau du robinet consommée ⁴ (n = 8 243) ³			
Non	112 (4,9)	1,00	0,171
Oui	234 (3,9)	0,85 (0,68-1,07)	
Probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet ⁴ (n = 8 348) ³			
Faible	208 (4,8)	1,00	0,036
Modérée	92 (3,5)	0,72 (0,55-0,93)	
Élevée	58 (4,1)	0,86 (0,62-1,84)	

1. Effectif et pourcentage pondérés par la taille de la population dans la strate d'échantillonnage, par la structure d'âge et de sexe dans la population de la strate d'échantillonnage au recensement de Statistique Canada en 2001.
2. RC : rapport de cotes pondéré; IC : intervalle de confiance.
3. La différence entre le total de l'échantillon (n = 8 695) et les effectifs sont dus à des valeurs manquantes.
4. L'eau du robinet consommée (eau froide et boisson froide) a été mesurée chez les consommateurs d'eau du robinet en excluant la consommation d'eau en bouteille et de source.

Tableau 3 Rapports de cotes ajustés de prévalence de la diarrhée selon le quintile d'exposition aux indicateurs agricoles

	Indicateur agricole				
	Densité porcine ¹ (u.a. porcs/ha)	Densité animale totale ¹ (u.a. totales/ha)	Densité d'épandage fumier liquide ¹ (%)	Densité porcine/ densité population ¹ (ratio)	Densité animale totale/ densité population ² (ratio)
Quintile	RC ajusté ³ (IC à 95 %) ⁴	RC ajusté ³ (IC à 95 %) ⁴	RC ajusté ³ (IC à 95 %) ⁴	RC ajusté ³ (IC à 95 %) ⁴	RC ajusté ³ (IC à 95 %) ⁴
1 ^{er}	1,00 ⁵	1,00 (-)	1,00 (-)	1,00 (-)	1,00 (-)
2 ^e		0,91 (0,73-1,13)	0,71 (0,59-0,86)	0,82 (0,72-0,93)	0,87 (0,78-0,97)
3 ^e	0,81 (0,70-0,93)	0,99 (0,81-1,19)	0,85 (0,76-0,95)	0,68 (0,49-0,96)	1,11 (0,92-1,33)
4 ^e	0,56 (0,43-0,74)	0,73 (0,54-0,97)	0,89 (0,67-1,18)	0,65 (0,48-0,87)	0,65 (0,50-0,84)
5 ^e	0,70 (0,53-0,92)	0,79 (0,56-1,12)	0,89 (0,57-1,37)	0,67 (0,47-0,93)	0,68 (0,50-0,93)
P-tendance	0,021	0,154	0,611	0,079	0,026

1. Modèle ajusté pour l'âge et la scolarité.
2. Modèle ajusté pour l'âge seulement.
3. RC ajusté : rapport de cotes pondéré pour tenir compte du plan d'échantillonnage, et ajusté pour les facteurs confondants.
4. IC à 95 % : Intervalle de confiance du rapport de cotes à 95 %
5. Cette catégorie contient les 2 premiers quintiles étant donné qu'il y a 39,6 % des effectifs dont l'exposition est égale à zéro.

Tableau 4 Effet modifiant de la probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet et de la consommation d'eau du robinet, sur l'association entre les indicateurs d'exposition agricole et la diarrhée des 7 derniers jours

Indicateur agricole	Valeur p ¹ du terme d'interaction avec la probabilité de contamination microbiologique de l'eau	Valeur p ¹ du terme d'interaction avec la consommation d'eau du robinet
Densité porcine ²	0,717	0,883
Densité animale totale ²	0,554	0,106
Densité d'épandage fumier liquide ²	0,747	0,278
Densité porcine/densité population ²	0,311	0,139
Densité animale totale/ densité population ³	0,475	0,061

1. Valeur p du terme d'interaction dans la régression logistique pour des modèles ajustés pour les facteurs confondants
2. Modèle ajusté pour l'âge et la scolarité.
3. Modèle ajusté pour l'âge seulement

Tableau 5 Rapports de cotes ajustés de prévalence de diarrhée selon l'exposition à la densité animale totale/densité population, stratifiés pour la consommation d'eau froide du robinet

Densité animale totale/ densité population (ratio)	Pas de consommation d'eau froide du robinet n = 2265	Consommation d'eau froide du robinet n = 5978
Quintile	RC ajusté ¹ (IC à 95 %) ²	RC ajusté ¹ (IC à 95 %) ²
1	1,00 (-)	1,00 (-)
2	0,96 (0,61-1,51)	0,76 (0,59-0,97)
3	0,77 (0,47-1,27)	1,16 (0,79-1,70)
4	0,75 (0,47-1,20)	0,59 (0,42-0,81)
5	1,21 (0,66-2,23)	0,56 (0,37-0,86)

1. RC ajusté : rapport de cotes pondéré pour tenir compte du plan d'échantillonnage et ajusté pour les facteurs confondants (âge).

2. IC à 95 % : intervalle de confiance du rapport de cotes à 95 %

4 DISCUSSION

Nous n'avons pas observé de risque de diarrhée plus élevé dans les territoires québécois où se pratiquent des activités intensives d'élevage, comparativement aux zones des territoires adjacents sans activité agricole. En particulier, aucune augmentation du risque n'était observée dans les territoires à forte densité d'élevage porcin. Paradoxalement, nous avons même observé une association négative entre la densité porcine (u.a. porcs/ha) et la diarrhée, le même type d'association négative est observé lorsqu'on utilise comme indicateur d'exposition le ratio de densité porcine/densité de population et le ratio densité animale totale/densité de population. Cependant, la réduction du risque observé est faible et il n'y a pas de véritable relation dose-réponse. L'utilisation des quintiles d'exposition n'a cependant pas permis de mesurer de façon distincte l'effet des niveaux d'exposition agricole très élevés, en particulier dû aux faibles effectifs dans ces niveaux d'exposition supérieurs et à leur agrégation avec les données du dernier quintile. Aucun des principaux facteurs de risque de diarrhée qui ont été pris en compte dans l'analyse ne peut expliquer ces associations négatives. Les autres facteurs de risque non évalués dans l'étude tels que les caractéristiques personnelles des participants comme la présence de maladies intestinales n'ont probablement pas eu un effet sur les résultats étant donné leur faible prévalence (198,5/100 000 pour la maladie de Crohn et 169,7/100 000 pour la rectocolite hémorragique, au Canada) (Bernstein *et al.*, 1999; Hahn, 1998).

Même si elles sont *a priori* surprenantes, de telles associations protectrices sont biologiquement plausibles. En effet, les résidents des municipalités à l'étude y vivaient depuis plusieurs années et il est possible qu'ils aient développé une immunité envers certains microorganismes pathogènes. Nous avons constaté un effet protecteur (RC = 0,63) chez les consommateurs d'eau de puits privés comparativement aux réseaux d'aqueduc municipaux. Ceci peut paraître paradoxal, mais pourrait être le reflet d'une immunité acquise. Une immunité acquise a été montrée chez des sujets mis en contact avec divers microorganismes pathogènes comme *Cryptosporidium parvum*, *E. coli* O157:H7, *Shigella sonnei* et *Campylobacter jejuni* (Harp, 2003; Gookin *et al.*, 2002; Olsen *et al.*, 2002; Sack *et al.*, 1994; Wallis, 1994). Il s'agit de microorganismes susceptibles de se retrouver dans les déjections animales et particulièrement chez le porc pour certains d'entre eux. Ce type d'immunité a été invoqué dans plusieurs études. Ainsi, une étude réalisée à Alpine au Wyoming a observé un taux d'attaque significativement plus élevé chez les visiteurs que dans la population du territoire étudié (50 *versus* 23 %) ($p < 0,01$) (Olsen *et al.*, 2002). Une association protectrice entre le nombre total de porcs par km² et l'incidence d'infections humaines causées par *E. coli* productrice de Shiga-toxine a aussi été observée (Valcour *et al.*, 2002). Il est possible que d'autres microorganismes pathogènes aussi présents chez les porcs tels *Campylobacter* et *Cryptosporidium parvum* puissent permettre le développement d'une certaine immunité suite à une exposition.

Une protection peut aussi être acquise suite à une exposition à *Yersinia enterocolitica* (Saebø *et al.* 1994) mais la prévalence élevée chez le porc pourrait notamment expliquer qu'aux États-Unis les cas d'infection se produisent surtout en milieu rural (Slome et Black, 1991) par contre celui-ci est principalement considéré comme un important microorganisme pathogène d'origine alimentaire aux États-Unis (Bhaduri *et al.*, 2005). En Europe et en Asie,

la répartition géographique des souches de *Yersinia* isolées est très hétérogène (Yoshino *et al.*, 1995). Des études ont par ailleurs mis en évidence une corrélation entre un grand nombre de porcs infectés et les pays où l'incidence humaine est élevée (Acha et Szyfres, 1989) par contre seules certaines souches de *Yersinia enterocolitica* isolées chez les porcs sont pathogènes pour l'humain (Funk *et al.*, 1998). Dans les échantillons naturels, le faible taux d'*Y. enterocolitica* isolée pourrait être dû à la sensibilité limitée des méthodes de culture (Fredriksson-Ahomaa et Korkeala, 2003). Funk *et al.* (1998) ont identifié des souches de *Yersinia enterocolitica* dans 92 % des 103 lots de porcs examinés, et ont ainsi mis en évidence que les souches pathogènes n'étaient présentes que dans 28 % de ces lots (cité dans Chevalier *et al.*, 2004). Les conditions environnementales québécoises peuvent expliquer leur faible prévalence dans l'environnement immédiat des troupeaux de porcs (Pilon *et al.*, 2000). Ça pourrait être le cas du Québec et des territoires à l'étude, étant donné que nous n'avons pas pu démontrer d'association significative positive entre les indicateurs de densité porcine et du ratio d'unités animales de porcs sur la taille de la population, avec la prévalence de diarrhée des sept derniers jours, mais plutôt une association protectrice qui pourrait démontrer un effet d'immunité acquise, chez les résidents de plus de 6 mois dans ces territoires, aux microorganismes pathogènes présents chez les porcs du Québec.

Par contre, la probabilité de contamination microbiologique de l'eau potable n'a pas eu d'effet modifiant sur les associations observées entre les indicateurs d'exposition aux activités animales et la diarrhée. Les questions concernant la source d'eau du robinet, le type de puits et de réseau, le traitement, et la municipalité du répondant ont permis d'estimer un niveau de probabilité de contamination microbiologique de l'eau pour les résidents exposés à la consommation de l'eau de leur robinet. Par contre, le risque aurait pu être différent pour les visiteurs non habitués à cette eau. Il peut tout de même y avoir eu des biais de classification (Craun et Frost, 2002) ayant donné lieu à un biais pour la probabilité de contamination microbiologique étant donné le caractère plutôt grossier de l'estimation de cette probabilité de contamination qui peut varier selon les microorganismes pathogènes en cause.

Les deux bases de données agricoles utilisées (Statistique Canada et GIRMA) ont permis d'obtenir des résultats pour les découpages géographiques qui pouvaient cependant ne pas être assez fins et créer un biais écologique d'exposition, étant donné que l'exposition agricole réfère à un territoire municipal et non à des individus. Les données provenant du recensement québécois (GIRMA) étaient disponibles pour toutes les municipalités à l'étude par un recensement obligatoire selon le « Règlement sur l'enregistrement des exploitations agricoles et sur le remboursement des taxes foncières et des compensations c. M-14, r.2.2 » et obligeant tout producteur à s'enregistrer et à compléter les fiches du producteur afin d'être éligible au remboursement des impôts fonciers et en permettant ainsi la compilation des données agricoles recueillies. Le recensement de Statistique Canada a lieu tous les 5 ans et la proportion de répondants est d'environ 98 % dans l'ensemble, par contre, on y retrouve un sous-dénombrement des fermes estimé à 5,6 % dont la moitié de ce nombre correspondait aux fermes déclarant un revenu annuel inférieur à 10 000 \$. Afin de respecter la confidentialité de certaines petites municipalités (moins de 12 fermes déclarantes), des regroupements de municipalités ont été effectués et on peut aussi retrouver certaines données manquantes, ce qui apporte une sous-représentation des plus petites exploitations qui pourraient être plus à l'origine de contamination agricole en raison de leurs faibles moyens financiers pour la prévention de la

contamination de l'environnement. Ceci explique le choix de GIRMA pour les données d'exposition animale et de Statistique Canada pour les données d'épandage et de population.

L'utilisation du modèle GEE a permis de contrôler pour la non-indépendance des observations (individus) dans une même municipalité et les résultats ont démontré des corrélations inférieures à -0,001 dans toutes les analyses statistiques, donc négligeables quant au risque pour un individu de manifester une diarrhée si un autre individu du même territoire en manifeste une. Ceci n'aurait pas justifié l'utilisation d'analyses multiniveaux étant donné la faible corrélation entre deux individus d'une même municipalité d'avoir la diarrhée, donc un impact négligeable au niveau du territoire. Il y a la possibilité d'un biais de mémoire même minime sur la survenue d'une diarrhée même si l'occurrence de celle-ci était dans la semaine précédant la date d'entrevue, car certaines personnes ont pu estimer une diarrhée comme étant survenue il y 7 jours alors qu'elle l'était il y a 8-9 jours par exemple, et vice-versa. Le taux de réponse de 60 % à l'enquête de consommation d'eau a pu créer des biais de sélection différentiels (5 % plus de répondants dans les territoires non agricoles) dus entre autres à la désirabilité sociale de participer à une étude en partie pour les gens davantage soucieux de leur santé et au fait de ne pas vouloir connaître le risque d'exposition et de maladie pour les gens en territoire agricole. Certaines personnes résidant en territoire agricole qui ont refusé de participer à l'enquête pouvaient être effectivement atteintes de diarrhée, et leur refus de participer a pu en diminuer la prévalence dans ces territoires, et ainsi diminuer légèrement l'association avec la diarrhée.

Pour terminer, la comparaison de territoires principalement urbains (1^{er} quintile) et de territoires principalement ruraux (2^e à 5^e quintile) n'est pas sans problème. Les populations vivant en territoires agricoles peuvent avoir des habitudes de vie différentes de celles vivant en territoires urbains. Environ 21 % des populations québécoises vivent en territoire agricole, où il y a moins d'allergies alimentaires et une consommation d'alcool inférieure, mais souffrent davantage d'obésité et sont plus sédentaires que les populations urbaines, par contre, elles consomment davantage de fruits et légumes (Martinez *et al.*, 2004). N'ayant pas de données sur les allergies alimentaires par l'enquête de consommation d'eau, il se pourrait qu'il s'agisse d'un facteur de confusion non contrôlé qu'il serait intéressant d'évaluer dans une autre étude. Une étude polonaise portant sur les causes et taux de mortalité entre les régions rurales et urbaines a montré que la mortalité par diarrhée aux 19^e et 20^e siècles était significativement plus basse en zone rurale, qu'en zone urbaine (Budnik et Liczbinska, 2006). En raison des traitements actuels de l'eau potable, le principe de « pénalité urbaine » (mortalité plus élevée due aux maladies entériques plus élevées dans les zones urbaines) est moins présent et la mortalité a grandement diminué, ce qui amoindrit les différences entre le milieu rural et le milieu urbain (Cutler et Miller, 2005). Une étude réalisée en Nouvelle-Calédonie mentionne que la diarrhée est plus élevée en milieu urbain et cela peut être relié à la consommation de viande insuffisamment cuite et une cuisine de restauration rapide, qui sont moins importantes en milieu rural et où la diarrhée est plus faible (Germani *et al.*, 1994). Les additifs alimentaires fréquemment consommés en milieu urbain pourraient augmenter le risque de certaines maladies intestinales à l'origine de la diarrhée (Mahmud et Weir, 2001). Cependant, les perceptions des québécois en matière de santé ne sont pas significativement différentes entre le milieu urbain et rural (Pampalon *et al.*, 1999).

5 CONCLUSION

Cette étude visait à vérifier si l'élevage intensif, particulièrement de porcs, et l'épandage de lisier qui y est associé sur les terres agricoles québécoises, étaient responsables d'un risque plus élevé de diarrhée chez les populations résidentes et si la consommation d'eau était un facteur aggravant ce risque. Nous avons évalué l'effet de plusieurs indicateurs d'exposition à un élevage intensif afin d'estimer leur association avec la prévalence de diarrhée des sept derniers jours. Nous avons constaté une association significative négative entre la diarrhée des sept derniers jours et d'autre part la densité de porcs par superficie agricole cultivée (u.a. porc/ha), le ratio d'unités animales de porcs sur la population humaine et le ratio d'unités animales totales sur la population humaine. La consommation d'eau potable du robinet n'était pas un facteur aggravant du risque de diarrhée, mais un facteur possiblement protecteur chez les résidents plus exposés à l'élevage intensif. La cause de cet effet possiblement protecteur de l'exposition à l'élevage porcin n'est pas élucidée. Il y a certes une possibilité d'immunité acquise pour les personnes exposées de façon chronique à ces microorganismes pathogènes mais il est possible que des facteurs non contrôlés expliquent ces associations. D'autres études sont donc nécessaires afin de clarifier si cette immunité acquise est bien réelle. Une étude portant sur les personnes ayant récemment emménagé pourrait aider à clarifier l'effet de l'exposition chronique.

BIBLIOGRAPHIE

Acha P.N. & Szyfres B. (1989). *Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux*, Office international des épizooties, Paris, 2^e éd., 1063 p.

Baloda S.B., Christensen L. & Trajcevska S. (2001). Persistence of a *Salmonella enterica* serovar typhimurium DT12 clone in a piggery in agricultural soil amended with *Salmonella*-contaminated slurry. *Applied and Environmental Microbiology* 67(6): 2859-2862.

Berstein C.N., Blanchard J.F., Rawsthorne P. & Walda A. (1999). Epidemiology of Crohn's Disease and Ulcerative Colitis in a Central Canadian Province: A population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 149(10): 916-924.

Bhaduri S., Wesley I.V. & Bush E.J. (2005). Prevalence of Pathogenic *Yersinia enterocolitica* Strains in pigs in the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11): 7117-7121.

Bicudo J.R. & Goyal S.M. (2003). Pathogens and manure management systems: a review. *Environmental Technology*, 24(1):115-130.

Bitton G. & Gerba C.P. (1984). Groundwater pollution microbiology: the emerging issue. In: *Groundwater pollution microbiology*, Bitton G. & Gerba CP Eds, John Wiley and Sons, New York, NY, 377 p.

Budnik A. & Liczbinska G. (2006). Urban and rural differences in mortality and causes of death in historical Poland. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(2): 294-304.

Caron M., Levallois P., Gingras G. & Phaneuf D. (2004). Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé - Étude de la consommation d'eau dans la population adulte. Ministère de l'Environnement du Québec et Institut national de santé publique du Québec. Québec, 74 p + annexes.

Chevalier P., Levallois P. & Michel P. (2004). Infections entériques d'origine hydrique potentiellement associées à la production animale : revue de la littérature. *Vecteur environnement*, 37(2): 90-106.

Cole D., Todd L. & Wing S. (2000). Concentrated swine feeding operations and public health: A review of occupational and community health effects. *Environmental Health Perspectives*, 108(8): 685-699.

Comité de santé environnementale du Québec (2000). *Les risques à la santé associés aux activités de production animale au Québec*, Document de référence. Québec. 111 p.

Cox P., Griffith M., Angles M., Deere D. & Ferguson C. (2005). Concentrations of pathogens and indicators in animal feces in the Sydney Watershed. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10): 5929-5934.

- Craun G.F. & Frost F.J. (2002). Possible information bias in a waterborne outbreak investigation. *International Journal of Environmental Health Research*, 12(1): 5-15.
- Cutler D. & Miller G. (2005). The role of public health improvements in health advances: the twentieth-century United States (2005). *Demography*, 42(1): 1-22.
- Fredriksson-Ahomaa M. & Korkeala H. (2003). Low occurrence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in clinical, food and environmental samples: a methodological problem. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(2): 220-229.
- Fukushima H., Nakamura R., Ito Y., Saito K., Tsubokura M. & Otsuki K. (1983). Ecological studies of *Yersinia enterocolitica*. I. Dissemination of *Y. enterocolitica* in pigs. *Veterinary Microbiology*, 8(5): 469-483.
- Funk J.A., Troutt H.F., Isaacson R.E. & Fossler C.P. (1998). Prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in groups of swine at slaughter. *Journal of Food Protection*, 61(6): 677-682.
- Gangbazo G., Pesant A.R., Cluis D. & Couillard D. (1992). Étude en laboratoire du ruissellement et de l'infiltration de l'eau suite à l'épandage du lisier de porc. *Canadian Agricultural Engineering* 34(1): 1-9.
- Gangbazo G., Bernard C. & Côté D. (1996). Effets de l'épandage du lisier de porc sur les eaux de ruissellement et de drainage. *Agrosol*, IX(1): 46-51
- Germani Y., Morillon M., Begaud E., Dubourdieu H., Costa R. & Thevenon J. (1994). Two-year study of endemic enteric pathogens associated with acute diarrhea in New Caledonia. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(6):1532-1536.
- Gookin J.L., Nordone S.K. & Argenzio R.A. (2002). Host response to *Cryptosporidium* infection. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16(1): 12-21.
- Gouvernement du Québec (2005). *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. R.Q. c. Q-2, r.18.1.1.
- Hahn J.M. (1998) Checklist de Médecine. Dans : *Médecine interne*. Éditions Maloine, Paris. 761 p.
- Harp J.A. (2003) *Cryptosporidium* and host resistance: historical perspective and some novel approaches. *Animal Health Research Reviews*, 4(1): 53-62.
- Hooda P.S., Edwards A.C., Anderson H.A. & Miller A. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas. *The Science of the Total Environment*, 250(1-3): 143-167.
- Hutchison M.L., Walters L.D., Avery S.M., Synge B.A. & Moore A. (2004). Levels of zoonotic agents in British livestock manures. *Letters in Applied Microbiology*, 39(2): 207-214.
- Hutchison M.L., Walters L.D., Moore T., Thomas D.J.I. & Avery S.M. (2005). Fate of pathogens presents in livestock wastes spread onto fescue plots. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(2): 691-696.

- Jensen A. N., Dalsgaard A., Stockmarr A., Nielsen E.M. & Baggesen D.L. (2006). Survival and transmission of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* in an outdoor organic pig farming environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(3):1833-1842.
- Lavoie S., Nolin M.C. & Sasseville J.L. (1995). Pollution issue de l'épandage d'engrais de ferme sur les terres agricoles : causes et processus. *Agrosol*, VIII(1): 43-48.
- Letellier A., Messier S., Pare J., Menard J & Quessy S. (1999). Distribution of *Salmonella* in swine herds in Quebec, *Veterinary Microbiology*, 67(4): 299-306.
- Lévesque B., Rochette L., Levallois P., Barthe C., Gauvin D. & Chevalier P. (1999). Étude de l'incidence de la giardiose au Québec (Canada) et de l'association avec la source et la qualité de l'eau potable. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 47(5): 403-410.
- Lu Z., Lapen D., Scott A., Dang A. & Topp E. (2005). Identifying host sources of fecal pollution: diversity of *Escherichia coli* in confined dairy and swine production systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10): 5992-5998.
- Mahmud N. & Weir D.G. (2001). The urban diet and Crohn's disease: is there a relationship? *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 13(2): 93-95.
- Martinez J., Pampalon R., Hamel D. & Raymond G. (2004). *Vivre dans une collectivité rurale plutôt qu'en ville fait-il vraiment une différence en matière de santé et de bien-être?* Institut national de santé publique du Québec, Québec, 87 p.
- Mead P.S., Slutsker L., Dietz V., McCaig L.F., Bresee J.S., Shapiro C., Griffin P.M. & Tauxe R.V. (1999). Food-related illness and death in the United States, *Emerging Infectious Diseases*, 5(5): 607-625.
- Olsen S.J., Miller G., Breuer T., Kennedy M., Higgins C., Walford J., McKee G., Fox K., Bibb W. & Mead P. (2002). A waterborne outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection and hemolytic uremic syndrome: Implication for rural water systems. *Emerging Infectious Diseases*, 8(4): 370-375.
- Pampalon R., Duncan C., Subramanian S.V. & Jones K. (1999). Geographies of health perception in Quebec: a multilevel perspective. *Social Science & Medicine*, 48(10): 1483-1490.
- Pilon J., Higgins R. & Quessy S. (2000). Epidemiological study of *Yersinia enterocolitica* in swine herds in Quebec. *Canadian Veterinary Journal*, 41(5): 383-387.
- Sack D.A., Hoque A.T., Huq A. & Etheridge M. (1994) Is protection against shigellosis induced by animal infection with *Plesiomonas shigelloides*? *Lancet*, 343(8910): 1413-1415.
- Saebø A., Kapperud G., Lassen J. & Waage J. (1994). Prevalence of antibodies to *Yersinia enterocolitica* O: 3 among Norwegian military recruits: Association with risk factors and clinical manifestations. *European Journal of Epidemiology*, 10(6): 749-755.
- Skjerve E., Lium B., Nielsen B., & Nesbakken T. (1998). Control of *Yersinia enterocolitica* in pigs at herd level. *International Journal of Food Microbiology*, 45(3): 195-203.

Slome S.B. & Black R.E. (1991). *Yersinia enterocolitica* infections, p. 819-836 In: *Bacterial Infections of Humans* (Evans A.S. and Brachman P.S., Eds), Plenum Medical Book Company, New-York.

Strauch D. & Ballarini G. (1994). Hygienic aspects of the production and agricultural use of animal wastes. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 41(3): 176-228.

Valcourt J.E., Michel P. McEwen S.A. & Wilson J.B. (2002). Association between indicators of livestock farming intensity and incidence of human Shiga toxin-producing *Escherichia coli* Infection. *Emerging Infectious Diseases*, 8(3): 252-257.

Walker P.J., & Grimes D.J. (1985). A note on *Yersinia enterocolitica* in a swine farm watershed. *The Journal of Applied Bacteriology*, 58(2): 139-143.

Wallis M.R. (1994). The pathogenesis of *Campylobacter jejuni*. *British Journal of Biomedical Science*, 51(1):57-64.

Yoshino K.-I., Ramamurthy t., Nair G.B., Fukushima H., Ohtomo Y., Takeda N., Kaneko S. & Takeda T. (1995). Geographical heterogeneity between Far East and Europe in prevalence of *ypm* gene encoding the novel superantigen among *Yersinia pseudotuberculosis* strains. *Journal of Clinical Microbiology*, 33(12): 3356-3358.

ANNEXE 1

DESCRIPTION DES INDICATEURS AGRICOLES ET VALEUR DES QUINTILES

Description des indicateurs agricoles et valeur des quintiles

Indicateur	Description des indicateurs et valeur des quintiles				
	Quintile 1	Quintile 2	Quintile 3	Quintile 4	Quintile 5
Densité porcine (u.a. /ha)	0		0,01-≤ 0,17	0,18-≤ 0,83	> 0,83
Densité animale totale (u.a./ha)	≤ 0,43	0,44-≤ 0,85	0,86-≤ 1,04	1,05-≤ 2,05	> 2,05
Densité d'épandage fumier liquide (%)	0	0,01-≤ 0,18	0,19-≤ 0,31	0,32-≤ 0,39	> 0,39
Densité porcine/densité population (ratio)	0	0,01-≤ 0,04	0,05-≤ 0,31	0,32-≤ 1,00	> 1,00
Densité animale totale/densité population (ratio)	≤ 0,04	0,05-≤ 0,19	0,20-≤ 0,80	0,81-≤ 2,02	> 2,02

ANNEXE 2

DESCRIPTION DE L'ÉCHELLE DE PROBABILITÉ DE CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU DU ROBINET

Description de l'échelle de probabilité de contamination microbiologique de l'eau du robinet

Probabilité de contamination	Description de la source d'eau et du type de traitement
Élevée	- Eau de surface (fleuve, lac, rivière, ruisseau ou autre) non traitée ou seulement chlorée. - Eau captée en surface (puits à pointe filtrante, puits de surface, source à bassin unique, source à drains horizontaux) non traitée.
Modérée	- Eau captée en surface (puits à pointe filtrante, puits de surface, source à bassin unique, source à drains horizontaux) désinfectée seulement. - Eau souterraine (puits tubulaire ou rayonnant) non traitée.
Faible	- Eau souterraine (puits tubulaire ou rayonnant) désinfectée seulement. - Eau captée en surface (puits à pointe filtrante, puits de surface, source à bassin unique, source à drains horizontaux) traitée par filtration avec produits chimiques (coagulation, décantation et filtration) ou par filtration lente ou par filtration membranaire, et désinfection (considéré comme équivalent une double désinfection par exemple : chlore et UV¹, respectant le RQEP²). - Eau de surface traitée par filtration avec produits chimiques (coagulation, décantation et filtration) ou par filtration lente ou par filtration membranaire, et désinfection (considéré comme équivalent une double désinfection par exemple : chlore et UV¹, respectant le RQEP²). - Eau souterraine (puits tubulaire ou rayonnant) traitée par filtration avec des produits chimiques (coagulation, décantation et filtration) ou par filtration lente ou par filtration membranaire, et désinfection (considéré comme équivalent une double désinfection par exemple : chlore et UV¹, respectant le RQEP²).

1. UV : traitement ultraviolet

2. RQEP : Règlement sur la qualité de l'eau potable du Québec (Q-2, r.18.1.1)

