

PROTECTION DE LA SANTÉ DES CONSOMMATEURS DE MOLLUSQUES DE
L'ESTUAIRE ET DU GOLFE DU SAINT-LAURENT : SUIVI ET CORRECTION DE LA
CONTAMINATION MICROBIENNE

par

Lisa Jean Pérusse-Mokrey

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de
l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, janvier 2010

IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

PROTECTION DE LA SANTÉ DES CONSOMMATEURS DE MOLLUSQUES DE
L'ESTUAIRE ET DU GOLFE DU SAINT-LAURENT : SUIVI ET CORRECTION DE LA
CONTAMINATION MICROBIENNE

Lisa Pérusse

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de M. Raymond Van Coillie

Université de Sherbrooke

Janvier 2010

Mots Clés : PCCSM, mollusques, coliformes fécaux, Saint-Laurent, SSM, santé publique,
eau marine, récupération de secteurs coquilliers.

Le suivi de la qualité de l'eau où il y a croissance de mollusques est nécessaire pour la protection de la santé du public. Au Canada et au Québec, ce suivi s'effectue en analysant les concentrations de coliformes fécaux présents dans les eaux le long des côtes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les sources ponctuelles et diffuses de contamination fécale, comme les rejets municipaux, les rejets des résidences isolées, les déjections provenant d'exploitations animales ou de rassemblement d'animaux sauvages contribuent à la fermeture de nombreux secteurs de cueillette de mollusques. Des études de suivi des sources microbiennes de pollution ont vu le jour afin d'identifier avec plus de certitude les causes exactes de la contamination de ces secteurs. Ces méthodes seraient applicables pour identifier la contamination humaine et potentiellement de ruminants et de rassemblements de goélands dans deux secteurs de la Côte-Nord et un secteur de la Gaspésie. Toutefois, ces méthodes manquent encore de validité et de précision et ne permettent pas de quantifier la contribution de chaque source. Une fois les sources connues, des solutions existent pour corriger les problèmes de contamination.

SOMMAIRE

Le suivi de la qualité des mollusques et des eaux où ils sont récoltés a débuté suite à un accord bilatéral, datant de 1948, entre le Canada et les États-Unis afin d'harmoniser les mesures d'hygiène en vigueur dans l'industrie des mollusques. Cet accord avait été précédé d'une importante épidémie de fièvre typhoïde liée à la consommation de mollusques aux États-Unis dans les années 1920. Les suivis de la qualité bactériologique de l'eau ont débuté au milieu des années 70 au Québec et étaient réalisés de manière sporadique jusqu'au début des années 1990. Depuis, l'évaluation est soutenue pour les secteurs où l'eau est de bonne qualité. Les moyens actuels d'évaluation de la salubrité des secteurs sont le relevé sanitaire et le relevé bactériologique. Le premier permet d'identifier les sources de pollution tandis que le deuxième permet d'identifier les niveaux de contamination. Afin de permettre la cueillette de mollusques, le nombre le plus probable (NPP) de coliformes fécaux ne doit pas dépasser 14 /100 ml. Au Québec, c'est un peu plus de la moitié des secteurs coquilliers où la cueillette de mollusques est restreinte pour des causes de contamination. Cette dernière peut provenir de sources telles que les effluents municipaux, les rejets des résidences isolées, les rejets de bateaux et les déjections animales (domestiques ou sauvages).

Des études de suivi des sources microbiennes ont été développées au début des années 90 pour permettre aux gestionnaires d'identifier les principales sources de contamination avec plus de certitude afin d'agir plus efficacement pour les corriger. En près de 20 ans de développement, le but est de plus en plus près d'être atteint. Des méthodes sans banque de matériel de référence permettent déjà d'identifier des sources de contamination des espèces telles que l'humain, les goélands et les ruminants. Ces méthodes doivent être peaufinées et validées davantage avant de pouvoir être appliquées à grande échelle. La littérature précise différents seuils de détection minimaux pour la réalisation de telles études. Le plus conservateur (30 NPP/100 ml) a été retenu afin d'évaluer dans quels endroits il serait intéressant et pertinent d'appliquer la méthode de SSM retenue (sans banque de matériel de référence). En dehors des études scientifiques, il faut évaluer l'applicabilité des méthodes sur le terrain. De plus, tous s'entendent pour dire qu'aucune méthode universelle d'application ne peut être suggérée pour le moment et que la validité des essais reste encore à démontrer.

Deux secteurs de la Côte-Nord (Forestville et Ragueneau) et un secteur de la Gaspésie (Douglastown) ont été identifiés comme des endroits où une étude de SSM serait applicable puisque la possibilité de contamination humaine, et/ou de goélands et/ou de ruminants en quantité généralement suffisante a été identifiée. D'autres secteurs pourraient s'ajouter à la liste; toutefois, il faudrait réaliser des relevés sanitaires et bactériologiques supplémentaires pour s'en assurer.

Des moyens de correction des sources de pollution sont proposés. La réglementation nécessaire à la correction de l'ensemble des sources de pollution est déjà existante, hormis la contamination par les espèces animales sauvages pour laquelle peu de règlements peuvent être édictés (à ce sujet, seul le suivi des populations peut permettre de connaître les périodes où la qualité de l'eau est suffisante pour la cueillette de mollusques). Quant à la contamination d'origine anthropique, il existe diverses solutions techniques proposées par voie de règlement ou par la sensibilisation qui peuvent permettre de régler les problèmes de contamination. Parmi ces solutions, il y a l'ajout d'un traitement secondaire et tertiaire dans un réseau municipal de collecte des eaux usées peu ou non-traitées, des ouvrages de rétention pour éviter les débordements dans le réseau, des ouvrages conformes à la réglementation pour les résidences isolées (fosse septique avec champ d'épuration et autres systèmes), des réservoirs d'eaux usées pour les navires et les embarcations de plaisance, des clôtures pour limiter l'accès des animaux aux cours d'eau, une gestion adéquate des fumiers et lisiers (éviter des ruissellements, installer une fosse, etc.).

En tenant compte de l'ensemble de l'information, il est recommandé de tester les méthodes de SSM sur de nouveaux secteurs coquilliers plutôt que de tenter de reprendre un projet pilote ayant échoué par le passé. Une planification rigoureuse devrait être effectuée en amont, même s'il est décidé d'attendre un certain temps avant de réaliser les études aux endroits proposés, afin de bien cibler le moment opportun pour la réalisation et d'être prêt à agir rapidement le moment voulu. Un projet de SSM pourrait être reconduit dans un avenir rapproché mais, en attendant quelques années et en suivant les développements scientifiques, les différents partis intéressés pourraient davantage en profiter que si ces études étaient réalisées actuellement. La validité des résultats serait alors améliorée et des souches permettant d'identifier un plus grand nombre d'espèces seraient présentes.

REMERCIEMENTS

Cet essai vient boucler la boucle de mon cheminement universitaire, c'est une étape importante à franchir et sa réalisation a été rendue possible grâce à mon directeur M. Raymond Van Coillie qui a su me guider à travers les différentes étapes, qui m'a conduit dès le départ sur les bons sujets d'étude et qui par la suite m'a fourni des corrections bien appréciées. Également, je tiens à remercier M. Yves Lamontagne mon co-directeur et coordinateur des activités de terrain du monitoring de la qualité des eaux marines (MQEM) d'Environnement Canada pour m'avoir fourni un sujet d'intérêt et actuel dans le cadre de la gestion des secteurs coquilliers, de nombreux conseils et références pour m'aider à donner une certaine direction à mes recherches et des corrections bien utiles pour la justesse de l'information présentée dans ce document. Je remercie aussi M. Jacques Sénéchal, chef du MQEM d'Environnement Canada au Québec pour m'avoir permis d'accéder et d'utiliser l'ensemble de l'information disponible au sein du Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques.

Je tiens à remercier les différents spécialistes qui m'ont permis d'obtenir une information à jour qui n'était pas facilement identifiable dans la littérature, soit le Dr Tom Edge et Mme Michelle Linssen d'Environnement Canada, tous deux responsables des études de suivi des sources microbiennes de pollution dans différentes régions du Canada.

Finalement, je remercie Pierrette, Jeannine et Alvina Pérusse pour avoir cru en moi et de m'avoir supporté tout au long de ce cheminement, ainsi que toutes les personnes qui me sont chères et qui sont passées par là avant moi ou qui y sont arrivées avec moi et qui ont su me motiver à franchir cette dernière étape.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	3
2 SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX COQUILLIÈRES.....	9
2.1 Historique du suivi de la qualité bactériologique au Québec	9
2.1.1 Normes encadrant la classification des secteurs coquilliers	11
2.1.2 Évolution et répartition de la contamination fécale dans le Saint-Laurent	12
2.2 Méthodes de suivi de la pollution	14
2.2.1 Relevé sanitaire	14
2.2.2 Relevé bactériologique.....	16
2.2.3 Suivi des sources microbiennes.....	18
3 APPLICATION DE LA MÉTHODE SSM.....	20
3.1 Étapes de réalisation d'une étude de SSM.....	21
3.2 Description des méthodes de SSM disponibles.....	24
3.3 Avantages et limites des méthodes de SSM	25
3.3.1 Méthodes avec banque de matériel de référence	25
3.3.2 Méthodes sans banque de matériel de référence	28
3.3.3 Avantages et limites par rapport aux secteurs coquilliers	30
3.4 Souches microbiennes disponibles et limites de détection	31
3.4.1 Méthodes avec banque de matériel de référence	31
3.4.2 Méthodes sans banque de matériel de référence	32
3.4.3 Limites de détection des marqueurs (méthodes sans banque).....	33
3.5 Études de cas	34
3.6 Application des méthodes sans banque dans le Saint-Laurent, Québec	37
3.6.1 Methodologie et présentation des critères d'évaluation	38
3.6.2 Secteurs présentant un potentiel intéressant d'application du SSM	50
3.6.3 Conditions de réalisation d'études de SSM dans les secteurs identifiés	52
4 CORRECTION DES SOURCES DE POLLUTION.....	54
5 RECOMMANDATIONS	58
CONCLUSION.....	60
RÉFÉRENCES	62
ANNEXE 1 SYSTÈMES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES REJETÉES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT OU À PROXIMITÉ.....	67

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1 :	Nombres de secteurs classifiés par le PCCSM de 1987 à 2005.	10
Figure 2.2:	Pourcentages de secteurs approuvés, approuvés conditionnellement et fermés de 1988 à 2005.	12
Figure 2.3:	Recommandations de classification en 2005.	14
Figure 3.1:	Localisation approximative des secteurs coquilliers prioritaires pour leur récupération.	40
Tableau 2.1:	Composition microbiologique de la flore fécale animale.	16
Tableau 3.1:	Avantages et inconvénients des méthodes de SSM	26
Tableau 3.2:	Évaluation de la faisabilité d'une étude de SSM dans les secteurs coquilliers jugés prioritaires pour la récupération au Québec.	41

LISTE DES ACCRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
CRQM	Comité régional du Québec sur les mollusques
EC	Environnement Canada
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, Régionales et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MPO	Ministère des Pêches et des Océans du Canada
MQEM	Monitoring de la qualité des eaux marines
MRC	Municipalité régionale de comté
MST	Microbial source tracking
NPP	Nombre le plus probable
OER	Objectifs environnementaux de rejet
PARÉ	Plan d'action et de réhabilitation écologique
PCCSM	Programme canadien de contrôle de salubrité des mollusques
PRISM	Plateforme régionale d'information sur la salubrité des mollusques
SCF	Service canadien de la faune
SODIM	Société de développement de l'industrie maricole
SOMAE	Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux
SSM	Suivi des sources microbiennes
UFC	Unité formatrice de colonies
USFDA	United States Food and Drug administration
ZIP	Zone d'intervention prioritaire

INTRODUCTION

Antérieurement, un peu partout dans le monde, des épisodes d'intoxication par les mollusques ont eu lieu. Par exemple, à l'Île-du-Prince-Edouard en 1987, 145 personnes auraient souffert de troubles digestifs et neurologiques et quatre personnes sont décédées suite à la consommation de moules contaminées avec une toxine amnésiante (IFREMER, 2006). D'autres toxines et agents pathogènes causent également des nombreuses intoxications et des maladies associées à la contamination de mollusques. Les toxines sont souvent produites par du phytoplancton tandis que les agents pathogènes peuvent être associés à des risques sanitaires dus à une contamination fécale liée à une mauvaise gestion des eaux usées. La nécessité d'assurer un suivi de la qualité des mollusques et de l'environnement dans lequel ils effectuent leur croissance est devenue évidente lorsque le lien a été établi entre les intoxications et la consommation de mollusques.

Au Canada, les risques associés à la consommation de mollusques sont évalués par le Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques (PCCSM). Ce programme a été mis en œuvre par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), Environnement Canada (EC) et par le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO). Il permet de veiller à la protection de la santé des consommateurs de mollusques au Canada et au niveau international (via le commerce). Les contrôles de qualité sont effectués pour la chair des mollusques et pour l'eau dans laquelle ils sont cueillis.

La surveillance de la qualité de l'eau pour les coliformes fécaux est effectuée par Environnement Canada. Au Québec, elle se fait en continu depuis 1990. Des relevés sanitaires sont également effectués régulièrement afin d'identifier les sources de pollution affectant les secteurs coquilliers. Les fermetures de secteurs coquilliers entraînent des pertes majeures pour l'industrie des pêches de mollusques en les privant du prélèvement de plusieurs milliers de tonnes de ces organismes et subséquemment de millions de dollars en retombées économiques (SODIM, 2005). Les méthodes d'évaluation ne sont pas toujours suffisantes afin d'identifier les sources effectives de contamination des secteurs coquilliers. À cette fin, des méthodes de suivi des sources microbiennes (SSM) de pollution ont été élaborées. Ces études permettraient d'identifier la source de

contamination en se basant seulement sur les microorganismes présents dans un échantillon d'eau.

Le présent ouvrage vise d'abord à faire l'état des connaissances actuelles sur le suivi des sources de contamination dans les secteurs coquilliers du Saint-Laurent. Il propose ensuite des moyens pour corriger ces sources de pollution, en vue de permettre le développement de l'industrie des pêches de mollusques ou simplement la récupération des usages tout en protégeant adéquatement la santé de la population. Afin d'atteindre ce double objectif, l'historique de l'évaluation de la contamination fécale des secteurs coquilliers sera expliquée, les sources de pollution les affectant seront précisées, les méthodes disponibles pour faire l'évaluation de la contamination seront présentées, l'état scientifique actuel des études de SSM sera examiné, l'applicabilité de telles études au Québec sera évaluée et les moyens permettant de remédier à la pollution concernée seront décrits. Ceci devrait permettre d'obtenir un portrait général de l'évolution de l'évaluation de la qualité des eaux coquillières au Québec. De plus, ceci préciserait les avantages, les inconvénients et la disponibilité de diverses méthodes pour des études de SSM et les endroits où de telles études sont applicables au Québec. Finalement, cela fournirait aux différentes parties des pistes de solutions pour la récupération des usages des secteurs coquilliers.

Dans un premier temps, l'historique, les sources de contamination et les méthodes d'évaluation de la contamination seront présentés en évaluant les différentes publications gouvernementales disponibles. Ensuite, un deuxième chapitre couvrira les divers aspects des études de SSM, soit la description, les avantages et inconvénients, les souches microbiennes disponibles et leurs seuils de détection, quelques études de cas et l'évaluation des possibilités de leur application au Québec. À cette fin, des articles scientifiques et des experts dans le domaine seront consultés et la base de données du PCCSM analysée. Un troisième chapitre sera consacré au volet de la correction des sources de pollution pour la récupération des secteurs coquilliers; divers documents législatifs fédéraux et provinciaux seront consultés dans cette perspective. Finalement des recommandations seront émises et une conclusion permettra d'effectuer un retour sur l'ensemble des sujets traités et d'évaluer l'atteinte des objectifs.

1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Le Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques (PCCSM) a comme principal objectif la protection de la santé des consommateurs de mollusques dans les régions de l'Atlantique, du Québec et du Pacifique. Il vise également à promouvoir la prévention de la pollution, l'assainissement et la restauration des secteurs coquilliers contaminés. Le PCCSM est administré conjointement par trois ministères, soit l'«Agence canadienne d'inspection des aliments» (ACIA), «Environnement Canada» (EC), et le «ministère des Pêches et des Océans» (MPO). L'ACIA est responsable du processus de contrôle de la commercialisation des mollusques, du programme de contrôle des biotoxines marines et de l'échange d'informations avec les homologues du United States Food and Drug Administration (USFDA) en fonction des ententes en vigueur entre le Canada et les États-Unis. EC est responsable du contrôle de la qualité de l'eau des secteurs coquilliers, du repérage et de l'évaluation des sources de pollution et de la classification des secteurs coquilliers. Le MPO est en charge de l'ouverture et de la fermeture des secteurs coquilliers selon les recommandations de l'ACIA et d'EC et selon la réglementation en vigueur; il assure également la surveillance des secteurs coquilliers.

Au Québec, l'équipe du «Monitoring de la qualité des eaux marines» (MQEM) d'Environnement Canada se charge de faire le suivi des sources de pollution et de la qualité de l'eau dans les secteurs coquilliers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. D'autres ministères et organismes provinciaux sont également impliqués à différents niveaux pour la gestion de la qualité de l'eau des secteurs coquilliers du Québec. Le ministère des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) est concerné au niveau de l'aquaculture. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) intervient principalement via la réglementation concernant les effluents municipaux industriels, les rejets des eaux usées de résidences isolées et dans l'évaluation des «objectifs environnementaux de rejets» (OER). Certains comités de «zone d'intervention prioritaire» (ZIP) sont impliqués dans la récupération des secteurs coquilliers et la correction des sources de pollution en fonction de leur «Plan d'action et de réhabilitation écologique» (PARÉ). Cinq comités ZIP sont ainsi concernés, soit les comités ZIP des Îles-de-la-Madeleine, de la Rive-Nord de l'Estuaire, de la Côte-Nord du Golfe, de la Baie des Chaleurs et du Sud-de-l'Estuaire.

Le PARÉ du comité ZIP des Îles-de-la-Madeleine (1999) est très intéressé par la récupération de secteurs coquilliers puisque plusieurs projets y sont envisagés dans le but d'arriver à une meilleure connaissance de la contamination des secteurs coquilliers en vue d'une réouverture de ces secteurs. Le PARÉ du comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (2006) présente les actions du comité qui visent à sensibiliser les consommateurs aux risques liés à la consommation de mollusques contaminés, à concerter les acteurs dans les bassins versants afin d'en restaurer les eaux et à appuyer diverses initiatives concernant la ressource coquillière. Le PARÉ du comité ZIP de la Côte-Nord du Golfe (1997) mentionne que le comité vise à mieux connaître le suivi réalisé dans les secteurs coquilliers de sa région et à sensibiliser les consommateurs de mollusques. Dans le PARÉ du comité ZIP de la Baie des Chaleurs (2003), le potentiel de réouverture de chaque zone a été évalué et un comité de travail multisectoriel sur la récupération et la mise en valeur des secteurs coquilliers du sud de la Gaspésie a été créé. Il y est également prévu que des comités de gestion locaux seront créés là où des secteurs seront rouverts. Quant au comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (2002), il vise à utiliser les secteurs coquilliers comme indicateurs de la santé de l'estuaire pour montrer la réduction et l'élimination des sources de pollution des eaux de l'estuaire et de ses tributaires afin de recouvrir les usages des secteurs coquilliers. Ces comités ZIP ont tous en commun l'intérêt de l'amélioration de la pollution dans les eaux du fleuve grâce à un meilleur assainissement des eaux usées domestiques ou avec des pratiques agricoles plus appropriés qui permettraient de récupérer les usages des milieux côtiers, dont la cueillette de mollusques. Le niveau d'activité de ces différents comités ZIP par rapport à la ressource coquillière a varié depuis leur mise en place. Les plus actifs à ce niveau aujourd'hui sont celui des Îles-de-la-Madeleine, de la Rive Nord de l'Estuaire, de la Côte-Nord du Golfe et de la Baie des Chaleurs.

En 2006, les eaux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent étaient divisées en 395 secteurs coquilliers et parcs aquicoles (MPO, 2008). Ces secteurs étaient répartis aux Îles-de-la-Madeleine (65 secteurs), en rive sud de la Gaspésie (173 secteurs), au Bas-Saint-Laurent et en rive nord de la Gaspésie (76 secteurs), à la Côte-Nord (137 secteurs), à Charlevoix et à la rivière Saguenay (20 secteurs) (MPO, 2008). L'importance de l'industrie reliée à la cueillette de mollusques varie d'une région à l'autre et en fonction des espèces visées. Par exemple, la cueillette de myes est principalement réalisée à la Côte-Nord d'où proviennent environ 90 % des débarquements de myes depuis les années 2000

dans les secteurs situés entre Pointe-au-Pic et Pointe-des-Monts, soit environ 370 km de côtes (MPO, 2008). Les récoltes de myes à la Haute Côte-Nord ont été les plus fortes en 2002 avec 1200 t débarquées et ont ensuite été suivies par une forte baisse pour atteindre 354 t en 2006 à cause de la diminution de la ressource, la chute des prix et la diminution des efforts de récolte (MPO, 2008). Cependant, cette ressource demeure importante pour le maintien et le développement de l'économie locale en fournissant une source de revenus à des centaines de cueilleurs et employés d'usines de transformation (Saint-Laurent Vision 2000, 2003).

La principale zone de récolte de myes sur la Côte-Nord comporte environ 50 secteurs. En 2006, moins de la moitié de ces secteurs étaient classifiés approuvés pour la cueillette de mollusques, entraînant ainsi une forte pression sur la ressource dans les secteurs ouverts. À la Côte-Nord, on retrouve également quelques secteurs au large des côtes où s'effectue la récolte de mactre de Stimpson, laquelle récolte a toutefois une importance moindre dans l'économie locale que la mye commune. L'aspect commercial de la récolte de mollusques est également important aux Îles-de-la-Madeleine et en Gaspésie où se trouvent de nombreux parcs mytilicoles où se pratique l'élevage de la moule bleue. La récolte de pétoncles est également une activité importante dans l'économie des régions côtières du Québec; toutefois, puisque seul le muscle de ce bivalve est consommé, les problématiques de contamination n'affectent pas cette pêcherie dans la même mesure. L'industrie commerciale des mollusques est régie par la réglementation en vigueur pour la salubrité des aliments de l'ACIA et de Santé Canada; il convient donc de s'assurer de la qualité des eaux où ces mollusques sont recueillis, ainsi que de la qualité des mollusques mêmes.

En plus de la cueillette commerciale, la cueillette artisanale ou récréative est une activité traditionnelle des communautés riveraines du Saint-Laurent, surtout lors des grandes marées printanières pendant les fêtes de Pâques. Selon une étude publiée en 2003, 38,6 % des riverains du Saint-Laurent auraient déjà consommé des mollusques cueillis de manière artisanale dans le Saint-Laurent tandis que 26,6 % en auraient déjà cueilli (Bibeault, *et al.*, 2003). La plupart des riverains ayant consommé des mollusques n'en ont pas consommé plus de quatre fois dans la même année, tandis que la plupart des cueilleurs n'ont pas pratiqué plus de quatre fois cette activité dans l'année (Bibeault, *et al.*, 2003). Puisqu'une bonne proportion de riverains consomme des mollusques provenant de

l'estuaire et du golfe Saint-Laurent, il convient de s'assurer que les pratiques de cueillette se fassent de manière à minimiser les risques pour la santé de ces consommateurs.

La consommation de mollusques comporte certains risques pour la santé humaine en raison de la contamination retrouvée dans les eaux où la croissance de mollusques a lieu. Les mollusques bivalves filtrent l'eau pour se nourrir et accumulent ainsi les contaminants chimiques et biologiques présents dans l'eau. Les maladies les plus courantes reliées à la consommation de mollusques sont la fièvre typhoïde, la salmonellose, la gastro-entérite, l'hépatite infectieuse, l'intoxication par la phycotoxine et/ou saxitoxine paralysante, l'intoxication par la phycotoxine amnésique ainsi que d'autres infections d'origine bactériennes (PCCSM, 2005). Ces maladies comportent des degrés de risque variés d'atteinte à la santé; toutefois l'intoxication paralysante par les mollusques est l'une des plus risquée puisqu'elle peut causer le décès des individus affectés. Les phycotoxines trouvées dans les eaux proviennent de la production de toxines par des microalgues naturelles dans le milieu. Les autres infections sont, quant à elles, généralement dues à une contamination microbienne ou virale provenant de diverses sources soit anthropiques ou animales.

La contamination d'origine bactériologique est issue de deux types de sources, soit les sources de pollution ponctuelles ou diffuses. Parmi les sources ponctuelles, il y a les effluents industriels et municipaux. Quant aux sources de pollution diffuse, elles sont, entre autres, des rejets de résidences isolées, des activités agricoles d'élevage et d'épandage, des rejets de bateaux et des déjections d'animaux sauvages. Les sources ponctuelles de pollution sont généralement faciles à localiser et à identifier. Une source de pollution diffuse est plus difficile à cerner puisque la contamination a généralement diffusé et ruisselé à travers le sol avant de parvenir au milieu. Dans le cas de la portion marine du fleuve et du golfe Saint-Laurent, la contamination est due à des sources de pollution diffuses et ponctuelles localisées le long des côtes ou amenée via ses tributaires.

Le long des côtes du Saint-Laurent (de La Pocatière à Restigouche en rive sud, de Baie Saint-Paul à Blanc-Sablon en rive nord et sur l'Île-aux-Coudres, l'Île d'Anticosti et aux Îles-de-la-Madeleine), une centaine d'effluents municipaux sont déversés directement dans la mer ou via des tributaires à proximité. Ceux-ci sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau à différents niveaux en fonction du type de traitement et de la population desservie.

Dans le «Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux» (SOMAE) du «ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire» (MAMROT), 96 effluents se répartissent de la façon suivante : 16 proviennent d'un prétraitement (dégrilleur), quatre d'un traitement primaire (fosse septique municipale), 75 d'un traitement secondaire (principalement étangs aérés), et cinq subissent une désinfection. En plus de ces effluents, six effluents avec traitement secondaire ne sont pas répertoriés sur le site de SOMAE puisqu'ils sont localisés sur des réserves autochtones et sont donc suivis par des ministères fédéraux. De plus, il y a au moins neuf autres endroits où l'effluent d'un réseau collecteur est rejeté directement dans le milieu sans traitement (PRISM, 2009). Une liste des rejets municipaux pouvant affecter les eaux de l'estuaire et le golfe Saint-Laurent est présentée à l'annexe 1. Pour les endroits non desservis par un réseau collecteur et une usine d'épuration, les rejets proviennent de résidences isolées dont les eaux sont rejetées soit directement, soit dans un puisard, soit dans une fosse septique avec ou sans champ d'épuration, soit dans tout autre système de traitement individuel artisanal ou existant sur le marché. Les productions agricoles concentrées surtout dans la région du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie, et dans une moindre mesure en Haute Côte-Nord peuvent également être une source de contamination selon les pratiques d'élevage et d'épandage. Le long des côtes, de nombreuses colonies d'oiseaux et de mammifères marins sont susceptibles de contaminer les eaux des secteurs coquilliers avec leurs déjections. D'autres sources de contamination pourraient provenir des rejets des terrains de camping, des bateaux en mer, ancrés ou accostés et des animaux sauvages terrestres (populations d'originaux, d'oiseaux, de castors, d'ours, de cerfs, etc.). Les sources de pollution sont généralement identifiées lors de relevés sanitaires effectués le long des côtes et des tributaires et sont validées par des rencontres avec divers intervenants connaissant le milieu.

Le suivi de la qualité du Saint-Laurent par Environnement Canada a permis de classer les eaux d'environ 254 secteurs en 2005, par rapport à celles de dix secteurs en 1987 (Sénéchal, 2005). La proportion de ces secteurs fermés pour cause de pollution est de 51 % en plus de 8 % des secteurs qui sont fermés pour une partie de l'année. La qualité des eaux est généralement meilleure à la Côte-Nord et aux Îles-de-la-Madeleine qu'en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent, à cause d'une moins grande densité de population et d'activités diverses (Sénéchal, 2005).

En plus d'assurer le suivi de la qualité des eaux, Environnement Canada s'implique dans la récupération de secteurs coquilliers fermés à la cueillette de mollusques. Ainsi, 49 secteurs prioritaires à la récupération ont été identifiés, à savoir 22 à la Côte-Nord, 22 en Gaspésie et cinq aux Îles-de-la-Madeleine (Sénéchal, 2005). Depuis 1992, des efforts ont été entrepris dans ces secteurs pour corriger les sources de pollution, notamment des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux, ce qui a permis la réouverture de deux secteurs en 2002 aux Îles-de-la-Madeleine et à la Côte-Nord.

Dans certains secteurs, malgré les correctifs apportés, une pollution apparente persiste. En outre, même dans certains secteurs situés à grande distance de sources de pollution anthropique, une contamination entraînant la fermeture de secteurs coquilliers peut être décelée. Dans ces cas, malgré le relevé sanitaire des sources de pollution, il demeure difficile d'identifier avec certitude la provenance de la contamination du secteur. Cette problématique entraîne un besoin pour la recherche d'autres méthodes d'identification des sources de contamination car, en connaissant les sources avec certitude, il sera par la suite possible d'apporter des corrections pour améliorer la qualité de l'eau des secteurs coquilliers.

La méthode de suivi des sources microbiennes (SSM) (microbial source tracking : MST) est une méthode qui a été développée afin de pallier aux problèmes d'identification des sources de contamination. Cette méthode consiste à échantillonner l'eau du milieu à évaluer pour en récupérer les souches microbiennes et à en comparer différents éléments afin de discriminer les souches d'origine humaine, animale domestique ou animale sauvage. Un projet pilote réalisé par Environnement Canada utilisant cette méthode a été réalisé aux Îles-de-la-Madeleine en 2005, en vue de la récupération de deux secteurs coquilliers; toutefois, les résultats n'ont pas été concluants. La présente étude tente d'établir ce qui pourrait possiblement être réalisé dans un futur proche avec cette méthode pour la récupération des secteurs coquilliers au Québec.

2 SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX COQUILLIÈRES

Le suivi des sources de pollution et de la contamination bactériologique dans les eaux des secteurs coquilliers est réalisé de la même manière à travers le Canada, soit dans les régions du Pacifique, du Québec et de l'Atlantique. Des relevés sanitaires sont faits le long des côtes afin d'identifier les sources potentielles de pollution et des analyses bactériologiques de l'eau de mer sont effectuées afin de déterminer s'il y a effectivement une contamination présente dans le secteur. Ensuite, en se basant sur des normes internationales de qualité des eaux coquillières, la qualité de l'eau est classifiée afin d'y permettre ou non la cueillette de mollusques. En vue de la récupération de secteurs coquilliers, il est essentiel de bien connaître les sources de pollution qui y sont présentes. Parfois, les relevés sanitaires se révèlent insuffisants pour identifier les sources de contamination qui affectent le secteur. À cette fin, des méthodes comme le SSM ont été élaborées afin d'identifier, à partir des échantillons d'eau, les sources de contamination réelles du secteur. Ce chapitre présente l'historique ayant mené à la caractérisation des secteurs coquilliers au Québec ainsi qu'une description des méthodes de suivi des sources de pollution utilisées lors de l'évaluation de la qualité des eaux coquillières.

2.1 Historique du suivi de la qualité bactériologique au Québec

En 1924-1925, une épidémie de fièvre typhoïde liée à la consommation d'huîtres contaminées aux États-Unis a fait 1500 victimes et a causé 150 décès (ACIA, 2006). Suite à cet événement, le Canada a décidé d'élaborer le Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques. Un accord bilatéral entre le Canada et les États-Unis a été mis en place en 1948 afin de préciser les règles et les mesures d'hygiène en vigueur dans l'industrie des mollusques des deux pays (ACIA, 2006). Au départ, le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social était responsable du contrôle de la qualité bactériologique de l'eau et le ministère des Pêches avait le mandat d'évaluer la qualité bactériologique des mollusques. En 1971, la responsabilité entière du programme, à quelques exceptions près, a été confiée à Environnement Canada (ACIA, 2006).

Au Québec, Environnement Canada s'affaire à la caractérisation de la qualité bactériologique des secteurs coquilliers depuis 1974. C'est à ce moment qu'a vu le jour le CRQM (Comité régional du Québec sur les mollusques) (Cejka, 1976). Ce comité

rassemblait les différents partis fédéraux et provinciaux intéressés au contrôle de la salubrité des eaux coquillères. Les responsabilités du comité étaient, entre autres, la planification des relevés sanitaires et bactériologiques et la recommandation de l'élimination des sources de pollution. Les relevés bactériologiques ont été confiés à Environnement Canada qui a entrepris leur réalisation dès 1976 lorsque le plan d'action du comité régional a pris effet. La surveillance de la qualité de l'eau a été effectuée de manière plutôt sporadique et concentrée dans certaines régions en raison du manque de ressources financières et humaines accordées (Béland et associés, 1989); ceci limitait le niveau de protection de la santé des consommateurs de mollusques.

En 1987, l'augmentation de l'intérêt envers la myxiculture et la cueillette de mollusques en général a nécessité l'optimisation des efforts de surveillance de la part d'Environnement Canada. À cette époque, l'existence de 400 secteurs coquillers et de 15 parcs de moules avait été définie (Béland, et associés, 1989). Une étude d'optimisation paramétrieologique du contrôle bactériologique des zones coquillères et d'aquaculture a été réalisée afin de répondre à ces besoins (Béland, et associés, 1989). Cette étude a déterminé les bases sur lesquelles reposent aujourd'hui la caractérisation des eaux coquillères du Québec et a initié la classification de certains secteurs coquilliers. Depuis 1990, suite à cette étude, les relevés sanitaires et bactériologiques des côtes du Saint-Laurent marin ont été réalisés en continu. Depuis, le nombre de secteurs classifiés ne cesse de s'accroître, comme en témoigne la figure 2.1.

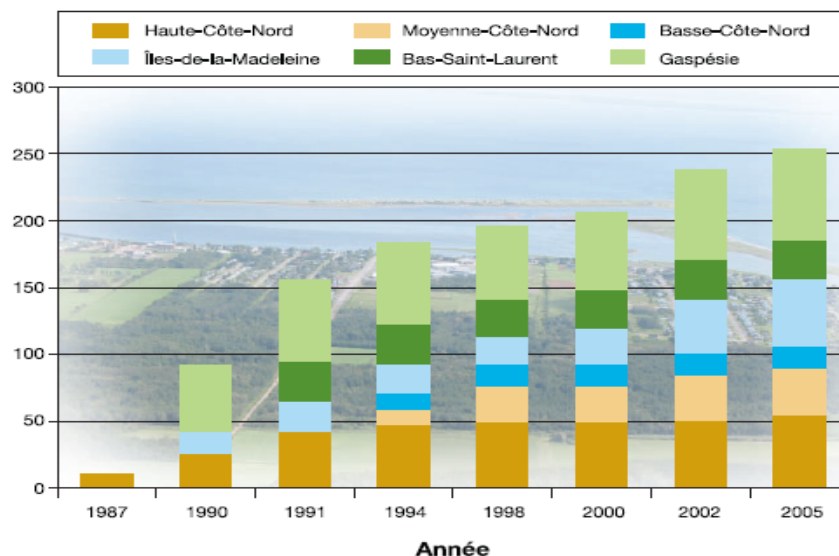


Figure 2.1 : Nombres de secteurs classifiés par le PCCSM de 1987 à 2005. Tiré de Sénéchal, 2005, p. 2.

Il a été déterminé que les côtes de l'estuaire et du Golfe Saint-Laurent sont approximativement divisées en 400 secteurs coquilliers. Ce nombre peut varier, puisque certains secteurs peuvent avoir été subdivisés afin de permettre la cueillette de mollusques dans une portion du secteur qui n'est pas affectée par la pollution côtière. En considérant une base de 400 secteurs, il est possible d'affirmer qu'à ce jour, un peu plus de la moitié des secteurs coquilliers ont été évalués, soit 271 secteurs en date de 2008 (Lamontagne, 2009). Cette évaluation a généralement été réalisée de manière prioritaire en considérant les besoins de la population et des industries, l'abondance de la ressource coquillière et l'accessibilité à cette ressource. Il n'y a pas d'inquiétude pour la protection de la santé des consommateurs dans les secteurs n'ayant jamais été évalués puisque ceux-ci demeurent fermés. En respectant la réglementation en vigueur, les consommateurs devraient être adéquatement protégés.

2.1.1 Normes encadrant la classification des secteurs coquilliers

Les normes encadrant la cueillette de mollusques portent principalement sur l'abondance des coliformes fécaux ainsi que sur les techniques d'échantillonnage et d'analyse. Ces normes ont été élaborées par les autorités de la USFDA (United States Food and Drug Administration) au début des années 70. Les normes canadiennes sont grandement inspirées des normes américaines puisqu'une grande partie de l'exploitation de mollusques au Canada est exportée pour la consommation aux États-Unis. Particulièrement, les normes de classification des secteurs coquilliers permettent la classification des eaux selon différents niveaux de pollution. Cinq catégories de secteurs sont définies, soit les secteurs agréés, les secteurs agréés et restreints sous condition, les secteurs restreints et les secteurs interdits. Les normes de classification détaillées sont décrites dans le manuel des opérations du PCCSM (PSSCM, 2008). Dans un secteur agréé, le nombre le plus probable (NPP) de coliformes fécaux détectés ne doit dépasser 14 / 100 ml et au maximum 10 % des échantillons des 15 dernières tournées d'échantillonnage peuvent dépasser 43 NPP/100 ml. Un secteur agréé conditionnellement est un secteur où cette norme est respectée seulement pendant une partie de l'année, (par exemple, les sources de pollution affectent le secteur seulement l'été). L'ouverture de ce secteur sera permise seulement dans les périodes où la qualité de l'eau respecte la norme de classification d'un secteur agréé. La récolte de mollusques dans ces secteurs doit cependant être réalisée conformément à un plan de gestion selon les nouvelles normes en vigueur.

Un secteur restreint conditionnel ou restreint est défini lorsque les normes d'un secteur agréé ne sont pas rencontrées. La cueillette de mollusques peut être autorisée à certaines fins dont la dépuración, à condition que la qualité de l'eau ne dépasse pas 88 NPP/100 ml et qu'au maximum 10 % des échantillons dépassent 260 NPP/100 ml (un secteur restreint conditionnel est défini lorsque cette norme est dépassée à l'occasion). Un secteur interdit est fermé à tout type de cueillette de mollusques. Cette norme s'applique principalement dans des zones prédéfinies autour de certains types d'ouvrages entraînant une contamination ponctuelle de l'eau du secteur.

2.1.2 Évolution et répartition de la contamination fécale dans le Saint-Laurent

Tel que mentionné précédemment, sur environ 400 secteurs coquilliers, 254 étaient classifiés en 2005 (Sénéchal, 2005). Les données recueillies depuis 1988 sur la contamination des secteurs coquilliers permettent de constater l'évolution de la contamination du Saint-Laurent jusqu'à aujourd'hui. La figure 2.2 montre que la contamination du Saint-Laurent a été relativement stable de 1998 à 2005 selon les normes du PCCSM, malgré une légère augmentation de secteurs approuvés pour la cueillette de mollusques. Pour l'instant, en se basant sur ces résultats, il est impossible d'affirmer que la contamination des secteurs coquilliers a significativement diminué. Il est tout de même intéressant de constater que les proportions selon la classification des secteurs demeurent similaires malgré le nombre croissant de secteurs classifiés.

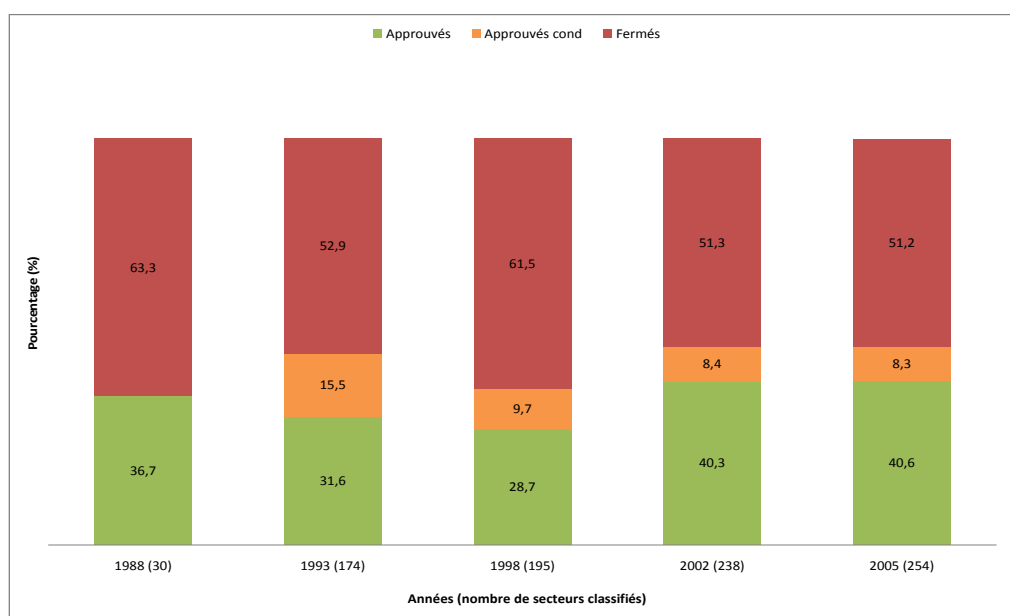


Figure 2.2: Pourcentages de secteurs approuvés, approuvés conditionnellement et fermés de 1988 à 2005. Adapté de Sénéchal, 2005, p. 3.

Cette évaluation de l'évolution de la contamination dans les secteurs coquilliers du Saint-Laurent peut comporter certains biais. En effet, parmi les secteurs évalués depuis le début des années 90, certains qui montraient la présence de nombreuses sources de pollution ou de sources importantes de pollution ainsi qu'une contamination au delà des normes permises pour la cueillette de mollusques n'ont jamais été réévalués. Avant d'affirmer avec certitude que la contamination du Saint-Laurent est demeurée stable ou s'est améliorée, il faudrait donc tenir compte de ces secteurs dont aucune donnée récente de contamination n'est disponible. La réévaluation systématique de ces secteurs n'est généralement pas effectuée à moins qu'une demande soit adressée à cet égard et qu'il soit démontré qu'il y a eu un changement dans les sources de pollution présentes sur le territoire visé.

La région la plus contaminée se trouve en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent où la plus grande proportion des secteurs est fermée contrairement à la Côte-Nord où les proportions de secteurs fermés et approuvés sont à peu près équivalentes et aux Îles-de-la-Madeleine où la plus grande proportion de secteurs approuvés est observée, tel qu'indiqué par la figure 2.3. La proportion plus élevée de contamination en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent est vraisemblablement liée à la plus grande concentration d'activités humaines et agricoles par rapport aux autres régions. Aux Îles-de-la-Madeleine, la faible contamination pourrait être liée à des activités polluantes moindres et à la volonté de la population locale de maintenir leur communauté propre, consciente de la sensibilité du milieu insulaire.

Ce constat peut mener à la conclusion que beaucoup de travail reste à faire dans la région de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent pour diminuer la contamination afin de récupérer les secteurs coquilliers contaminés tout en évitant d'étendre la pollution à des secteurs encore exempts de contamination. À cet égard, des efforts de sensibilisation plus accrus des différentes parties prenantes des bassins versant de cette région pourraient être nécessaires pour abaisser la contamination à des niveaux acceptables pour la cueillette de mollusques. Quant aux secteurs des deux autres régions, des efforts devront être maintenus afin de maintenir la contamination à ces niveaux et des mesures devront être entreprises également pour la diminuer, particulièrement à la Côte-Nord.

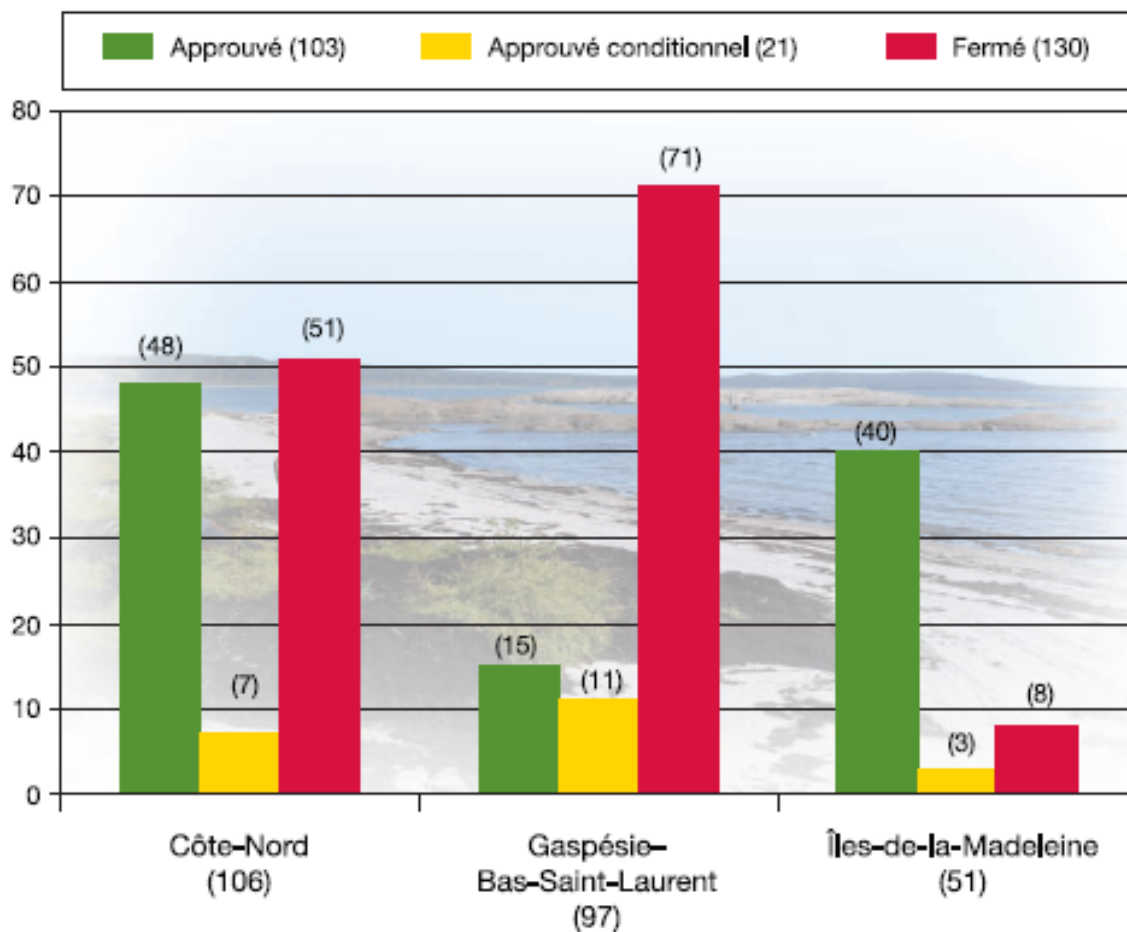


Figure 2.3: Recommandations de classification en 2005. Tiré de Sénéchal, 2005, p. 2.

2.2 Méthodes de suivi de la pollution

Il existe diverses méthodes pour le suivi de la pollution des eaux coquillières. Le choix de la méthode dépend de la réglementation en vigueur et des objectifs particuliers de l'étude. Trois types de suivi de la contamination pouvant être appliqués aux eaux coquillières sont considérés, soit le relevé sanitaire, le relevé bactériologique et le suivi des sources microbiennes.

2.2.1 Relevé sanitaire

Le relevé sanitaire sert à caractériser les sources potentielles de contamination. Il s'agit de faire un inventaire, sur un territoire donné tel qu'un bassin ou sous-bassin versant, de l'ensemble des sources de contamination pouvant potentiellement affecter le secteur

coquillier situé à l'émissaire du bassin. Ces sources peuvent provenir de l'environnement naturel et d'installations industrielles, commerciales, agricoles ou domestiques. Elles peuvent être diffuses ou ponctuelles et de nature chimique ou biologique. Par ailleurs, le relevé sanitaire permet de relever toutes les conditions de terrain pouvant influencer la dispersion de la pollution au secteur coquillier, soit les types de sols, les pentes, les tributaires, etc. Le relevé sanitaire dresse un portrait global de la contamination potentielle d'un secteur coquillier et permet de cibler les points de relevés pour l'échantillonnage de l'eau. Il s'avère fort utile pour tenter de déterminer la ou les principales sources de contamination d'un secteur coquillier. Grâce à différentes données disponibles dans la littérature, notamment celles présentées au tableau 2.1, et à partir des différentes conditions de terrain, il est possible d'évaluer sommairement l'impact potentiel de chacune des sources de pollution sur le milieu. Selon ces données, l'impact potentiel est différent selon les principales activités d'élevage, la présence prédominante de certains animaux ou la population humaine sur le territoire étudié. Par exemple, une étude sur le goéland à bec cerclé mentionne qu'une trentaine d'individus en deux jours sont suffisants pour faire passer la qualité de l'eau d'une plage de qualité acceptable pour la cueillette de mollusques (moins de 14 NPP/100 ml) à des niveaux inacceptables (plus de 200 NPP/100 ml) pour la baignade (Lévesque *et al.*, 1992). Les excréments de goélands contiendraient environ $7,1 \times 10^7$ coliformes fécaux par gramme, selon cette même étude (Lévesque B., *et al.*, 1992). Ainsi, un secteur coquillier en bordure d'un territoire comprenant une population importante, des activités agricoles et des habitats propices pour les colonies d'oiseaux aquatiques devrait être plus contaminée qu'un secteur dans une région comportant une population isolée, aucune activité agricole et peu d'habitats propices aux oiseaux aquatiques.

Tableau 2.1: Composition microbiologique de la flore fécale animale. Tiré de Geldreich, 1978.

	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	C. perfringens	Bacteroides	Lactobacilles
<i>Groupe animal</i>					
Densité moyenne par gramme					
<i>Animaux de ferme</i>					
Vache	230 000	1 300 000	200	< 1	250
Porc	3 300 000	84 000 000	3 980	500 000	251 000 000
Mouton	16 000 000	38 000 000	199 000	< 1	79 000
Cheval	12 600	6 300 000	< 1	< 1	10 000 000
Canard	33 000 000	54 000 000	-	-	-
Poule	1 300 000	3 400 000	250	< 1	316 000 000
Dindon	290 000	2 800 000	-	-	-
<i>Animaux domestiques</i>					
Chat	7 900 000	27 000 000	25 100 000	795 000 000	630 000 000
Chien	23 000 000	980 000 000	251 000 000	500 000 000	39 600
<i>Animaux sauvages</i>					
Souris	330 000	7 700 000	< 1	795 000 000	1 260 000 000
Lapins	20	47 000	< 1	396 000 000	< 1
Tamias	148 000	6 000 000	-	-	-
<i>Humains</i>	13 000 000	3 000 000	1 580	5 000 000 000	630 000 000

L'ensemble des informations recueillies lors d'un relevé sanitaire et enrichies par la littérature permet aux gestionnaires d'avoir une bonne idée de la problématique de contamination du bassin étudié et des conditions dans lesquelles des niveaux indésirables de contamination sont présents. Cependant, le relevé sanitaire, à lui seul, ne permet pas de déterminer l'impact réel des sources de pollution dans un secteur coquillier. Une évaluation de la qualité de l'eau est nécessaire à cette fin. Quant à la classification des secteurs coquilliers au Québec, un relevé sanitaire doit obligatoirement être réalisé en complément de relevés bactériologiques afin d'émettre des recommandations d'ouverture ou de fermeture de secteurs (PCCSM, 2008). Dans le cadre du PCCSM, le relevé sanitaire est repris tous les trois ans lors de la réévaluation des secteurs afin d'assurer le suivi des sources de pollution présentes sur un territoire donné.

2.2.2 Relevé bactériologique

Le relevé bactériologique dans l'évaluation de la qualité des eaux coquillières sert à caractériser le niveau et la répartition de la contamination dans un secteur donné. La quantité et la position des stations d'échantillonnage sont généralement déterminées à partir des informations obtenues lors du relevé sanitaire. Celles-ci doivent permettre d'obtenir des données essentielles à une évaluation efficace de toutes les sources, ponctuelles et diffuses, de pollution (PCCSM, 2008). L'échantillonnage est ensuite réalisé dans une diversité de conditions environnementales afin de connaître l'état de la contamination lors des conditions les plus propices à la dispersion de celle-ci. Ces

conditions sont, entre autres, la marée basse, les périodes de sécheresse, les températures élevées, des fortes pluies, des vents forts, etc. Ces conditions peuvent contribuer à favoriser l'amplification et l'étendue de la contamination fécale. La qualité de l'eau est ensuite évaluée selon les protocoles en vigueur et les données compilées dans des bases de données permettant de suivre l'historique et les patrons de contamination d'un secteur visé.

Un relevé bactériologique de la chair des mollusques s'avère également nécessaire afin de relier la contamination de l'eau à celle de la chair. Dans certains cas, des mollusques pourraient être contaminés alors que l'eau environnante ne l'est pas en apparence. Cela pourrait être dû à la survie de microorganismes pathogènes dans les sédiments. Les mollusques vivant à l'intérieur de ceux-ci seraient donc susceptibles d'être contaminés, malgré l'absence apparente de contamination dans les eaux superficielles. Par ailleurs, les sédiments peuvent constituer un réservoir de contamination qui pourrait être remise en suspension selon les conditions hydrographiques retrouvées. La connaissance des conditions de contamination pour un secteur donné, selon le pire scénario, permet au gestionnaire de prendre une décision éclairée face à la classification de celui-ci pour des fins de cueillette de mollusques en fonction des normes applicables.

Le relevé bactériologique est un complément essentiel du relevé sanitaire. Sans le relevé bactériologique, le relevé sanitaire ne permet de connaître l'étendue et le degré de la contamination fécale. Par contre, sans relevé sanitaire, le relevé bactériologique permet de connaître l'étendue et le degré de contamination sans pouvoir attribuer la contamination à des sources potentielles. De plus, il faudrait augmenter l'effort d'échantillonnage, en terme du nombre de stations et de relevés, si aucun relevé sanitaire n'avait été effectué au préalable. Cet effort serait nécessaire afin de s'assurer de couvrir l'ensemble de la zone étudiée en évitant de passer à côté d'une portion qui pourrait être plus contaminée en raison de la présence d'une source de pollution inconnue. Le relevé bactériologique seul fournit uniquement des données quantitatives sur la contamination, mais ne permet pas de connaître les éléments qui pourraient être corrigés afin de limiter ou diminuer cette dernière. Dans un contexte de développement durable, il serait peu propice de mesurer des niveaux de pollution sans considérer des actions à prendre pour corriger celle-ci. Cela ne favoriserait guère la protection de la santé des cueilleurs de mollusques à long terme.

Dans le cadre du PCCSM, les recommandations de classification sont uniquement émises suite à une étude comportant un relevé sanitaire et un relevé bactériologique du milieu selon les normes en vigueur. Cette combinaison permet de connaître l'étendue et le degré de la contamination d'un secteur en plus de mesurer les risques potentiels reliés à la cueillette de mollusques. Ces études doivent être reprises à intervalles réguliers dans le temps afin de mesurer les changements selon l'évolution des activités sur un territoire. Pour le PCCSM, le relevé bactériologique est généralement effectué quelques fois par année dans le cadre d'une révision annuelle des statuts de classification. Depuis 2008, il est effectué au minimum deux fois par saison.

2.2.3 Suivi des sources microbiennes

Le suivi des sources microbiennes (SSM) est une méthode complémentaire aux relevés sanitaires et bactériologiques. Le relevé sanitaire permet l'identification des sources de contamination, le relevé bactériologique détermine le niveau et l'étendue de la contamination et le SSM permet d'attribuer la contamination révélée par le relevé bactériologique aux sources identifiées dans le relevé sanitaire. L'ensemble des méthodes disponibles en SSM sont basées sur le principe que les microorganismes évoluant dans les organismes hôtes possèdent des caractéristiques propres à l'habitat que leur procurent ces organismes. Un même microorganisme a des caractéristiques différentes selon qu'il évolue dans le tube digestif d'un humain, d'un ruminant, d'un oiseau, etc. Il existe deux grands groupes de méthodes de SSM, soit les méthodes nécessitant l'établissement d'une banque de matériel microbien de référence et les méthodes sans banque de matériel microbien de référence.

Le SSM a fait ses débuts dans les années 90. C'est une avenue jeune encore en état de développement (Edge et Schaefer, 2006). De nombreuses recherches supplémentaires sont nécessaires afin de valider la fiabilité et l'efficacité des méthodes existantes. Le SSM peut être utilisé lorsque les relevés sanitaires et bactériologiques n'ont pas fourni de réponses suffisantes pour sources de pollution affectant les secteurs étudiés. Le choix de la méthode dépend de plusieurs facteurs dont les ressources financières et humaines disponibles.

La réalisation d'une étude de SSM permet à un gestionnaire désirant confirmer la prédominance d'une source de pollution ou identifier des sources inconnues de trouver le moyen le plus économique et efficace pour récupérer les usages de son bassin hydrographique. En connaissant avec certitude les principales sources de pollution, le gestionnaire évite de réaliser des investissements importants n'apportant pas de solution efficace à la correction de la contamination.

Le chapitre suivant traite de l'application de la méthode de SSM et présente ses étapes de réalisation, ses avantages, ses inconvénients et ses limites d'application.

3 APPLICATION DE LA MÉTHODE SSM

La contamination de l'eau peut nuire aux différents usages d'un milieu riverain. Les prises d'eau potable, les activités récréatives ou la pêche à des fins de consommation, sont limités par les différents critères de contamination qui s'appliquent à chaque usage. Lorsque les niveaux tolérés de contamination sont dépassés, les usages du milieu sont restreints jusqu'au rétablissement de la qualité de l'eau. Dans le cas de la cueillette de mollusques, les critères de contamination sont parmi les plus restrictifs. Tel que mentionné dans la section précédente, un secteur coquillier sera fermé s'il est contaminé à plus de 14 NPP/100 ml alors que la norme est de 200 coliformes fécaux/100 ml pour la baignade.

Les fermetures entraînent des pertes économiques que ce soit pour le tourisme (baignade) ou les pertes de revenus liées aux récoltes commerciales de mollusques. Pour récupérer les usages d'un milieu riverain, des solutions permanentes, telles que corriger un rejet, peuvent être envisagées. Avant de procéder à d'importants investissements pour corriger les diverses sources de contamination d'un territoire, il devient essentiel de connaître avec certitude les sources qui ont le plus d'impact sur la contamination d'un secteur coquillier. Par exemple, si les rassemblements d'oiseaux dans un secteur coquillier amènent la plus grande part de la contamination fécale, il serait futile pour un gestionnaire d'investir d'importantes sommes pour rendre un système de traitement des eaux usées encore plus performant ou pour apporter des modifications majeures sur un réseau d'eau usées. Le SSM intervient ici pour prioriser les actions à accomplir sur un territoire pour permettre la récupération des usages d'un milieu riverain en identifiant les principales sources de pollution avec plus d'assurance qu'un relevé sanitaire. Le SSM sera plus souvent utilisé pour discriminer les sources de pollution diffuses car les sources ponctuelles sont plus facilement identifiables et leur impact quantifiable.

La pollution diffuse apparaît souvent après de forts épisodes de précipitations qui lessivent le territoire des contaminants qu'il contient. Les apports de chaque groupe animal varient selon l'espèce et selon son abondance. Par exemple, aux États-Unis, pour un total de 1×10^{12} kg de fèces produites, les élevages bovins en produisent 44 %, les élevages de poules 22 %, les élevages de porc 20 %, les élevages laitiers 10 %, les humains 0,7 % et le reste (3,3 %) comprend les dindes, les moutons, les animaux de compagnie, etc.

(USEPA, 2005a). Afin de remédier correctement aux problématiques de contamination, il faut être en mesure d'identifier et de quantifier la contribution de chacune de ces sources.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) a produit un guide sur l'utilisation des méthodes de suivi des sources microbiennes (USEPA, 2005). Ce document s'avère fort utile pour les gestionnaires afin de guider leur choix pour une méthode de SSM. Les principaux éléments de ce guide sont présentés ici selon leur application à la gestion de secteurs coquilliers et complétés par d'autres sources d'information puisque c'est un domaine dynamique et émergent et que la nouvelle littérature doit être consultée fréquemment.

3.1 Étapes de réalisation d'une étude de SSM

De nombreuses méthodes de SSM sont disponibles. Elles sont basées sur une banque de matériel ou sans banque de matériel. Lors de la réalisation d'un projet de SSM pour un territoire donné, le choix de la méthode est la première étape à accomplir. Ce dernier sera dépendant du niveau d'information souhaité, des résultats obtenus lors des relevés sanitaires et bactériologiques et des contraintes de budget et de temps (USEPA, 2005b). Afin de choisir adéquatement la méthode de SSM qui sera utilisée, plusieurs questions doivent être adressées.

En premier lieu, la problématique spécifique et l'objectif souhaité doivent être clairement définis. Pour la cueillette de mollusques, il faut préalablement connaître l'état de la ressource coquillière afin de connaître les usages qui pourraient en être faits. Ensuite, il faut définir la problématique, à savoir une contamination plus grande que les limites permises en tout temps, sur une période de l'année, suite à des événements ou dans des conditions spécifiques, ou sans patron défini. L'objectif général est la récupération de secteurs coquilliers pour la cueillette commerciale ou récréative. L'objectif spécifique peut varier avec les choix suivants : ouverture générale du secteur coquillier à l'année, ouverture pendant une période spécifique ou ouverture pour un événement en particulier.

En deuxième lieu, il faut déterminer si un relevé sanitaire adéquat a été réalisé. Ce dernier devrait être suffisant pour avoir identifié toutes les sources de contamination d'un secteur ainsi que toutes les conditions sous lesquelles la contamination risque de se manifester. L'étendue spatiale et temporelle de la contamination doit être connue. Un relevé sanitaire

insuffisant nuirait grandement à la possibilité de réalisation d'une étude SSM pouvant résulter en l'inaptitude d'identifier adéquatement les sources de pollution réelles du secteur coquillier (USFDA, 2005b).

En troisième lieu, il faut vérifier combien de sources potentielles de pollution ont été identifiées dans le secteur coquillier. Une étude de SSM ne sera pas nécessaire lorsque une source prédominante de pollution est présente dans un secteur, par exemple le rejet d'un effluent municipal ne subissant qu'un prétraitement. Dans ce cas, le SSM pourrait être utilisé pour confirmer que la contamination est due à cette source de pollution. Lorsque plusieurs sources de contamination potentielles ont été révélées par le relevé sanitaire, une étude de SSM pourrait être nécessaire pour déterminer celles ayant le plus d'impacts.

La quatrième étape est de déterminer la taille du bassin versant étudié. Des études de SSM sont impossibles à réaliser dans des bassins versants trop grands puisque trop de sources potentielles sont présentes. Il peut être préférable de se limiter à l'analyse de certains sous bassins, donc des tributaires dans le cas où la principale contamination serait amenée via ceux-ci. Dans les bassins trop grands, il est quand même possible d'arriver à un résultat concluant en utilisant une méthode de SSM qui n'est pas dépendante d'une banque de matériel de référence si le but est seulement de déterminer s'il y a présence ou non de contamination fécale de source humaine (USFDA, 2005b).

La cinquième étape est d'évaluer les niveaux de discrimination des sources de contamination souhaités. Il existe en SSM quatre grands niveaux de discrimination; 1- humains versus tous les autres, 2- par espèce, 3- par groupe (humain, animaux domestiques, animaux sauvages), 4- hôtes spécifiques (une ferme en particulier versus une autre, etc.) (USFDA, 2005b). Les niveaux 1 et 2 de discrimination peuvent être atteints tant par des méthodes basées sur une banque de matériel de référence que les méthodes sans banque. Les niveaux 3 et 4, quant à eux, ne peuvent être atteints que par celles sans banques de matériel de référence. Certaines méthodes sans banque de matériel de référence permettent l'identification de certains groupes (par exemple, les ruminants); toutefois, la résolution n'est pas suffisante pour des comparaisons entre groupes (niveau 3) (USFDA, 2005b). Les développements futurs des approches sans banque favoriseront un niveau de résolution suffisamment élevé pour ces objectifs. Pour le

niveau 4, il ne peut être précisé que par l'utilisation de procédures génotypiques dans la catégorie des méthodes avec banque.

La sixième étape consiste en l'échantillonnage de l'eau du milieu. Ce dernier sera effectué différemment selon la méthode retenue pour l'identification des sources de pollution. Si une méthode avec banque de matériel de référence a été choisie, il faudra également inclure l'échantillonnage à la source, soit à partir d'un système de traitement d'eaux usées ou de fosses à purin ou directement d'animaux sauvages. Des échantillons composés sont préférés à ceux de source unique afin d'inclure un plus grand éventail de matériel génétique. L'échantillonnage du milieu doit être réalisé peu de temps après l'échantillonnage à la source pour limiter la variation saisonnière (migration d'animaux sauvages, hibernation, etc.). Quant à l'échantillonnage des eaux usées, il serait préférable qu'il ne soit pas réalisé après un épisode de pluie si le réseau collectant les eaux usées est combiné avec celui des eaux de pluie car les eaux pourraient être contaminées avec les eaux de ruissellement d'animaux domestiques et/ou sauvages. Une fois le matériel récolté, celui-ci devra être mis en banque. Plus la diversité des organismes présents dans les fèces sera élevée, plus la banque de matériel de référence devra être grande (USEPA, 2005b). L'échantillonnage du milieu suit logiquement l'étape de l'échantillonnage à la source ou est fait concomitamment. Cette étape convient tant aux méthodes avec matériel de référence que celles sans matériel de référence. Le nombre d'échantillons relevés devra être représentatif de la superficie à échantillonner et de l'objectif à atteindre. Par exemple, si l'on désire ouvrir un secteur annuellement, il faudrait penser à conduire des relevés avec des études de SSM sur l'ensemble des saisons pour inclure la variabilité saisonnière. Toutefois, si une période plus restreinte est visée, l'échantillonnage n'aurait qu'à être effectué pendant cette période. Dans le cas des méthodes sans banque de matériel, elles dépendent beaucoup de la concentration d'origine dans l'échantillon selon les limites de détection de chacune des méthodes (USEPA, 2005b).

En ayant bien déterminé les besoins, il convient de procéder au choix de la méthode de SSM. La section qui suit présente les différentes méthodes qui existent pour la réalisation de telles études ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

3.2 Description des méthodes de SSM disponibles

Afin de faire un choix éclairé de la méthode qui sera la plus appropriée pour une étude de SSM, il est nécessaire de mieux comprendre les différentes méthodes qui permettent l'identification des sources de pollution. Celles-ci sont décrites ci-dessous.

Les méthodes avec banque de matériel de référence nécessitent la récolte d'échantillons de microorganismes de référence pour chacune des sources de contamination, lesquels sont mis en culture. Les microorganismes de source inconnue prélevés dans le milieu récepteur sont ensuite comparés à ceux de la banque de référence et associés à des sources de pollution. Ces techniques peuvent être de nature phénotypique ou génotypique.

Les méthodes phénotypiques utilisent le profil de résistance aux antibiotiques ou celui d'utilisation du carbone des microorganismes. Dans les deux cas, les microorganismes sont isolés sur des plaques comportant différents antibiotiques ou substrats en différentes concentrations. Le profil de résistance aux antibiotiques ou d'utilisation du carbone d'un microorganisme donné diffère selon l'environnement dans lequel il évolue. Le profil est différent si l'organisme provient d'un humain, d'un animal domestique ou sauvage.

Les méthodes génotypiques font référence aux différences génétiques des microorganismes et utilisent le profil de l'ADN comme base pour la comparaison. L'état de la science actuelle n'a pas encore permis de déterminer quelle devrait être la taille minimale d'une banque de référence. Les techniques génotypiques utilisées dans de telles études sont la PCR décodage de l'ADN, l'analyse d'ADN aléatoirement amplifiée (RAPD), l'analyse du polymorphisme de longueur des fragments amplifiés (AFLP), l'électrophorèse en champ pulsé et le «ribotypage».

Les méthodes sans banque de matériel microbien de référence sont seulement de nature génotypique et utilisent la détection de marqueurs spécifiques aux hôtes pour différencier la contamination fécale humaine ou animale. Elles nécessitent l'utilisation de diverses techniques de biologie moléculaire telles que mentionnées ci-dessus, mais la PCR est celle qui est le plus couramment utilisée (USEPA, 2005b). Ces méthodes ont pour cible

soit la communauté microbienne entière, des microorganismes cibles, des gènes ou des virus. Des techniques d'analyse de coliphages existent également dans cette catégorie.

3.3 Avantages et limites des méthodes de SSM

Les méthodes présentées ci-dessus comportent leur lot d'avantages et d'inconvénients en main-d'œuvre, matériel et équipement, rapidité d'exécution, fiabilité, etc. La logistique nécessaire à la réalisation de chacune des méthodes, ses avantages et inconvénients ont été détaillés dans des tableaux présentés dans le guide de 2005 du USEPA. Ces tableaux ont été synthétisés dans le tableau 3.1 ci-dessous.

3.3.1 Méthodes avec banque de matériel de référence

En général, les méthodes génotypiques avec banque de référence se sont avérées plus efficaces pour identifier les sources de pollution que les méthodes phénotypiques (Stoeckel et Harwood, 2007). Celles-ci peuvent être très utiles pour l'identification des sources de pollution d'un secteur; par contre, elles nécessitent une quantité importante de matériel de référence afin de refléter la diversité des «isolats» trouvés dans l'environnement (Edge et Schaefer, 2006). La taille minimale d'une banque de matériel n'a pas encore été établie (USEPA, 2005b; Stoeckel et Harwood, 2007; Edge et Schaefer, 2006). Celle-ci dépendra de la taille du bassin versant étudié et de la variété des sources de contamination retrouvées.

Parmi les procédures génotypiques, certaines sont plus laborieuses que d'autres et nécessitent de la main d'œuvre, de l'équipement plus spécialisé et du temps supplémentaire pour leur réalisation, etc. Elles sont moins intéressantes pour la réalisation d'études de SSM à grande échelle. Les méthodes phénotypiques sont plus simples de réalisation à ce niveau. La PCR est l'une des méthodes génotypiques les plus utilisées pour de telles études car elle est l'une des plus simples qui offre les meilleurs résultats. Elle comporte plus d'avantages à savoir hautement reproductible, simple et permet de différencier les hôtes de la pollution tel que décrit dans le tableau 3.1. La deuxième procédure préférentielle est le «ribotypage». Cette méthode est intéressante car elle peut être automatisée.

Tableau 3.1: Avantages et inconvénients des méthodes de SSM (tiré et traduit de USEPA, 2005b).

Méthodes	Cibles testées	Culture	Banque de matériel	Besoins majeurs en matériel	Coûts majeurs	Temps requis	Avantages	Inconvénients
Résistance aux antibiotiques	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> • Streptocoques fécaux • <i>Enterococcus spp.</i> 	Isolats individuels	Oui	Aucun	Microplaques de 96 puits d'antibiotiques	4-5 jours	<ul style="list-style-type: none"> • Rapide et facile à réaliser • Nécessite peu de formation de main d'œuvre • Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque possède une spécificité spatiale et temporelle • Variation entre les méthodes de différentes études
Utilisation du carbone	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> • Streptocoques fécaux • <i>Enterococcus spp.</i> 	Isolats individuels	Oui	Aucun (lecteur de plaque optionnel)	Microplaques avec substrat	2-5 jours	<ul style="list-style-type: none"> • Rapide et facile à réaliser. • Nécessite peu de formation de main d'œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque possède une spécificité spatiale et temporelle • Variation entre les méthodes de différentes études • Résultats souvent inconsistants
Rep-PCR	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> 	Isolats individuels	Oui	Thermocycleur, unités de gel d'agarose pour électrophorèse, système de documentation de gel, scanner de fluorescence	Réactifs de PCR, matériel jetable pour PCR et réactifs pour électrophorèse sur gel	1 jour	<ul style="list-style-type: none"> • Hautement reproductible • Rapide et facile à réaliser • Nécessite peu de formation de main d'œuvre • Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque peut être spécifique spatialement et temporellement
RAPD	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> 	Isolats individuels	Oui	Thermocycleur, unités de gel d'agarose pour électrophorèse, système de documentation de gel	Réactifs de PCR, matériel jetable pour PCR, réactifs pour électrophorèse sur gel	1 jour	<ul style="list-style-type: none"> • Rapide et facile à réaliser • Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque peut être spécifique spatialement et temporellement
AFLP	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> 	Isolats individuels	Oui	Thermocycleur, séquenceur automatique	«Kit» d'extraction d'AND et kit AFLP	5 jours	<ul style="list-style-type: none"> • Hautement reproductible • Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Main-d'œuvre spécialisée • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque peut être spécifique spatialement et temporellement • Variation des méthodes utilisées dans différentes études.
PFGE	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Escherichia coli</i> • <i>Enterococcus spp.</i> 	Isolats individuels	Oui	Thermocycleur, pour l'électrophorèse en champ pulsé, système de documentation de gel	Réactifs et enzymes de restriction	2-4 jours	<ul style="list-style-type: none"> • Hautement reproductible • Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Main-d'œuvre spécialisée • Exige une banque de référence • Requier la culture de l'organisme cible • Banque peut être spécifique spatialement et temporellement

Méthodes	Cibles testées	Culture	Banque de matériel	Besoins majeurs en matériel	Coûts majeurs	Temps requis	Avantages	Inconvénients
Ribotypage	<ul style="list-style-type: none"> <i>Escherichia coli</i> Streptocoques fécaux <i>Enterococcus spp.</i> 	Isolats individuels	Oui	Unités de gel d'agarose pour électrophorèse, four de buvardage et d'hybridation du gel, système de documentation de gel	Réactifs, enzymes de restriction, solutions de détection d'hybridation, sonde de gène marquée	1-3 jours	<ul style="list-style-type: none"> Hautement reproductible Peut être automatisé Peut être utile pour différencier les sources hôtes 	<ul style="list-style-type: none"> Main-d'œuvre spécialisée (à moins d'utiliser le processus automatisé) Exige une banque de référence Requiert la culture de l'organisme cible Banque peut être spécifique spatialement et temporellement
Géno- et séro-typage de phages	<ul style="list-style-type: none"> F+ coliphage 	Isolats individuels	Non	Four d'hybridation (génotypage), mais aucun si sérotypage	Hybridation, solutions de détection, sonde de gène marquée ou antigène spécifique au phage	1-3 jours	<ul style="list-style-type: none"> Différencie les humains des animaux Les sous-types sont des caractéristiques stables Facile à réaliser Ne nécessite pas une banque de référence 	<ul style="list-style-type: none"> Requiert une culture de coliphages Les sous-types n'exhibent pas une spécificité absolue aux hôtes Concentrations faibles dans certains environnements
PCR sur des gènes spécifiques	<ul style="list-style-type: none"> Gène de toxine d'<i>Escherichia coli</i> 	Enrichissement de l'échantillon	Non	Thermocycleur et unités de gel d'agarose pour électrophorèse	Réactifs de PCR et matériel jetable pour PCR	2 jours	<ul style="list-style-type: none"> Peut être adapté pour quantifier le nombre de copies du gène Gènes de virulence peuvent être ciblés, lesquels prouvent directement la présence d'organismes dommageables Ne nécessite pas une banque de référence 	<ul style="list-style-type: none"> Requiert l'enrichissement de l'organisme cible Une quantité suffisante de gènes cibles peut ne pas être disponible, ce qui nécessite l'enrichissement ou un échantillon plus volumineux Main-d'œuvre spécialisée Amorces pas encore disponibles pour tous les hôtes pertinents
PCR spécifique à l'hôte	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacteroides</i> <i>Bifidobacteria</i> <i>Enterococcus</i> <i>Rhodococcus</i> F+ coliphage <i>Enterovirus</i> <i>Adenovirus</i> 	Aucune	Non	Thermocycleur et unités de gel d'agarose	Unités de filtration, réactifs pour PCR et matériel jetable pour PCR	6-8 heures	<p>Bactéries</p> <ul style="list-style-type: none"> Ne nécessite pas la culture de l'organisme cible Rapide et facile à réaliser Ne nécessite pas de banque de référence <p>Virus</p> <ul style="list-style-type: none"> Spécifique à l'hôte Facile à réaliser Ne nécessite pas de banque de référence 	<p>Bactéries</p> <ul style="list-style-type: none"> Peu de connaissances sur la survie et la distribution des organismes dans les écosystèmes Amorces pas encore disponibles pour tous les hôtes pertinents <p>Virus</p> <ul style="list-style-type: none"> Faible concentrations dans le milieu, requiert un échantillon volumineux Pas toujours présents quand les humains sont présents
QPCR spécifique à l'hôte	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacteroides</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Bifidobacteria</i> 	Aucune	Non	Thermocycleur fluorescent	Unités de filtration, réactifs, marqueurs et matériel jetable pour PCR	1-3 heures	Non-spécifié, similaire à PCR spécifique aux hôtes. Permet de quantifier la quantité de copies produites lors de l'amplification.	Similaire à PCR spécifique aux hôtes

Les méthodes avec banque sont laborieuses et coûteuses, elles demandent des statistiques avancées et la taille minimale requise pour une banque de matériel représentative n'a pas encore été définie. De plus, la stabilité spatio-temporelle de la banque n'est pas connue puisque peu d'études ont été réalisées pendant un nombre suffisant d'années pour le démontrer (Santo Domingo et Edge, 2008). Les méthodes sans banque de matériel sont donc plus adéquates pour des études à petite échelle lorsque la contamination est bien ciblée dans un bassin versant de petite taille. À court terme, elles sont les méthodes qui devront être utilisées afin de bien cerner les problématiques courantes de contamination. Leur application à grande échelle et dans un cadre réglementaire ne seront probablement jamais justifiées en raison de leur complexité et des coûts qui y sont associés. Elles seront vraisemblablement utilisées à des fins plutôt expérimentales pour discriminer les sources de pollution à des niveaux supérieurs (espèce par espèce, voire une ferme versus une autre) en attendant le développement des méthodes sans banque de matériel de référence.

Entre les années 1995 et 2005, en étudiant la validité des études réalisées grâce à des méthodes avec banque, il a été possible d'observer une tendance à la baisse de la justesse des résultats obtenus. Ceci est dû à l'amélioration des vérifications internes et externes pour la validation des résultats. Le constat final est que, pendant ces années, les résultats obtenus ne correspondaient pas nécessairement à la réalité, ce qui augmente les taux de mauvaises classifications des sources de pollution (Stoeckel et Harwood, 2007). L'identification de ces taux a permis de montrer la tendance à la baisse de la validité de ces études.

3.3.2 Méthodes sans banque de matériel de référence

Les méthodes sans matériel microbien de référence permettent d'éviter l'étape d'échantillonnage du matériel de référence, ce qui limite les coûts et le temps de réalisation des études et leur confère un principal avantage par rapport aux études avec banque. Elles ont également leurs limitations car leur développement doit tenir compte de la variabilité spatiale et temporelle des marqueurs testés. L'identification de tels marqueurs peu s'avérer longue et ardue compte tenu de la grande variété de matériel microbien retrouvé dans les fèces des différents organismes. Le marqueur choisi doit permettre d'identifier une source unique de pollution; il doit être présent chez l'ensemble du groupe étudié ne doit donc pas être présent dans les fèces d'autres espèces.

Ces méthodes sans banque sont simples à appliquer; la plupart ne requièrent pas la culture des organismes cibles et la majorité permet d'obtenir des résultats en moins de 24h. Ces techniques sont moins coûteuses car elles nécessitent moins de main d'œuvre spécialisée, moins de matériel (sans culture) et moins de temps. Beaucoup de recherches sont orientées vers le développement de ces techniques qui semblent plus efficaces pour étudier une problématique de contamination. De plus, la plupart ne montre pas de signes de variabilité spatio-temporelle (USFDA, 2005b). Ces techniques répondent aux principaux inconvénients des techniques avec banque de référence. La validité de ces marqueurs nécessite encore d'être démontrée puisque ceux-ci ont été testés pour des croisements avec un nombre d'espèces et d'échantillons limités (Stoeckel et Harwood, 2007). L'identification de tels marqueurs est en développement. Toutefois le manque de validation fait en sorte qu'il existe peu de marqueurs à ce jour permettant d'identifier avec certitude les sources de contamination principales d'un secteur.

Les marqueurs les plus prometteurs identifiés sont basés sur les fragments d'ADNr 16S dans la famille des *Bacteroides* (Edge et Schaefer, 2006). Certains chercheurs ont identifié des séquences d'ADNr 16S spécifiques aux hôtes dans ce groupe bactérien, lesquelles peuvent dans certains cas, sans limite géographique, permettre d'identifier la source de la contamination fécale d'un secteur coquillier. Beaucoup d'emphase a été mise sur le développement marqueurs de *Bacteroides* car c'est le principal groupe qui a montré une certaine spécificité aux hôtes.

Malgré que ces bactéries offre un potentiel intéressant, il a été constaté que les intestins de certaines espèces, telles que le goéland, contiennent très peu de ce groupe bactérien (Lu *et al.* 2008). D'autres avenues doivent être explorées pour ces espèces. Comparativement aux méthodes avec banque de matériel de référence, l'identification des sources de pollution est beaucoup plus simple puisqu'elle se base simplement sur la présence ou l'absence du marqueur de référence dans l'échantillon (Stoeckel et Harwood, 2007). Il ne s'agit donc que d'utiliser des marqueurs qui ont été validés et qui sont stables dans le temps et dans l'espace. Le principal obstacle est l'identification de tels marqueurs.

3.3.3 Avantages et limites par rapport aux secteurs coquilliers

Dans le contexte de la gestion des secteurs coquilliers, peu d'études de SSM ont eu lieu dans l'environnement marin. La plupart des marqueurs ont été développés pour des problématiques de contamination en eau douce. Les taux de survie lors du transfert des microorganismes de l'environnement terrestre et d'eau douce à l'environnement d'eau salée peuvent avoir une incidence importante sur la réalisation des SSM (Santo Domingo et Edge, 2008). Puisque l'environnement marin est l'élément récepteur ultime d'un bassin versant, la problématique de contamination peut être plus complexe à cerner. Dans un tel contexte, les études sans matériel de référence seraient plus adéquates lorsqu'elles permettent d'atteindre le niveau de résolution souhaité. En général, les auteurs recommandent des études multi-approche où une combinaison de méthodes permet de valider les résultats obtenus. Lorsque ceux-ci ont été acquis en utilisant plusieurs méthodes, ils sont plus valides et permettent d'écartier les résultats portant à confusion. Ceci est évidemment plus facilement réalisable pour les méthodes avec banque de matériel de référence car un plus grand nombre de souches sont accessibles selon la taille de la banque.

Les premiers résultats des études de SSM ont été très encourageants. Les résultats obtenus pourraient servir à définir des objectifs environnementaux de rejets pour chacune des sources contaminant le secteur étudié. À cet égard, beaucoup de décideurs ont voulu utiliser ces techniques d'identification des sources de pollution dans un contexte de gestion de la qualité de l'eau. Malgré que plusieurs études aient apporté des résultats concluants, peu d'entre elles sont reproductibles et aucune méthode ne permet la quantification de la contribution de chaque source de pollution. Des recherches sont nécessaires pour mettre au point les techniques de SSM permettant aux gestionnaires de bassins versants, de secteurs coquilliers et autres de les appliquer à une grande échelle pour la gestion de la qualité de l'eau selon les usages requis. Certains scientifiques espèrent que l'applicabilité à une grande échelle sera atteinte à long terme, soit dans les 10 prochaines années. Entre temps, plusieurs lacunes sur la validité, la reproductibilité, la stabilité spatio-temporelle, la standardisation, etc. doivent être comblées (Santo Domingo *et al.* 2007). Un suivi régulier des avancées réalisées par des chercheurs universitaires et gouvernementaux devrait donc être effectué par les parties intéressées du domaine d'application, soit les gestionnaires ou les organismes de suivi de la qualité de l'eau.

Finalement, l'application au terrain nécessite d'avoir non seulement une méthode valide, mais aussi une méthodologie adéquate.

3.4 Souches microbiennes disponibles et limites de détection

Les méthodes avec banque de matériel de référence permettent en général d'identifier positivement la plupart des sources de pollution si la taille de la banque est suffisante et si le bassin versant a une faible taille. Quant aux méthodes sans banque, l'utilisateur est limité aux marqueurs disponibles et à la validité de ces derniers.

3.4.1 Méthodes avec banque de matériel de référence

Une étude a démontré que le sable et les sédiments présents dans la zone intertidale peuvent faire office de réservoir pour les microorganismes tels les coliformes fécaux (Edge et Hill, 2007). Dans ce dernier cas, il pourrait être difficile de déterminer la source des microorganismes présents dans les sédiments car ils se reproduisent et évoluent dans cet environnement. Toutefois, le sable en tant que source de contamination de l'eau peut également être identifié par des méthodes SSM avec banque de matériel de référence, tel que démontré dans l'étude de Edge et Hill en 2007. En ce sens, le matériel microbien du sable fait partie de la banque de référence pouvant contaminer les eaux et l'eau est examinée pour savoir si la principale source est la remise en suspension de la contamination présente dans ce réservoir.

La plupart des méthodes avec banque sont sensibles pour détecter la pollution humaine, mais pas assez spécifique, c'est-à-dire qu'elles ne permettent pas d'éliminer une source potentielle lorsqu'elle n'est pas détectée en plus de comporter un taux élevé de faux positifs (Stoeckel et Harwood, 2007). Malgré qu'en théorie, elles permettent l'identification au niveau de l'espèce ou même d'une ferme ou d'un rejet spécifique, les études réalisées ont démontré qu'elles permettent plutôt de classer les sources dans des catégories plus larges telles qu'humaines vs non humaines, ou humaines, animales domestiques et animales sauvage car plus le niveau de résolution souhaité était élevé, plus la validité des résultats était faible (Stoeckel et Harwood, 2007).

3.4.2 Méthodes sans banque de matériel de référence

Les méthodes sans banque de matériel ont principalement été développées avec les gènes 16S rRNA des bactéries du genre *Bacteroides*. Ces gènes se sont avérés utiles pour identifier les sources de pollution dans la catégorie des humains, des ruminants (incluant domestiques et sauvages), des chevaux et des porcs (Stoeckel et Harwood, 2007). À ce sujet, Field *et al.* (2003) ont développés différents marqueurs relatifs aux *Bacteroides* de source humaine, de ruminants et de porcs. Les orientations futures de leurs recherches visent à identifier des marqueurs de *Bacteroides* pour les chiens, les ours, les oiseaux, les chevaux, les canards, les goélands et les phoques (Field *et al.*, 2003 et Osachoff, 2004). Toutefois, aucun de ces des derniers ne serait au point actuellement (Linssen, 2009). Une étude réalisée en 2006 mentionne que les marqueurs pour les sources humaines, les ruminants, les porcs, les chevaux, les chiens et les wapitis sont disponibles au laboratoire du Centre des sciences environnementales du Pacifique d'Environnement Canada (Obee, 2006). La validité de tous ces marqueurs demeure questionnable en 2009 à la suite de récentes études de validation (Edge, 2009). D'autres méthodes ciblant les gènes des toxines de l'espèce *Escherichia Coli* auraient permis d'identifier le bétail et les porcs comme sources de pollution (Stoeckel et Harwood, 2007). De plus, des virus et bactériophages pourraient servir à identifier les sources humaines de pollution. Toutefois, la validité, la spécificité et la stabilité des marqueurs n'ont pas été suffisamment testées et beaucoup de variabilité interlaboratoire est présente, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats (Stoeckel et Harwood, 2007).

Pour le groupe des *Bacteroides*, il n'y aurait que le marqueur humain qui serait validé (Edge, 2009). Récemment, un marqueur pour les goélands a été développé avec l'espèce bactérienne *Catellibacterium marimammalium* (Lu *et al.*, 2008). Il semble être spécifique aux goélands et permettrait d'identifier cette source de pollution à plusieurs reprises. Il a été développé après avoir remarqué qu'il y a peu de *Bacteroides* présents dans les fèces des goélands (Lu *et al.*, 2008). Cela pourrait être vrai pour d'autres espèces, tel qu'observé au tableau 2.1 dans la section précédente. Ce tableau doit être interprété avec prudence car il date de la fin des années 70. Quant au marqueur de goéland (*Catellibacterium marimammalium*), il n'est pas encore reconnu universellement comme marqueur pour les goélands, mais son avenir est prometteur.

Finalement, la distribution géographique de l'ensemble des marqueurs n'a pas encore été testée à grande échelle. Toutefois, certains marqueurs (deux de *Bacteroides* pour les humains et les ruminants) semblent être très répandus en Amérique du Nord et en Europe, tandis qu'un autre marqueur pour les humains (*Enterococcus faecium*) a été détecté dans plusieurs échantillons d'eaux usées aux États-Unis et au Canada (Stoeckel et Harwood, 2007).

Selon les connaissances actuelles, aucun marqueur tout comme aucune méthode n'est universellement reconnu, et aucun ne peut être officiellement écarté; ceci complique le choix pour les gestionnaires qui désirent mettre en application les méthodes de SSM pour la gestion des problématiques de contamination de l'eau. Dans le contexte de la présente étude, il sera considéré que les marqueurs actuellement disponibles parmi les méthodes sans banque de matériel de référence permettent d'identifier les sources de contamination humaines, de goélands et de ruminants. Une réserve est cependant formulée à propos du marqueur pour les ruminants car il ne permet pas d'identifier quel type de ruminant, et se limite aux ruminants en général (vaches, originaux, etc.) (Field *et al.*, 2004; Stoeckel et Harwood, 2007).

3.4.3 Limites de détection des marqueurs (méthodes sans banque)

Les limites de détection des marqueurs sont des facteurs importants à considérer lors de la réalisation d'études de SSM avec les méthodes sans banque. Peu d'études ont été réalisées pour corréliser la présence d'organismes indicateurs avec les limites de détection des marqueurs spécifiques dans le milieu récepteur (Stoeckel et Harwood, 2007). Toutefois, certaines études sur le sujet ont montré que, pour l'application des méthodes sans banque, la détection du marqueur humain de *Bacteroides* est généralement supérieure à la détection des indicateurs de référence (Bower *et al.*, 2005). Par exemple, la présence du marqueur humain de *Bacteroides* a été détectée en quantité suffisante alors que la concentration d'*Escherichia coli* dans le milieu récepteur était inférieure à 1 UFC/100 ml (Bower *et al.*, 2005). Par contre, le marqueur d'*Enterococcus sp.* pour l'humain serait détecté seulement lorsque la concentration dans les eaux usées sont supérieures 100 UFC/100 ml (Stoeckel et Harwood, 2007). Le protocole d'échantillonnage du Centre des sciences environnementales du Pacifique d'Environnement Canada prescrit tout de même l'analyse des échantillons contenant moins de 30 UFC/100 ml de coliformes fécaux puisque, dans ces cas, les marqueurs pourraient très bien être en dessous du seuil

de détection (Anonyme, 2005). Les méthodes d'ultrafiltration permettent de concentrer les microorganismes présents dans les échantillons de grands volumes (de quatre à 100 litres par exemple), ce qui facilite la détection de ces marqueurs lorsque la contamination est faible (Wuertz *et al.*, 2009). Certaines contraintes seront certainement présentes à l'échantillonnage si les volumes d'échantillons sont augmentés.

Par ailleurs, si les concentrations dans l'eau ne sont pas suffisantes, certains auteurs proposent l'utilisation de la chair des mollusques puisque ceux-ci concentrent, dans leurs tissus, les contaminants présents dans leur environnement. Dans cette perspective, Roslev *et al.* (2009) ont étudié deux marqueurs d'*Enterococcus sp.* pour identifier la contamination humaine. Il semblerait que la durée de vie des *Enterococcus sp.* est plus élevée dans la chair de moule que dans l'eau, d'où l'utilité de faire le SSM dans la chair pour ces marqueurs (Roslev *et al.*, 2009). D'autres marqueurs pourraient éventuellement être testés dans la chair de mollusques.

Pour appliquer les méthodes sans banque de matériel de référence, il serait approprié de confirmer la présence du marqueur en testant des fèces de la population de référence, puisque l'étendue géographique des marqueurs n'a pas encore été suffisamment testée (Stoeckel et Harwood, 2007). Ceci pourrait être fait en prenant un échantillon d'eau usée à proximité du secteur étudié, en essayant d'y identifier la présence du marqueur de *Bacteroides* et en prenant des fèces de goélands pour y confirmer la présence du marqueur pour *Catellibacterium marimammalium*.

Pour la réalisation des études de SSM, il faudrait donc mesurer l'efficacité de la récupération de l'organisme cible des eaux côtières, la limite de détection du test, la reproductibilité des résultats et la pertinence du marqueur (Stoeckel et Harwood, 2007).

3.5 Études de cas

Pour les besoins de la présente étude, trois cas ont été retenus. Une étude a été réalisée au Québec (Îles-de-la-Madeleine) en 2005. Une deuxième réalisée en Colombie-Britannique en 2006. Une troisième a été menée en 2007 et 2008 en Californie. Les deux dernières études ont partiellement réussi l'identification de certaines sources de contamination avec des méthodes sans banque de matériel de référence. Dans les trois cas, les études se situent en eaux salées et tentent de répondre à une problématique de

salubrité des eaux coquillières ou récréatives. D'autres études du genre ont été repérées; parmi celles-ci, plusieurs identifiaient des sources de contamination variées, mais plusieurs ont utilisé des méthodes avec banque de matériel de référence et n'ont pas été retenues pour la présente étude. Il faut mentionner que la plupart de ces études ont été faites avant le questionnement (depuis 2007 selon la date du rapport de Stoekel et Harwood) sur la validité des méthodes, de la sensibilité et de la spécificité des différents tests. Pour l'ensemble des raisons susmentionnées, seuls les trois cas suivants ont été retenus.

L'étude réalisée en 2005 par Environnement Canada aux Îles-de-la-Madeleine dans les secteurs A-10.1.3 et A-03.1 où les sources principales de contamination sont des phoques et des goélands au premier secteur et des résidences isolées et des exploitations agricoles au deuxième. Le but du projet était d'identifier, à l'aide du test de *Bacteroides*, les sources humaines et les sources de ruminants dans les secteurs coquilliers (Lamontagne, 2006). La procédure requérait des échantillons où la contamination devait dépasser 30 NPP/100 ml pour avoir des niveaux détectables de contamination par les *Bacteroides*. Le volume des échantillons amassés pour la filtration étaient d'un litre. Un seul échantillon parmi les trois tournées d'échantillonnage (total d'une soixantaine d'échantillons) était contaminé avec plus de 30 NPP/100 ml; il provenait secteur A-10.1.3 et n'a pas fourni de résultats concluants pour les sources humaines et de ruminants. Toutefois, des *Bacteroides* non-associés à une source de pollution ont été identifiés dans l'échantillon; ceci révèle la présence de contamination fécale. Les résultats non-concluants de cette étude sont possiblement dus aux faibles niveaux de contamination présents, aux types de sources de contamination (les *Bacteroides* sont plus abondants à la sortie d'un effluent municipal qu'à la sortie d'une fosse septique) et à l'absence de contamination humaine et de ruminants dans le secteur étudié (Lamontagne, 2006).

Un rapport a été présenté par Nicole Obee (2006), dans le cadre d'un cours à l'Université de Victoria en Colombie-Britannique sur une étude de SSM réalisée dans le havre Ucluelet (au sud-est de l'Île de Vancouver) où les principales sources de contamination suspectées sont les rejets des installations sanitaires de résidences isolées. Lors de cette étude, la même procédure que celle de 2005 aux Îles-de-la-Madeleine a été réalisée par des membres d'Environnement Canada pour l'échantillonnage. Dans les deux cas, la méthode était fournie par le Centre des sciences environnementales du Pacifique

d'Environnement Canada. Cette deuxième étude a obtenu plus de succès que la précédente. La présence de *Bacteroides* liés à des ruminants et à d'autres sources de contamination fécales non-identifiées a été détectée. Toutefois, la présence de contamination humaine n'a pas été décelée, alors qu'elle était suspectée comme principale source de contamination. Ceci s'expliquerait par une détection plus faible des *Bacteroides* humains lorsqu'ils proviennent d'une fosse septique au lieu d'un effluent municipal (Lamontagne, 2006) ou par différentes raisons inhérentes à l'échantillonnage, à l'analyse et à la validité des marqueurs et des méthodes. Obee (2006) mentionne qu'il serait pertinent de reprendre les échantillonnages et analyses pour vérifier la présence d'une variabilité saisonnière dans les résultats obtenus lors du SSM (Obee, 2006). Le succès relatif de cette étude par rapport à la précédente peut être lié aux niveaux de contamination dans le havre qui étaient plus élevés à certaines stations que ceux retrouvés dans l'étude précédente. Les résultats de ces stations s'échelonnaient de 40 NPP/100 ml à près de 400 NPP/100 ml et étaient donc suffisants pour permettre de réaliser l'analyse des sources de contamination par le test de *Bacteroides*.

L'étude réalisée par l'Université de la Californie dans la baie de San Pablo en 2007-2008 a fourni d'autres résultats (Wuertz *et al.*, 2009). Des échantillons de 100 L ont alors été récoltés en raison des faibles niveaux de contamination et ont ensuite été filtrés pour finalement être réduits à environ 80 ml. Cette étude a testé les marqueurs de *Bacteroides* universels, d'humains, de ruminants et de chiens et le *Catellibacterium marimammali* pour des goélands. Les *Bacteroides* humains et universels ont été détectés à grande échelle dans la zone d'étude, même à des endroits où *Escherichia coli* et les *Enterococcus sp.* étaient non détectés. Parmi les autres sources potentielles testées, seul le *Bacteroides* de chien a également été détecté dans un seul échantillon. Il n'est cependant pas écarté que d'autres sources étaient présentes, mais qu'elles étaient sous le seuil de détection. Cette étude était réalisée parallèlement au développement d'un modèle tridimensionnel (Si3D) de la dispersion de la contamination dans la baie. Le modèle a été efficace pour prédire les patrons de la contamination dans la baie en fonction de l'hydrodynamique de l'endroit. Ce genre de modèles constitue une voie d'avenir pour les gestionnaires afin de mieux juger les risques de contamination. Cependant, des modifications doivent être apportées au modèle concerné pour le rendre facilement utilisable par les personnes effectuant le suivi de la contamination de l'eau pour différents usages; malgré ceci, il est considéré

comme une voie d'avenir pour limiter les frais engagés dans le suivi de la qualité de l'eau (Wuertz *et al.*, 2009).

Dans les trois cas, la présence d'organismes fécaux a été détectée. Dans le premier cas, des *Bacteroides* ont été décelés dans les échantillons sans qu'ils puissent être attribués à une source particulière de contamination. Dans le deuxième cas, des sources de ruminants ont été identifiées ainsi que des *Bacteroides* généraux (comme le cas précédent). La dernière étude a révélé la présence de contamination humaine, de chiens et de *Bacteroides* généraux (comme dans les deux premiers cas). Aucune de ces études ne peut éliminer avec certitude les sources potentielles de pollution qui n'ont pas été détectées par les tests effectués. En premier lieu, pour écarter la présence d'autres sources, il faudrait démontrer l'infaillibilité des tests. En second lieu, l'expérimentation devrait être répétée pour s'assurer que les analyses n'ont pas été faites à un moment où la contamination par une source était absente. Ceci montre l'importance de faire les analyses en plusieurs répétitions et dans des conditions variables car ce sera l'une des seules manières de s'assurer que la caractérisation des problématiques de contamination dans le milieu d'intérêt reflète bien la réalité.

3.6 Application des méthodes sans banque dans le Saint-Laurent, Québec

Les études de SSM deviennent particulièrement intéressantes pour la récupération des secteurs contaminés puisqu'elles peuvent indiquer aux différentes parties prenantes les priorités sur lesquelles il faut se pencher afin d'atteindre des niveaux de contamination permettant la cueillette de mollusques. Au Québec, comme la plupart de la ressource coquillière se situe en région éloignée, les ressources financières sont souvent limitées pour corriger les sources de contamination. Souvent, la responsabilité est imputable aux municipalités et à différentes organisations gouvernementales afin qu'elles appliquent la réglementation pertinente pour la correction des sources de pollution telles que les rejets municipaux, les rejets d'installations sanitaires de résidences isolées, la gestion des fumiers et lisiers des exploitations agricoles ainsi que l'accès des animaux domestiques aux cours d'eau. Entre autres, le propriétaire doit améliorer ses installations afin de les rendre conformes. Toutefois, les ressources financières et humaines étant souvent limitées dans ces régions, l'application de la réglementation pertinente est souvent atténuée; de plus, il peut être difficile pour les propriétaires de faire les investissements requis.

Les études de SSM pourraient ainsi éviter d'effectuer des investissements massifs qui n'auront pas nécessairement d'incidence sur les niveaux de contamination retrouvés le long des côtes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Compte tenu des ressources limitées et autres aspects techniques, les études de SSM sans banque de matériel sont priorisées. En effet, tel que démontré précédemment, elles sont moins laborieuses et moins coûteuses que celles avec banque de matériel de référence et permettent d'analyser un plus grand nombre d'échantillons. De plus, lorsqu'un marqueur valide existe, elles sont plus fiables que les méthodes avec banque de matériel de référence (Stoekel et Harwood, 2007).

Les secteurs coquilliers contaminés par des coliformes fécaux au Québec peuvent être contaminés avec des sources de contamination humaines (effluents municipaux, rejets résidences isolées, rejets de bateaux), animales domestiques (bovins, porcs, volaille, ovins, etc.), ou animales sauvages (rassemblements d'oiseaux, de mammifères marins et d'animaux terrestres tels que des orignaux, des cerfs, des castors, des ours, etc.). Une cinquantaine de secteurs coquilliers du Québec ont été identifiés au cours des années 2000 comme étant prioritaires pour la récupération par Environnement Canada (figure 3.1 et tableau 3.2). Parmi ceux-ci certains ont déjà été récupérés et ne seront pas considérés dans la présente étude. Seuls les secteurs fermés et approuvés conditionnels seront étudiés. Une évaluation sommaire a été faite pour chaque secteur faisant partie de cette liste afin de connaître les niveaux de contamination, l'année du dernier relevé sanitaire et du dernier relevé bactériologique effectué, les sources de contamination potentielles, les actions à entreprendre par les différentes parties prenantes en vue de récupérer le secteur ainsi que l'applicabilité et l'utilité de la réalisation d'une étude de SSM. Cette évaluation est présentée dans le tableau 3.2.

3.6.1 Méthodologie et présentation des critères d'évaluation

L'évaluation exposée au tableau 3.2 a été réalisée de la manière suivante. Les niveaux de contamination ont été déterminés en observant les résultats des 15 dernières tournées d'échantillonnage ou les plus récentes. Un niveau très faible a été attribué lorsque la contamination sur l'ensemble des stations et des tournées est inférieure aux critères d'évaluation du PCCSM (14 NPP/100 ml). Un niveau faible a été accordé quand la contamination est en dessous des critères du PCCSM et que les échantillons de quelques

stations de certaines tournées dépassent les normes sans qu'il y ait dépassement de la médiane ou très peu de dépassement pour les 15 dernières tournées. Le niveau modéré a été attribué lorsque les résultats des médianes de quelques stations dépassent les critères d'évaluation et les niveaux de coliformes demeurent relativement bas (la plupart des échantillons ont des faibles taux de contamination, mais celui-ci peut être assez élevé chez certains). Le niveau élevé a été octroyé aux secteurs où la plupart des stations dépassent les critères du PCCSM et/ou les niveaux de contamination de la plupart des stations sont modérés ou élevés. Les principales sources de pollution ont été déterminées en observant la plus récente carte, le plus récent relevé sanitaire, et l'importance de la source (tailles d'un regroupement d'habitations, de population ou d'animaux). Les actions à entreprendre ont été décidées selon la date du dernier relevé sanitaire et du dernier relevé bactériologique, les sources de pollution présentes et les niveaux de contamination du secteur. Celles-ci sont proposées à titre indicatif, mais la récupération des secteurs pourrait en nécessiter moins ou encore davantage selon le cas. L'applicabilité et l'utilité de la méthode de SSM ont été évaluées en considérant les points suivants : tests actuellement disponibles (soit pour les sources humaines, les goélands et les ruminants), sources de pollution présentes, répartition de la pollution dans le milieu en fonction des sources, niveaux de contamination présents (minimum nécessaire = 30 NPP/100 ml), date des derniers relevés sanitaires et bactériologiques et périodes échantillonnées (printemps et automne versus été).

Une étude de SSM est considérée applicable et utile seulement pour les situations citées ci-après : relevés sanitaires et bactériologiques récents (2006 et plus), échantillonnages bien répartis à travers la saison de pêche (couvrant l'été), plusieurs échantillons des tournées effectuées qui ont révélé la présence de plus de 30 NPP/100 ml et source de contamination non évidente (par exemple, un rejet municipal sans traitement à proximité des stations contaminées). Suite à l'évaluation, seuls trois secteurs ont été retenus, soit les secteurs G-24.2 (Gaspésie) et N-03.3 et N-05.2.1 (Côte-Nord).

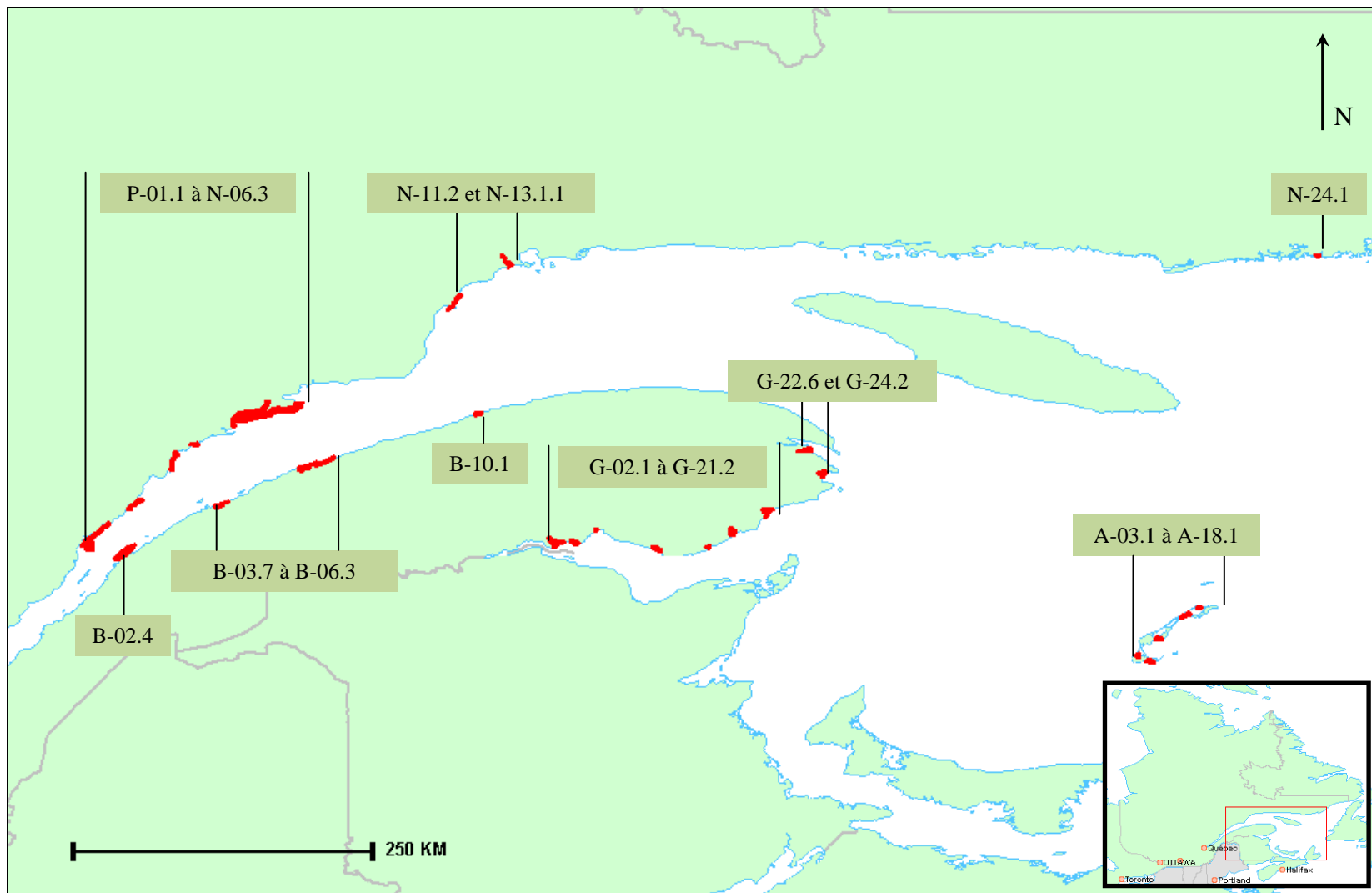


Figure 3.1: Localisation approximative des secteurs coquilliers prioritaires pour leur récupération.

Tableau 3.2: Évaluation de la faisabilité d'une étude de SSM dans les secteurs coquilliers jugés prioritaires pour la récupération au Québec.

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
<i>Îles-de-la-Madeleine</i>								
A-03.1	Approuvé conditionnel	Faible	2009	2009	Résidences isolées, camping, activités agricoles et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant sur différentes périodes de l'année, s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des activités agricoles et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Les niveaux de contamination ne sont pas toujours suffisants. La médiane de l'ensemble des stations est inférieure à 14 NPP/100 ml. Quatre échantillons sur 330 dépassent 30 NPP/10 ml.	Non
A-09.4	Fermé	Faible	2009	1997	Résidences isolées et faible activité agricole.	Reprendre les analyses bactériologiques et s'assurer de la conformité des installations sanitaires.	Si les niveaux de contamination le justifient toujours, le SSM pourrait servir à confirmer la présence de contamination humaine et agricole. Médiane \leq 14 NPP/100 ml, 2 stations plus élevées que les normes permises, 13 échantillons sur 120 \geq 30 NPP/10 ml.	Non
A-10.1.3	Approuvé conditionnel	Très faible (période d'ouverture)	2009	2009	Rassemblements d'oiseaux et de phoques.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant sur différentes périodes de l'année et faire le suivi des populations de phoques et d'oiseaux.	Les niveaux de contamination sont insuffisants (période d'ouverture). Médiane \leq 14 NPP/100 ml, 2 échantillons sur 100 \geq 30 NPP/10 ml (3 échantillons sur 30 auraient permis une telle étude en 1999, concentration retrouvée entre 30 et 130 NPP/100 ml).	Non
A-16.1.1	Fermé	Variable (très faible à élevé)	2009	2009	Résidences isolées et établissements d'hébergement touristiques non reliés à un réseau.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année et s'assurer de la conformité des installations sanitaires.	Les niveaux de contamination ne sont pas toujours suffisants. À deux reprises en 2008, la contamination était élevée (16 échantillons sur 28 entre 30 NPP/10 ml et 350 NPP/100 ml) suffisamment pour rendre le secteur hors norme. Les niveaux sont très faibles en dehors de ces deux tournées (médiane \leq 14 NPP/100 ml).	Non
A-16.2.1.2	Fermé	Variable	2009	2001	Chalets aux installations sanitaires non-conformes.	S'assurer de la conformité des installations sanitaires et reprendre les analyses bactériologiques à différentes périodes de l'année.	La source de contamination est suffisamment évidente. Les niveaux de contamination ne sont pas suffisants. Médiane \leq 14 NPP/100 ml, deux échantillons sur 42 \geq 30 NPP/10 ml.	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
A-18.1	Fermé	Très faible	2009	2009	Rassemblements d'oiseaux et une cinquantaine de résidences isolées en amont des tributaires.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Médiane ≤ 14 NPP/100 ml, deux échantillons sur 140 ≥ 30 NPP/10 ml.	Non
<i>Bas-Saint-Laurent</i>								
B-03.7	Fermé	Élevée	2008	1994	Rejets municipaux (étangs aérés, débordements), une trentaine de chalets et une dizaine de maisons, drainage agricole, rassemblements d'oiseaux, bateaux.	Reprendre les analyses bactériologiques, faire un relevé sanitaire complet, s'assurer de la conformité des installations sanitaires, et des rejets municipaux (débordements et coliformes à la sortie de l'émissaire).	Plusieurs sources sont présentes. Si les niveaux actuels de contamination sont suffisants, une étude de SSM pourrait être applicable pour confirmer la présence de contamination humaine, agricole et animale sauvage. Les résultats antérieurs (1990-1994) montrent une contamination suffisante (médiane ≥ 14 NPP/100 ml pour 9 stations sur 27 et 108 échantillons sur 322 entre 30 NPP/100 ml et 2401 NPP/100 ml).	Non
B-03.8	Fermé (jamais évalué)	Inconnu	2005	n.a.	Rejet municipal (étangs aérés) à l'extrémité du secteur et rassemblements d'oiseaux aux extrémités.	Un relevé sanitaire et bactériologique complet devrait être réalisé.	Si le relevé bactériologique révèle une contamination suffisante, il pourrait servir à confirmer les sources.	Non
B-06.2	Fermé	Élevé	1990	1990	Rejets municipaux non traités et de résidences isolées dans la rivière Métis et rassemblements de cormorans et de goélands.	Des relevés sanitaires et bactériologiques complets devraient être reconduits puisqu'une usine d'épuration (étangs aérés) a été mise en opération.	Si le relevé bactériologique révèle une contamination actuelle suffisante, il pourrait servir à confirmer les sources. Les résultats antérieurs (3 tournées en 1990) montrent une contamination suffisante (médiane ≥ 14 NPP/100 ml pour 22 stations sur 27 et 46 échantillons sur 81 entre 30 NPP/100 ml et 2401 NPP/100 ml).	Non
B-06.3	Fermé	Modéré	1991	1991	Rassemblements d'oiseaux (cormorans, goélands, eiders).	Reprendre les analyses bactériologiques et refaire un relevé sanitaire.	Si le relevé bactériologique révèle une contamination suffisante, il pourrait servir à confirmer les sources. Les résultats antérieurs (1990-1991) montrent une contamination suffisante (médiane ≥ 14 NPP/100 ml pour 4 stations sur 16 et 34 échantillons sur 204 entre 30 NPP/100 ml et 2400 NPP/100 ml).	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
B-10.1	Fermé	Faible	2008	2009	Une centaine de résidences isolées en bordure du secteur, faible activité agricole, rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques et s'assurer de la conformité des installations sanitaires.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Médiane ≤ 14 NPP/100 ml pour toutes les stations et 6 échantillons sur 245 entre 30 NPP/100 ml et 240 NPP/100 ml. Entre 1991 et 1993, la contamination aurait pu justifier une étude de SSM, mais ce n'est pas le cas pour les niveaux actuels.	Non
<i>Gaspésie</i>								
G-02.1	Approuvé conditionnel	Très faible (période d'ouverture)	2007	2009	Une vingtaine de résidences isolées, un camping, activités agricoles et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant sur différentes périodes de l'année, s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des installations agricoles et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Les niveaux de contamination actuels sont insuffisants lors de la période d'ouverture du secteur. Médiane et l'ensemble des résultats des 15 dernières tournées ≤ 14 NPP/100 ml. Il faudrait connaître les niveaux actuels lors des mois de fermeture (les niveaux répertoriés pour les mois de juin à août 1991-1994 justifieraient des SSM).	Non
G-02.2	Fermé	Élevé de juin à août	2007	2002	Rejet municipal dans le secteur, résidences isolées, activités agricoles et rassemblements d'oiseaux.	Les niveaux de contamination ont diminué entre 1994 et 2002. Il faudrait reprendre les analyses bactériologiques pour connaître la contamination actuelle. De plus, il faudrait s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des installations agricoles et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Selon les niveaux actuels de contamination, un SSM pourrait servir à confirmer la présence de contamination de source humaine, agricole et animale sauvage. Les résultats de 1994 à 2002 justifient l'utilisation de la méthode (la plupart des stations dépassent les normes de classification approuvée, 83 échantillons sur 270 sont contaminés entre 30 NPP/100 ml et 2400 NPP/100 ml).	Non
G-02.3	Fermé	Faible	2007	2009	Rejet municipal dans un tributaire, résidences isolées, activités agricoles et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année, s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des installations agricoles et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Seulement 3 échantillons sur 90 sont entre 30 NPP/100 ml et 540 NPP/100 ml. Aucune station ne dépasse les normes de classification approuvée pour la période de l'année évaluée. Les périodes de juin à août évaluées entre 1990 et 1994 auraient pu justifier de telles études.	Non
G-02.5	Approuvé conditionnel	Faible	2007	2009	Résidences isolées, activités agricoles et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année, s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des installations agricoles et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur. Médiane ≤ 14 NPP/100 ml et un seul échantillon sur 270 se situe au-delà de 30 NPP/100 ml. Les périodes de juin à août évaluées en 1989 auraient pu justifier des SSM.	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
G-03.1	Fermé	Faible	2007	2009	Ouvrages de surverse municipaux, résidences isolées, activités agricoles, rassemblements d'oiseaux et émissaire dans le secteur adjacent.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année et s'assurer de la conformité des installations sanitaires.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Médiane ≤ 14 NPP/100 ml et un seul échantillon sur 90 se situe au-delà de 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination pour la saison estivale auraient pu justifier une étude de SSM.	Non
G-03.2	Fermé	Très faible	2007	2009	Émissaire municipal (étangs aérés) et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Toutes les stations respectent les normes de classification pour la période d'évaluation du secteur. Les niveaux historiques de contamination pour la saison estivale auraient pu justifier des études de SSM.	Non
G-06.1	Fermé	Modéré	2000	2000	Résidences isolées et faible activité agricole.	Des relevés sanitaires et bactériologiques complets devraient être reconduits.	Si les niveaux de contamination sont suffisants, ils pourraient servir à confirmer les sources de contamination humaines et agricoles. Les résultats d'une tournée en 2000 n'auraient pas nécessairement justifié des études de SSM (5 échantillons sur 30 se situaient au-delà de 30 NPP/100 ml).	Non
G-10.4.2	Fermé	Variable (faible à modéré)	2007	2009	Résidences isolées, ouvrages de surverse et activités agricoles.	S'assurer de la conformité des installations sanitaires et agricoles et continuer les relevés bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année.	Confirmer la présence de contamination humaine et agricole. La contamination lors de la période d'évaluation n'est pas nécessairement suffisante (12 échantillons sur 300 entre 30 NPP/100 ml et 350 NPP/100 ml et deux stations dépassant les normes de classification). Les niveaux historiques de contamination pour la saison estivale auraient pu justifier des SSM.	Non
G-14.3	Fermé (jamais évalué)	Inconnu	n.a.	n.a.	n.a.	Faire l'évaluation complète du secteur pour connaître les sources et les niveaux de contamination.	Nécessite l'évaluation complète du secteur.	Non
G-20.1	Approuvé conditionnel	Faible	2007	2009	Émissaire municipal (étangs aérés), ouvrage de surverse, résidences isolées, faible activité agricole et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant sur différentes périodes de l'année et s'assurer de la conformité des installations sanitaires municipales et des résidences isolées.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur. Médiane ≤ 14 NPP/100 ml et aucun échantillon se situe au-delà de 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination en été n'auraient pas nécessairement justifié des SSM.	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
G-20.2	Fermé	Faible	2007	2009	Présence d'ouvrages de surverse municipaux, une trentaine de résidences isolées et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année et s'assurer de la conformité des installations sanitaires municipales et des résidences isolées.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'évaluation du secteur. Médiane \leq 14 NPP/100 ml et 8 échantillons sur 225 se situent au-delà de 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination en été n'auraient pas nécessairement justifié des études de SSM.	Non
G-20.3	Fermé	Très faible	2007	2009	Résidences isolées, ouvrages de surverse dans le secteur, rejet municipal dans le secteur adjacent, faible activité agricole et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année, s'assurer de la conformité des installations sanitaires et municipales et évaluer l'impact du rejet municipal.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'évaluation du secteur. La quasi-totalité des résultats \leq 14 NPP/100 ml et aucun échantillon se situe au-delà de 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination en été n'auraient pas nécessairement justifié des SSM.	Non
G-21.2	Fermé	Élevé	2009	1998	Rejets municipaux (étangs aérés et débordements) et rassemblements d'oiseaux.	Reprendre les analyses bactériologiques en les répartissant sur différentes périodes de l'année puisqu'il y a eu des améliorations depuis la dernière évaluation (certains rejets éliminés, d'autres avec traitement augmenté, etc.).	Si les niveaux de contamination le justifient toujours, un SSM pourrait servir à confirmer la présence de contamination humaine et animale sauvage. Les niveaux de 1990, 1997 et 1998 le justifient. La plupart des stations ne répondent pas aux normes de classification d'un secteur approuvé. 43 échantillons sur 127 étaient entre 30 NPP/100 ml et 2401 NPP/100 ml.	Non
G-22.6	Fermé	Variable (faible à modéré)	2005	2004	Une quarantaine de résidences isolées autour du secteur et activités agricoles.	Reprendre les analyses bactériologiques et le relevé sanitaire et s'assurer de la conformité des installations sanitaires et des installations agricoles.	Un SSM pourrait servir à confirmer la présence de contamination humaine et agricole. Toutefois, les niveaux sont possiblement trop faibles (15 échantillons sur 276 se situent entre 30 NPP/100 ml et 350 NPP/100 ml pour les années 2002-2004).	Non
G-24.2	Approuvé conditionnel	Variable (faible à modéré)	2007	2009	Résidences isolées en bordure du secteur et une certaine activité agricole.	Continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année (plus de détails sur la contamination estivale sont nécessaires) et s'assurer de la conformité des installations sanitaires et agricoles.	Un SSM pourrait servir à confirmer la présence de contamination humaine et agricole, deux stations ne respectent pas les normes de classification d'un secteur approuvé et 13 échantillons sur 150 se situent entre 30 NPP/100 ml et 110 NPP/100. Les niveaux historiques de contamination pour la saison estivale auraient pu justifier des SSM.	Oui

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
<i>Côte-Nord</i>								
N-01.1.2	Fermé	Faible	2008	2009	Une soixantaine de résidences isolées (annuelles et saisonnières), des phoques et des rassemblements d'oiseaux.	S'assurer de la conformité des installations sanitaires, faire le suivi des populations animales et continuer les relevés bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année.	Confirmer la présence de pollutions humaine et animale sauvage. Les niveaux sont insuffisants (6 échantillons sur 110 sont entre 30 NPP/100 ml et 540 NPP/100ml). Une seule station ne respecte pas les normes pour un secteur approuvé. Les niveaux historiques ne sont pas tout à fait suffisants pour justifier des SSM.	Non
N-01.1.3	Fermé	Variable (faible à modéré)	2008	2003	Activités agricoles importantes dans le bassin versant de la rivière du Moulin à Baude et rassemblements d'oiseaux (cormorans, goélands, eiders, canards).	Appliquer la réglementation pertinente à la protection des cours d'eau par les activités agricoles, faire le suivi des populations d'oiseaux et reprendre les relevés bactériologiques.	Identifier la présence de pollution humaine et confirmer la pollution par l'agriculture et aviaire. Les niveaux de contamination ne sont pas tout à fait suffisants. Deux stations ne répondaient pas aux normes d'un secteur approuvé en 2003 (8 échantillons sur 116 sont entre 30 NPP/100 ml et 170 NPP/100ml).	Non
N-01.2.1	Fermé	Élevé	2008	2009	Un rejet municipal non traité à l'embouchure du secteur et rassemblements d'oiseaux.	Évaluer l'impact de l'émissaire, continuer les analyses bactériologiques, corriger le rejet et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Confirmer la présence de pollutions humaine et animale sauvage. Les niveaux de contamination sont suffisants en juillet et en août, 6 stations sur 10 ne respectent pas les normes d'un secteur approuvé et 14 échantillons sur 80 (2007-2009) sont entre 30 NPP/100 ml et 2400 NPP/100ml.	Non
N-02.1	Fermé	Variable (faible à élevé)	2008	2009	Un rejet municipal non traité dans le secteur adjacent, des ouvrages de surverse, une vingtaine de résidences isolées et des rassemblements de goélands.	Évaluer l'impact de l'émissaire et des stations de pompage, continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année, corriger les rejets et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Confirmer la présence de pollution humaine et celle des goélands. Les niveaux de contamination ne sont pas tout à fait suffisants. Une station ne répond pas aux normes d'un secteur approuvé et 7 échantillons sur 142 sont entre 30 NPP/100 ml et 130 NPP/100ml.	Non
N-03.3	Fermé	Variable (faible à élevé)	2007	2009	Rejet municipal traité (étangs aérés) et rassemblements de goélands.	Suivi des populations d'oiseaux, continuer les analyses bactériologiques et évaluer l'impact de l'émissaire.	Confirmer la présence de contaminations animale sauvage et humaine. Les niveaux de contamination sont suffisants en été (juillet), 9 stations sur 24 ne respectent pas les normes d'un secteur approuvé et 42 échantillons sur 360 (2007-2009) sont entre 30 NPP/100 ml et 920 NPP/100ml.	Oui
N-04.1.1.1	Approuvé conditionnel	Variable (faible à modéré)	2007	2009	Résidences isolées en bordure de la baie et rassemblements de goélands.	Appliquer la réglementation pertinente aux installations sanitaires des résidences isolées, faire le suivi des populations d'oiseaux et continuer les analyses bactériologiques.	Confirmer la présence de contaminations animale sauvage et humaine. Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur. Une station ne répond pas aux normes d'un secteur approuvé et 10	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
							échantillons sur 210 sont entre 30 NPP/100 ml et 130 NPP/100ml. Les niveaux historiques (juillet et août) pourraient justifier des SSM.	
N-04.3	Fermé	Variable (faible à modéré)	2007	2007	Une trentaine de résidences isolées le long de la rivière, une pollution agricole, et rassemblements de goélands.	Refaire un relevé sanitaire, appliquer la réglementation pertinente aux installations sanitaires des résidences isolées et aux installations agricoles, faire le suivi des populations de goélands et reprendre les analyses bactériologiques.	Confirmer la présence de contaminations humaine, agricole et animale sauvage. Les niveaux de contamination étaient suffisants entre 1996 et 1998 surtout aux stations 1 et 2 à l'embouchure de la rivière. En été (juillet), 19 échantillons sur 30 sont entre 30 NPP/100 ml et 540 NPP/100ml. Il faudrait plus d'informations sur les niveaux actuels.	Non
N-05.1.3.2	Fermé	Très faible	2008	2009	Rassemblements de goélands, résidences isolées et centre de villégiature.	Suivi des populations d'oiseaux, s'assurer de la conformité des résidences isolées et continuer les analyses bactériologiques.	Les niveaux de contamination sont insuffisants; toutes les stations répondent aux normes d'un secteur approuvé et deux ou trois échantillons dépassent à peine 30 NPP/100 ml.	Non
N-05.2.1	Fermé	Variable (modéré à élevé)	2007	2009	Indéterminée; possiblement, des rassemblements d'oiseaux, des apports des tributaires, une faible activité agricole et des rejets municipaux dans le secteur adjacent.	Raffiner le relevé sanitaire pour identifier la contamination possible en provenance des tributaires et évaluer l'impact des émissaires dans le secteur adjacent.	Identifier la source de la contamination possiblement humaine, animale sauvage et agricole. Les niveaux de contamination sont suffisants; 10 stations sur 15 dépassent les normes pour un secteur approuvé et 55 échantillons sur 225 sont entre 30 NPP/100 ml et 1600 NPP/100ml.	Oui
N-05.2.2	Fermé	Variable (modéré à élevé)	2007	2005	Deux émissaires de fosses septiques municipales (pop. : 1500 hab..), deux émissaires sans traitement (pop. : 2000 hab.), une contamination animale sauvage (oiseaux et mammifères marins) éventuelle et faible activité agricole.	Corriger les rejets municipaux et reprendre les analyses bactériologiques.	Confirmer la présence de contaminations humaine, animale sauvage et agricole. La contamination est suffisante, mais les rejets municipaux sans traitement rendent non nécessaire l'application d'une étude de SSM.	Non
N-06.1.1	Approuvé conditionnel	Très faible	2007	2009	Six rejets municipaux dans le secteur adjacent, et des rassemblements d'oiseaux et de mammifères marins.	Corriger les rejets municipaux et continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur, toutes les stations répondent aux normes pour un secteur approuvé et aucun échantillon ne dépasse 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination estivale ne justifient pas des SSM.	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
N-06.2.1	Approuvé conditionnel	Très faible	2007	2009	Fosses septiques d'un terrain de camping et rassemblements d'oiseaux.	Continuer les analyses bactériologiques et les répartir à différentes périodes de l'année.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur, toutes les stations répondent aux normes pour un secteur approuvé et un échantillon dépasse à peine 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination estivale ne justifient pas des SSM.	Non
N-06.2.2	Approuvé conditionnel	Très faible	2007	2009	Rassemblements de goélands.	Continuer les analyses bactériologiques et les répartir à différentes périodes de l'année.	Les niveaux de contamination sont insuffisants pour la période d'ouverture du secteur, toutes les stations répondent aux normes pour un secteur approuvé, trois échantillons sur 120 dépassent à peine 30 NPP/100 ml. Les niveaux historiques de contamination estivale ne le justifient pas non plus.	Non
N-06.3	Approuvé conditionnel	Faible	2007	2009	Environ 200 résidences isolées le long du secteur et rassemblements d'oiseaux.	S'assurer de la conformité des installations sanitaires des résidences isolées, continuer les analyses bactériologiques et les répartir à différentes périodes de l'année et faire le suivi des populations d'oiseaux.	Confirmer la présence de contaminations humaine et animale sauvage. Certains échantillons en 2009 montrent une contamination suffisante (9 échantillons sur 84 entre 30 NPP/100 ml et 350 NPP/100ml. Il faudrait que cette tendance se maintienne pour la réalisation de SSM.	Non
N-11.2	Fermé (jamais évalué)	Inconnu	2004	n.a.	Une vingtaine de résidences isolées et autres sources possibles.	Un relevé sanitaire et bactériologique complet devrait être réalisé.	Si le relevé bactériologique révèle une contamination suffisante, il pourrait servir à confirmer les sources.	Non
N-13.1.1	Fermé	Faible	2001	2009	Important parc de roulottes avec des fosses septiques et puisards. Un émissaire municipal (étangs aérés), et des rassemblements d'oiseaux.	Réaliser un nouveau relevé sanitaire et continuer les analyses bactériologiques.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Une seule station dépasse les normes d'un secteur approuvé et 5 échantillons sur 15 se situent entre 30 et 80 NPP/100 ml à cette station.	Non
N-24.1	Fermé	Variable (faible à élevé)	2007	1992	Résidences isolées et rejet municipal (étangs aérés) à proximité.	Réaliser une nouvelle analyse bactériologique et s'assurer de la conformité des installations sanitaires.	Si le relevé bactériologique révèle une contamination suffisante, un SSM pourrait servir à confirmer les sources. En 1992, 11 échantillons sur 70 se situaient entre 30 et 80 NPP/100 ml, ce qui aurait été suffisant pour appliquer un SSM.	Non

Secteurs	Recommandations	Niveaux de contamination	Derniers relevés sanitaires	Derniers relevés bactériens	Principales sources de pollution	Actions à entreprendre	Applicabilités du SSM	Utilités du SSM
<i>Charlevoix</i>								
P-01.1	Fermé	Modéré	2008	2009	Rejet municipal non traité directement dans le secteur, résidences isolées, et rassemblements d'oiseaux et mammifères marins.	Corriger le rejet municipal, s'assurer que les installations sanitaires sont conformes à la réglementation, faire le suivi des populations d'oiseaux et continuer les analyses bactériologiques en les répartissant à différentes périodes de l'année.	Confirmer la présence de contaminations humaine et animale sauvage. Les niveaux de contamination sont suffisants à certains endroits. Quatre stations sur 12 ne répondent pas aux normes d'un secteur approuvé. Lors des plus récentes tournées, 5 échantillons sur 72 avaient entre 30 et 350 NPP/100 ml. Les résultats de 1990 montrent une contamination pouvant aller jusqu'à 2401 NPP/100 ml.	Non
P-01.2	Fermé	Faible	2008	2009	Émissaire reliant une vingtaine de maisons sans traitement.	Évaluer l'impact de l'émissaire, continuer les analyses bactériologiques et corriger le rejet.	Les niveaux de contamination sont insuffisants. Lors des plus récentes tournées, 2 échantillons sur 72 avaient à peine au-delà de 30 NPP/100 ml.	Non

n.a. : non applicable

3.6.2 Secteurs présentant un potentiel intéressant d'application du SSM

Aux Îles-de-la-Madeleine (secteurs A-03.1 à A-18.1), la contamination serait insuffisante pour l'obtention de résultats concluants pour des études de SSM dans l'ensemble des secteurs prioritaires. Ceci a également été montré lors du projet pilote (Lamontagne, 2006). La filtration d'échantillons plus volumineux comme dans l'étude de la baie de San Pablo en Californie (100 L) pourrait cependant permettre l'application de la méthode où la contamination origine potentiellement des humains, des goélands et des ruminants. Si un suivi plus serré était effectué lors d'un été, cela pourrait identifier une période pendant laquelle la contamination est plus abondante; l'échantillonnage serait alors réalisé durant cette période.

Dans la région du Bas-Saint-Laurent, des relevés sanitaires et bactériologiques devraient être repris dans les secteurs B-03.7, B-06.2 et B-06.3 pour savoir si les niveaux actuels de contamination pourraient justifier l'utilisation des méthodes de SSM car les dernières évaluations datent de plusieurs années. Les niveaux antérieurs, évalués au début des années 90, auraient justifié l'utilisation de telles études. Par ailleurs, les sources sont de prédominance humaine et la présence d'activités agricoles et de goélands est notable. Le secteur B-03.8 n'a jamais été évalué, il est donc impossible de se prononcer sur la question. Il devrait également subir une évaluation sanitaire et bactériologique afin de d'évaluer la nécessité de l'application d'une méthode de SSM.

En Gaspésie, la plupart des secteurs prioritaires offrent un potentiel intéressant pour les études de SSM car les sources de contamination s'avèrent variées et leurs niveaux sont suffisamment élevés, mais d'autres étapes préalables sont nécessaires afin de recommander une utilité de SSM pour ceux-ci. Les relevés bactériologiques de plusieurs secteurs sont à faire ou à refaire car ils ont été réalisés depuis longtemps, et des relevés en période estivale pour la majorité d'entre eux sont également indispensables en vue de connaître la problématique actuelle de contamination dans ces secteurs. Seul le secteur G-24.2 serait actuellement apte à subir une étude de SSM puisque toutes les conditions exigées y seraient réunies. Toutefois, dans le cas de la Gaspésie, il est possible qu'il y ait un manque d'intérêt envers la réalisation de telles études pour envisager la correction des sources de pollution afin de récupérer les secteurs de cueillette. En effet, à la suite de

l'étude de 2005 de la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM) qui stipule que les investissements et les délais seraient moindres pour installer une usine de dépollution des mollusques que pour corriger les sources de pollution. Les investissements requis pour la correction de la pollution étaient d'environ 3,1 M\$ et les retombées économiques paraissaient insuffisantes pour justifier de tels investissements. Malgré que la correction des sources de pollution soit louable, l'étude de la SODIM considère que les risques associés à la correction des sources de pollution seraient trop élevés si les niveaux de dépollution ne sont pas suffisants pour la réouverture des secteurs où les sources de pollution n'ont pas été correctement identifiées. En considérant les conclusions de cette étude, il serait mieux d'avoir des moyens fiables avant d'utiliser le SSM comme moyen de remédier à la contamination des secteurs concernés.

Dans la région de la Côte-Nord et de Charlevoix, deux secteurs conviendraient bien à une étude de SSM, soit les secteurs N-03.3 et N-05.2.1, puisqu'ils remplissent tous les critères définis dans cette évaluation pour un SSM. Une telle étude serait également applicable dans les secteurs N-01.2.1 et P-01.1, mais la présence de rejets municipaux sans traitement y est une source de contamination. Si la contamination devait persister après la correction de ces rejets, une étude de SSM pourrait être utile. Dans le secteur N-04.1.1.1, si des tournées réalisées en été montraient une contamination suffisante, il serait intéressant d'y effectuer une étude de SSM. Quant aux secteurs N-04.3 et N-06.3, lorsque le nombre de 15 tournées récentes y sera atteint, il sera plus facile d'identifier la tendance et de savoir s'il est intéressant de faire une telle étude. Finalement, dans le secteur N-24.1, le relevé bactériologique est trop ancien pour savoir si sa problématique de contamination persiste; une étude de SSM y serait réalisable si les niveaux actuels le permettent.

Dans le tableau 3.2, il est mentionné que les niveaux de contamination sont occasionnellement insuffisants. Parmi ces secteurs, on en trouve toutefois pour lesquels l'eau n'est pas contaminée mais où la chair des mollusques l'est (résultats non disponibles). Pour ces secteurs, il serait approprié d'examiner la possibilité de faire une étude de SSM en utilisant les bactéries présentes dans la chair des mollusques; de plus, si aucune source de pollution n'y est identifiée, il serait intéressant de vérifier la présence de contamination dans le sable.

Les tournées d'échantillonnage sont généralement réalisées à marée haute ce qui engendrait une dilution de la contamination dans les secteurs coquilliers du Québec. Des tentatives d'échantillonnage à marée basse devraient être effectuées pour connaître les pires conditions de contamination des secteurs d'intérêt.

3.6.3 Conditions de réalisation d'études de SSM dans les secteurs identifiés

En vue de réaliser des études de SSM dans les secteurs ayant un potentiel pour celles-ci (N-03.3, N-05.2.1 et G-24.2), il faut d'abord s'assurer de bien cerner la problématique de la contamination en étudiant les données disponibles; entre autres, il est opportun de savoir si la contamination est constante ou si elle varie entre les saisons ou à la suite de certains évènements de nature climatique tels que des pluies abondantes, des vents forts d'une certaine direction, la fonte des neiges, etc. Ceci permettra de déterminer à quels moments il serait le plus propice de réaliser les échantillonnages; ceux-ci seraient réalisés plus d'une fois pour mesurer la variabilité saisonnière. En procédant de cette manière, l'apport des goélands pour la portion de l'année où ils sont résidants ainsi que l'apport des résidences saisonnières et des installations agricoles seraient précisés. Le marqueur pour les ruminants pourrait être testé pour la contamination agricole, malgré qu'il ne différencie pas la contamination par les ruminants domestiques de celle des ruminants sauvages.

Dans les secteurs où les échantillonnages datent du début des années 90 et dans les endroits où ils ne sont pas réalisés en période estivale, la reprise des échantillonnages pourrait révéler que la contamination est inchangée (des études de SSM y sont applicables) ou encore que la contamination est suffisamment amoindrie pour permettre la récupération des secteurs. Dans les deux cas, si la récupération des secteurs est envisagée, des échantillonnages sont essentiels.

Dans le cas où des études de SSM devraient être conduites au Québec, plusieurs problématiques doivent être considérées et une planification rigoureuse effectuée. Comme les principaux épisodes de contamination ont généralement lieu après une pluie abondante (ruissellement agricole, débordements, etc.), il faut déployer rapidement des effectifs aux sites afin d'être en mesure d'échantillonner peu après ces épisodes. Ceci entraîne évidemment un lot de contraintes (équipes et matériel disponibles au moment nécessaire). Ces contraintes pourraient être prévues par une planification robuste. Il est

essentiel à cet égard d'avoir des ententes locales pour que des personnes ayant les équipements requis et les formations nécessaires puissent aller échantillonner après ces événements. De plus, il faut tenir compte des intérêts des différentes parties prenantes envers la récupération des usages des milieux côtiers. Si ces dernières ne sont pas suffisamment intéressées, il sera difficile de procéder par la suite de à la correction des sources de pollution et les efforts mis dans les études de SSM auront été vains. Il est donc nécessaire de tenir compte de cet intérêt dans la planification des études de SSM.

Comme le mentionnent plusieurs auteurs, il sera important pour les gestionnaires de suivre les développements dans le domaine des études SSM et de comprendre les limitations des méthodes existantes et leur opportunité de résoudre les problèmes de suivi des sources microbiennes de pollution (Santo Domingo et Edge, 2008; US EPA, 2005b et Stoeckel et Harwood, 2007). Dans tous les cas, vu l'état actuel des connaissances, les gestionnaires devraient obtenir l'appui de spécialistes pour l'investigation et l'interprétation des résultats, puisqu'aucune méthode n'est universellement reconnue ou suffisamment au point (Stapleton *et al.*, 2007). De plus, la plupart des études de SSM ayant été réalisées dans des secteurs d'eau douce, leur applicabilité en milieux estuarien et marin reste encore à confirmer (Santo Domingo et Edge, 2008), bien que des résultats positifs aient déjà été observés à ce sujet pour certaines souches à certains endroits (Obee, 2007 et Wuertz *et al.*, 2009). Dans ces zones, les tributaires d'eau douce, les courants et les marées rendent la tâche plus difficile pour la prise d'échantillons représentatifs vu la complexité de la zone de mélange. En outre, l'application des méthodes de SSM pour les secteurs coquilliers marins par rapport à d'autres usages, tels la baignade, peut être plus complexe. Des faibles concentrations de coliformes fécaux sont suffisantes pour interdire la cueillette (14 NPP/100 ml) par rapport à la baignade (200 UFC/100 ml), ce qui peut rendre plus difficile la détection des divers organismes ciblés par les études de SSM.

4 CORRECTION DES SOURCES DE POLLUTION

Comme expliqué précédemment, Environnement Canada est responsable de l'analyse de la qualité de l'eau dans le cadre du PCCSM. Dans le cadre de son mandat, EC consacre la majorité de ses ressources à l'analyse de la qualité de l'eau afin d'y permettre ou non la cueillette de mollusques. Quant à la récupération des secteurs coquilliers contaminés, il s'agit d'une activité secondaire liée à l'intérêt de la population locale et des organisations responsables à laquelle EC accorde son appui.

Afin de récupérer les usages des secteurs contaminés, il est évident que les sources de pollution doivent être corrigées. La correction de la contamination devrait être suffisante pour que celle-ci permette la réouverture des secteurs coquilliers. Dans cette perspective il convient d'examiner les différentes options offertes aux décideurs et parties prenantes afin de corriger les diverses sources de contamination présentes dans les secteurs coquilliers québécois.

Plusieurs lois et règlements fédéraux et provinciaux devraient être suffisants pour réduire considérablement les apports de pollution dans les secteurs coquilliers. La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) et la *Loi sur les pêches*, en vigueur depuis la fin des années 1980, contiennent certaines dispositions interdisant les rejets dans l'environnement marin et dans l'habitat du poisson. Les eaux usées municipales sont plutôt placées sous la juridiction provinciale; il revient au Québec, par le biais de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), en vigueur depuis 1972, d'interdire les rejets dans l'environnement de substances nocives. Par le biais de cette Loi, le MDDEP fixe des objectifs de rejets aux municipalités selon les usages du milieu. Ces dernières doivent se rapporter mensuellement au bureau municipal du MAMROT pour faire état de leur performance. De plus, le gouvernement du Québec a élaboré en 2002 une *Politique Nationale de l'eau*. Celle-ci prévoyait, entre autres, l'élimination pour 2007 de rejets municipaux sans traitement dans les cours d'eau; toutefois, plusieurs de ces objectifs ne sont pas encore atteints à ce jour.

La réglementation courante permet de limiter l'apport de contaminations fécales des municipalités, à condition qu'elle soit appliquée adéquatement. Les rejets municipaux non traités ou traités seulement par un dégrilleur ont un effet néfaste sur la qualité de l'eau

dans les secteurs coquilliers. Tel qu'indiqué dans la section précédente, plusieurs de ces rejets affectent les secteurs coquilliers de la Côte-Nord. En général, un traitement primaire (physicochimique) suivi d'un traitement secondaire (biologique), par exemple des étangs aérés, permet un abaissement substantiel des coliformes fécaux de quelques millions à quelques centaines par 100 ml. Dans les cas où ces traitements seraient insuffisants, un traitement tertiaire peut être ajouté à l'aide d'un système aux ultraviolets ou un système d'ozonation. Suite à un traitement tertiaire, très peu de coliformes fécaux voire aucun restent. Les débordements de postes de pompage causent également des problèmes au niveau de la contamination des secteurs coquilliers. Ceux-ci sont soumis à la même réglementation. Pour éviter ces débordements, les stations doivent être conçues de manière adéquate. De plus, des bassins de rétention peuvent être ajoutés où des débordements sont fréquemment rencontrés lors d'épisodes de précipitations abondantes.

Les résidences non reliées à un système de traitement des eaux usées peuvent aussi contaminer les eaux réceptrices lorsqu'elles ont un ouvrage non étanche. Le *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* permet au MDDEP, depuis 1981, de réglementer les ouvrages de traitement permis et requis en fonction du type de bâtiment, de son usage et du type de terrain où il se trouve. L'application de ce règlement est déléguée aux municipalités qui ont peu de ressources humaines et financières pour le mettre en application. Le règlement prévoit une vidange des fosses septiques aux deux ans dans le cas d'une résidence permanente et aux quatre ans pour une résidence secondaire. Lorsqu'une municipalité prend en charge cette vidange, soit en octroyant un contrat ou en se dotant d'un camion de vidange, une plus grande facilité d'application du règlement en résulte. Cela permet de faire un inventaire des installations sanitaires dans le territoire en plus d'économiser des coûts liés à cette activité pour les propriétaires. L'application à grande échelle de ce règlement permettrait de diminuer de manière importante la contamination des secteurs coquilliers au Québec. Il s'agit de la seule solution pour corriger ces sources de pollution en plus d'efforts de sensibilisation accrus auprès des propriétaires riverains. Un exemple à suivre à ce propos serait celui de la MRC de la Minganie. Cette dernière s'est dotée d'un camion de vidange et d'un site de traitement des boues de fosse septique pour l'ensemble des résidences des municipalités de son territoire. Un inventaire systématique des installations y est effectué et ses résultats sont maintenus dans une base de données. Cette solution permettra de corriger les rejets de plusieurs installations désuètes au cours des

prochaines années tout en facilitant l'application du règlement. Une installation minimale devrait comporter une fosse septique de capacité adéquate suivie d'un champ d'épuration adapté à la géomorphologie du terrain. D'autres systèmes sont autorisés dépendamment du type de bâtiment et du terrain.

En 2008, le MDDEP a mis en place le *Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance* qui contient certaines dispositions interdisant aux embarcations de plaisance de rejeter leurs eaux usées de toilettes ailleurs que dans une station de vidange. Un règlement fédéral similaire s'applique depuis 2007 aux navires, soit le *Règlement sur la prévention de la pollution par les navires et sur les produits chimiques dangereux*. Ses dispositions remplacent le *Règlement sur la prévention de la pollution par les eaux usées des embarcations de plaisance* et le *Règlement sur la prévention de la pollution par les eaux usées des navires autres que les embarcations de plaisance* en vigueur depuis le début des années 1990. L'application de cette réglementation devrait être suffisante pour limiter la contamination des secteurs coquilliers par les eaux usées des bateaux.

Pour les exploitations agricoles, le MDDEP met en application le *Règlement sur les exploitations agricoles*. Ce dernier vise la gestion des déjections animales et l'interdiction de l'accès des animaux aux cours d'eau. Ce règlement a été développé principalement pour répondre à la problématique du surplus de phosphore dans les cours d'eau québécois. Les mesures de réduction de phosphore permettent la réduction des coliformes fécaux car elles permettent que les eaux de ruissellement aient moins de contact avec les déjections animales. De plus, l'installation de clôtures, la mise en place de fosses à purin et les autres mesures proposées permettront de réduire l'apport de phosphore et de coliformes fécaux dans les cours d'eau.

Quant à la pollution découlant des animaux sauvages, peu d'actions peuvent être entreprises pour la limiter. Puisque cette contamination ne peut être contrôlée, il faut apprendre à cohabiter avec les espèces présentes dans un milieu. Le suivi des populations en relation avec le suivi de la qualité de l'eau est le seul moyen de connaître les habitudes des différentes espèces afin de déterminer les périodes où celles-ci ne contaminent pas les secteurs coquilliers. Il peut être envisagé de fermer les secteurs coquilliers en dehors des périodes où les espèces sont présentes ou en activité et de

procéder à la réouverture lorsque celles-ci partent ou cessent leurs activités. Par exemple, une étude réalisée pour le Service Canadien de la Faune (SCF) en 2007 aux Îles-de-la-Madeleine a permis de connaître les patrons migratoires de nombreuses espèces d'oiseaux et de déterminer que la fin du mois de juillet et le début du mois d'août sont les moments où le plus grand nombre d'individus sont présents dans les différentes baies et plaines de l'archipel (Sahlin et Schaffer, 2009).

Comme mentionné au début de cette étude, différents comités ZIP désirent récupérer les secteurs coquilliers pour la cueillette de mollusques. Ces comités font également partie de la boîte à outils disponible au niveau de la correction des sources de pollution. À l'aide de nombreuses études, ces comités connaissent le milieu dont ils ont la responsabilité et sont des organismes de choix pour sensibiliser les différents acteurs et la population en général sur l'importance de la correction de ces sources. Ces comités ont besoin de l'appui de plusieurs organisations afin d'avoir du succès dans leur démarche.

Les nombreux règlements proposent ou exigent diverses solutions techniques (ouvrages de traitement, réservoirs, ouvrages de rétention, etc.); elles permettent de corriger les rejets des municipalités, des industries, des commerces, des résidences isolées, des bateaux et des exploitations agricoles. L'application de la réglementation pertinente combinée à une sensibilisation adéquate et à un intérêt général pour l'amélioration de la qualité de l'eau des côtes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent devrait permettre de récupérer les usages de plusieurs secteurs coquilliers. Pour les autres, il faudra bien connaître la biologie des espèces afin de mieux cibler les périodes propices à la cueillette de mollusques. Bref, tous les outils sont en place, il reste à les appliquer.

5 RECOMMANDATIONS

Dans le cas où Environnement Canada (EC) prévoit réaliser à nouveau un projet pilote en utilisant des études de SSM pour caractériser la contamination des secteurs coquilliers, il serait intéressant que celui-ci soit réalisé dans les secteurs de Forestville (N-03.3), de Ragueneau (N-05.2.1) et de Douglastown (G-24.2) afin de bien cerner les sources de contamination et déterminer si celles-ci proviennent de sources humaines et/ou de goélands et/ou agricoles. Les limitations et la validité des méthodes actuelles ne permettent pas de déceler automatiquement ces types de contamination même s'ils sont présents et surtout elles ne peuvent pas quantifier les apports de contamination par les différentes sources. Il serait alors difficile de déterminer les actions à prioriser pour la récupération de ces secteurs coquilliers. Malgré que des niveaux potentiellement élevés de contamination puissent affecter ces endroits, cela ne garantit pas la présence de l'organisme cible dans les échantillons d'eau du milieu. Face à ce problème, il serait tentant d'attendre que les méthodes se raffinent afin d'avoir une plus grande chance de succès. Dans tous les cas, une planification rigoureuse pourrait être effectuée d'avance afin d'être prêt à débiter les études au moment opportun.

Des essais à certains sites, tels que ceux-proposés ci-dessus peuvent cependant permettre de faire progresser l'état des connaissances dans le domaine. Par exemple, le Dr Thomas Edge, chercheur à EC, propose d'assister les membres du PCCSM dans le cas où ils voudraient tester certains marqueurs tels que celui du goéland (*Catelliococcus marimammalium*) dans le cadre d'un projet pilote.

Peu importe s'il est choisi d'attendre le moment opportun ou d'adopter une approche expérimentale, il faut suivre avec intérêt les développements dans le domaine des études de SSM au cours des cinq ou dix prochaines années car des progrès auront lieu sans doute de plus en plus rapidement, vu que les secteurs d'intérêt et les besoins des utilisateurs ont été déterminés et permettent ainsi de mieux cibler les recherches à effectuer.

Selon les intérêts des diverses parties prenantes et l'importance de la ressource coquillière, il serait nécessaire de reprendre les relevés sanitaires et bactériologiques dans des secteurs identifiés prioritaires, si les sources de pollution ont été suffisamment

atténuées pour le justifier. De nouveaux secteurs pourraient être identifiés pour la réalisation d'études de SSM.

La correction des sources de contamination concernent les différents paliers de gouvernement, les municipalités, les institutions, les industries, les commerces et les individus. Ils doivent tous participer à l'effort collectif pour améliorer la qualité de l'environnement, en accordant un support financier, en montrant un intérêt envers l'amélioration de la qualité de l'environnement ou en sensibilisant les diverses entités. Il semble inconcevable qu'en 2010, au Québec, il y ait encore des rejets d'eaux usées non traitées qui se déversent directement dans les cours d'eau. Ils devraient être éliminés, ce qui permettrait de réduire considérablement la contamination trouvée le long des côtes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les problématiques liées aux résidences isolées, aux embarcations de plaisance, aux navires, aux exploitations agricoles, etc. méritent également une attention particulière. Des efforts collectifs pourraient certainement permettre de réduire la proportion de secteurs coquilliers fermés au Québec. À ce sujet, plusieurs plans d'actions existent et devraient être mis en œuvre.

CONCLUSION

La présente étude a été réalisée afin de dresser le portrait du suivi microbiologique des eaux dans le cadre de la protection des eaux coquillères de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Elle présente aussi les outils qui sont à la disposition des gestionnaires afin de corriger les sources de pollution et de récupérer les usages des secteurs coquilliers québécois. Ceci s'inscrit dans un cadre plus général de la récupération des secteurs coquilliers par souci d'amélioration de la qualité de l'environnement, de la protection de la santé du public et du développement économique de l'industrie des pêches. Cette dernière pourra ainsi se développer selon les ressources coquillières disponibles plutôt qu'en fonction de la qualité de l'environnement.

Les problématiques de contamination des secteurs coquilliers québécois ont clairement été exposées. Celles-ci varient selon la région étudiée et en fonction de la densité de la population et des activités présentes dans le territoire. Au fil des ans, une amélioration de la qualité de l'eau des secteurs coquilliers n'a pu être vérifiée. Toutefois, la récupération de certains secteurs à la suite de la correction de rejets a déjà été réalisée; c'est un signe encourageant qui montre que la situation évolue.

Le présent travail a constaté que les méthodes actuelles de suivi de la qualité bactériologique des secteurs coquilliers sont suffisantes pour assurer la protection de la santé publique. Toutefois, des outils persuasifs manquent pour inciter les acteurs locaux à corriger les sources de pollution. Les études de suivi des sources microbiennes (SSM) développées depuis les années 1990 ont le potentiel de pallier à cette lacune. À ce jour, elles ne sont pas suffisamment au point pour parvenir à cette fin. Au Québec, la problématique de contamination de plusieurs secteurs pourrait éventuellement se prêter à des études de SSM. Trois secteurs ont été identifiés comme ayant un bon potentiel pour cette perspective; une réévaluation sanitaire et bactériologique de plusieurs autres aiderait à en identifier davantage.

Les règlements actuels devraient permettre de régler les problématiques de contamination des secteurs coquilliers. Toutefois, des incitatifs manquent pour les appliquer. L'avenir des études de SSM est prometteur à ce propos et elles seront très utiles lorsque l'état des connaissances favorisera leur utilisation à grande échelle et la quantification des apports

de pollution. L'intérêt des populations, des pêcheurs, des municipalités et des gouvernements sera alors grandissant pour investir dans la correction des sources de pollution. Ils seront alors certains que les modifications apportées auront un impact positif sur la récupération des usages des milieux côtiers et sur le développement de l'économie locale. Entre-temps, il est possible de planifier la réalisation de telles études afin d'être prêt à les appliquer le temps venu et ainsi aider à mieux respecter la réglementation pertinente.

RÉFÉRENCES

- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments) (2005). Programme canadien de contrôle de salubrité des mollusques, manuel des opérations.
- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments) (2007). Évaluation sommative du programme canadien de contrôle de salubrité des mollusques. *Dans* Agence canadienne d'inspection des aliments. Au sujet de l'ACIA. Saine gestion de l'Agence. Vérifications. [En ligne].
<http://www.inspection.gc.ca/francais/agen/eval/cssppccsm/shemossf.shtml>
(Page consultée le 6 mai 2009).
- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments) (2008). Programme canadien de contrôle de salubrité des mollusques, manuel des opérations. *Dans* Agence canadienne d'inspection des aliments. Poissons et produits de la mer. Salubrité des mollusques. Manuel des opérations [En ligne].
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/fispoi/man/cssppccsm/shemolallf.pdf>
(Page consultée le 6 mai 2009).
- Anonyme (2005). Microbial Source Tracking : a handbook for sample preparation and filtration.
- Béland, J. et associés inc. (1989). Optimisation du contrôle bactériologique des zones coquillières et du développement de l'aquaculture. Préparé pour Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Région du Québec. 258 p.
- Bibeault, J.-F., Duchesne, J.-F., Gauvin, D., Gingras, S., Grondin, J., Laliberté, C., Levallois, P., et Lévesque, B. (2003). Suivi des usages et des perceptions du Saint-Laurent par la population riveraine, Unité de recherche en santé publique, Centre de recherche du CHUL-CHUQ, Québec. 261 p.
- Bower, P.A., Scopel, C.O., Jensen, E.T., Depas, M.M., and McLellan, S.L. (2005). Detection of genetic markers of fecal indicator bacteria in Lake Michigan and determination of their relationship to *Escherichia coli* densities using standard microbiological methods. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, p. 8305-8313.
- Cejka, P. (1976). Relevé bactériologique de zones coquillières, District de pêche maritime No. 1 (Comté Bonaventure) et No. 3 (Comtés Rivière-du-Loup et Rimouski), Québec, 1976. Centre écologique de Port-au-Saumon, Saint-Fidèle, pour Environnement Canada, Service de Protection de l'Environnement, Région du Québec, Montréal. 103 p.
- Comité ZIP de la Baie des Chaleurs (2003). Plan d'action et de réhabilitation écologique (PARE), Baie des Chaleurs – Gaspé sud. Comité ZIP Baie des Chaleurs, Maria. 177 p.

- Comité ZIP de la Côte-Nord du Golfe (1997). La liste des priorités. *Dans* Comité ZIP de la Côte-Nord du Golfe. *PARE* [En ligne]. http://www.zipcng.org/pare/liste_priorites.htm (Page consultée le 10 mars 2009).
- Comité ZIP des Îles-de-la-Madeleine (1999). Le PARE. *Dans* Comité ZIP des Îles-de-la-Madeleine. *Le PARE* [En ligne]. <http://zipdesiles.org/pare.html> (Page consultée le 10 mars 2009).
- Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire (2006). Plan d'actions 2006-2009. *Dans* Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. Plan d'actions [En ligne]. http://www.zipnord.gc.ca/pdf/pare/Planification%20ZIP%20RNE%202006_2009.PDF (Page consultée le 10 mars 2009).
- Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (2002). Les sites coquilliers : un indicateur de santé de l'estuaire. Recouvrons les usages du Saint-Laurent. Fiche technique 3.01. *Dans* Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Plan d'action et réhabilitation écologique [En ligne]. <http://www.zipsud.org/files/3.01-SitesCoquilliers.pdf> (Page consultée le 10 mars 2009).
- Edge, T.A. (2009). State of MST science, validity and available *Bacteroides* markers. Communication personnelle, 10 décembre 2009.
- Edge, T.A. and Hill, S. (2007). Multiple lines of evidence to identify the sources of fecal pollution at freshwater beach in Hamilton Harbour, Lake Ontario. *Water Research*, 41, p. 3585-3594.
- Edge, T.A. et Schaefer, K.A. (2006). Le dépistage des sources de pollution microbienne dans les écosystèmes aquatiques: état de la science et évaluation des besoins. Institut national de recherche sur les eaux. Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE – rapport no 7. Environnement Canada, Burlington. 26 p.
- Field, K., Bernhard, A.E. and Brodeur, T.J. (2003). Molecular approaches to microbial monitoring: fecal source detection. *Environmental monitoring and assessment*, Vol. 81, p. 313-326.
- Geldreich, E.E., Allen, M.J. and Taylor, R.H. (1978). Interferences to coliform detection in potable water supplies. *In*: Evaluation of microbiology standards for drinking water. USEPA, Washington DC, report 570/9-78-00C.
- IFREMER (Institut Français de recherche pour l'exploitation en mer) (2006). Phytoplancton et phycotoxines: Bilan des connaissances générales, la surveillance dans le Bassin d'Arcachon. *Dans* IFREMER, *Laboratoire Environnement Ressources*. [En ligne]. <http://www.ifremer.fr/delar/telechargement/phytotox.pdf> (Page consultée le 5 janvier 2010).
- Lamontagne, Y. (2009). Recommandations de classification des secteurs coquilliers du Québec en 2009. Communication personnelle, avril 2009.

- Lamontagne, Y. (2006). Rapport-Synthèse du projet-pilote « suivi des sources microbiennes aux Îles-de-la-Madeleine ». Environnement Canada, direction des Sciences et de la Technologie, Montréal, 31 p.
- Lévesque, B., Brousseau, P., Simard, P., Dewailly, É., Meisels, M., Ramsay, D. et Joly, J. (1992). L'impact du goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*) sur la qualité microbiologique d'une plage publique : une étude expérimentale. Département de santé communautaire du Centre hospitalier de l'Université Laval, Ste-Foy, Québec. Pour le Service canadien de la faune, Ste-Foy, Québec, Canada. 17 p. + annexes.
- Linssen, M. (2009). Available MST primers, communication personnelle, 3 mars 2009.
- Loi Canadienne sur la protection de l'environnement*, 1999, ch.33.
- Loi sur les Pêches*, L.R., 1985, c. F-14.
- Loi sur la Qualité de l'environnement*, L.R.Q., c. Q-2.
- Lu, J., Santo Domingo, J.W., Lamedella, R., Edge, T., and Hill, S. (2008). Phylogenetic diversity and molecular detection of bacteria in gull feces. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, p. 3969-3976.
- MAMROT (Ministère des Affaires municipales, Régionales et de l'Occupation du territoire) (2009). Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux. *Dans Bureau municipal* [En ligne]. https://www.portail.mamrot.gouv.qc.ca/FAQ_BM.jsp (page consultée le 10 mars 2009).
- MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, et des Parcs) (2002). La Politique Nationale de l'Eau. *Dans MDDEP – Eau* [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/politique/>. Page consultée le 10 décembre 2009.
- MPO (Ministère des Pêches et Océans Canada) (2008). Évaluation des stocks de mye commune des eaux côtières du Québec en 2007. MPO, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Ottawa. Avis scientifique 2007/051.
- Obee, N. (2006). Bacterial source tracking and its reliability in Ucluelet Harbor. Report for GEOG453 (Coastal and Marine Resources II). *In* Department of Geography, University of Victoria. [En ligne]. <http://www.geog.uvic.ca/geog453/2006%20Bacterial%20Tracking%20Obee.PDF> (page consultée le 2 mars 2009).
- Osachoff, H. (2004). Microbial source tracking, *Bacteroides* method: who is the culprit of fecal contamination? *In* Sullivan, D. (coordinator), Microbial source tracking (MST): Towards effective identification of fecal pollution sources. MST Applications Workshop Final report. Clean Annapolis River Project, Wolfville (NS), 44 p.
- PRISM (Plateforme régionale d'information sur la salubrité des mollusques) (2009). Base de données du PCCSM. [En ligne]. <http://prism.qc.ec.gc.ca/pccsm.asp> (Page consultée tout au long de la rédaction).

Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées, c. Q-2, r.8.

Règlement sur les exploitations agricoles, c. Q-2., r.11.1.

Règlement sur la prévention de la pollution par les eaux usées des embarcations de plaisance, DORS/91-661.

Règlement sur la prévention de la pollution par les eaux usées des navires autres que les embarcations de plaisance, DORS/91-659.

Règlement sur la prévention de la pollution par les navires et sur les produits chimiques dangereux, DORS/2007-86.

Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance, c. Q-2, r.18.0001

Roslev, P., Iversen, L., Sønderbo, H.L., Iversen, N. and Bastholm, S. (2009). Uptake and persistence of human associated *Enterococcus* in the mussel *Mytilus edulis*: relevance for fecal pollution source tracking. *Journal of applied microbiology*, 107, p. 944-953.

Sahlin, J. et Shaffer, F. (2009) Inventaire des oiseaux de rivage en bordure de la lagune du Havre-aux-Maisons, aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) en 2007. Série de rapports techniques, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Québec (En cours de révision/publication).

Saint-Laurent Vision 2000 (2003). Le domaine d'intervention Santé humaine du Plan d'action Saint-Laurent soutient la réalisation d'un projet PARE visant la récupération des bancs coquilliers de la Côte-Nord. *Dans* Environnement Canada, Saint-Laurent Vision 2000. Québec. Plan d'action. Phase 3. Santé humaine [En ligne].
http://www.slv2000.qc.ca/plan_action/phase3/sante_humaine/plans_intervention/accueil_f.htm (Page consultée le 10 mars 2009).

Saint-Laurent Vision 2000 (2002). Les comités ZIP Baie des Chaleurs, des Îles-de-la-Madeleine et de la rive nord de l'estuaire. Sensibilisation aux risques pour la santé associés à la consommation de mollusques. *Dans* Environnement Canada, Saint-Laurent Vision 2000. Québec. Bulletin d'information. Volume 11, no 4 [En ligne].
http://www.slv2000.qc.ca/bibliotheque/lefleuve/vol11no4/zip_f.htm (Page consultée le 10 mars 2009).

Santo Domingo J.W. and T.A. Edge (2008). Chapter 5 – Identification of primary sources of pollution. *In* Safe Management of Shellfish and Harvest Waters. Edited by G. Rees. K. Pond, D. Kay and J. Santo Domingo. *To be published*.

Santo Domingo, J. W., Bambic, D.G., Edge, T.A. and Wuertz, S. (2007). Quo vadis source tracking? Towards a strategic framework for environmental monitoring of fecal pollution. *Water Research*, 41, p 3539-3352.

- Sénéchal, J. (2005). Fiche de suivi de l'état du Saint-Laurent : La salubrité des eaux coquillères, 2^e édition. *Dans* Plan Saint-Laurent. Pour un développement durable. Fiches sur les indicateurs de suivi de l'état du Saint-Laurent [En ligne]. http://www.planstlaurent.qc.ca/sl_obs/sesl/publications/fiches_indicateurs/eaux_coquillieres_2005_f.pdf (Page consultée le 6 mai 2009).
- SODIM (Société de développement de l'industrie maricole) (2005). Mise en valeur et récupération des secteurs coquilliers du sud de la Gaspésie, document de synthèse et de recommandations. Dossier no 710.38. *Dans* SODIM. [En ligne]. http://www.sodim.org/pdf/Myes/710.38_R%C3%A9cup%C3%A9ration_secteurs_coquilliers.pdf (Page consultée le 9 mai 2009).
- Stapelton, C.M., Wyer, M.D., Kay, D., Crowther, J., McDonald, A.T., Walters, M., Gawler, A. and Hindle, T. (2007). Microbial source tracking: a forensic technique for microbial source identification? *Journal of environmental monitoring*, 9, p. 427-439.
- Stoekel D. and Harwood, V. (2007). Performance, design, and analysis in microbial source tracking studies. *Journal of applied and environmental microbiology*, 73, p. 2405-2415.
- USEPA (2005a). Microbial source tracking. Genomics training workshop presentation. *In* Rutgers. [En ligne]. http://www.water.rutgers.edu/Source_Tracking/MicrobialSourceTracking/MicrobialSourceTrackingEPAPresentation.pdf (page consultée le 13 septembre 2009).
- USEPA (2005b). Microbial source tracking guide document. *In* USEPA. [En ligne]. <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r05064/600r05064.htm> (page consultée le 13 septembre 2009).
- Wuertz, S., Bombardelli, F., Sirikanchana, K., Schriewer, A., and Zamani, K. (2009). Quantitative pathogen detection & microbial source tracking combined with modeling the fate and transport of *Bacteroidales* in San Pablo Bay. University of California, submitted to NOAA/UNH Cooperative institute for Coastal and Estuarine Environmental Technology (CICEET). *In* CIEET [En ligne]. http://ciceet.unh.edu/news/releases/fall09_reports/pdf/wuertz06_fr_fall06.pdf (page consultée le 15 décembre 2009).

ANNEXE 1

Systèmes de traitement des eaux usées rejetées dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ou à proximité (MAMROT, 2009)

Régions	Municipalités	Types de traitement
Côte-Nord	Tadoussac	Prétraitement
	Sacré-Cœur	Secondaire
	Les Escoumins	Prétraitement
	Forestville	Secondaire
	Colombier	Primaire (fosse septique)
	Raguena	Primaire (fosse septique)
	Baie-Comeau (Marquette)	Secondaire
	Baie-Comeau (Mingan)	Secondaire
	Franquelin	Primaire (fosse septique)
	Baie-Trinité	Primaire (fosse septique)
	Port-Cartier	Secondaire
	Sept-Îles (Gallix)	Secondaire
	Sept-Îles (Clarke)	Secondaire
	Sept-Îles (Ville)	Secondaire
	Sept-Îles (Moisie Malioténam)	Prétraitement
	Rivière-au-Tonnerre	Secondaire
	Longue-Pointe-de-Mingan	Secondaire
	Île d'Anticosti (Port-Menier)	Prétraitement
	Havre-Saint-Pierre	Prétraitement
	Baie Johan-Beetz	Prétraitement
Saint-Augustin (Côte-Nord)	Secondaire	
Bonne Espérance (Vieux Fort)	Prétraitement	
Bonne Espérance (Rivière Saint-Paul)	Prétraitement	
Blanc-Sablon (Secteur Blanc-Sablon)	Prétraitement	
Blanc-Sablon (Secteur Lourdes)	Prétraitement	
Charlevoix	L'Isle-aux-Coudres	Secondaire
	Baie-Saint-Paul	Secondaire
	Les Éboulements (St-Joseph-de-la-Rive)	Prétraitement
	Les Éboulements	Secondaire
	Saint-Irénée	Prétraitement
	La Malbaie	Tertiaire
	Saint-Siméon	Secondaire
Chaudière-Appalaches	Sainte-Louise	Secondaire
Bas-Saint-Laurent	La Pocatière	Secondaire
	Rivière-Ouelle	Secondaire
	Saint-Pacôme	Secondaire
	Saint-Onésime-d'Ixworth	Secondaire
	Saint-Philippe-de-Néri	Secondaire
	Saint-Pascal	Secondaire
	Kamouraska	Secondaire
	Sainte-Hélène	Secondaire

Régions	Municipalités	Types de traitement
	Saint-Alexandre-de-Kamouraska Saint-Antonin (secteur village) Saint-Antonin (secteur rivière Verte) Rivière-du-Loup Cacouna Saint-Arsène L'Isle-Verte Trois-Pistoles, Notre-Dame-des-Neiges Saint-Simon Saint-Fabien Le Bic Le Bic (secteur des berges) Rimouski (secteur Est et Pointe-au-Père) Rimouski (secteur Sainte-Blandine) Saint-Anaclet-de-Lessard Sainte-Luce Sainte-Luce (secteur Luceville) Sainte-Flavie, Mont-Joli Grand-Métis Baie-des-Sables Saint-Ulric Matane Matane (secteur Saint-Luc-de-Matane) Matane (secteur Petit-Matane) Sainte-Félicité Les Méchins	Tertiaire Secondaire Tertiaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Prétraitement
Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts (incluant secteur Tourelles) Marsoui Mont-Saint-Pierre Grande-Vallée Gaspé (secteur Petit-Cap) Gaspé (secteur Rivière-au-Renard) Gaspé Percé Percé (secteur Cap-d'Espoir) Sainte-Thérèse-de-Gaspé Grande-Rivière Chandler (incluant secteur Pabos-Mills, Pabos et Saint-François de Pabos) Chandler (secteur Newport) Port-Daniel-Gascons Paspébiac (incluant le secteur ouest), New Carisle Bonaventure Saint-Siméon-de-Bonaventure Caplan New-Richmond Maria	Secondaire Secondaire Secondaire Prétraitement Secondaire Prétraitement Tertiaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Prétraitement Secondaire Secondaire Tertiaire Secondaire Prétraitement Secondaire Secondaire

Régions	Municipalités	Types de traitement
	Carleton-sur-Mer (secteur Carleton) Nouvelle Pointe-à-la-Croix, Listuguj	Secondaire Secondaire Secondaire
Îles-de-la-Madeleine	Les Îles (Havre-Aubert) Les Îles (L'Étang-du-Nord) Les Îles (Cap-aux-Meules) Les Îles (Fatima) Les Îles (Havre-aux-Maisons)	Tertiaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire
Réserves	Mingan (Côte-Nord) Natashquan (Pointe-Parent) (Côte-Nord) La Romaine (Côte-Nord) Pakua Shipi (Côte-Nord) Pessamit (Côte-Nord) Gesgapegiaq (Gaspésie)	Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire Secondaire