

Québec/2004 Canada



23^e Congrès mondial de buiatrie • Québec, Canada, 11-16 juillet 2004
23 Congreso Mundial de Buiatria • Québec, Canada, 11-16 de Julio 2004

23rd World Buiatrics Congress • Québec, Canada, July 11-16, 2004
23. Welt-Kongress für Buiatrik • Québec, Canada, 11.-16. Juli 2004

Modélisation, indices et déterminants agroenvironnementaux des zoonoses entériques

Pascal Michel^{1*}, Michel Bigras-Poulin², André Ravel¹, Philippe Berthiaume¹

1. Santé Canada. FMV, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S-7C6;
2. FMV, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, J2S-7C6

Introduction

Parmi les plus grands enjeux de santé publique des dix dernières années, les maladies zoonotiques, c'est-à-dire celles dont l'agent infectieux peut, entre autres, être transmis d'un animal à l'humain, ont retenu une attention particulière dans la communauté scientifique, les médias et le public en général^{2,6}. Les maladies zoonotiques causant une infection du tractus digestif constituent une classe importante de ces conditions et incluent de façon principale les infections par les microorganismes suivants: *Campylobacter*, salmonelles, *Giardia*, *Escherichia coli* producteur de vérotoxine (ECPV) et *Cryptosporidium*. L'épidémiologie des ces conditions montre que la transmission de ces agents infectieux se fait, le plus fréquemment, par l'entremise des aliments (transmission agroalimentaire), par contact direct, et par l'eau utilisée pour la consommation et les activités récréatives (transmission agroenvironnementale). Par comparaison avec la voie agroalimentaire, nos connaissances de la dynamique de transmission des agents zoonotiques entériques par la voie agroenvironnementale sont beaucoup plus fragmentées. De plus, l'étude de cette voie d'infection est plus complexe, faisant appel à une multitude de facteurs biologiques (ex: survie des micro-organismes dans les fumures, le sol et l'eau et selon des paramètres chimiques et physiques très variés), environnementaux (ex: climat, type de sol, aquifères) et agricoles (ex: pratiques concernant l'épandage) et ce, dans un cadre scientifique multidisciplinaire. D'autre part, l'importance relative de la voie agroenvironnementale dans la transmission des microbes pathogènes zoonotiques entériques est encore mal connue. Il existe toutefois plusieurs preuves nous permettant d'affirmer son importance grandissante, notamment plusieurs études empiriques ciblées démontrant la contamination microbiologique de l'eau potable et la déclaration d'éclousions majeures mettant en lumière une transmission agroenvironnementale^{1,5}. Il est aussi pertinent d'apprécier que certains facteurs sociaux, tels que la concentration et l'intensification des élevages et la progression démographique et le développement urbain en zone agricole, contribuent à la pression hygiénique provenant de l'agroenvironnement.

En raison de la complexité et de la diversité des sources d'apport en micro-organismes pathogènes en milieu rural et du nombre élevé de facteurs pouvant influencer l'impact de ces apports sur la santé des populations voisines, le développement et l'étude d'un modèle conceptuel de la transmission de ces agents pathogènes deviennent essentiels (Figure 1). Ce modèle de la transmission par l'eau des agents pathogènes entériques et zoonotiques provenant des animaux d'élevage ou de la faune ainsi que des agents pathogènes d'origine anthropique,

en milieu rural et vers les points d'alimentation en eau potable nécessite de considérer plusieurs facteurs et échelles modulant les risques de contamination, ainsi que les spécificités des agents pathogènes (virus, bactéries, protozoaires). À partir des éléments constituant la représentation conceptuelle de la transmission par l'eau des entéropathogènes zoonotiques ou anthropiques, il est possible de distinguer trois composantes dans l'étude de la problématique de la contamination microbienne par la voie agroenvironnementale: 1. l'évaluation des sources et charges en micro-organismes excrétés et susceptibles de survivre au niveau de l'entreposage des fumures; 2. le devenir de ces agents pathogènes dans l'environnement rural, à partir de l'épandage des fumures ou amendements jusqu'à l'atteinte des hydrosystèmes (eaux de surface et souterraines) exploités comme source d'approvisionnement en eau potable; et 3. l'étude des méthodes d'évaluation des risques à la santé humaine causés par la transmission avec l'eau d'entéropathogènes zoonotiques. Parmi les méthodes envisageables à ces égards, une approche systématique du phénomène (en contraste avec une approche purement empirique) nous semble particulièrement pertinente considérant la réalité complexe et spatiale de la problématique. Dans notre démarche, l'application de cette dernière inclut le développement de méthodes synthétiques et de méthodes axées sur la description explicite de la dynamique des éléments du modèle.

Cette communication présente deux exemples d'une approche systématique dans l'étude de la transmission des agents pathogènes entériques zoonotiques par l'agroenvironnement. Le premier exemple s'inscrit dans une démarche synthétique, pour lequel l'objectif premier est de proposer, développer et valider un outil utile à la prise de décision concernant la pression hygiénique provenant des sources agroenvironnementales et affectant les eaux de surface et les eaux souterraines (IPHA); le deuxième s'inscrit dans une démarche de modélisation dynamique concernant le transport de microbes entériques zoonotiques dans l'agroenvironnement (Modèle Dynamique ECPV).

IPHA

Lors d'un travail préliminaire⁴, le développement et l'évaluation initiale d'une démarche systémique pour la construction d'indices agroenvironnementaux de pression hygiénique animale (IPHA) associés à la santé des populations rurales et urbaines ont été entrepris. Nous suggérons de continuer ce travail par une validation logique et une validation empirique des indices proposés ainsi que par le développement d'un outil de gestion géographique des risques biologiques dans l'agroenvironnement, le tout s'inscrivant à l'intérieur de quatre étapes. La première étape vise à déterminer la sensibilité des IPHA à leurs variables constitutives dans le contexte des territoires agricoles du Québec. Méthodes: La construction des IPHA fait intervenir 23 variables constitutives indépendantes et les IPHA se calculent séparément pour chaque espèce bactérienne considérée (*Salmonella* et *Escherichia coli*). Le travail consiste en une revue de littérature spécifique pour déterminer, entre autres, la distribution de fréquence et ses paramètres pour toutes les variables constitutives des IPHA. Ces paramètres de distribution seront choisis en fonction des caractéristiques des bassins versants du Québec (exemple : type de sol, régime des pluies). L'analyse de sensibilité du modèle sera réalisée grâce à des simulations Monte-Carlo correspondant aux modèles statiques des IPHA. Ces simulations seront basées sur les distributions de fréquence établies précédemment pour chaque variable constitutive et chaque espèce bactérienne. La validation empirique (étape 2) des IPHA sera effectuée en calculant les valeurs des IPHA pour dix entreprises porcines et dix fermes de

bovins laitiers et en mesurant la contamination bactérienne des eaux de ruissellement et d'infiltration après l'épandage des fumures. Nous comparerons le rangement des entreprises obtenues par les données de charges bactériennes et celui obtenu à partir des IPHA calculés. La concordance entre ces deux rangements confirmera que les IPHA reflètent le degré de contamination réelle des eaux sans avoir à en mesurer la valeur. L'objectif premier de l'étape 3 est de construire une banque de données géoréférencées contenant tous les éléments d'information requis pour le calcul des IPHA sur un territoire ciblé et servant à la caractérisation de l'exposition dans un contexte d'analyse du risque associé aux activités agricoles des secteurs bovin et porcin. L'utilisation des indices IPHA à l'échelle du Québec dépend de la disponibilité d'une multitude de données spécifiques à l'entreprise agricole ou pouvant s'y rattacher. Celles-ci relèvent de différentes disciplines (écologie microbienne, épidémiologie animale, pédologie, topographie, météorologie) et leurs valeurs doivent être géoréférencées. Ce travail inclura les étapes de recherche, de capture, d'évaluation et d'intégration des données scientifiques et techniques servant à la composition des variables d'entrée du modèle de chaque entreprise agricole. Ces données seront d'abord décrites (métadonnées) puis intégrées à l'intérieur d'un Système d'Information Géoréférencé (SIG). Ce SIG servira à effectuer les liens relationnels entre les bases de données, le géoréférencage, à créer les programmes informatiques spécifiques aux calculs et à la gestion des données ainsi que pour produire les cartes thématiques des IPHA pour un territoire précis. Enfin, l'étape 4 vise à effectuer la cartographie des IPHA et établir les correspondances géographiques avec les incidences d'infection par le *E. coli* producteur de vérotoxine (ECPV) et *Salmonella* dans les populations du Québec. Les associations spatiales entre l'occurrence des maladies entériques chez les humains dans une unité géographique d'une part et les valeurs des IPHA pour cette même unité d'autre part seront calculées pour le Québec. Cette étape comporte deux composantes: 1. Une analyse géospatiale des IPHA décrivant la distribution, la classification, et la corrélation spatiale des indices; 2. Une étude de type écologique évaluant le degré d'association spatiale entre les IPHA et l'incidence de l'infection par le ECPV et *Salmonella* sur des territoires prédéfinis. Cette composante fait partie intégrante du plan d'évaluation de la validité des IPHA en terme de construction et d'utilisation.

Modèles dynamiques

Ce projet aborde les enjeux méthodologiques de base liés à notre habileté à prédire le comportement d'agents pathogènes bactériens dans l'agroenvironnement, et d'offrir un cadre transdisciplinaire liant la microbiologie environnementale, l'épidémiologie moléculaire et la modélisation mathématique. L'objectif général de ce projet consiste à développer un modèle mathématique et stochastique global du transport des populations de *Escherichia coli* producteur de vérotoxine (ECPV) et d'intégrer ce modèle à un modèle hydrologique visant à prédire la dispersion des ECPV dans les eaux de surfaces. Le modèle d'exposition sera ainsi spatial et dynamique dans sa composition. Le développement du modèle dynamique des populations de ECPV dans les fermes laitières suivra quatre étapes: développement d'un modèle iconique basé sur les connaissances actuelles; élaboration d'un modèle mathématique; processus de calibration du modèle; et validation du modèle et analyse de sensibilité. De façon parallèle, le modèle hydrographique sera complété de façon à faire le lien entre la contamination du territoire (telle qu'évaluée par le modèle à développer) et la contamination de l'eau (données à l'entrée pour le modèle hydrologique). Ce projet est présentement en phase préliminaire de réalisation.

Abstract

“Model, indices and agroenvironmental determinants of enteric zoonoses”. This communication gives an overview of two current research projects illustrating a synthetic and a dynamic approach to measure and better understand the agroenvironmental transmission route of microbial zoonotic human infections: a) The development and validation of Agroenvironmental Public Health Indicators (APHI) which have been recently proposed to assess the microbiological pressures induced by livestock productions on human health; b) the development of a quantitative model of zoonotic bacterial pathogens dynamic in livestock operations environment which aims to describe agroenvironmental transmission using mathematical modelling methods.

Références

1. Faust MA. Relationship between land-use practice and fecal bacteria in soils, *J. Environ Quality* 1982, 11(1), p 141-146.
2. Hrudey SE, Hrudey EJ. Walkerton and North Battleford--key lessons for public health professionals. *Can J Public Health*. 2002 ;93(5):332-3.
3. Linton AH, Hinton MH. Enterobacteriaceae associated with animals in health and disease. *Soc Appl Bacteriol Symp Ser*. 1988;17:71S-85S
4. Ravel A, Bigras-Poulin M, Michel P, Bélanger D. Development of Agroenvironmental Indicators to Evaluate the Hygienic Pressure of Livestock Production on Human Health through Water Bacterial Contamination. First International Conference on Water and Health ICWH 2002. September 2002. University of Ottawa
5. Rudolph DL., Barry DAJ. and Goss MJ. Contamination in Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture: 2. Results from multilevel monitoring well installations, *Journal of Contamination Hydrology* 1988, 32, 295-311.
6. Stirling R, Aramini J, Ellis A, Lim G, Meyers R, Fleury M, Werker D. Waterborne cryptosporidiosis outbreak, North Battleford, Saskatchewan, Spring 2001. *Can Commun Dis Rep*. 2001 Nov 15;27(22):185-92.

Figure 1: Modèle de transmission des agents pathogènes zoonotiques (Sources: : Adapté à partir de Linton, A.H. and Hinton, M.H. 1988)