

G
70.216
D47
2008

Département de géomatique appliquée
Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke

**Conceptualisation d'un système de suivi spatio-temporel de la campylobactériose en
Estrie (Québec)**

Rémy Desbiens 1981-

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître en
Sciences (M.Sc.) en géographie, cheminement géomatique

Août 2008

© Rémy Desbiens, 2008

1-2305

Composition du jury

Conceptualisation d'un système de suivi spatio-temporel de la campylobactériose en Estrie (Québec)

Rémy Desbiens

Ce mémoire a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Goze Bertin Béné, directeur de recherche
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines)

Sophie Michaud, codirectrice de recherche
(Département de microbiologie et infectiologie, Faculté de médecine et des sciences de la santé)

Denis Morin, correcteur interne
(Département de géomatique appliquée, Faculté des lettres et sciences humaines)

Yves Voirin, correcteur externe
(GeoImage Solutions Inc.)

Résumé

Depuis plusieurs années, la géomatique occupe une place de plus en plus importante dans la compréhension des phénomènes complexes où la dimension spatiale est requise. De nombreuses données sont nécessaires pour faire l'étude de la distribution du campylobacter dans l'environnement. La bactérie *Campylobacter jejuni* (CJ) est un pathogène entérique responsable d'environ 3000 cas de campylobactériose humaine par année au Québec. Le principal moyen de transmission de CJ serait la consommation ou la manipulation de volaille crue ou mal cuite ainsi que la consommation d'eau contaminée ou de produits laitiers non pasteurisés. L'objectif principal du projet CampyloGIS est d'utiliser un système d'information géographique (SIG) pour représenter spatialement les cas de campylobactériose humaine acquis en Estrie en vue d'obtenir des informations d'aide à la décision dans la lutte contre la maladie. Les objectifs particuliers à la présente recherche sont de créer le modèle conceptuel du SIG. Le site d'étude choisi dans le cadre du projet CampyloGIS est la région de l'Estrie, au Québec. Le modèle conceptuel de l'annexe 1 a été construit à partir des hypothèses de recherche de CampyloGIS. Il a permis de bien agencer les besoins thématiques en fonction des hypothèses de recherche de CampyloGIS. Donc, la construction du modèle conceptuel a permis de mieux cerner les différents thèmes inclus dans chaque hypothèse de recherche en plus de faciliter le travail d'identification des données nécessaires à chaque thème. Aussi, de par la hiérarchisation et les regroupements de concepts effectués dans le modèle conceptuel, une partie de la modélisation spatiale du SIG a été faite en amont du modèle logique. Par ce travail, les données nécessaires à la création du SIG ont pu être identifiées précisément et regroupées en fonction des questions soulevées par le projet. Lors d'un stage sur le terrain au cours de l'hiver 2007, nous avons observé que les sources potentielles de contamination des cours d'eau en Estrie par la bactérie CJ étaient : l'activité agricole, les sorties d'égout en milieu fortement urbanisé (Sherbrooke), les fosses septiques et/ou champs d'épuration en milieu inondable ou près des cours d'eau ainsi que les rassemblements importants d'oiseaux situés près des points de collecte.

Mots clés : géomatique, système d'information géographique, modèle conceptuel, campylobacter, Estrie

Abstract

Over recent years, geomatics has taken increasing importance place in the understanding of complex phenomena where a spatial dimension is requested. According to previous studies, the analysis of the distribution of campylobacter in the environment requires considerable data. Campylobacter jejuni (CJ) is an enteric pathogen that causes 3000 cases of human campylobacteriosis per year in Québec only. The main transmission mechanism for CJ is probably the consumption or the manipulation of raw or insufficiently cooked poultry or the consumption of contaminated water and unpasteurised dairy products. The main objective of the CampyloGIS project is to use a GIS to spatially represent human campylobacteriosis cases in the Eastern Townships area, to obtain information that will aid decision-making by Public Health authorities for disease control. The particular objectives of the present research are to create the conceptual model for the GIS. The study area chosen for the CampyloGIS project is the Eastern Townships area in Québec. The conceptual model presented in annex 1 has been built from the CampyloGIS research hypotheses. The conceptual model has allowed us to match the thematic needs according to the research hypotheses of CampyloGIS. Accordingly, the construction of the conceptual model has allowed us to better delineate the themes included in each of the research hypotheses and to facilitate data identification work for each theme. Thanks to the concept grouping and hierarchy established in the conceptual model, a part of the GIS spatial modelisation was already made possible by the logical model. From this work, the data needed for the creation of the GIS was precisely identified and grouped according to the questions the project wanted to answer. During field work done during the winter of 2007, it has been possible to observe that possible sources of river contamination by CJ included agricultural activities, sewers pipes in urban areas (Sherbrooke), septic pits in floodable areas or near rivers, and the gathering of numerous birds near the water collecting points.

Table des matières

Introduction.....	1
1. Rétrospective.....	1
2. Problématique	5
3. Objectifs de la démarche.....	6
4. Hypothèses scientifiques de la recherche	7
5. Délimitation de l'étude	8
6. Cadre expérimental	10
6.1. Développement de l'organigramme méthodologique.....	11
6.2. Organigramme méthodologique.....	12
7. Résultats.....	13
7.1. Présentation et analyse des résultats	13
7.1.1. Hypothèse 1	13
7.1.2. Hypothèse 2	23
7.1.3. Hypothèse 3	26
7.1.4. Hypothèse 4	28
7.1.5. Hypothèse 5	28
7.2. Interprétation des résultats	31
7.3. Vérification des hypothèses de travail	35
7.4. Discussion des résultats.....	35
Conclusion	40
Références.....	41

Liste des figures

Figure 1 : Carte de l'Estrie avec les différentes MRC	9
Figure 2 : Sous-classes d'entités de la sous-question 1 de l'hypothèse 1	14
Figure 3 : Carte de l'Estrie avec les stations météo et les sites de prélèvement d'eau	18
Figure 4 : Sous-classes d'entités de la sous-question 2 de l'hypothèse 1	19
Figure 5 : Sous-classes d'entités de la sous-question 3 de l'hypothèse 1	21
Figure 6 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 2.....	23
Figure 7 : Sous-classes d'entités de la sous-question 1 de l'hypothèse 2.....	26
Figure 8 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 3.....	27
Figure 9 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 5.....	29

Liste des annexes

Annexe 1 : Modèle conceptuel du SIG; projet CampyloGIS	44
--	----

Remerciements

J'aimerais tout d'abord offrir mes plus sincères remerciements à M. Goze Bertin Béné et Mme Sophie Michaud pour leur appui et leurs conseils tout au long de mon processus de recherche. Le temps qu'ils ont pris pour me relire et me corriger a, hors de tout doute, amélioré ma compréhension du projet CampyloGIS et le but recherché par celui-ci.

Je souhaite aussi remercier M. Michel Pomerleau pour ses conseils et sa patience au début de ma maîtrise; son aide et son expérience furent très précieuses pour me mettre dans la bonne voie.

Un remerciement spécial au CRSNG pour avoir financé ce projet de recherche. Les fonds reçus du projet m'ont permis de me concentrer uniquement sur mon projet de maîtrise; ce qui a été un atout majeur.

Merci à Simon Lévesque et à Djoan Bonfils pour leur collaboration dans mon projet de recherche et mon stage. Sans leur aide, tout ce travail n'aurait probablement pas la même valeur.

J'aimerais aussi remercier mes parents Andrée et Michel ainsi que ma sœur Claudine pour l'appui qu'ils m'ont apporté tant au début de mon processus de recherche qu'à la fin.

Finalement, un remerciement tout spécial va à ma copine Annie qui m'a grandement appuyé lors des périodes plus creuses où j'avais bien besoin de soutien moral. Ton aide, ta présence et tes sourires furent des éléments essentiels à l'accomplissement de cette recherche.

Introduction

Depuis plusieurs années, la géomatique occupe une place de plus en plus importante dans la compréhension des phénomènes complexes où la dimension spatiale est requise. Le domaine de la santé, et plus particulièrement l'épidémiologie, ne fait pas exception et s'inscrit dans cette tendance de la géomatique appliquée. En effet, les systèmes d'information géographique (SIG) sont de plus en plus reconnus pour leur capacité à visualiser et analyser les données épidémiologiques, révélant les tendances et les interdépendances entre ces données (Johnson *et al.*, 2001). Les SIG et l'analyse spatiale sont des outils encore sous-exploités dans la lutte contre les maladies (Graham *et al.*, 2004).

Le projet dans lequel s'inscrivent ces travaux de maîtrise, CampyloGIS, se situe au carrefour de la géomatique et de la microbiologie. Il vise l'étude épidémiologique de la bactérie *Campylobacter jejuni* (CJ) et de la maladie qu'elle cause, la campylobactériose. L'aspect innovateur de ce projet réside dans l'intégration de données de biologie moléculaire aux autres données de nature épidémiologique et géographique.

L'objectif spécifique de ces travaux de maîtrise est de créer le modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS. Ce mémoire porte donc sur ce modèle conceptuel et comportera les sections suivantes : la rétrospective, la problématique, les objectifs, les hypothèses, la description du site d'étude, la méthodologie, l'analyse des résultats obtenus, la vérification des hypothèses, la discussion et la conclusion.

1. Rétrospective

Les SIG offrent de nouvelles possibilités aux épidémiologistes pour étudier les associations entre les expositions aux facteurs environnementaux et la distribution spatiale des maladies (Vine *et al.*, 1997). En effet, les SIG sont de plus en plus utilisés dans l'épidémiologie des maladies infectieuses grâce à leurs capacités de stockage, de gestion, d'analyse et d'affichage d'informations de nature épidémiologique en lien avec leurs relations spatiales (Dangendorf *et al.*, 2002 ; Vine *et al.*, 1997). Dans les dernières années, les SIG ont été

appliqués dans le domaine des urgences humanitaires au niveau de l'évaluation du risque, la vulnérabilité, la distribution des maladies, la planification et l'implémentation de systèmes d'informations en santé (Kaiser *et al.*, 2003).

Dans le domaine de l'épidémiologie spatiale, les SIG sont utilisés pour concevoir des cartes de distribution des maladies et pour l'analyse écologique. Le principal avantage des SIG dans la cartographie des maladies réside dans la simplification du processus de génération de nombreuses cartes thématiques et dans la détermination plus directe des unités géographiques (Kistemann *et al.*, 2002). De plus, l'utilisation des SIG en épidémiologie apporte plus d'options spatio-analytiques (agrégation, tampons, interpolation, superposition) que les études environnementales et épidémiologiques de base (Kistemann *et al.*, 2001).

Cependant, avant de produire des résultats concrets répondant aux questions posées par une recherche, le SIG doit être construit par étapes. Le modèle conceptuel constitue la première étape de trois dans la mise sur pied d'un SIG complet. Les deux autres étapes sont, dans l'ordre, le modèle logique et le modèle physique servant respectivement à établir les opérations à effectuer entre les différentes données, et à déterminer les opérations spécifiques à effectuer dans le logiciel utilisé pour développer le SIG (Bénié *et al.*, 2002 ; Vine *et al.*, 1997). Chaque projet nécessite de trouver un équilibre entre le monde réel qui est à analyser et l'abstraction nécessaire pour faire entrer la réalité dans un SIG (Steinberg *et al.*, 2006). Le modèle conceptuel ne considère pas les problèmes reliés directement aux SIG mais transforme plutôt les objectifs de l'analyse de la réalité en une analyse spatiale conceptualisée.

Le modèle conceptuel a donc pour fonction de répertorier et hiérarchiser en concepts les données nécessaires à la résolution des questions de recherche où la dimension spatiale est requise. Il doit également servir à définir la structure des tables de données qui seront employées tout au long de la création d'un SIG. La détermination des composantes clés de l'analyse et l'identification des données appropriées dans le cadre de l'élaboration d'un

modèle conceptuel amènent à ne pas sauter d'étapes dans la construction du SIG, éliminant ainsi la perte de temps due à un problème mal conçu (Steinberg *et al.*, 2006).

Depuis les années 90, plusieurs publications ont fait l'étude de la bactérie CJ et la maladie qu'elle cause en lien avec divers facteurs environnementaux en utilisant un SIG (Nygard *et al.*, 2004 ; Dangendorf *et al.*, 2002 ; Kistemann *et al.*, 2002). Dans ces études, le type de données nécessaires pour construire un SIG représentatif de la réalité était très varié. En effet, dans l'article de Green *et al.* (2006) sur la campylobactériose au Manitoba, les auteurs ont utilisé des données telles que l'emploi, le statut socio-économique, le milieu de vie (rural/urbain), le travail agricole (oui/non), la densité en animaux de ferme, l'âge et le sexe des personnes infectées. Ils ont aussi utilisé des caractéristiques du paysage comme l'occupation du sol, la topographie et le réseau hydrographique. Au terme de leur étude, les auteurs ont découvert que les facteurs augmentant le risque de la campylobactériose au Manitoba ont été multiples. Les personnes les plus à risque étaient : les hommes, les personnes âgés entre 0 et 39 ans, les habitants des régions rurales ayant un travail agricole, les personnes montrant un statut socio-économique élevé ainsi que ceux vivant dans un milieu présentant une forte densité en animaux de ferme (Green *et al.*, 2006).

D'autres chercheurs ont considéré des données géographiques, climatiques, agricoles, d'approvisionnement en eau et de maladie pour faire l'étude des infections à campylobacter en lien avec les facteurs de risque en Suède (Nygard *et al.*, 2004). Les données d'agriculture utilisées se résumaient à la densité du bétail (ruminants, poulets...) alors que les données d'approvisionnement en eau étaient constitués de trois éléments : proportion de la population disposant de l'aqueduc par municipalité, proportion d'eau distribuée provenant de sources d'eaux de surface et longueur moyenne des tuyaux par personne. Les données climatiques incluaient la température annuelle moyenne ainsi que les précipitations annuelles moyennes mesurées dans dix stations météo entre 1998 et 2000. Ces chercheurs ont aussi utilisé une variable de classe de municipalité afin d'associer les cas avec le niveau de ruralité (rural, urbain, semi-rural). Les facteurs les plus susceptibles de présenter un risque selon cette étude étaient de vivre dans des zones présentant une forte densité en ruminants et d'avoir un réseau de distribution d'eau potable ayant un tuyau très long avec

une pression faible. Une faible association avec des températures plus élevées a aussi été découverte face au risque de développer la campylobactériose.

Dangendorf *et al.* (2002) ont publié un article traitant des patrons spatiaux des maladies gastro-intestinales à l'aide d'un SIG. Leur méthode consistait à lier des données démographiques et épidémiologiques avec des données de qualité de l'eau (approvisionnement, traitement et distribution) dans un SIG afin de faire ressortir de nouveaux patrons spatiaux. Le modèle de corrélation utilisé dans cette étude montrait que le risque de développer une infection augmentait lorsque l'eau potable consommée provenait d'un puits privé ou d'un réseau d'aqueduc s'approvisionnant en eaux souterraines. En effet, l'eau des puits privés était souvent moins bien contrôlée et l'eau d'aqueduc provenant des sources souterraines était généralement distribuée sans traitement, rendant ces sources vulnérables à la contamination par des pathogènes entériques.

Une autre étude menée au Danemark entre 1991 et 2002 à propos de la distribution spatiale des infections au campylobacter mentionne plusieurs variables à considérer (Ethelberg *et al.*, 2005). En effet, trois registres différents ont été utilisés dans cette étude : registre des patients, registre de la population et registre des bâtiments. Le registre des patients contient le numéro d'assurance sociale du patient, des informations sur la source probable de l'infection à campylobacter ainsi que l'isolat bactérien du patient. Le registre de population contient l'adresse de résidence de chaque habitant du Danemark en lien avec son numéro d'assurance sociale, son sexe et sa date de naissance ainsi que les informations sur la province et la ville où réside la personne (ex. : densité de population). Le registre Danois des bâtiments inclut toutes les adresses résidentielles et plusieurs variables connexes telles que le type et la grandeur de l'habitation, le nombre de pièces, le nombre de salles de bain et de cuisines, le type de chauffage installé et le type d'approvisionnement en eau potable. Cette étude mentionne qu'une faible densité de population et le type d'habitation retrouvée dans les milieux ruraux sont susceptibles d'augmenter le risque d'infection. De plus, les contacts avec des animaux (de ferme ou non) ou leur environnement dans les milieux ruraux augmenteraient le risque d'infection. Selon cette étude, tous ces facteurs de risque ont tendance à affecter d'avantage les enfants.

L'inventaire des données nécessaires pour faire l'étude de la distribution de campylobactériose montre que les caractéristiques du paysage telles que l'occupation du sol, la topographie et le réseau hydrographique, ainsi que les données de nature humaine comme l'emploi, le statut socio-économique, le milieu de vie (rural/urbain), le travail agricole (oui/non), l'âge et le sexe des personnes infectées, sont requises dans les analyses. Les données traitant du milieu agricole s'avèrent aussi essentielles; il s'agit de la densité d'animaux de ferme et du type d'élevage ainsi que des données sur l'approvisionnement en eau potable telles que la proportion de la population disposant de l'aqueduc par municipalité, la proportion d'eau distribuée provenant de sources de surface, la longueur moyenne des tuyaux par personne et le type de traitement. Des données climatiques telles que la température annuelle moyenne et les précipitations annuelles moyennes s'avèrent aussi utiles. De plus, dans ce type d'étude, il faut inclure des données démographiques (classes de municipalité, population par unité géographique (municipalité, MRC, code postal, etc.)). Finalement, les données de nature épidémiologique (registre des patients, numéro d'assurance sociale des patients, adresse de résidence, date de naissance, sexe, informations sur la source probable de l'infection à campylobacter et isolat bactérien du patient) servent à mettre en lien les malades avec l'environnement physique et humain.

2. Problématique

La bactérie *Campylobacter jejuni* (CJ) est un pathogène entérique responsable d'environ 3000 cas de campylobactériose chez l'humain par année au Québec. Les symptômes de la campylobactériose sont la diarrhée, la fièvre, les douleurs abdominales, les nausées avec possibilité de vomissements et parfois du sang dans les selles (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2006; Green *et al.*, 2006). Les modes de transmission précis de cette bactérie sont encore mal connus et sa source est rarement apparente. Cependant, on sait que la voie orale est la porte d'entrée de cette bactérie dans l'organisme et que sa période d'incubation est d'environ 1 à 10 jours. Le principal moyen de transmission de CJ serait la consommation ou la manipulation de volaille crue ou mal cuite. Parmi les autres sources potentielles de campylobactériose, on retrouve la consommation d'eau contaminée ou de

produits laitiers non pasteurisés (Schönberg-Norio *et al.*, 2004). Les groupes d'âge les plus affectés seraient les 0-4 ans ainsi que les 15-34 ans. On observe aussi que la majorité des cas de cette maladie se déclarent entre juillet et octobre en Estrie (Michaud *et al.*, 2004). D'un point de vue géographique, le fait de vivre dans un milieu de ruralité agricole augmenterait le risque d'infection (Green *et al.*, 2006; Nygard *et al.*, 2004).

Étant donné que le risque de développer une infection à CJ varie grandement d'une région à l'autre et de façon saisonnière, une source environnementale est plausible (Kistemann *et al.* 2004; Michaud *et al.*, 2004). Le projet CampyloGIS propose l'utilisation d'un SIG pour analyser spatialement les sources possibles de CJ, mieux définir les facteurs de transmission et cartographier les cas de campylobactériose en lien avec les sources potentielles. Le projet étudie aussi la prévalence de CJ provenant de différentes sources (eau, poulets, bovins, oiseaux sauvages, etc.) en plus des cas humains afin d'effectuer la comparaison moléculaire des isolats. L'utilisation des données géographiques dans l'étude des facteurs de risque pour la maladie sert à explorer les corrélations entre des facteurs de risque potentiels ayant une distribution spatiale et l'occurrence de la maladie.

3. Objectifs de la démarche

L'objectif principal du projet CampyloGIS global est d'utiliser un SIG pour représenter spatialement les cas de campylobactériose humaine acquis en Estrie en vue d'obtenir des informations d'aide à la décision dans la lutte contre la maladie. Plus spécifiquement, le projet vise à évaluer le rôle de l'eau environnementale (eau de consommation souterraine, de surface et eau de baignade) comme source d'infection et à déterminer si les facteurs de risque d'infection sont différents en zone urbaine comparativement aux régions rurales et semi-rurales. La dimension temporelle sera aussi incluse dans le SIG car elle revêt autant d'importance que l'espace ou les événements dans une étude épidémiologique (Maheswaran *et al.*, 2004). Le SIG sera universel dans la mesure où il pourra éventuellement s'appliquer à d'autres régions du monde que l'Estrie et à d'autres agents entériques pathogènes transmis par l'eau tels que *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*, le *Giardia* ou le *Cryptosporidium*.

Les objectifs particuliers de la présente recherche sont de créer le modèle conceptuel du SIG, première des trois étapes fondamentales de réalisation du système. Cette conceptualisation permettra de simplifier et d'accélérer la réalisation du modèle logique qui établira les liens et les opérations informatiques à effectuer pour concevoir le système. La création du modèle conceptuel constitue une étape importante dans la mise sur pied d'un SIG car elle consiste à déterminer les éléments clés de l'analyse, à cibler les données nécessaires et à les organiser en concepts (Steinberg *et al.*, 2006).

4. Hypothèses scientifiques de la recherche

Le projet CampyloGIS global se subdivise en cinq hypothèses de recherche qui nécessiteront toutes une approche différente de traitement. Le modèle conceptuel du SIG sera structuré en fonction de ces hypothèses :

- 1) L'ajout d'un SIG de surveillance environnementale aux rapports épidémiologiques et aux analyses des souches de CJ fournira de l'information qui amènera une nouvelle compréhension du risque infectieux lié à la qualité de l'eau et permettra d'identifier de nouvelles relations causales. (Kistemann *et al.*, 2004)
- 2) Les eaux contaminées par CJ à partir des selles des ruminants sont une source significative de la campylobactériose sporadique chez les humains (eaux de surface, nappes phréatiques et eaux de pluie). (Nygard *et al.*, 2004)
- 3) Les sources de la campylobactériose acquise dans les régions rurales ou semi-rurales diffèrent de celles de cette même maladie acquise dans les régions urbaines. (Michaud *et al.*, 2004)
- 4) Les isolats humains de CJ représentent, de manière prédominante, des lignées génétiques (génotype) particulières qui sont un sous-ensemble des génotypes trouvés parmi toutes les sources d'origine animale et environnementale. (Hanninen *et al.*, 2003)

- 5) Les pratiques de prescriptions antimicrobiennes chez les animaux mènent à une résistance des bactéries aux antibiotiques, qui sont ensuite transmises aux humains par l'eau et les aliments. (Lévesque *et al.*, 2003)

Les hypothèses de travail ciblant la maîtrise de façon plus spécifique sont les suivantes :

- 1) Le développement d'un modèle conceptuel permet de mieux agencer les besoins thématiques et les données engendrées par ces besoins.
- 2) Le modèle conceptuel met en relief la modélisation analytique (spatiale) permettant de générer l'information recherchée en simplifiant le démarrage et la création du modèle logique et du modèle physique.

5. Délimitation de l'étude

Le site d'étude choisi dans le cadre du projet CampyloGIS est la région de l'Estrie, au Québec. Cette région a été choisie en raison de sa proximité par rapport à l'équipe CampyloGIS et aussi de la facilité d'y recueillir des données. Le choix du site dans le projet était à titre de banc d'essai et ne représentait pas une fin en soi. Ultimement, le système devra pouvoir être adapté à d'autres régions du monde et être utilisé pour d'autres bactéries pathogènes entériques. La seule restriction s'appliquant à cette maîtrise est donc au point de vue géographique où elle se restreint à l'Estrie. Étant donné la nature théorique du résultat de la présente recherche, aucune restriction de nature technique n'est présente.

MRC et principaux cours d'eau de l'Estrie

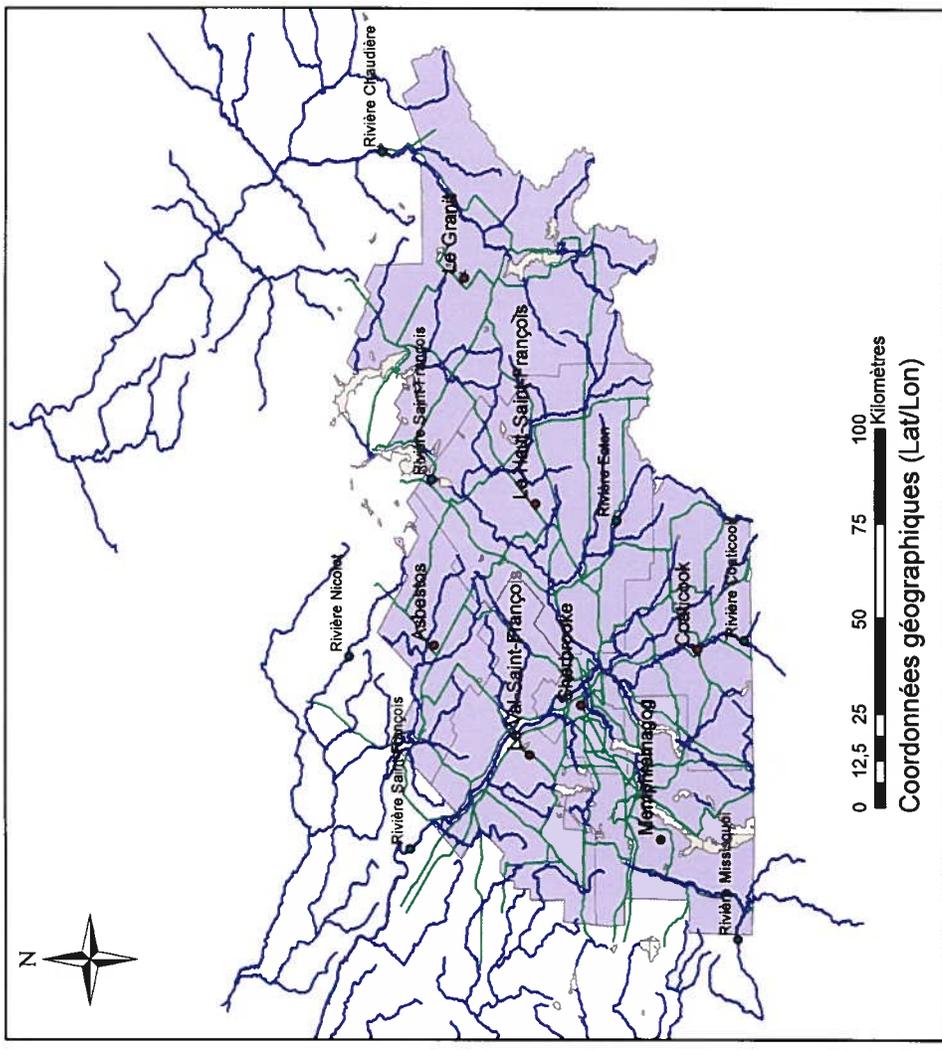
72° 43' 38" W
46° 44' 50" N

70° 17' 46" W
46° 44' 50" N



Légende

-  Rivières
-  Routes
-  Lacs
-  MRC



0 12,5 25 50 75 100 Kilomètres
Coordonnées géographiques (Lat/Lon)

72° 43' 38" W
44° 33' 26" N

70° 17' 46" W
44° 33' 50" N

Figure 1 : Carte de l'Estrie avec les différentes MRC.
Source : Compilation d'après CanMap Water (2006) et Ministère des Ressources naturelles du Québec (2006).

6. Cadre expérimental

Dans le cadre de cette maîtrise, il a fallu décomposer le problème général en sous-problèmes pour rendre possible l'identification de chaque variable pouvant influencer l'incidence de la campylobactériose en Estrie. Par la suite, il s'agissait de classer les éléments relatifs à CJ et à la campylobactériose dans un organigramme conceptuel. La démarche inverse fut également utilisée, à savoir l'inclusion d'une variable quelconque ayant un lien avec le projet à un sous-problème particulier s'y rattachant. L'analyse du problème s'est faite à partir des hypothèses de recherche citées plus haut de façon à identifier clairement les éléments inclus dans chaque partie du projet devant être traitée par le SIG. La structure du modèle conceptuel actuel est basée sur celle du modèle conceptuel de deux projets réalisés au Département de géomatique appliquée : le système d'intervention d'urgence en cas d'inondation dans le bassin du fleuve Mékong (Aubé *et al.*, 2005) et le système de planification des transports urbains (cas de la Société de transports de la ville de Sherbrooke).

Du point de vue des données, afin de créer le modèle et, ultimement, le système, il faut vérifier la qualité des eaux des cours d'eau en Estrie pour mieux comprendre le mode de transmission de CJ. Il faut aussi questionner les municipalités sur leur réseau d'aqueduc et les fermes sur leurs pratiques avec les animaux afin de vérifier les pratiques mettant à risque la population face à la campylobactériose.

Pour leur part, les informations sur les cas déclarés de campylobactériose en Estrie proviennent des questionnaires épidémiologiques administrés par les infirmières de la Direction de la Santé Publique de l'Estrie, cette maladie étant à déclaration obligatoire au Québec. Toutes les autres informations nécessaires au projet proviennent de sources diverses telles que le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), le ministère des Ressources naturelles du Québec, Environnement Canada, le Groupe SM (société de génie conseil), les municipalités de l'Estrie, l'équipe de recherche CampyloGIS et l'Observatoire de l'environnement et du développement durable

de l'Université de Sherbrooke. L'organigramme méthodologique décrivant le travail à faire au cours de la maîtrise se situe à la page 12.

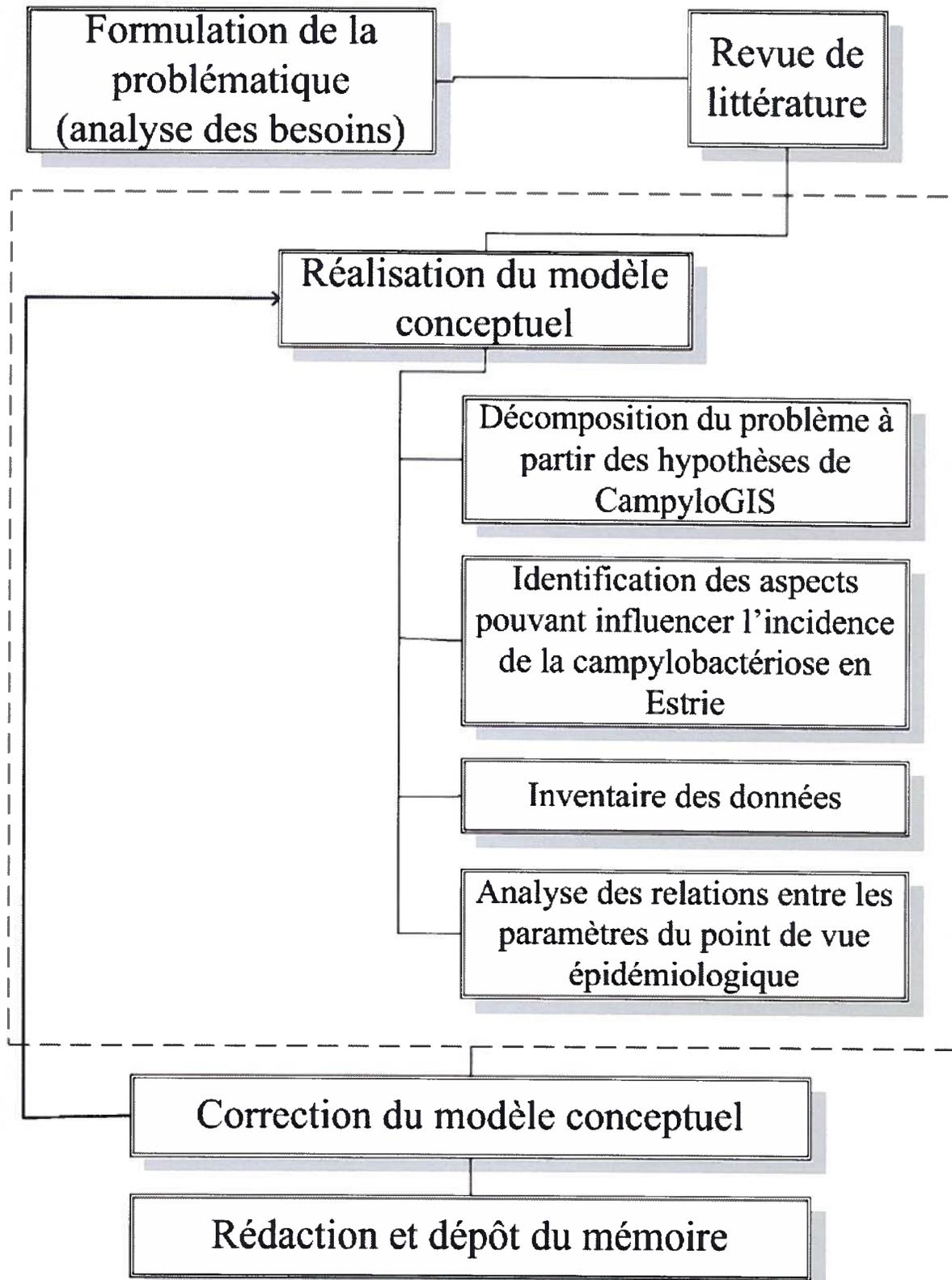
6.1. Développement de l'organigramme méthodologique

Dans cet organigramme, comme première étape, on retrouve la formulation de la problématique et l'analyse des besoins, qui sont nécessaires au bon démarrage d'un projet de recherche. La problématique sous-jacente à la création du modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS était établie lors du début des travaux. La deuxième étape méthodologique consiste en une revue de la littérature traitant de la géomatique de la santé et plus particulièrement de *Campylobacter jejuni*. Cette revue détaillée nous a permis de déterminer l'élément innovateur des travaux de recherche par rapport aux travaux antérieurs.

L'étape suivante constitue le principal accomplissement de ces travaux de recherche et consiste en la création du modèle conceptuel. La création de ce modèle se subdivise en quatre étapes importantes. Tel que mentionné précédemment, il faut d'abord décortiquer le problème en fonction des hypothèses du projet global afin de mieux subdiviser le modèle en fonction des différentes problématiques à traiter. Ensuite, il s'agit d'identifier tous les aspects susceptibles d'influencer l'incidence de la campylobactériose en Estrie en fonction des hypothèses de recherche. Cette étape sert principalement à répertorier les facteurs qui entrent dans le modèle conceptuel.

Une fois cette étape complétée, un inventaire des données est nécessaire afin de déterminer les données exactes qui sont utiles à la vérification des hypothèses de recherche de CampyloGIS. Une fois ces données clairement identifiées, il faut analyser les relations entre les paramètres du point de vue épidémiologique pour s'assurer que tous les liens possibles entre les données sont connus. Par la suite, une correction du modèle conceptuel par les thématiciens (épidémiologie et microbiologie) du projet permet de valider sa forme et son contenu tant du point de vue géomatique que du point de vue santé/épidémiologie.

6.2. Organigramme méthodologique



7. Résultats

7.1. Présentation et analyse des résultats

Le principal résultat pour cette partie du projet est le modèle conceptuel (voir annexe 1). Donc, ceci impliquait de cibler toutes les sous-questions en lien avec le projet et de les subdiviser de sorte que les derniers échelons de ce modèle soient les données brutes. Ce modèle conceptuel permettra de créer le modèle logique du SIG qui, lui, devra contenir tous les liens entre les différentes parties des classes d'entités. De cette façon, les différentes interactions entre les données sont planifiées avant même de commencer le travail informatique. Le modèle conceptuel de l'annexe 1 a été construit à partir des hypothèses de recherche de CampyloGIS.

7.1.1. Hypothèse 1

La première hypothèse du projet CampyloGIS traite de l'apport qu'aura l'ajout d'un SIG aux rapports épidémiologiques et aux analyses des isolats de CJ pour la compréhension du risque infectieux lié à la qualité de l'eau. Cette hypothèse se subdivise en trois sous-questions : facteurs augmentant la présence de CJ dans les cours d'eau, facteurs favorisant la contamination des réseaux d'aqueduc et comparaison des isolats de CJ dans l'eau avec ceux retrouvés chez l'humain.

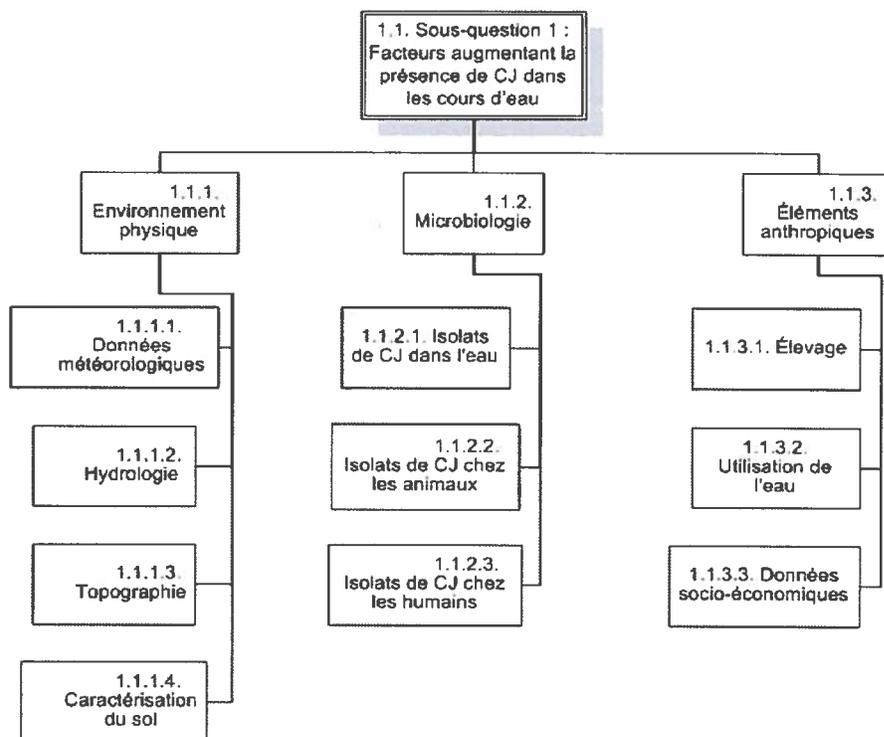


Figure 2 : Sous-classes d'entités de la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

La première sous-question inclut plusieurs paramètres pouvant influencer la présence de CJ dans les cours d'eau. Les données sur l'environnement physique incluses dans le modèle se présentent comme suit (* : étape non décomposable) :

1.1.1. Environnement physique

1.1.1.1. Données météorologiques

1.1.1.1.1. Température*

1.1.1.1.2. Précipitations*

1.1.1.2. Hydrologie

1.1.1.2.1. Cours d'eau

1.1.1.2.1.1. Paramètres physico-chimiques des cours d'eau*

1.1.1.2.1.2. Réseaux hydrographiques*

1.1.1.3. Topographie

1.1.1.3.1. Modèle numérique de terrain*

1.1.1.4. Caractérisation du sol

1.1.1.4.1. Dépôts de surface*

1.1.1.4.2. Géologie*

Les données sur la météo comprennent la température et les précipitations, les données sur l'hydrologie traitent des paramètres physico-chimiques des cours d'eau ainsi que du réseau hydrographique. Les tables des données de précipitation et de température comprennent le numéro de référence des stations météo, la date et l'heure des mesures en plus de contenir l'information de température et de précipitation (voir figure 3). La table sur les paramètres physico-chimiques des cours d'eau contient toutes les données de localisation du site d'échantillonnage en plus des données de pH, de conductivité, de turbidité, de teneur en oxygène dissout (DO) et de température de l'eau (voir figure 3). La table des réseaux hydrographiques comprend, en plus de la localisation des réseaux, le débit et l'ordre des différents cours d'eau. Les données sur la topographie incluent un modèle numérique de terrain tandis que les données de sol traitent des dépôts de surface et de la géologie (type de roche). Le modèle numérique de terrain comprend les pentes, la dénivellation moyenne des bassins versants et les dénivellations ponctuelles entre deux points à la demande de l'utilisateur. Ces données sur l'environnement physique serviront à vérifier les conditions les plus favorables à la présence de CJ dans les cours d'eau.

Du point de vue microbiologique, la sous-question 1 inclut les éléments suivants :

1.1.2. Microbiologie

1.1.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

1.1.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*

1.1.2.2. Isolats de CJ chez les animaux

1.1.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*

1.1.2.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages*

1.1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages*

1.1.2.3. Isolats de CJ chez les humains

1.1.2.3.1. Cas de campylobactériose*

Un isolat bactérien se définit comme étant une bactérie prélevée d'un échantillon X et n'ayant pas subi de typage moléculaire. Pour cette raison, cette bactérie ne pourra pas être définie comme une souche bactérienne car son appartenance à un groupe précis de bactéries n'aura pas été définie par typage moléculaire. Les isolats de CJ dans les cours d'eau serviront à connaître la prévalence du CJ dans ceux-ci alors que les isolats chez les animaux et chez les humains pourront servir à élucider la provenance de ces bactéries en comparant

les isolats de différentes sources par typage moléculaire. Toutes les tables traitant des isolats de CJ contiennent des données sur la bactérie en elle-même (complexe clonal, résultat de culture, résistance aux antibiotiques...) en plus de présenter des informations sur le lieu où le CJ a été prélevé (numéro du point de collecte, taille du cheptel bovin, type d'oiseau sauvage, type de l'animal sauvage, sexe, âge du patient...). La détermination de la structure génétique des CJ prélevés dans le cadre du projet global se fait par l'équipe de recherche CampyloGIS.

Finalement, les éléments anthropiques compris dans cette sous-question sont les suivants :

1.1.3. Éléments anthropiques

1.1.3.1. Élevage

1.1.3.1.1. Épandage

1.1.3.1.1.1. Périodes d'épandage*

1.1.3.1.1.2. Informations sur les fumiers*

1.1.3.1.2. Proximité des fermes

1.1.3.1.2.1. Fermes bovines*

1.1.3.1.2.2. Fermes de volaille*

1.1.3.1.3. Comportement des animaux*

1.1.3.2. Utilisation de l'eau

1.1.3.2.1. Eaux usées

1.1.3.2.1.1. Usines de traitement des eaux usées*

1.1.3.2.1.2. Déversement des eaux usées*

1.1.3.2.1.3. Réseaux d'égout*

1.1.3.3. Données socio-économiques

1.1.3.3.1. Données de population*

1.1.3.3.2. Données économiques*

1.1.3.3.3. Données d'habitation*

Ces éléments d'élevage, d'utilisation de l'eau et socio-économiques servent à reconnaître les éléments humains susceptibles d'augmenter la quantité de CJ dans les cours d'eau. Les données d'épandage et de proximité des fermes sont utiles pour déterminer des zones plus à risque pour la contamination des cours d'eau par le CJ en milieu agricole. La table portant sur les périodes d'épandage contient, en plus des données de localisation, des données sur les méthodes d'épandage, sur le type de fumier, sur les périodes d'épandage et sur les pourcentages du fumier annuel épandu à chaque période. La table d'informations sur les

fumiers comprend des données sur les infrastructures d'entreposage et sur le fumier entreposé. Dans les données de proximité des fermes, les tables comprennent les données de localisation des fermes bovines et de volaille avec leur numéro de référence. La table portant sur le comportement des animaux intègre des données sur le comportement et l'environnement des animaux de ferme telles que la présence de bassins d'abreuvement, le type d'élevage, l'emplacement normal des animaux (extérieur/intérieur) et l'administration d'antibiotiques.

Les données sur les eaux usées permettent de vérifier si le rejet d'eaux usées traitées est susceptible d'amener le CJ dans les cours d'eau récepteurs. Les tables portant sur les eaux usées contiennent les coordonnées des usines de traitement, des lieux de déversement et des réseaux d'égout. De plus, ces tables décrivent le type de traitement des eaux usées, le débit moyen aux points de déversement, la proportion de la population reliée au réseau d'égout de chaque municipalité et le type de désinfection que subissent les eaux usées avant leur rejet. Enfin, les données socio-économiques servent plutôt à tracer un portrait général des conditions de vie favorables à la contamination des cours d'eau par le CJ. La table des données de population trace le portrait de la population dans chaque zone géographique par sexe et par groupe d'âge, donne le type de municipalité en plus de fournir le nombre de foyers inclus dans chaque zone. La table des données économiques se résume au revenu moyen des familles et au taux de chômage de chacune des zones. Les données d'habitation contiennent le nombre d'habitations, de bâtiments et de ménages inclus dans chaque zone.

Stations météo et sites de prélèvement d'eau en Estrie

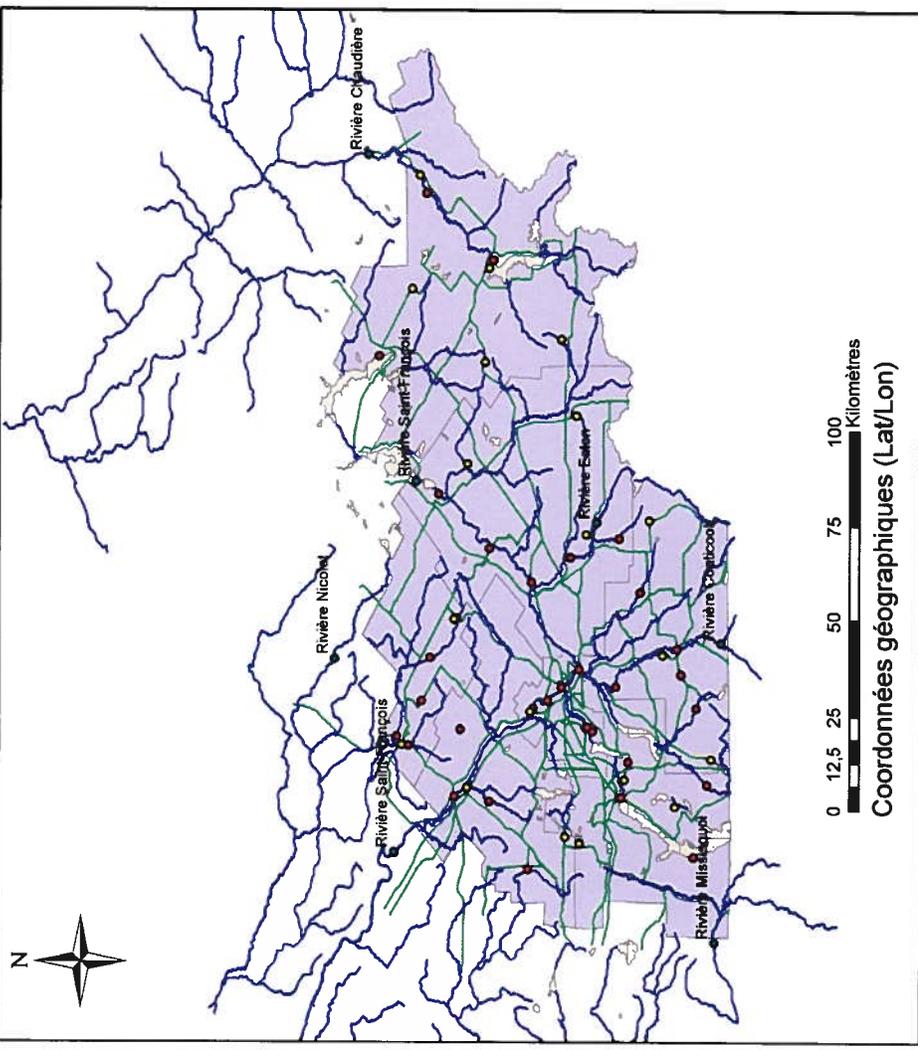
72° 43' 38" W
46° 44' 50" N

70° 17' 46" W
46° 44' 50" N



Légende

- Stations météo
- Sites de prélèvement d'eau
- Rivières
- Routes
- Lacs



72° 43' 38" W
44° 33' 26" N

70° 17' 46" W
44° 33' 50" N

0 12.5 25 50 75 100 Kilomètres
Coordonnées géographiques (Lat/Lon)

Figure 3 : Carte de l'Estrie avec les stations météo et les sites de prélèvement d'eau.
Source : Compilation d'après CanMap Water (2006), Ministère des Ressources naturelles du Québec (2006) et Projet CampyloGIS (2007).

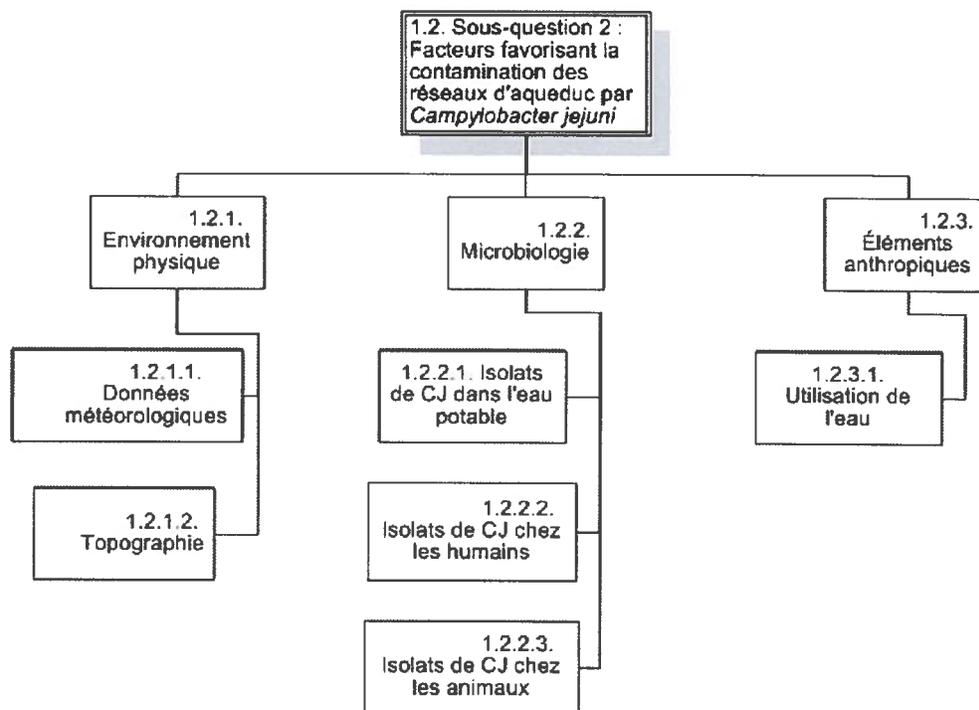


Figure 4 : Sous-classes d'entités de la sous-question 2 de l'hypothèse 1.

La deuxième sous-question de l'hypothèse 1 s'intéresse aux facteurs favorisant la contamination des réseaux d'aqueduc. La contamination de l'eau au cours de sa distribution dans les réseaux d'aqueduc serait plus fréquente que ce qui était estimé il y a quelques années (Nygard *et al.*, 2004). En effet, les fuites présentes dans les réseaux d'aqueduc les rendraient vulnérables à la contamination lors des périodes où la pression d'eau est basse. De plus, dans les régions rurales où la population est peu dense, les longs tuyaux d'aqueduc ayant une pression instable contribueraient à ce phénomène.

À la sous-question 2 du modèle conceptuel, on retrouve les données sur l'environnement physique suivantes :

1.2.1. Environnement physique

1.2.1.1. Données météorologiques

1.2.1.1.1. Température*

1.2.1.1.2. Précipitations*

1.2.1.2. Topographie

1.2.1.2.1. Dénivellation*

Ces données sur l'environnement physique servent à voir les conditions les plus favorables à la contamination des réseaux d'aqueduc comme les précipitations, la température ainsi que la dénivellation pour les réseaux se trouvant en bas de pente. La structure des tables qui concernent les données météorologiques sont décrites dans la section traitant de la sous-question 1 de l'hypothèse 1. La table de dénivellation contient les pentes moyennes et ponctuelles pour chaque zone géographique.

Les données microbiologiques présentes à cette sous-question se décrivent comme suit :

1.2.2. Microbiologie

1.2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau potable

1.2.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc*

1.2.2.1.2. Qualité de l'eau potable*

1.2.2.2. Isolats de CJ chez les humains

1.2.2.2.1. Cas de campylobactériose*

1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux

1.2.2.3.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*

1.2.2.3.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages*

1.2.2.3.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages*

Les isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc ne seront pas testés dans cette phase du projet CampyloGIS mais sont présents dans le modèle conceptuel dans l'éventualité d'une phase ultérieure où ces isolats seraient testés. Le typage moléculaire de CJ chez les animaux et les humains servira à vérifier les sources probables de contamination des réseaux de façon indirecte et la possibilité qu'une personne soit infectée par l'eau de ces réseaux. La table des isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc contient les mêmes variables que les autres tables décrivant des isolats : localisation et données de biologie moléculaire. La table sur la qualité de l'eau potable contient des données de localisation, la date d'échantillonnage ainsi que des données sur les avis d'ébullition. Les autres tables sur les différents isolats de CJ sont décrites dans la section traitant de la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

Les données sur l'utilisation de l'eau (éléments anthropiques) sont les suivantes :

1.2.3. Éléments anthropiques

1.2.3.1. Utilisation de l'eau

1.2.3.1.1. Aqueduc

1.2.3.1.1.1. Réseaux d'aqueduc*

1.2.3.1.1.2. Stations de pompage*

1.2.3.1.1.3. Réservoirs d'eau*

1.2.3.1.1.4. Entrées de chlore*

1.2.3.1.1.5. Prélèvement pour analyse*

1.2.3.1.2. Eaux usées

1.2.3.1.2.1. Réseaux d'égout*

Ces données sur l'utilisation de l'eau doivent permettre de localiser les réseaux d'aqueduc et d'égout ainsi que les infrastructures s'y rattachant (stations de pompage, réservoirs d'eau...). Donc, en localisant les regroupements de cas de campylobactériose, il sera possible d'identifier de façon indirecte les réseaux d'aqueduc pouvant être infectés par CJ. Les tables sur les stations de pompage, les réservoirs d'eau, les entrées de chlore et les lieux de prélèvement pour analyse contiennent les données de localisation en plus des numéros de référence pour chaque élément. La table des réseaux d'aqueduc contient les données de localisation des réseaux, le type d'approvisionnement (surface / souterrain), les sources d'approvisionnement, la proportion de la population qui s'approvisionne à partir du réseau et la méthode de traitement pour l'eau de consommation. La table des réseaux d'égout est décrite dans la partie traitant la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

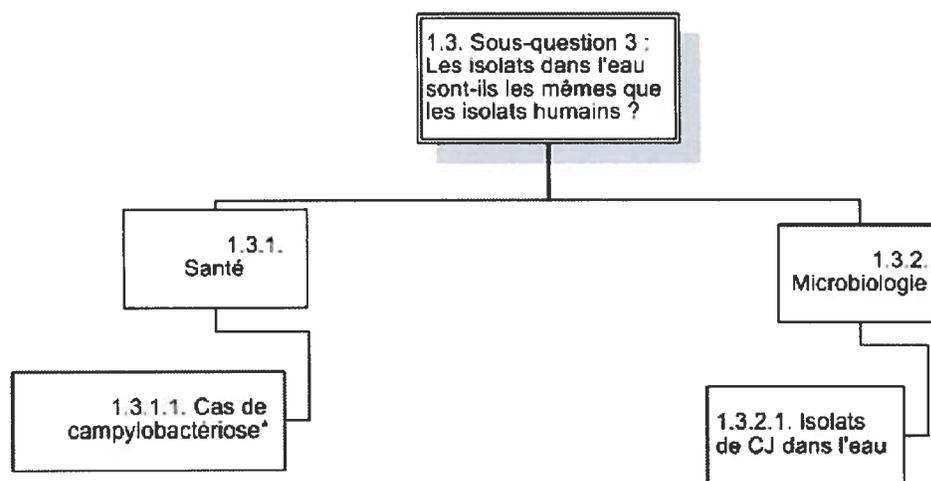


Figure 5 : Sous-classes d'entités de la sous-question 3 de l'hypothèse 1.

La troisième sous-question relative à la première hypothèse fait référence aux différences ou ressemblances potentielles entre les isolats de CJ dans l'eau par rapport à ceux retrouvés chez l'humain.

Les données nécessaires pour répondre à cette question sont les suivantes :

1.3.1. Santé

1.3.1.1. Cas de campylobactériose*

1.3.2. Microbiologie

1.3.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

1.3.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*

1.3.2.1.2. Isolats de CJ dans l'eau des puits*

Les données servant à tester cette hypothèse se résument aux cas de campylobactériose ainsi qu'aux isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau et des puits. Les différents isolats de CJ retrouvés dans l'eau, les poulets, les bovins et les animaux sauvages lors de la campagne expérimentale seront ainsi répertoriés et comparés par typage moléculaire afin de déterminer les sources de CJ chez les cas humains répertoriés. La table des isolats dans l'eau des puits inclut toutes les données de localisation des puits en plus de contenir l'information de biologie moléculaire nécessaire à l'identification de l'isolat. La table des cas de campylobactériose et celles des isolats dans l'eau des cours d'eau sont décrites dans la section portant sur la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

7.1.2. Hypothèse 2

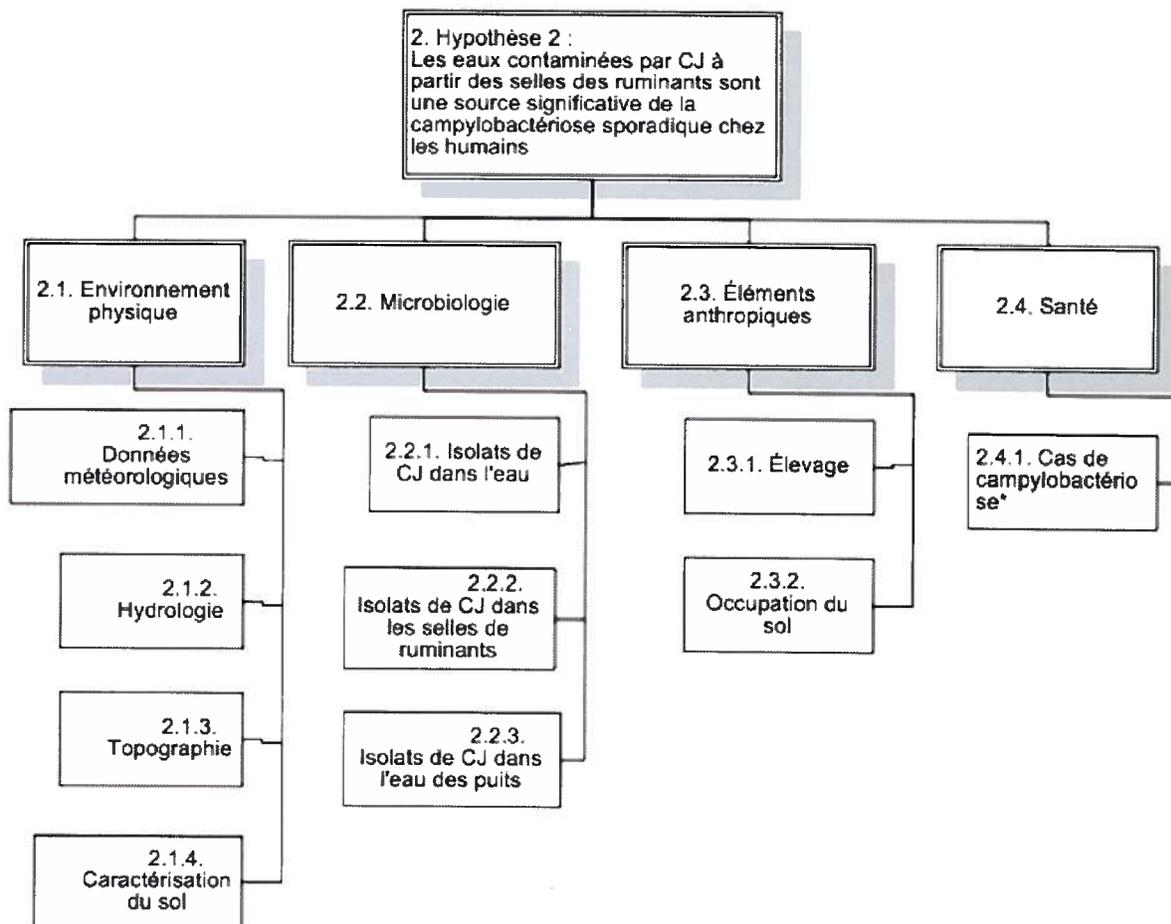


Figure 6 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 2.

La deuxième hypothèse porte sur le risque potentiel de transmission que représentent les eaux contaminées en CJ par les selles de ruminants. Il a en effet été démontré que les eaux souterraines représentent un risque plus élevé pour la campylobactériose car ces eaux sont généralement distribuées sans traitement, rendant ainsi leur contamination plus dangereuse pour l'homme (Nygard *et al.*, 2004). Il existerait une corrélation positive entre l'incidence de la diarrhée et la quantité d'eau souterraine bue par les humains (Dangendorf *et al.*, 2002). Plusieurs données sont donc utiles pour identifier les sources de la bactérie, les endroits où elle peut s'infiltrer, et les modes de déplacement de CJ après épandage.

Les données sur l'environnement physique nécessaires à la vérification de cette hypothèse sont les suivantes :

- 2.1. Environnement physique
 - 2.1.1. Données météorologiques
 - 2.1.1.1. Température*
 - 2.1.1.2. Précipitations*
 - 2.1.2. Hydrologie
 - 2.1.2.1. Données fournies par le modèle hydrologique*
 - 2.1.3. Topographie
 - 2.2.3.1. Dénivellation*
 - 2.1.4. Caractérisation du sol
 - 2.1.4.1. Dépôts de surface*

Les données microbiologiques sont les suivantes :

- 2.2. Microbiologie
 - 2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 2.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*
 - 2.2.2. Isolats de CJ dans les selles de ruminants
 - 2.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*
 - 2.2.3. Isolats de CJ dans l'eau des puits
 - 2.2.3.1. Analyses sur les eaux des puits*
 - 2.2.3.2. Isolats de CJ dans l'eau des puits*

Finalement, les éléments anthropiques nécessaires sont les suivants :

- 2.3. Éléments anthropiques
 - 2.3.1. Élevage
 - 2.3.1.1. Épandage
 - 2.3.1.1.1. Périodes d'épandage*
 - 2.3.1.1.2. Informations sur les fumiers*
 - 2.3.1.2. Proximité des fermes
 - 2.3.1.2.1. Fermes bovines*
 - 2.3.1.2.2. Fermes de volaille*
 - 2.3.2. Occupation du sol
 - 2.3.2.1. Cartes d'occupation du sol*

En combinant les données d'élevage avec le type et l'occupation du sol, il sera possible de localiser les endroits les plus susceptibles pour CJ de contaminer les eaux environnementales. Aussi, des données météorologiques, hydrologiques et topographiques sont nécessaires pour déterminer les patrons de déplacement de CJ après les épandages de fumier. La localisation des cas de campylobactériose sera essentielle pour associer ces cas à des zones à risque pour la contamination des eaux souterraines situées à proximité du domicile ou du lieu de travail de la personne infectée. Finalement, le typage moléculaire des isolats de CJ est utile à des fins de validation des sources potentielles d'infection chez l'humain suggérées par le SIG.

La table des données fournies par le modèle hydrologique contient des données de localisation, de quantité d'eau apportée au cours d'eau par le bassin versant, de quantités présumées de bactéries rejoignant la rivière, de temps de réponse du ruissellement, de quantités d'eau s'infiltrant dans le sol et des principaux couloirs d'écoulement de CJ. Les analyses sur les eaux des puits incluent, en plus de la localisation des puits, des données sur les quantités de coliformes et d'entérocoques en plus de détailler le type de puits et le type de traitement de l'eau. La table des cartes d'occupation du sol contient la localisation et le type des diverses occupations du sol présentes en Estrie. Les tables sur la dénivellation et les isolats de CJ dans l'eau des puits sont décrites dans les sections portant sur la sous-question 2 et la sous-question 3 de l'hypothèse 1, respectivement. Toutes les autres tables de l'hypothèse 2 sont détaillées dans la partie des résultats traitant de la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

La sous-question 1 de l'hypothèse 2 se penche sur la possibilité d'une augmentation de l'incidence de la campylobactériose lorsqu'un territoire est en avis d'ébullition. Un avis d'ébullition est émis lorsque l'exploitant d'un réseau de distribution d'eau potable constate que l'eau de son réseau constitue un risque sanitaire pour la population qu'il dessert (Groupe scientifique sur l'eau, 2003).

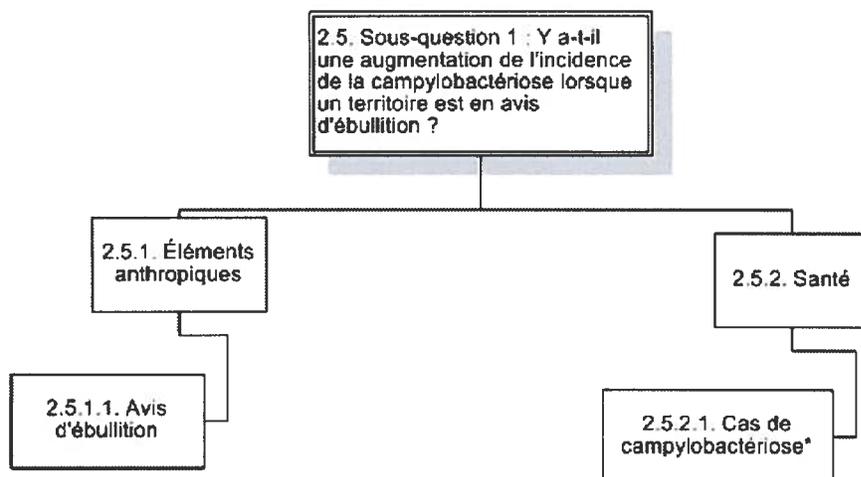


Figure 7 : Sous-classes d'entités de la sous-question 1 de l'hypothèse 2.

Les données nécessaires à la vérification de cette sous-question sont les suivantes :

- 2.5.1. Éléments anthropiques
 - 2.5.1.1. Avis d'ébullition
 - 2.5.1.1.1. Qualité de l'eau potable*
- 2.5.2. Santé
 - 2.5.2.1. Cas de campylobactériose*

En comparant temporellement et spatialement les données sur les avis d'ébullition pour l'eau potable avec les cas de campylobactériose, il est possible de vérifier si une augmentation de l'incidence de la maladie est observable aux lieux et aux moments où les avis sont en vigueur. Les avis d'ébullition sont consignés dans la table sur la qualité de l'eau potable, détaillée dans la section sur la sous-question 2 de l'hypothèse 1. La table décrivant les cas de campylobactériose est la même que celle utilisée dans la sous-question 1 de l'hypothèse 1.

7.1.3. Hypothèse 3

CampyloGIS tente aussi de vérifier un phénomène suggéré par quelques études épidémiologiques sur le campylobacter, à savoir qu'il existe une différence significative

entre les sources de la maladie dans les régions urbaines par rapport aux régions rurales ou semi-rurales (Green *et al.*, 2006; Nygard *et al.*, 2004).

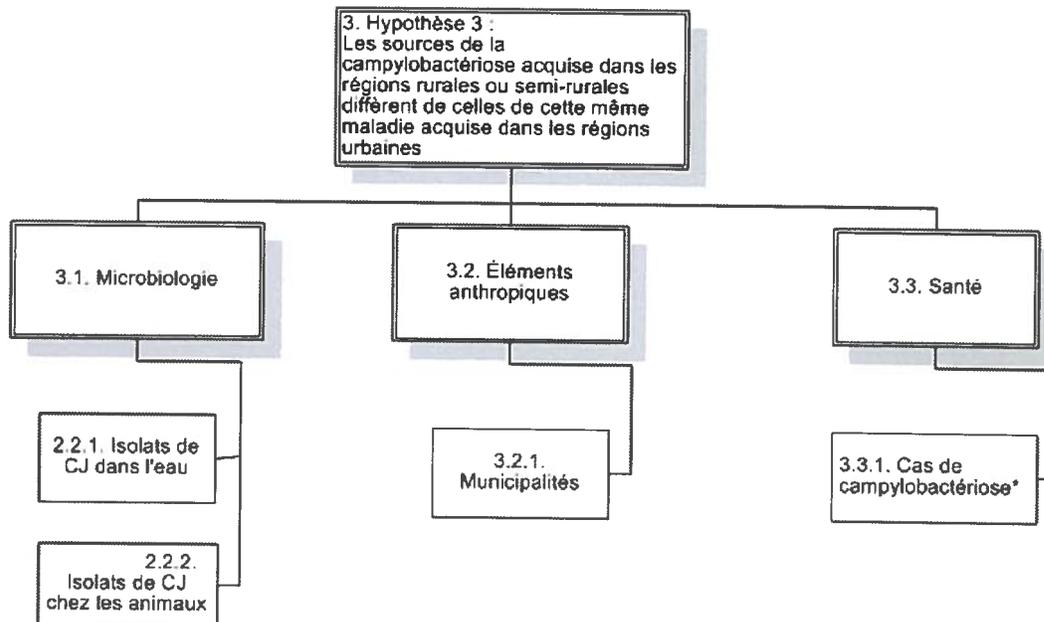


Figure 8 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 3.

Les données nécessaires à la vérification de cette hypothèse sont les suivantes :

- 3.1. Microbiologie
 - 3.1.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 3.1.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*
 - 3.1.1.2. Isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc*
 - 3.1.1.3. Qualité de l'eau potable*
 - 3.1.1.4. Isolats de CJ dans l'eau des puits*
 - 3.1.2. Isolats de CJ chez les animaux
 - 3.1.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*
 - 3.1.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages*
 - 3.1.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages*
 - 3.1.2.4. Isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries*
- 3.2. Éléments anthropiques
 - 3.2.1. Municipalités (rurales vs. urbaines)
 - 3.2.1.1. Données de population*
- 3.3. Santé
 - 3.3.1. Cas de campylobactériose*

Cette troisième hypothèse sera vérifiée à l'aide du typage moléculaire (isolats de CJ) pour déterminer à quel point les isolats bactériens retrouvés chez l'humain diffèrent entre les cas des régions urbaines et ceux des régions rurales. Cette hypothèse veut aussi vérifier à quel point ces isolats ressemblent aux isolats de CJ retrouvés chez les animaux, l'eau et les poulets, trois sources de la bactérie. De plus, les données de population sont nécessaires pour déterminer le type de municipalité (région) dans lequel se trouve chaque cas. Les données relatives aux isolats de CJ chez les poulets des épiceries contiennent l'identifiant, la localisation, les dates d'emballage et d'achat, le type de refroidissement ainsi que toutes les données relevant de la biologie moléculaire présentes dans les tables d'isolats (résultat de culture, PCR, ST...). La description de toutes les autres tables se retrouve dans les sections portant sur l'hypothèse 1 (S-Q 1, S-Q 2, S-Q 3).

7.1.4. Hypothèse 4

La quatrième hypothèse de recherche de CampyloGIS s'attaque aux particularités suspectées des isolats de CJ chez l'homme. Cette hypothèse ne sera pas traitée par le SIG car elle relève de la biologie moléculaire uniquement et a été incluse dans le modèle conceptuel à des fins de mise en contexte en non à des fins d'analyse. Des résultats ultérieurs concernant cette hypothèse pourront tout de même être affichés à l'aide du SIG.

7.1.5. Hypothèse 5

En guise de cinquième et dernière hypothèse, CampyloGIS suppose que les pratiques de prescriptions antimicrobiennes chez les animaux confèrent aux bactéries une résistance aux antibiotiques. Ces bactéries résistantes seraient par la suite transmises aux humains, rendant le traitement des personnes infectées plus difficile.

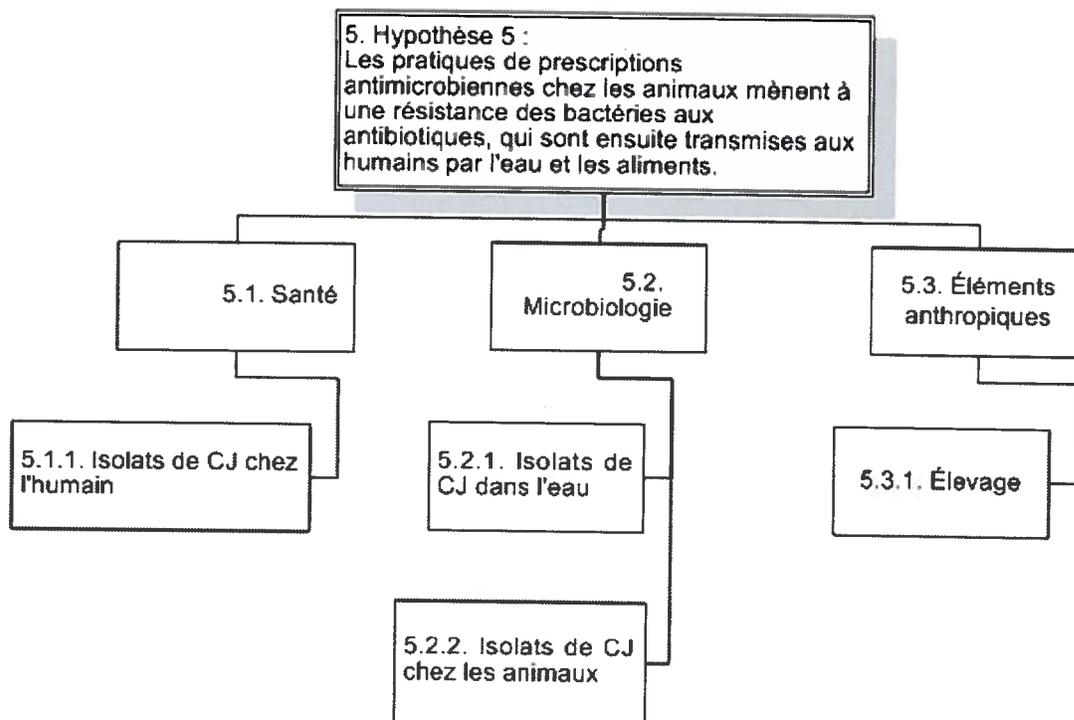


Figure 9 : Sous-classes d'entités de l'hypothèse 5.

Les données regroupées dans cette hypothèse de recherche sont les suivantes :

5.1. Santé

5.1.1. Isolats de CJ chez l'humain

5.1.1.1. Cas de campylobactériose*

5.2. Microbiologie

5.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

5.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*

5.2.1.2. Isolats dans l'eau d'aqueduc*

5.2.1.3. Qualité de l'eau potable*

5.2.1.4. Isolats de CJ dans l'eau des puits*

5.2.2. Isolats de CJ chez les animaux

5.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*

5.2.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages*

5.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages*

5.2.2.4. Isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries*

5.3. Éléments anthropiques

5.3.1. Élevage

5.3.1.1. Comportement des animaux*

Cette hypothèse regroupe des données sur les isolats de CJ chez l'humain, les animaux et dans l'eau ainsi que leur profil de résistance aux antibiotiques s'il y a lieu. Ceci a pour but de vérifier si les isolats chez les animaux de ferme (bovins, poulets) sont résistants aux antibiotiques. Les autres isolats (humains, eau, animaux et oiseaux sauvages) servent à savoir si ces bactéries résistantes se sont propagées chez l'humain, dans l'environnement ou chez les animaux sauvages. Les données relatives à la prise d'antibiotiques et au comportement des animaux de ferme proviennent d'un questionnaire qui a été acheminé aux fermiers de l'Estrie dans le cadre du projet global. Les détails relatifs à la table sur les isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries sont dans la section des résultats de l'hypothèse 3. La description de toutes les autres tables de l'hypothèse 5 se retrouve dans les sections portant sur l'hypothèse 1 (S-Q 1, S-Q 2, S-Q 3).

Au cours de l'hiver 2007, un stage a été effectué et avait, entre-autres, pour fonction de répertorier par des observations directes sur le terrain les différentes sources de contamination des cours d'eau par CJ. Le travail consistait donc à répertorier les sorties d'égout pluvial, les cours d'eau non-répertoriés dans les bases de données numériques et toute autre information utile pouvant influencer la qualité de l'eau par rapport à CJ. En vertu des observations effectuées lors de ce stage, les sources diffuses et ponctuelles de contamination des cours d'eau en Estrie par la bactérie CJ sont : l'activité agricole, les sorties d'égout en milieu fortement urbanisé (Sherbrooke), les fosses septiques et/ou champs d'épuration en milieu inondable ou près des cours d'eau ainsi que les rassemblements importants d'oiseaux lorsque situés près des points de collecte.

Selon ces mêmes observations, les facteurs menant à un faible taux de positivité sont au nombre de trois. Tout d'abord, la présence d'un gros lac juste en amont d'un point fera en sorte que l'eau sera moins chargée en CJ compte tenu de la période de rétention de l'eau. La bactérie aura donc plus de temps pour mourir dans l'eau avant d'arriver au point de collecte comparativement à un endroit où l'eau ne subit aucun ralentissement. Une faible densité agricole et/ou une forte densité forestière en amont du point de collecte viendra également diminuer le taux de positivité. Finalement, lorsqu'il y a absence de fosses septiques ou de champs d'épuration en amont du point, le taux de positivité aura tendance à

être plus bas. Le travail d'exploration des milieux en amont des points de collecte a été fort utile car il a permis d'observer certains phénomènes qui ne sont pas visibles avec les données numériques, ajoutant des éléments qualitatifs et quantitatifs à l'analyse spatiale qui sera effectuée dans le SIG. Les informations recueillies sur le terrain ont permis de confirmer que plusieurs données déjà présentes dans le modèle conceptuel avaient bel et bien une influence directe sur la présence de CJ dans les cours d'eau comme l'occupation du sol ou la localisation des réseaux d'égout. Ce stage a donc permis de confirmer l'utilité du modèle conceptuel pour l'identification des données nécessaires à la résolution des problèmes posés par la recherche.

7.2. Interprétation des résultats

Cette étude s'est limitée à un cadre purement théorique. Le projet global étant complexe et long, nous n'avons considéré que la partie abstraite fondamentale pour la conception et le développement d'un système d'information géographique. Le modèle logique et le développement du système suivront dans le cadre d'études ultérieures. Par conséquent, nous invitons le lecteur à ne considérer que la justesse de la logique utilisée pour élaborer le modèle conceptuel du système. Nous pouvons déjà affirmer que, lors de la mise en application du système qui sera développé plus tard, l'utilisateur pourra pondérer les variables au gré de ses intentions pour répondre à certaines problématiques. C'est pourquoi nous avons préféré faire un inventaire exhaustif des indicateurs environnementaux et socio-économiques qui pourraient être pris en compte dans la région de l'Estrie.

Dans le modèle conceptuel, la première sous-question de l'hypothèse 1, qui traite des facteurs pouvant influencer la présence de CJ dans les cours d'eau, contient à notre avis tous les éléments susceptibles de caractériser les milieux à risque ou non face à cette question. En effet, autant les éléments physiques, microbiologiques qu'anthropiques seront nécessaires afin d'élucider cette question qui demeure la plus complexe du point de vue géomatique dans le projet CampyloGIS. Connaître les éléments météorologiques, hydrologiques, topographiques et les caractéristiques du sol est essentiel pour une bonne compréhension de l'environnement physique nécessaire à la contamination des cours d'eau

par le CJ. Aussi, avoir des informations sur les isolats de CJ dans l'eau, chez les animaux et chez les humains nous apparaît nécessaire pour pouvoir retracer la source des bactéries retrouvées dans les cours d'eau de l'Estrie. Finalement, connaître les données d'élevage sur l'épandage, la proximité des fermes (densité agricole) ainsi que les données sur l'utilisation de l'eau et les données socio-économiques est nécessaire pour la recherche de réponses à cette question complexe. En effet, la complexité de cette question provient de sa nature environnementale, qui fait intervenir une foule de facteurs.

La deuxième sous-question de l'hypothèse 1, traitant des facteurs favorisant la contamination des réseaux d'aqueduc par le CJ, est abordée globalement dans le modèle conceptuel. En effet, les éléments présents dans le modèle regroupent toutes les données disponibles pour élucider cette question et ce, autant du point de vue des données physiques, microbiologiques qu'anthropiques. À l'aide des données météo et de la topographie, il sera possible de vérifier les conditions favorables à la contamination des réseaux d'aqueduc du point de vue physique. Tous les isolats bactériens serviront à découvrir l'origine des bactéries ayant pu contaminer certains aqueducs. Finalement, les éléments anthropiques auront pour fonction de localiser les différents éléments constituant les réseaux ainsi que les égouts en vertu du fort potentiel de ces derniers dans le processus de contamination des aqueducs.

Le modèle conceptuel, dans l'élaboration des données nécessaires à répondre à la sous-question 3 de l'hypothèse 1, est assez complet. Pour savoir si les isolats de CJ retrouvés dans les eaux de surface sont les mêmes que ceux retrouvés chez l'humain, il suffit de répertorier les isolats bactériens chez l'humain et dans les cours d'eau et de les comparer. La première phase de construction du modèle conceptuel tient compte de ces paramètres.

Afin de vérifier l'hypothèse 2 de CampyloGIS selon laquelle les eaux contaminées par le CJ contenu dans les selles des ruminants seraient une source importante de la campylobactériose chez l'humain, plusieurs données différentes sont nécessaires. Les données d'environnement physique s'avèrent essentielles pour vérifier les conditions environnementales propices à la contamination des cours d'eau par les selles de ruminants

(épandage et contamination directe). Ces données sont de type météorologique, hydrologique (réseau hydrographique), topographique et pédologique. Répertoire les isolats bactériens présents dans l'eau, dans les selles de ruminants, dans l'eau des puits ainsi que chez les humains s'avère aussi nécessaire afin d'identifier les sources potentielles des bactéries retrouvées dans les cours d'eau et chez les personnes infectées. Enfin, les données concernant l'élevage et l'occupation du sol s'avèrent tout aussi utiles pour la détermination du type d'activité humaine aux différents endroits de l'Estrie, l'évaluation de la densité agricole et la localisation des zones où on pratique l'épandage. En effet, selon nos observations, cette dernière serait la principale source de contamination des cours d'eau par le CJ en Estrie.

Les deux éléments entrant dans la composition de la sous-question 1 de l'hypothèse 2 dans le modèle conceptuel sont nécessaires à la résolution de la question qui consiste à savoir s'il y a une augmentation de l'incidence la campylobactérose lorsqu'un territoire est en avis d'ébullition. Tout d'abord, il est nécessaire de connaître les détails sur les avis ayant eu lieu en Estrie durant la période d'étude (durée, date de début, municipalité ou secteur touché). Les détails sur les cas de campylobactérose viennent ensuite servir à vérifier si des cas se sont déclarés dans la zone touchée au moment où l'avis a eu lieu ou peu de temps après la fin de l'avis.

La troisième hypothèse de CampyloGIS porte sur les différences qui existeraient entre les sources de la campylobactérose en région urbaine et celles de cette maladie en milieu rural ou semi-rural. Les isolats bactériens chez les animaux (bétail et sauvages) et dans l'eau (eau potable et dans les cours d'eau) servent à déterminer la source des bactéries retrouvées chez les humains par comparaison du génome. Le nombre d'habitants dans la municipalité habitée par chaque cas de campylobactérose servira à déterminer le type de milieu dans lequel la personne a pu être contaminée (rural, semi-rural ou urbain). Ainsi, il sera possible de déterminer les différentes sources de la campylobactérose en fonction du milieu dans lequel habitent les personnes infectées et de les comparer par la suite pour savoir s'il existe une différence dans les sources de la maladie en fonction du milieu.

La quatrième hypothèse de recherche de CampyloGIS n'est pas traitée par le SIG car elle relève de la biologie moléculaire uniquement. Le modèle conceptuel ne comprend donc aucune analyse des données nécessaires pour résoudre cette question.

La hiérarchisation des données pour l'hypothèse 5 dans modèle conceptuel résume bien les éléments nécessaires à la résolution du problème qui y est rattaché. Afin de savoir si les pratiques de prescription antimicrobiennes chez les animaux mènent à une résistance des bactéries aux antibiotiques et sont transmises par l'eau et les aliments chez les humains, il suffit de répertorier les isolats bactériens de CJ. À l'aide des données de résistance face aux antibiotiques (Ciprofloxacine, Erythromycine et Tétracycline), tous les isolats bactériens retrouvés dans l'eau, chez les animaux et chez les personnes infectées peuvent être comparés afin de vérifier si les isolats humains ont les mêmes résistances aux antibiotiques que ceux prélevés chez les animaux de ferme (bovins et poulets). Les isolats prélevés dans l'eau et chez les animaux sauvages serviront à vérifier si des résistances aux antibiotiques sont transmises aux CJ présents dans l'eau et chez les animaux sauvages. Les données sur le comportement des animaux de ferme servent à vérifier si les habitudes des fermiers peuvent occasionner une contamination de l'environnement par ces bactéries résistantes.

Bref, tout en ne considérant pas les problèmes liés spécifiquement au SIG, le modèle conceptuel de CampyloGIS est efficace pour répertorier et hiérarchiser en concepts les données nécessaires à la résolution des questions posées par la recherche et à définir la structure des tables de données qui seront utilisés dans le SIG ultérieurement. Ceci implique de cibler toutes les sous-questions en lien avec le projet et de les subdiviser de sorte que les derniers échelons de ce modèle soient les données brutes afin que les différentes interactions entre les données soient planifiées avant même de commencer le travail informatique. Il est cependant difficile de faire l'évaluation finale du modèle conceptuel tel qu'il est présenté dans ce mémoire car ses points forts et ses points faibles ressortiront d'avantage lorsqu'il sera validé dans le SIG. Il sera plus facile à ce moment de vérifier quels éléments dans le modèle sont les plus importants et quels éléments sont moins utiles à la résolution des problèmes posés par la recherche.

7.3. Vérification des hypothèses de travail

Dans le cadre de cette maîtrise, deux hypothèses de travail ont été avancées. La première hypothèse stipule que le développement d'un modèle conceptuel permet de mieux agencer les besoins thématiques et les données engendrées par ces besoins. Cet énoncé a été vérifié car le modèle conceptuel (annexe 1) a permis de bien agencer les besoins thématiques en fonction des hypothèses de recherche de CampyloGIS. Donc, la construction du modèle conceptuel a permis de mieux cerner les différents thèmes inclus dans chaque hypothèse de recherche en plus de faciliter le travail d'identification des données nécessaires à chaque thème.

La seconde hypothèse de travail stipule que le modèle conceptuel met en relief la modélisation analytique (spatiale) permettant de générer l'information recherchée. En observant le modèle conceptuel (annexe 1), il est clair qu'il représente une étape clé dans la création d'un SIG car ce modèle identifie les différents thèmes inclus dans chaque hypothèse de recherche ainsi que les données nécessaires à chaque thème. Donc, il devient beaucoup plus simple de voir les relations entre les données au cœur des hypothèses de recherche en vertu du fait qu'une première séparation des concepts a été effectuée lors de la création du modèle conceptuel. La mise en relief de la modélisation spatiale à accomplir dans le SIG de CampyloGIS est donc effectuée de façon préliminaire via le modèle conceptuel car celui-ci est préalable au modèle logique. Par la suite, à partir du modèle conceptuel, le modèle logique détermine les opérations nécessaires entre les données des différentes hypothèses de recherche afin de générer les informations souhaitées.

7.4. Discussion des résultats

L'utilisation d'un SIG apporte une plus-value aux études épidémiologiques conventionnelles par l'étude des associations entre les expositions aux facteurs environnementaux et la distribution spatiale des maladies (Vine *et al.*, 1997; Kistemann *et al.*, 2001). Le SIG de CampyloGIS servira à la fois à stocker, gérer, analyser et afficher des informations de nature épidémiologique et spatiale (Dangendorf *et al.*, 2002). Dans le

projet, le SIG permettra de créer une série de cartes thématiques représentant la distribution spatiale de la campylobactériose ou de tout autre facteur susceptible de faire varier la distribution de cette maladie. Cette simplification dans la création de cartes pour la représentation spatiale constitue un atout majeur des SIG en épidémiologie (Kistemann *et al.*, 2002).

Le modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS comprend la plupart des données préalablement identifiées par la littérature pour ce type d'étude. En effet, ce modèle comprend toutes les données incluses dans l'article traitant de la campylobactériose au Manitoba (Green *et al.*, 2006). L'emploi, le statut socio-économique, le milieu de vie (rural/urbain), l'occupation en agriculture, l'âge et le sexe des personnes infectées sont tous inclus dans la table des cas de campylobactériose. Ces paramètres entrent dans la composition du modèle conceptuel pour toutes les hypothèses de recherche qui nécessiteront une analyse systémique (hypothèses 1, 2, 3 et 5). La densité des animaux de ferme est incluse dans les données d'élevage dans la section sur la proximité des fermes (bovines et volaille) qui se retrouve dans la sous-question 1 de l'hypothèse 1 et dans l'hypothèse 2. Cette donnée sert à connaître la densité du bétail en Estrie afin de caractériser le risque que représente cette densité sur la contamination des cours d'eau en CJ dans la sous-question 1 de la première hypothèse. Dans l'hypothèse 2, la densité des ruminants sert à définir le risque que représentent leurs selles pour les eaux et la campylobactériose humaine.

Les autres données décrites par ces auteurs sont des caractéristiques du paysage et se retrouvent toutes dans le modèle conceptuel : occupation du sol, topographie et réseau hydrographique. L'occupation du sol sert dans l'hypothèse 2 à déterminer les parcelles du territoire de l'Estrie servant à l'agriculture. La topographie est utile pour analyser l'effet des pentes sur la contamination des cours d'eau et de l'aqueduc par le CJ dans les sous-questions 1 et 2 de l'hypothèse 1. La dénivellation intervient aussi dans l'étude de la contamination de l'eau par les selles de ruminants (hypothèse 2). L'inclusion du réseau hydrographique dans la sous-question 1 de l'hypothèse 1 sert à des fins d'identification et de localisation des cours d'eau en plus de fournir certains détails sur leur importance.

L'article de Nygard *et al.* (2004) considère des données géographiques, climatiques, d'agriculture, d'approvisionnement en eau et de maladie pour faire l'étude des infections à campylobacter en lien avec les facteurs de risque en Suède. Le modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS prend en compte tous ces paramètres. L'utilité des données sur la densité du bétail a déjà été discutée dans cette section aux paragraphes traitant de l'article de Green *et al.* (2006). Les données d'approvisionnement en eau se retrouvent dans la sous-question 2 de l'hypothèse 1 du modèle conceptuel. Elles ont une utilité importante dans la résolution de la sous-question 2 car elles servent à déterminer la longueur des tuyaux d'aqueduc se rendant au domicile de chaque cas déclaré de campylobactériose. Elles fournissent de plus des précisions sur les endroits où sont situées les réservoirs d'eau, les stations de pompage, les entrées de chlore ainsi que les lieux de prélèvement pour analyse. Les données climatiques du modèle conceptuel incluent les précipitations journalières et la température journalière dans 20 stations météo de l'Estrie (voir figure 3). Ces données servent à vérifier les conditions de température et de précipitations occasionnant un risque face au CJ dans les cours d'eau, les réseaux d'aqueduc et les eaux souterraines pour les sous-questions 1 et 2 de l'hypothèse 1 et pour l'hypothèse 2, respectivement. La variable de classe de municipalité est incluse dans les données de population et se retrouve dans la sous-question 1 de l'hypothèse 1 et dans l'hypothèse 3. Cette donnée sert à analyser l'effet des différentes agglomérations urbaines sur la contamination des cours d'eau par le CJ et à vérifier si les sources de la campylobactériose sont différentes dans les régions rurales ou semi-rurales par rapport aux régions urbaines, compte tenu des conditions de vie particulières.

Dans l'article de Dangendorf *et al.* (2002) traitant des patrons spatiaux des maladies causant la diarrhée, des données démographiques, épidémiologiques et des données de qualité de l'eau (approvisionnement, traitement et distribution) ont été utilisées pour faire ressortir de nouveaux patrons spatiaux. Les données démographiques dans le modèle conceptuel se retrouvent dans la sous-question 1 de l'hypothèse 1 et dans l'hypothèse 3 (voir paragraphe précédent pour explication). Les données épidémiologiques pour chaque cas déclaré se retrouvent dans la table des cas de campylobactériose. Ces données sont présentes dans le modèle conceptuel dans toutes les hypothèses de recherche et sous-

questions dont fait l'objet le SIG de CampyloGIS. Ces données servent non seulement à géoréférencer les cas de campylobactériose sur la carte de l'Estrie mais aussi pour annexer des informations de nature épidémiologique aux autres données présentes dans les différentes sections du modèle conceptuel. Les données de qualité de l'eau servent à vérifier l'impact de la qualité de l'eau potable sur la distribution spatiale de la campylobactériose dans la sous-question 2 de l'hypothèse 1, l'hypothèse 2 et la sous-question 1 de l'hypothèse 2. Dans l'hypothèse 3, on cherche à savoir si la qualité de l'eau potable est différente entre les régions rurales et urbaines. Finalement, dans l'hypothèse 5, les données de qualité de l'eau potable permettent de trouver les conditions favorables à la survie de bactéries CJ résistantes aux antibiotiques dans l'eau de consommation.

On retrouve trois types différents de registres utilisés dans l'article de Ethelberg *et al.* (2005) : registre des patients, registre de la population et registre des bâtiments. L'équivalent du registre des patients dans le modèle conceptuel est la table des cas de campylobactériose qui constitue un élément fondamental de l'étude dans le projet CampyloGIS tel que décrit précédemment. L'équivalent au registre de population se retrouve dans les données de population dans le modèle conceptuel à la sous-question 1 de l'hypothèse 1 et dans l'hypothèse 3. Finalement, aucun équivalent au registre Danois des bâtiments n'est inclus dans le modèle conceptuel car aucune des hypothèses de recherche ne nécessite de connaître toutes les adresses résidentielles de l'Estrie. Les données comme le type et la grandeur de l'habitation, le nombre de pièces, le nombre de salles de bain et de cuisines ainsi que le type de chauffage installé ne servent pas dans le projet CampyloGIS. Cependant, le type d'approvisionnement en eau potable est répertorié pour le domicile de chaque cas déclaré de campylobactériose dans la table des cas.

L'aspect innovateur du modèle conceptuel de CampyloGIS réside dans l'inclusion de données de biologie moléculaire (isolats génétiques) afin d'appuyer et valider les associations formulées par le SIG sur les sources de la campylobactériose et les facteurs de risque. Ces isolats bactériens sont recueillis dans les cours d'eau (voir figure 3), l'eau de certains puits, chez les animaux de ferme (bovins et poulets), les animaux sauvages ainsi que chez les cas déclarés de campylobactériose. Le modèle conceptuel du SIG de

CampyloGIS prend en compte plusieurs données qui ne se retrouvent pas dans les études similaires publiées par le passé. En effet, l'inclusion de données topographiques, de caractérisation du sol et d'épandage constitue une nouveauté par rapport aux études antérieures. L'ajout dans le modèle conceptuel du réseau hydrographique de l'Estrée ainsi que des données sur les eaux usées et les avis d'ébullition constitue aussi une innovation.

Conclusion

Le travail accompli dans le projet CampyloGIS pour cette maîtrise a été de générer le modèle conceptuel du SIG. Le modèle conceptuel a été organisé en fonction des hypothèses du projet global. Cette façon de faire est justifiée par le fait que le SIG servira, entre autres, à tester les hypothèses de recherche du projet global. Le modèle conceptuel est donc subdivisé par hypothèse et par sous-question, le cas échéant. Les données nécessaires à la création du modèle conceptuel et, ultimement, à la mise en place du SIG proviennent de sources multiples. La plupart des données identifiées dans la littérature traitant du sujet ont été incluses dans le modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS.

La création du modèle conceptuel du SIG de CampyloGIS permet de bien séparer les concepts et de les hiérarchiser afin de préparer la structure du modèle logique à venir. Les données nécessaires à la création du SIG peuvent être identifiées précisément et regroupées en fonction des questions auxquelles le projet global veut répondre. Il faut garder en mémoire qu'une bonne préparation est la clé du succès lorsque l'on veut monter un projet solide; encore d'avantage en géomatique où, finalement, le travail sur ordinateur est assez court lorsque la conceptualisation du projet est bien faite. Il est valorisant de savoir que le travail effectué dans le cadre de cette recherche contribuera à bien comprendre le problème et, par conséquent, à diminuer l'incidence d'une maladie affectant beaucoup de gens au Québec chaque année. Il sera intéressant de voir les étapes subséquentes à la création du modèle conceptuel au cours de l'avancement du projet. Ces étapes incluent la création du modèle logique, du modèle physique et la mise sur pied du SIG proprement dit. Dans l'avenir, l'utilisation d'un modèle conceptuel semblable à celui de l'annexe 1 pourrait servir à d'autres projets d'épidémiologie spatiale car plusieurs concepts et plusieurs types de données y sont regroupés.

Références

Aubé, G. (2005) Système de préparation et d'intervention d'urgence dans le bassin du fleuve Mékong : développement d'un modèle conceptuel de données appliqué à la sécurité et à la santé publique lors d'inondations (Kandal, Cambodge). Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 114 p.

Bénié, G.B., Müller-Poitevien, C., Ngo, H.H. (2002) La géomatique de la santé : tendances actuelles. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 16 p.

Bénié, G.B. (2002) Notes de cours - SIG. Université de Sherbrooke.

Dangendorf, F., Herbst, S., Reintjes, R., Kistemann, T. (2002) Spatial patterns of diarrhoeal illnesses with regard to water supply structures – a GIS analysis. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. vol. 205, p.183-191.

Ethelberg, S., Simonsen, J., Gerner-Smidt, P., Olsen, K.E.P., Molbak, K. (2005) Spatial Distribution and Registry-based Case-Control Analysis of *Campylobacter* Infections in Denmark, 1991-2001. *American Journal of Epidemiology*. vol. 162, no 10, p.1008-1015.

Gouvernement du Nouveau-Brunswick (2006) Campylobactériose. *in* Fiche d'information destinée au public, Gouvernement du Nouveau-Brunswick, Moncton, <http://www.gnb.ca/0053/factsheets/pdf/campylobacteriose-f.pdf>.

Graham, A.J., Atkinson, P.M., Danson, F.M. (2004) Spatial analysis for epidemiology. *Acta Tropica*, vol. 91, p.219-225.

Green, C.G., Krause, D.O., Wylie, J.L. (2006) Spatial analysis of campylobacter infection in the Canadian province of Manitoba. *International Journal of Health Geographics*. vol. 5, no 2, p.1-14.

Groupe scientifique sur l'eau (2003) Avis d'ébullition de l'eau. *in* Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, Québec, 6 p., <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/AvisDeBouillir.pdf>.

Hanninen, M.L., Haajanen, H., Pummi, T., et al. (2003) Detection and Typing of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* and Analysis of Indicator Organisms in Three Waterborne Outbreaks in Finland. *Applied and Environmental Microbiology*. vol. 69, no 3, p.1391-1396.

Johnson, C.P., Johnson, J. (2001) GIS: A Tool for Monitoring and Management of Epidemics. Map India 2001 Conference, New Delhi, février 2001, 6 p.

Kaiser, R., Spiegel, P.B., Henderson, A.K., Gerber, M.L. (2003) The Application of Geographic Information Systems and Global Positioning Systems in Humanitarian Emergencies: Lessons Learned, Programme Implications and Future Research. *Disasters*. vol. 27, no 2, p.127-140.

Kistemann, T., Zimmer, S., Vagsholm, I., Andersson, Y. (2004) GIS-supported investigation of human EHEC and cattle VTEC O157 infections in Sweden: Geographical distribution, spatial variation and possible risk factors. *Epidemiology and Infectiology*. vol. 132, no 3, p.495-505.

Kistemann, T., Claben, T., Koch, C., Dangendorf, F., et al (2002) Microbial Load of Drinking Water Reservoir Tributaries during Extreme Rainfall and Runoff. *Applied and Environmental Microbiology*. vol. 68, no 5, p.2188-2197.

Kistemann, T., Dangendorf, F., Schweikart, J. (2002) New Perspectives on the use of geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. vol. 205, p.169-181.

Kistemann, T., Herbst, S., Dangendorf, F., Exner, M. (2001) GIS-based analysis of drinking-water supply structures: a module for microbial risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. vol. 203, p.301-310.

Lévesque, S., Michaud, S. (2003) Comparison of antimicrobial resistance profiles of *C. jejuni* strains isolated from humans and chickens. *International Journal of Microbiology*. vol. 293 (Suppl. 35), p.49-50.

Maheswaran, R., Massimo, C. (2004) *GIS in Public Health Practice*. CRC Press, Boca Raton, 308 p.

Michaud, S., Ménard, S., Arbeit, RD. (2004) *Campylobacteriosis, Eastern Townships, Quebec*. *Emerging Infectious Diseases*. vol. 10, no 10, p.1844-1847.

Nygard, K., Andersson, Y., Rottingen, JA., et al. (2004) Association between environmental risk factors and campylobacter infections in Sweden. *Epidemiology and Infectiology*. vol. 132, no 2, p.317-325.

Schönberg-Norio, D., Takkinen, J., Hänninen, ML., Katila, ML., Kaukoranta, SS., Mattila, L., Rautelin, H. (2004) Swimming and *Campylobacter* Infections. *Emerging Infectious Diseases*. vol. 10, no 8, p.1474-1477.

Steinberg, SJ., Steinberg, SL. (2006) *GIS : Geographical Information Systems for the Social Sciences, Investigating Space and Place*. SAGE Publications, Thousand Oaks, 252 p.

Vine, M.F., Degnan, D., Hanchette, C. (1998) Geographic information systems: Their use in environmental epidemiologic research. *Journal of Environmental Health*, vol. 61, no. 3, p.7-18.

Annexe 1 : Modèle conceptuel du SIG; projet CampyloGIS

Hypothèses de recherche CampyloGIS

1. **Hypothèse 1 : L'ajout d'un SIG de surveillance environnementale aux rapports épidémiologiques et aux analyses des souches de CJ fournira de l'information qui amènera une nouvelle compréhension du risque infectieux lié à la qualité de l'eau et permettra d'identifier de nouvelles relations causales.**

Sous question 1 : Quels sont les facteurs susceptibles d'augmenter la présence du *Campylobacter jejuni* dans l'eau des cours d'eau ?

Sous question 2 : Quels sont les facteurs favorisant la contamination des réseaux d'aqueduc par *Campylobacter jejuni* ?

Sous question 3 : Les isolats dans l'eau sont-ils les mêmes que les isolats humains ?

2. **Hypothèse 2 : Les eaux contaminées par CJ à partir des selles des ruminants sont une source significative de la campylobactériose sporadique chez les humains (eaux de surface, nappes phréatiques et eaux de pluie).**

Sous question 1 : Y a-t-il une augmentation de l'incidence de la campylobactériose lorsqu'un territoire est en avis d'ébullition ?

3. **Hypothèse 3 : Les sources de la campylobactériose acquise dans les régions rurales ou semi-rurales diffèrent de celles de cette même maladie acquise dans les régions urbaines.**
4. **Hypothèse 4 : Les isolats humains de CJ représentent, de manière prédominante, des lignées génétiques (génotype) particulières qui sont un sous-ensemble des génotypes trouvés parmi toutes les sources d'origine animale et environnementale.**
5. **Hypothèse 5 : Les pratiques de prescriptions antimicrobiennes chez les animaux mènent à une résistance des bactéries aux antibiotiques, qui sont ensuite transmises aux humains par l'eau et les aliments.**

1. Hypothèse 1

Premier niveau : Sous questions

- 1.1. Sous question 1 : Quels sont les facteurs susceptibles d'augmenter la présence du *Campylobacter jejuni* dans l'eau des cours d'eau ?
- 1.2. Sous question 2 : Quels sont les facteurs favorisant la contamination des réseaux d'aqueduc par *Campylobacter jejuni* ?
- 1.3. Sous question 3 : Les isolats de CJ dans l'eau sont-ils les mêmes que les isolats humains ?

1.1. Sous question 1

Deuxième niveau : Sous classes d'entités

- 1.1.1. Environnement physique
- 1.1.2. Microbiologie
- 1.1.3. Éléments anthropiques

Troisième niveau : Sous-classes d'entités

1.1.1. Environnement physique

- 1.1.1.1. Données météorologiques
- 1.1.1.2. Hydrologie
- 1.1.1.3. Topographie
- 1.1.1.4. Caractérisation du sol

1.1.2. Microbiologie

- 1.1.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
- 1.1.2.2. Isolats de CJ chez les animaux
- 1.1.2.3. Isolats de CJ chez les humains

1.1.3. Éléments anthropiques

- 1.1.3.1. Élevage
- 1.1.3.2. Utilisation de l'eau
- 1.1.3.3. Données socio-économiques

Quatrième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.1.1. Environnement physique

1.1.1.1. Données météorologiques

1.1.1.1.1. Température*

1.1.1.1.2. Précipitations*

1.1.1.2. Hydrologie

1.1.1.2.1. Cours d'eau

1.1.1.3. Topographie

1.1.1.3.1. Modèle numérique de terrain*

1.1.1.4. Caractérisation du sol

1.1.1.4.1. Dépôts de surface*

1.1.1.4.2. Géologie*

1.1.2. Microbiologie

1.1.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

1.1.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau*

1.1.2.2. Isolats de CJ chez les animaux

1.1.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes*

1.1.2.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages*

1.1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages*

1.1.2.3. Isolats de CJ chez les humains

1.1.2.3.1. Cas de campylobactériose*

1.1.3. Éléments anthropiques

1.1.3.1. Élevage

1.1.3.1.1. Épandage

1.1.3.1.2. Proximité des fermes

1.1.3.1.3. Comportement des animaux*

1.1.3.2. Utilisation de l'eau

1.1.3.2.1. Eaux usées

1.1.3.3. Données socio-économiques

1.1.3.3.1. Données de population*

1.1.3.3.2. Données économiques*

1.1.3.3.3. Données d'habitation*

Cinquième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.1.1. Environnement physique

1.1.1.2. Hydrologie

1.1.1.2.1. Cours d'eau

1.1.1.2.1.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau des cours d'eau*

1.1.1.2.1.2. Réseaux hydrographiques*

1.1.3. Éléments anthropiques

1.1.3.1. Élevage

1.1.3.1.1. Épandage

1.1.3.1.1.1. Périodes d'épandage*

1.1.3.1.1.2. Informations sur les fumiers*

1.1.3.1.2. Proximité des fermes

1.1.3.1.2.1. Fermes bovines*

1.1.3.1.2.2. Fermes de volaille*

1.1.3.2. Utilisation de l'eau

1.1.3.2.1. Eaux usées

1.1.3.2.1.1. Usines de traitement des eaux usées*

1.1.3.2.1.2. Déversement des eaux usées*

1.1.3.2.1.3. Réseaux d'égout*

1.2. Sous question 2

Deuxième niveau : Sous classes d'entités

- 1.2.1. Environnement physique
- 1.2.2. Microbiologie
- 1.2.3. Éléments anthropiques

Troisième niveau : Sous-classes d'entités

1.2.1. Environnement physique

- 1.2.1.1. Données météorologiques
- 1.2.1.2. Topographie

1.2.2. Microbiologie

- 1.2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau potable
- 1.2.2.2. Isolats de CJ chez les humains
- 1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux

1.2.3. Éléments anthropiques

- 1.2.3.1. Utilisation de l'eau

Quatrième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.2.1. Environnement physique

- 1.2.1.1. Données météorologiques
 - 1.2.1.1.1. Température* (voir point 1.1.1.1.1.; p. 56)
 - 1.2.1.1.2. Précipitations* (voir point 1.1.1.1.2.; p. 56)

- 1.2.1.2. Topographie
 - 1.2.1.2.1. Dénivellation*

1.2.2. Microbiologie

- 1.2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau potable
 - 1.2.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc*
 - 1.2.2.1.2. Qualité de l'eau potable*
- 1.2.2.2. Isolats de CJ chez les humains
 - 1.2.2.2.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)
- 1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux
 - 1.2.2.3.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes* (voir pt. 1.1.2.2.1.; p 57)
 - 1.2.2.3.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages* (voir pt. 1.1.2.2.2.; p 57)
 - 1.2.2.3.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages* (voir pt. 1.1.2.2.3.; p 58)

1.2.3. Éléments anthropiques

1.2.3.1. Utilisation de l'eau

1.2.3.1.1. Aqueduc

1.2.3.1.2. Eaux usées

Cinquième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.2.3. Éléments anthropiques

1.2.3.1. Utilisation de l'eau

1.2.3.1.1. Aqueduc

1.2.3.1.1.1. Réseaux d'aqueduc*

1.2.3.1.1.2. Stations de pompage*

1.2.3.1.1.3. Réservoirs d'eau*

1.2.3.1.1.4. Entrées de chlore*

1.2.3.1.1.5. Prélèvement pour analyse*

1.2.3.1.2. Eaux usées

1.2.3.1.2.1. Réseaux d'égout* (voir point 1.1.3.2.1.3.; p.61)

1.3. Sous question 3

Deuxième niveau : Sous classes d'entités

1.3.1. Santé

1.3.2. Microbiologie

Troisième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.3.1. Santé

1.3.1.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)

1.3.2. Microbiologie

1.3.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

Quatrième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

1.3. Sous question 3

1.3.2. Microbiologie

1.3.2.1. Isolats de CJ dans l'eau

1.3.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau* (voir pt. 1.1.2.1.1.; p. 57)

1.3.2.1.2. Isolats de CJ dans l'eau des puits*

2. Hypothèse 2

Premier niveau : Classes d'entités

- 2.1. Environnement physique
- 2.2. Microbiologie
- 2.3. Éléments anthropiques
- 2.4. Santé

Deuxième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 2.1. Environnement physique
 - 2.1.1. Données météorologiques
 - 2.1.2. Hydrologie
 - 2.1.3. Topographie
 - 2.1.4. Caractérisation du sol
- 2.2. Microbiologie
 - 2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 2.2.2. Isolats de CJ dans les selles de ruminants
 - 2.2.3. Isolats de CJ dans l'eau des puits
- 2.3. Éléments anthropiques
 - 2.3.1. Élevage
 - 2.3.2. Occupation du sol
- 2.4. Santé
 - 2.4.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)

Troisième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 2.1. Environnement physique
 - 2.1.1. Données météorologiques
 - 2.1.1.1. Température* (voir point 1.1.1.1.1.; p.56)
 - 2.1.1.2. Précipitations* (voir point 1.1.1.1.2.; p.56)
 - 2.1.2. Hydrologie
 - 2.1.2.1. Données fournies par le modèle hydrologique*
 - 2.1.3. Topographie
 - 2.2.3.1. Dénivellation* (voir point 1.2.1.2.1.; p.63)
 - 2.1.4. Caractérisation du sol
 - 2.1.4.1. Dépôts de surface* (voir point 1.1.1.4.1.; p.56)

- 2.2. Microbiologie
 - 2.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 2.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau* (voir point 1.1.2.1.1.; p.57)
 - 2.2.2. Isolats de CJ dans les selles de ruminants
 - 2.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes* (voir point 1.1.2.2.1.; p.57)
 - 2.2.3. Isolats de CJ dans l'eau des puits
 - 2.2.3.1. Analyses sur les eaux des puits*
 - 2.2.3.2. Isolats de CJ dans l'eau des puits* (voir point 1.3.2.1.2.; p.65)
- 2.3. Éléments anthropiques
 - 2.3.1. Élevage
 - 2.3.1.1. Épandage
 - 2.3.1.2. Proximité des fermes
 - 2.3.2. Occupation du sol
 - 2.3.2.1. Cartes d'occupation du sol*

Quatrième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 2.3. Éléments anthropiques
 - 2.3.1. Élevage
 - 2.3.1.1. Épandage
 - 2.3.1.1.1. Périodes d'épandage* (voir point 1.1.3.1.1.1.; p.60)
 - 2.3.1.1.2. Informations sur les fumiers* (voir point 1.1.3.1.1.2.; p.60)
 - 2.3.1.2. Proximité des fermes
 - 2.3.1.2.1. Fermes bovines* (voir point 1.1.3.1.2.1.; p.60)
 - 2.3.1.2.2. Fermes de volaille* (voir point 1.1.3.1.2.2.; p.60)

2.5. Sous question 1

- 2.5.1. Éléments anthropiques
 - 2.5.1.1. Avis d'ébullition
 - 2.5.1.1.1. Qualité de l'eau potable* (voir point 1.2.2.1.2.; p.63)
- 2.5.2. Santé
 - 2.5.2.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)

3. Hypothèse 3

Premier niveau : Classes d'entités

- 3.1. Microbiologie
- 3.2. Éléments anthropiques
- 3.3. Santé

Deuxième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 3.1. Microbiologie
 - 3.1.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 3.1.2. Isolats de CJ chez les animaux
- 3.2. Éléments anthropiques
 - 3.2.1. Municipalités (rurales vs. urbaines)
- 3.3. Santé
 - 3.3.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)

Troisième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 3.1. Microbiologie
 - 3.1.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 3.1.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau* (voir point 1.1.2.1.1.; p.57)
 - 3.1.1.2. Isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc* (voir pt. 1.2.2.1.1.; p.63)
 - 3.1.1.3. Qualité de l'eau potable* (voir point 1.2.2.1.2.; p.63)
 - 3.1.1.4. Isolats de CJ dans l'eau des puits* (voir point 1.3.2.1.2.; p.65)
 - 3.1.2. Isolats de CJ chez les animaux
 - 3.1.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes* (voir point 1.1.2.2.1.; p.57)
 - 3.1.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages* (voir point 1.1.2.2.2.; p.57)
 - 3.1.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages* (voir pt. 1.1.2.2.3.; p.58)
 - 3.1.2.4. Isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries*
- 3.2. Éléments anthropiques
 - 3.2.1. Municipalités (rurales vs. urbaines)
 - 3.2.1.1. Données de population* (voir point 1.1.3.3.1.; p.61)

4. Hypothèse 4

Cette hypothèse ne sera pas traitée par le SIG de CampyloGIS.

5 Hypothèse 5

Premier niveau : Classes d'entités

- 5.1. Santé
- 5.2. Microbiologie
- 5.3. Éléments anthropiques

Deuxième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 5.1. Santé
 - 5.1.1. Isolats de CJ chez l'humain
- 5.2. Microbiologie
 - 5.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 5.2.2. Isolats de CJ chez les animaux

- 5.3. Éléments anthropiques
 - 5.3.1. Élevage

Troisième niveau : Sous-classes d'entités et entités*

- 5.1. Santé
 - 5.1.1. Isolats de CJ chez l'humain
 - 5.1.1.1. Cas de campylobactériose* (voir point 1.1.2.3.1.; p. 58 à 60)
- 5.2. Microbiologie
 - 5.2.1. Isolats de CJ dans l'eau
 - 5.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau* (voir point 1.1.2.1.1.; p.57)
 - 5.2.1.2. Isolats dans l'eau d'aqueduc* (voir point 1.2.2.1.1.; p.63)
 - 5.2.1.3. Qualité de l'eau potable* (voir point 1.2.2.1.2.; p.63)
 - 5.2.1.4. Isolats de CJ dans l'eau des puits* (voir point 1.3.2.1.2.; p.65)
 - 5.2.2. Isolats de CJ chez les animaux
 - 5.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes* (voir point 1.1.2.2.1.; p.57)
 - 5.2.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages* (voir point 1.1.2.2.2.; p.57)
 - 5.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages* (voir pt. 1.1.2.2.3.; p.58)
 - 5.2.2.4. Isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries*
(voir point 3.1.2.4; p.67)

5.3. Éléments anthropiques

5.3.1. Élevage

5.3.1.1. Comportement des animaux* (voir point 1.1.3.1.3.; p.61)

Tables de données du modèle conceptuel; projet CampyloGIS

1.1.1.1.1. Température

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de référence de la station météo
Date
Heure
Température

1.1.1.1.2. Précipitations

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de référence de la station météo
Date
Heure
Précipitations

1.1.1.2.1.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau des cours d'eau

Forme
Point
Localisation
Coordonnées xy
Variables
du site d'échantillonnage
Nom du cours d'eau
MRC
Municipalité
Date
pH
Conductivité
Turbidité
DO
Température

1.1.1.2.1.2. Réseaux hydrographiques

Forme
Polylignes
Localisation (nœuds)
Coordonnées xy
Variables
Débit des cours d'eau
Ordre des cours d'eau

1.1.1.3.1. Modèle numérique de terrain

Forme
Polygones
Localisation (centroïdes)
Coordonnées xy
Variables
Pentes
Dénivellation moyenne du BV
Dénivellations ponctuelles

1.1.1.4.1. Dépôts de surface

Forme
Polygones
Localisation (centroïdes)
Coordonnées xy
Variables
Dépôts de surface

1.1.1.4.2. Géologie

Forme
Polygones
Localisation (centroïdes)
Coordonnées xy
Variables
Type de roche

1.1.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau des cours d'eau

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
du point de collecte
Nom du cours d'eau
MRC
Municipalité
Date
Résultat de culture (espèce isolée)
Volumes positifs
Nombre de CJ (MPN)
Résultats PCR
Qté. de coliformes fécaux
Qté. des autres colonies
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline
Caractéris. environ. en amont (ray. 1,5 Km)
- Distance de la ferme la plus près
- Taille de la ferme
- Type d'élevage
- Nombre de fermes dans la zone
- Superficie agricole
- Dénivellation moyenne
- Sorties d'égout
- Coordonnées
- Type de municipalité(s) dans la zone
- Bassin versant
- Sous-bassins
- Cours d'eau non répertoriés
- Coordonnées à l'embouchure

1.1.2.2.1. Isolats de CJ chez les bovins de fermes

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
de référence des bovins
Adresse
Municipalité
MRC
Date d'échantillonnage
Type d'élevage
Taille du cheptel
Lieu de prélèvement
Résultat de culture (espèce isolée)
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline

1.1.2.2.2. Isolats de CJ chez les oiseaux sauvages

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Site d'échantillonnage
Ville
MRC
de référence de l'oiseau
Type d'oiseau
Date d'échantillonnage
Résultat de culture (espèce isolée)
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline

1.1.2.2.3. Isolats de CJ chez les animaux sauvages 1.1.2.3.1. Cas de campylobactériose

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Type d'animal
Site d'échantillonnage
Ville
MRC
de référence de l'animal
Type d'animal
Date d'échantillonnage
Résultat de culture (espèce isolée)
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de souche
Nom du cas
Prénom du cas
Date de naissance
Sexe
Adresse de résidence
Municipalité de résidence
Code postal de résidence
MRC
Date du prélèvement positif
- Date probable si non spécifié
Résultats de culture des selles
Date déclaration des symptômes
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline
Participation
Présence de fièvre
Présence de douleur
Présence de nausées
Présence de vomissements
Présence de diarrhée
- Durée
Présence de sang dans les selles
Présence d'autres symptômes
- Précision sur les AS
Date de l'enquête
Date de début des symptômes
- Date probable si non spécifié
Intervalle enquête / début des symptômes
Présence du contact infectieux à domicile
Voyage extérieur du Québec
- Pays / Province
- Date du départ
- Durée du voyage
Séjour dans autre région du Québec
- Municipalité
- Raison de la visite
- Date de début du séjour
- Durée du séjour
- Absent du travail / école
- Nbre. de journées
Hospitalisation lors du séjour
- Nbre. de journées

1.1.2.3.1. Cas de campylobactériose (suite)

<i>Section F-I</i>
Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de souche
Emploi
• Type de travail
- Nom du lieu de travail
- Adresse
- Municipalité
- Code postal
Changement de couches
Résidence sur une ferme
- Existe des animaux de ferme
- Type d'animaux
- Champs engraisés au fumier
Habite à proximité d'une ferme
- Existe des animaux de ferme
- Type d'animaux
- Champs engraisés au fumier
Contact avec un chat
- Animal atteint de diarrhée
Contact avec un chien
- Animal atteint de diarrhée
Contact avec des oiseaux
Contact avec des animaux de ferme
- Type d'animaux
Contact avec des animaux de zoo
- Type d'animaux
Contact avec d'autres types d'animaux
- Type d'animaux
Consommation eau du robinet à la maison
- Origine de l'eau
- Autre provenance d'eau
Consommation eau du robinet au travail
- Origine de l'eau
- Autre provenance d'eau
Consommation eau du robinet à l'école
- Origine de l'eau
- Autre provenance d'eau
Longueur de l'aqueduc jusqu'à la résidence

<i>Section F-I (suite)</i>
Variables
- Nom de l'école
- Rue de l'école
- Code postal de l'école
Consommation eau du robinet à la garderie
- Origine de l'eau
- Autre provenance d'eau
- Nom de la garderie
- Rue de la garderie
- Code postal de la garderie
Consommation eau du robinet à un autre endroit
- Origine de l'eau
- Autre provenance d'eau
- Nom
- Rue
- Code postal
Type d'installation septique à la maison
- Autre type d'installation septique
- Âge de la fosse septique
Champ d'épuration
Test de qualité de l'eau dans les derniers 6 mois
- Date
- Résultat
Désinfection de l'eau dans les 6 derniers mois
- Date
Eau filtrée
Eau en bouteille
Eau en vrac
Travaux d'aqueduc / égouts dans les 10 derniers jours
Avis d'ébullition dans les 10 derniers jours
- Consommation d'eau non traitée ou non bouillie
Activités nautiques dans un lac ou une rivière
- Lieu
Activités nautiques dans une piscine publique
- Lieu
Activités nautiques dans une piscine privée
- Nombre de fois
Consommation de porc
- Endroit de préparation
Consommation de dinde
- Endroit de préparation
Consommation de poulet
- Endroit de préparation
Consommation de volaille crue
Consommation de volaille cuite au micro-ondes
Consommation de volaille cuite au BBQ
Consommation de volaille cuite en fondue chinoise
Consommation de poisson cru
Consommation de mollusques
Consommation de bœuf saignant
Consommation de steak tartare

1.1.2.3.1. Cas de campylobactériose (suite)

<i>Section F-1 (suite)</i>
Variables
Consommation de viande hachée rosée
Consommation de porc rosé ou saignant
Consommation de saucisses cuites sur le BBQ
Consommation de poulet haché
Consommation de croquettes de poulet
Consommation de lait cru
Consommation de produits laitiers faits de lait cru
- Type de produit
Consommation de jus de fruits non pasteurisé
Manipulation de volaille crue
Même surface pour préparer viande crue et autres aliments
- Surface rincée à l'eau
- Surface lavée au savon
- Surface lavée à l'eau de javel
- Surface lavée au lave-vaisselle
- Autre façon de nettoyer la surface
- Autre façon de nettoyer la surface et les ustensiles
Utilisation du même plat pour viande crue / autres aliments
Façon de nettoyer les mains
- Autre produit
Cause de la maladie
Source probable du <i>Campylobacter</i>
Date de l'enquête

1.1.3.1.1.2. Informations sur les fumiers

Forme
Polygones
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
Municipalité
MRC
Adresse
Dispositif d'entreposage du fumier
Fond de la fosse
Fosse
Type de fumier épandu
Résultat de culture

1.1.3.1.1.1. Périodes d'épandage

Forme
Polygones
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
Municipalité
MRC
Adresse
Méthode d'épandage du fumier
Période d'épandage 1 (P1)
P1 mois
P1 pourcentage d'épandage
Période d'épandage 2 (P2)
P2 mois
P2 pourcentage d'épandage
Période d'épandage 3 (P3)
P3 mois
P3 pourcentage d'épandage
Quantité de fumier épandu par secteur
Type de fumier épandu

1.1.3.1.2.1. Fermes bovines

Forme
Points
Localisation (nœuds)
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
de référence des bovins
Adresse
Municipalité
MRC

1.1.3.1.2.2. Fermes de volaille

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
Adresse
Municipalité
MRC

1.1.3.1.3. Comportement des animaux

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
de référence de la ferme
Animaux à l'extérieur ou intérieur
Présence de bassins d'abreuvement
Type d'élevage
Taille du cheptel
Prise d'antibiotiques par les animaux
- Nom des antibiotiques
- Forme
- Fonction

1.1.3.2.1.1. Usines de traitement des eaux usées

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Type de traitement des eaux usées
Localisation de l'usine de traitement des eaux usées*
Désinfection des eaux traitées avant le retour à la rivière (O/N)
- Type de désinfection

* : Lorsque les données en format informatique ne seront pas disponibles

1.1.3.2.1.2. Déversement des eaux usées

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Débit moyen

* : Lorsque les données en format informatique ne seront pas disponibles

1.1.3.2.1.3. Réseaux d'égout

Forme
Polylignes
Localisation
Coordonnées xy
Ou
Forme
Données non géoréférencées
Variables
Proportion de la population qui est reliée au réseau d'égout
Localisation des canalisations principales*

1.1.3.3.1. Données de population

Forme
Polygones (Mun., MRC, RMR, CP, BV)
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
Population incluse
- Sexe
- Groupe d'âge
Nombre de foyers inclus dans la zone
Type de municipalité (polygones mun.)

1.1.3.3.2. Données économiques

Forme
Polygones (Mun., MRC, RMR, CP, BV)
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
Revenu moyen des familles
Taux de chômage

1.1.3.3.3. Données d'habitation

Forme
Polygones (Mun., MRC, RMR, CP, BV)
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
Nombre d'habitations incluses
Nombre de bâtiments inclus
Nombre de ménages inclus

1.2.1.2.1. Dénivellation

Forme
Polygones (Mun., MRC, RMR, CP, BV)
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
Pentes moyennes
Pentes ponctuelles

1.2.2.1.2. Qualité de l'eau potable

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
du point de collecte
Adresse
Municipalité
MRC
Date d'échantillonnage
Lieu de prélèvement
Quantité de coliformes fécaux
Avis d'ébullition présentement (O/N)
- Durée de l'avis (dates de début / fin)
- Type d'avis d'ébullition
Nombre d'avis d'ébullition par année

1.2.3.1.1.2. Stations de pompage

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
des stations de pompage

1.2.2.1.1. Isolats de CJ dans l'eau d'aqueduc

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Municipalité
MRC
Date d'échantillonnage
Lieu de prélèvement
Volumes positifs
Nombre de CJ (MPN)
Résultats PCR
Résultat de culture (espèce isolée)
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline

1.2.3.1.1.1. Réseaux d'aqueduc

Forme
Polylignes
Localisation (nœuds)
Coordonnées xy
Ou
Forme
Données non géoréférencées
Variables
Proportion de la population qui s'approvisionne en eau à partir du réseau
Type d'approvisionnement (surface, souterrain)
Sources d'approvisionnement
Méthode de traitement pour l'eau de consommation
Localisation des canalisations principales*

1.2.3.1.1.3. Réservoirs d'eau

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
des réservoirs d'eau

1.2.3.1.1.4. Entrées de chlore

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
des points d'entrée de chlore

1.2.3.1.1.5. Prélèvement pour analyse

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
des points de prélèvement
Nom des lieux d'analyse

1.3.2.1.2. Isolats de CJ dans l'eau des puits

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Date
Adresse
Code postal
Municipalité
MRC
de référence SM
Résultat de culture (espèce isolée)
Volumes positifs
Nombre de CJ (MPN)
Résultats PCR
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline

2.1.2.1. Données fournies par le modèle hydrologique

Forme
Polygones (Mun., MRC, RMR, CP, BV)
Localisation (centroïde)
Coordonnées xy
Variables
Qté d'eau apportée au cours d'eau par le BV
Qté présumée de bactéries rejoignant la rivière
Temps de réponse du ruissellement face aux précipitations
Qté d'eau s'infiltrant dans le sol
- Profondeur de pénétration de l'eau
Qté présumée de bactéries atteignant la nappe phréatique
Taille des BV
Principaux couloirs d'écoulement de CJ

2.3.2.1. Cartes d'occupation du sol

Forme
Polygones
Localisation (centroïdes)
Coordonnées xy
Variables
Occupation du sol

2.2.3.1. Analyses sur l'eau des puits

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Date
Adresse
Code postal
Municipalité
MRC
de référence SM
Qté. de coliformes fécaux
Qté. de coliformes totaux
Qté. d'entérocoques
Résultats colonies atypiques
Type de puits (surface/artésien)
Type de traitement des eaux

3.1.2.4. Isolats de CJ chez les poulets frais des épiceries

Forme
Points
Localisation
Coordonnées xy
Variables
Identifiant
Nom de l'épicerie
Adresse
Ville
MRC
Nom de l'abattoir
Date d'achat
Date d'emballage
Meilleur avant
de référence du poulet
Type de refroidissement
Prix
Résultat de culture (espèce isolée)
Résultat PCR
ST
Complexe clonal
Résistance à la Ciprofloxacine
Résistance à la Erythromycine
Résistance à la Tétracycline