



Étude de l'utilité et de la faisabilité de l'application de méthodes de détection d'agrégats spatiotemporels de légionellose et propositions de paramètres d'investigation

DEUXIÈME PARTIE : APPLICATION DE MÉTHODES DE
DÉTECTION D'AGRÉGATS DE LÉGIONELLOSE OU DE
PNEUMONIES AUTOUR DES INSTALLATIONS DE
TOURS DE REFROIDISSEMENT À L'EAU AU QUÉBEC

ÉTAT DES CONNAISSANCES

JUILLET 2023

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

AUTRICES ET AUTEURS

Caroline Huot, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Marie-Claude Boivin, conseillère scientifique
Ernest Lo, conseiller scientifique spécialisé
Bureau d'information et d'études en santé des populations
Institut national de santé publique du Québec

Nicolas Parenteau, résident en santé publique et médecine préventive
Université de Montréal

Philippe Robert, résident en santé publique et médecine préventive
Université Laval

Germain Lebel, conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Chérine Zaïm, résidente en santé publique et médecine préventive
Université McGill

RÉVISEURS

Jean-François Duchesne, conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Fabien Gagnon, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Direction de santé publique du Centre intégré de santé et de services sociaux de Laval

Benoît Lalonde, agent de planification, de programmation et de recherche
Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Félix Lamothe, conseiller scientifique
Stéphane Perron, médecin spécialiste
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Les réviseurs ont été conviés à apporter des commentaires sur la version préfinale de ce document et en conséquence, n'en ont pas révisé ni endossé le contenu final.

Les auteurs ainsi que les membres du comité scientifique et les réviseurs ont dûment rempli leurs déclarations d'intérêts et aucune situation à risque de conflits d'intérêts réels, apparents ou potentiels n'a été relevée.

MISE EN PAGE

Aurélié Franco, agente administrative
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

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

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

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

Dépôt légal – 3^e trimestre 2023
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-95190-2 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2023)

REMERCIEMENTS

La qualité des données est indispensable à la fiabilité des résultats d'analyses. Les auteurs souhaitent ainsi remercier :

- Matthieu Tandonnet, géomaticien, Analyse de la santé et de ses inégalités sociales et territoriales. Bureau d'information sur la santé de la population, Institut national de santé publique du Québec;
- Marjolaine Dubé, statisticienne, Unité Évaluation et soutien à la gestion des risques. Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec;
- Miguel Breault-Malette, technicien en recherche, Analyse de la santé et de ses inégalités sociales et territoriales. Bureau d'information sur la santé de la population, Institut national de santé publique du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES	V
FAITS SAILLANTS	1
SOMMAIRE	3
INTRODUCTION	8
OBJECTIFS	11
RAPPORT 2. APPLICATION DE MÉTHODES DE DÉTECTION D'AGRÉGATS SPATIOTEMPORELS DE LÉGIIONELLOSE OU DE PNEUMONIES AUTOUR DES ITRE AU QUÉBEC, 2016-2020	12
1 INTRODUCTION AU RAPPORT 2	12
2 MÉTHODOLOGIE	14
2.1 Méthode et modèles statistiques.....	14
2.2 Approche focalisée	16
2.3 Autres approches évaluées.....	16
2.4 Données et paramètres.....	16
2.4.1 Cas de légionellose, consultations à l'urgence pour pneumonie et éclosions de légionellose déclarées (MOH).....	16
2.4.2 Installations de tour de refroidissement à l'eau (ITRE).....	20
2.4.3 Autres paramètres	22
2.4.4 Effectifs de population.....	22
2.5 Évaluation de la performance.....	26
2.5.1 Comparaison des agrégats de légionellose et des éclosions de légionellose.....	26
2.5.2 Comparaisons des agrégats des cas de légionellose et des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie.....	28
3 RÉSULTATS	30
3.1 Analyse descriptive	30
3.1.1 Approche focalisée avec épisodes de dépassement, modèle de Poisson	30
3.1.2 Comparaison entre les approches, modèle de Poisson.....	32
3.1.3 Comparaison entre les approches, modèle de Permutation	37
3.1.4 Sommaire des résultats de l'analyse descriptive	40

3.2	Évaluation de la performance.....	42
3.2.1	Comparaisons des agrégats des cas de légionellose (MADO) et des éclosons de légionellose (MOH).....	42
3.2.2	Comparaisons des agrégats de cas de légionellose et des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie.....	46
4	DISCUSSION.....	49
4.1	Comparaison des méthodes et approches utilisées.....	49
4.2	Évaluation de la performance des agrégats de légionellose.....	50
4.3	Évaluation de la performance des agrégats de pneumonies.....	50
4.4	Paramètres d'investigation des agrégats de légionellose liés aux ITRE.....	51
4.5	Limites de la démarche.....	52
5	CONSTATS.....	54
5.1	Utilité et faisabilité d'application de la méthode.....	54
5.2	Paramètres d'investigation des agrégats de légionellose liés aux ITRE.....	55
5.3	Autres propositions.....	56
6	PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	58
6.1	Analyse des cas de pneumonies.....	58
6.2	Analyse d'autres sources de contamination et de la forme des agrégats.....	58
6.3	Concentrations cumulées aux ITRE.....	58
7	CONCLUSION.....	62
	RÉFÉRENCES.....	63
	ANNEXE A AGRÉGATS DÉTECTÉS PAR RÉGION SELON L'APPROCHE FOCALISÉE AVEC ÉPISODES DE DÉPASSEMENT.....	72
	ANNEXE B CARACTÉRISTIQUES DES AGRÉGATS (RAYON, DURÉE, NOMBRE DE CAS) SELON LES DIVERS MODÈLES ET APPROCHES.....	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Sources de données, définitions de cas et variables utilisées	19
Tableau 2	Sources de données des ITRE	21
Tableau 3	Sources de données des effectifs de la population et variables utilisées	23
Tableau 4	Valeurs des données et paramètres de détection d'agrégats selon l'approche focalisée autour des ITRE tenant compte des épisodes de dépassement (modèle de Poisson).....	24
Tableau 5	Valeurs des données et paramètres de détection d'agrégats pour les autres approches et modèles évalués	25
Tableau 6	Nombre d'agrégats de cas de légionellose (MADO) détectés par année, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	31
Tableau 7	Nombre d'agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) détectés par année, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020.....	31
Tableau 8	Rayon moyen (écart-type) des agrégats de légionellose (MADO) et de pneumonies (SIGDU) selon la méthode utilisée, 2016-2020	41
Tableau 9	Propositions de paramètres de vigie et d'intervention pour la légionellose, selon différents objectifs spécifiques.....	56

Liste des tableaux en annexe

Tableau A1	Nombre d'agrégats de légionellose (MADO) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 1 000 000 UFC/L, par région, année et seuil de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	72
Tableau A2	Nombre d'agrégats de légionellose (MADO) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 100 000 UFC/L, par région, année et seuil de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	73
Tableau A3	Nombre d'agrégats de pneumonies (SIGDU) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 1 000 000 UFC/L, par région, année et seuils de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	73
Tableau A4	Nombre d'agrégats de pneumonies (SIGDU) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 100 000 UFC/L, par région, année et seuils de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	74
Tableau B1	Caractéristiques des agrégats (rayon, durée, nombre de cas) de légionellose (MADO) selon les divers modèles et approches, 2016-2020.....	75
Tableau B2	Caractéristiques des agrégats (rayon, durée, nombre de cas) de pneumonies (SIGDU) selon les divers modèles et approches, 2016-2020	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Fonctionnement de la méthode de recherche d'agrégats spatiotemporels en utilisant des cylindres de différents rayons et hauteurs*	14
Figure 2	Nombre moyen annuel d'agrégats de cas de légionellose et de consultations à l'urgence pour pneumonie, selon l'approche focalisée avec épisodes de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	30
Figure 3	Rapport du nombre d'agrégats de légionellose ou de pneumonies sur le nombre d'épisodes de dépassement, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020	32
Figure 4	Nombre moyen annuel d'agrégats des cas de légionellose (MADO) détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	33
Figure 5	Nombre moyen annuel d'agrégats MADO détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020.....	34
Figure 6	Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020.....	35
Figure 7	Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020.....	36
Figure 8	Nombre moyen annuel d'agrégats de cas de légionellose (MADO) détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	37
Figure 9	Nombre moyen annuel d'agrégats MADO détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020.....	38
Figure 10	Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020.....	39
Figure 11	Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Permutation), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	40

Figure 12	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	43
Figure 13	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016 à 2020	43
Figure 14	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016 à 2020	44
Figure 15	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE à 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	44
Figure 16	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	45
Figure 17	Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Permutation ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	45
Figure 18	Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuil des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	46
Figure 19	Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Poisson ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	47
Figure 20	Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et approches, seuil des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020	47
Figure 21	Comparaison entre une classification à partir d'une concentration cumulée aux ITRE plutôt qu'à partir de l'ITRE avec la concentration en Lp la plus élevée dans un rayon de 6 km autour des cas (2016-2019) (VMR imputée à 0).....	60
Figure 22	Comparaison entre une classification à partir d'une concentration cumulée aux ITRE plutôt qu'à partir de l'ITRE avec la concentration en Lp la plus élevée dans un rayon de 6 km autour des cas (2016-2019) (utilisation de la limite de détection [VMR] dans le calcul).....	61

FAITS SAILLANTS

Ce rapport s'adresse aux intervenants des directions de santé publique et du ministère de la Santé et des Services sociaux qui sont appelés à intervenir en lien avec les cas de légionellose et les installations de tours de refroidissement à l'eau¹.

Une vigie et une investigation précoce sont de mise pour mieux identifier les sources et contrôler rapidement les éclosions de légionellose. Cela s'accompagne souvent de défis pour l'identification et la sélection des agrégats à examiner davantage (nombre de cas, durée, rayon) selon le risque qu'ils représentent une éclosion. L'investigation des installations de tours de refroidissement à l'eau contaminées pose également des questionnements, notamment sur les seuils de concentration indiquant un risque pour la santé et la distance à laquelle les cas de légionellose pourraient être liés à une installation de tours de refroidissement à l'eau.

Les objectifs poursuivis par cette étude sont : 1) évaluer l'utilité et la faisabilité d'appliquer différents modèles statistiques et approches, selon le balayage spatiotemporel, pour la détection des agrégats de légionellose ou de pneumonies liés aux installations de tours de refroidissement à l'eau à l'aide du logiciel SaTScan, pour des fins de vigie et intervention par les directions de santé publique; 2) tester si les données sur les pneumonies pourraient être utilisées pour les fins de la détection précoce des agrégats de légionellose; et 3) préciser les paramètres de vigie de la légionellose et d'intervention lors de signalement d'installations de tours de refroidissement à l'eau dépassant les seuils d'intervention (p. ex. durée, distance de la source, etc.).

L'atteinte de ces objectifs repose, d'une part, sur une revue sommaire de la littérature et une analyse des données québécoises des éclosions de légionellose (maladies d'origine hydrique [MOH]), des cas de légionellose (maladies à déclaration obligatoire [MADO]), de pneumonies pour lesquelles il y a eu consultation à l'urgence (Système d'information pour la gestion des urgences [SIGDU]) et des installations de tours de refroidissement à l'eau. D'autre part, elle implique l'application de la méthode de balayage spatiotemporel (modèles statistiques et approches) pour la détection d'agrégats de légionellose et de pneumonies autour des installations de tours de refroidissement à l'eau au Québec à l'aide du logiciel SaTScan. Ces résultats sont présentés dans deux rapports distincts.

¹ Une « installation de tours de refroidissement à l'eau (ITRE) » est définie comme le réseau d'eau d'une ou de plusieurs tours de refroidissement à l'eau qui sont interreliées, comprenant leurs composantes telles que les pompes, les réservoirs ou les compresseurs.

Sur la base des résultats, les constats suivants sont émis :

- L'approche focalisée autour des installations de tours de refroidissement à l'eau, selon le modèle de Poisson avec ou sans seuil de signification statistique-p de 0,25, peut être utile pour vérifier la présence d'agrégats de cas de légionellose autour des installations de tours de refroidissement à l'eau qui dépassent le seuil de 100 000 UFC/L durant la période de dépassement. L'approche générale, selon le modèle de Poisson avec ou sans seuil de signification statistique-p de 0,25, est aussi d'intérêt.
- Il n'est pas recommandé d'utiliser les méthodes développées pour détecter des agrégats de pneumonies (SIGDU) représentant de potentielles éclosions de légionellose sur la base des essais réalisés à ce jour.
- Concernant les paramètres d'investigation des agrégats de légionellose autour d'une installation de tour de refroidissement à l'eau, le délai de 3 mois pourrait être utilisé pour identifier 2 cas d'un agrégat lié à une installation de tours de refroidissement à l'eau, en sachant qu'il est moins probable que 2 cas soient liés à une éclosion d'importance s'ils sont survenus à plus de 1 mois d'intervalle. Pour la distance, il apparaît opportun d'investiguer sur un lien entre les cas survenus à 6 km ou moins les uns des autres ou sur la source de contamination des cas à 3 km d'une installation de tours de refroidissement à l'eau en dépassement de 100 000 UFC/L de *Legionella pneumophila* ou plus. Les cas pourront être recherchés depuis le dernier prélèvement sous le seuil de 100 000 UFC/L de *Legionella pneumophila* jusqu'à la date de réception d'un nouveau prélèvement sous ce seuil.

SOMMAIRE

La légionellose est une maladie aiguë causée par des bactéries du genre *Legionella*, principalement de l'espèce *Legionella pneumophila*. L'incidence de la légionellose semble en augmentation au Québec et dans le monde, et serait largement sous-estimée dans les pays industrialisés (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020). La majorité des cas de légionellose sont dits « sporadiques » parce qu'ils n'ont pas été reliés à une écloison par les autorités de santé publique. On connaît peu la source de ces cas sporadiques, mais il est possible que plusieurs cas soient liés à une source commune non identifiée, notamment une installation de tour de refroidissement de l'eau (Bhopal *et al.*, 1992; Che *et al.*, 2003; Ricketts *et al.*, 2012). Une vigie et une investigation précoce sont de mise pour mieux identifier les sources et contrôler rapidement les écloisions de légionellose. Cela s'accompagne de défis pour l'identification des caractéristiques des agrégats (nombre de cas, durée, rayon) qui peuvent nécessiter un examen plus approfondi, et ce, selon le risque d'éclosion qu'ils représentent. L'investigation des installations de tours de refroidissement à l'eau contaminées pose également des questionnements, notamment sur les seuils de concentration indiquant un risque pour la santé et la distance à laquelle les cas de légionellose pourraient être liés à une installation de tours de refroidissement à l'eau.

Afin de soutenir la vigie et l'intervention dans ce domaine, différents auteurs et organisations de santé publique ont proposé l'utilisation de méthodes statistiques d'identification des agrégats spatiotemporels de légionellose, liés ou non aux installations de tours de refroidissement à l'eau, notamment la statistique de balayage spatiotemporel implémentée dans le logiciel SaTScan (Kulldorff, 1997). Cependant, un tel outil statistique n'a pas encore été développé et testé à l'échelle provinciale. Son utilité et sa faisabilité ne sont donc pas établies. L'analyse d'agrégats de cas autour des installations de tours de refroidissement à l'eau permet de voir si des cas se trouvent autour de cette source et de compléter l'information quant aux dépassements de seuils. Il est vrai qu'une simple analyse de distance des cas autour des installations de tours de refroidissement à l'eau peut être effectuée, mais l'analyse d'agrégats a le mérite de considérer l'aspect temporel de la survenue des cas et de tenir compte de l'ensemble des cas d'un territoire pour l'identification d'agrégats à un lieu précis.

De plus, dans l'optique d'identifier plus précocement les agrégats de légionellose par la vigie syndromique, il pourrait aussi être pertinent d'identifier avec ces méthodes les agrégats spatiotemporels de pneumonies potentiellement liés aux installations de tours de refroidissement à l'eau. En effet, la légionellose est une pneumonie souvent acquise en communauté et qui se présente cliniquement comme les pneumonies causées par d'autres pathogènes.

Ce rapport s'adresse aux intervenants des directions de santé publique et du ministère de la Santé et des Services sociaux qui sont appelés à intervenir en lien avec les cas de légionellose et les installations de tours de refroidissement à l'eau.

Les objectifs poursuivis par cette étude sont : 1) évaluer l'utilité et la faisabilité d'appliquer différents modèles statistiques et approches, selon le balayage spatiotemporel, pour la détection des agrégats de légionellose ou de pneumonies liés aux installations de tours de refroidissement à l'eau à l'aide du logiciel SaTScan, pour des fins de vigie et intervention par les directions de santé publique; 2) tester si les données sur les pneumonies pourraient être utilisées pour les fins de la détection précoce des agrégats de légionellose; et 3) préciser les paramètres de vigie de la légionellose et d'intervention lors de signalement d'installations de tours de refroidissement à l'eau dépassant les seuils d'intervention (p. ex. durée, distance de la source, etc.).

L'atteinte de ces objectifs repose, d'une part, sur une revue sommaire de la littérature et une analyse des données québécoises des éclosions de légionellose (maladies d'origine hydrique [MOH]), des cas de légionellose (maladies à déclaration obligatoire [MADO]), de pneumonies pour lesquelles il y a eu consultation à l'urgence (Système d'information pour la gestion des urgences [SIGDU]) et des installations de tours de refroidissement à l'eau. D'autre part, elle implique l'application de la méthode de balayage spatiotemporel (modèles statistiques et approches) pour la détection d'agrégats de légionellose et de pneumonie autour des installations de tours de refroidissement à l'eau au Québec à l'aide du logiciel SaTScan.

Les résultats sont présentés dans deux rapports distincts. Le premier, renferme les informations issues de la littérature quant à l'utilisation des méthodes de détection d'agrégats spatiotemporels de légionellose en santé et les données québécoises. Le deuxième rapport présente les résultats des analyses de détection d'agrégats spatiotemporels effectuées sur le territoire québécois à partir des cas de légionellose et de pneumonies observés entre 2016 et 2020.

Dans le premier rapport, les principaux constats issus de la revue de littérature et de l'analyse des données québécoises sont les suivants :

- La statistique de balayage spatiotemporel est la méthode la plus utilisée en vigie des maladies infectieuses ou de la légionellose pour détecter des agrégats spatiotemporels de cas. En particulier, l'approche focalisée qui consiste à rechercher des agrégats autour d'une source choisie *a priori* (par opposition à l'approche générale où aucune source n'est choisie) pourrait offrir une meilleure puissance statistique, mais elle est peu utilisée (InVS, 2010). Selon la revue de la littérature effectuée, aucune étude n'aurait évalué la performance de cette approche focalisée pour identifier des agrégats autour des installations de tours de refroidissement à l'eau.
- Les éclosions de légionellose liées aux installations de tours de refroidissement à l'eau rapportées dans la littérature peuvent comporter jusqu'à plusieurs centaines de cas. La vaste majorité (90 %) des éclosions ont duré moins de trois mois. Les éclosions majeures (plus de 50 cas) sont habituellement courtes (moins de 1-2 mois) et explosives (pic épidémique atteint en 1-3 semaines).

- De manière générale, selon l'information disponible, la majorité (50-75 %) des cas liés aux installations de tours de refroidissement à l'eau semblent avoir été exposés à moins de 3 km de la source (à leur domicile ou durant leurs déplacements).
- Durant la vaste majorité des éclosions (85 %) liées aux installations de tours de refroidissement à l'eau, des concentrations en *Legionella pneumophila* d'au moins 100 000 UFC/L ont été mesurées à un moment ou un autre. Dans la majorité des éclosions (66 %), des concentrations d'au moins 1 000 000 UFC/L ont été mesurées.
- Au Québec, l'incidence de légionellose augmente entre les mois de juin à octobre et est particulièrement élevée durant les mois chauds et humides. Le rôle des installations de tours de refroidissement à l'eau dans la saisonnalité de la légionellose n'est pas connu, mais durant l'été, plus d'installations de tours de refroidissement à l'eau sont en fonction et pour de plus longues heures d'utilisation; et davantage d'installations de tours de refroidissement à l'eau dépassent les seuils de 100 000 UFC/L ou 1 000 000 UFC/L durant cette période. Les concentrations mesurées aux installations de tours de refroidissement à l'eau québécoises montrent qu'elles ont tendance à augmenter en avril pour diminuer lentement vers la fin de l'automne.
- Durant la saison estivale (débutant en mai-juin et se terminant en septembre-novembre), quelques études rapportent qu'environ 4 à 8 % des pneumonies acquises en communauté chez des adultes et nécessitant une hospitalisation seraient causées par la légionelle. L'âge et la sévérité (indiquée par l'hospitalisation) sont des facteurs pertinents pour augmenter la probabilité qu'une pneumonie soit causée par la légionellose, dans un système de vigie syndromique. Au Québec, 94 % des cas de légionellose sont âgés de 40 ans et plus. Aux États-Unis, 96 % des cas de légionellose déclarés sont hospitalisés, ce qui justifierait de considérer seulement les cas hospitalisés dans une vigie syndromique.

Dans le second rapport, les résultats issus des analyses de détection d'agrégats effectuées avec les données québécoises sont les suivants :

- Pour une même approche (focalisée ou générale) et avec un même seuil de concentration (100 000 ou 1 000 000 UFC/L *Legionella pneumophila*), l'utilisation des cas de pneumonies (SIGDU) génère plus d'agrégats que l'utilisation des cas de légionellose (MADO). Le nombre moyen annuel d'agrégats de légionellose (MADO) identifiés varie de 0 à 14,4 par année, selon le modèle statistique (Poisson ou Permutation) et l'approche utilisés. L'utilisation des cas de pneumonies (SIGDU) aboutit à une plus grande variabilité quant au nombre annuel moyen d'agrégats, soit de 0,0 à 56,2 agrégats annuels moyens.
- Pour une même maladie (légionellose ou pneumonie), pour un même seuil de dépassement et en utilisant une distribution de Poisson ou un modèle de Permutation, le nombre d'agrégats rapporté selon l'approche est le plus important avec l'approche générale, suivie de l'approche focalisée sur les installations de tours de refroidissement à l'eau sans tenir compte de leurs épisodes de dépassement. L'approche focalisée sur les installations de tours de refroidissement à l'eau en considérant leurs épisodes de dépassement était celle qui générait le moins d'agrégats.

- Les résultats ont démontré une sensibilité intéressante pour les agrégats de légionellose (MADO) à identifier les éclosions de légionellose (MOH). Plus particulièrement, une sensibilité de 88,2 % est obtenue pour l'approche générale (modèle de Poisson) et de 70,6 % pour l'approche focalisée autour des installations de tours de refroidissement à l'eau > 100 000 UFC/L sans prise en compte des épisodes de dépassement (modèle de Poisson).
- Les résultats suggèrent que la détection des agrégats de légionellose en utilisant les cas de pneumonie (SIGDU) n'est pas utile ou faisable avec les paramètres actuels.

Sur la base de ces résultats, les constats suivants sont émis :

- L'approche focalisée autour des installations de tours de refroidissement à l'eau, selon le modèle de Poisson avec ou sans seuil de signification statistique-p de 0,25, peut être utile pour vérifier la présence d'agrégats de cas de légionellose autour des installations de tours de refroidissement à l'eau qui dépassent le seuil de 100 000 UFC/L durant la période de dépassement. Ceci s'avère d'autant plus pertinent si on dispose d'informations en temps opportun sur la survenue de ces dépassements. La considération des épisodes (moment et durée) de dépassements plus précis ne semble pas améliorer la sensibilité. Une optimisation de la cueillette d'informations sur les éclosions s'avérerait utile pour mieux évaluer les agrégats.
- L'approche générale, selon le modèle de Poisson avec ou sans seuil de signification statistique-p de 0,25 est aussi d'intérêt. En identifiant des agrégats de cas de légionellose (MADO), sans source a priori, elle offre l'avantage de pouvoir investiguer sur toutes les sources potentielles se trouvant dans ou à proximité de ces agrégats.
- Il serait opportun de tester ces approches avec une méthodologie prospective.
- Il n'est pas recommandé d'utiliser les méthodes développées pour détecter des agrégats de pneumonies (SIGDU) représentant de potentielles éclosions de légionellose sur la base des essais réalisés à ce jour. Ces agrégats présentent une trop faible sensibilité et valeur prédictive positive au regard des agrégats de légionellose (MADO).
- Concernant les paramètres d'investigation des agrégats de légionellose autour d'une installation de tour de refroidissement à l'eau, le délai de 3 mois pourrait être utilisé pour identifier 2 cas d'un agrégat lié à une installation de tours de refroidissement à l'eau, en sachant qu'il est moins probable que 2 cas soient liés à une éclosion d'importance s'ils sont survenus à plus de 1 mois d'intervalle. Pour la distance, il apparaît opportun d'investiguer sur les cas survenus à 6 km ou moins les uns des autres ou à 3 km d'une installation de tours de refroidissement à l'eau en dépassement de 100 000 UFC/L de *Legionella pneumophila* ou plus. Les cas pourraient être recherchés depuis le dernier prélèvement sous le seuil de 100 000 UFC/L de *Legionella pneumophila* jusqu'à la date de réception d'un nouveau prélèvement sous ce seuil.

- Différentes difficultés sont souvent relevées dans l'investigation et le contrôle des éclosions de légionellose, comme le sous-diagnostic probable des cas. Le manque de données sur les lieux d'expositions hors du domicile et l'absence de prélèvements cliniques ou environnementaux en temps opportun permettant de relier les cas à la source compliquent aussi la vigie et l'optimisation des méthodes de détection des agrégats. Des suggestions d'améliorations sont faites à cet égard.
- Certaines perspectives de développement et de recherche sont mentionnées. Par exemple, une plateforme géospatiale présentant les cas de légionellose et différentes sources possibles et intégrant l'analyse des agrégats pourrait permettre la visualisation et être un soutien à l'intervention.

D'autres constats et perspectives de recherche sont également énoncés.

INTRODUCTION

La légionellose est une maladie aiguë causée par des bactéries du genre *Legionella*, principalement de l'espèce *Legionella pneumophila* (*Lp*). Au Québec, entre 2016 et 2020, de 117 à 230 cas non acquis en voyage ont été déclarés annuellement (encadré 1). L'incidence de légionellose semble en augmentation au Québec et dans le monde, et serait largement sous-estimée dans les pays industrialisés (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Selon ce comité américain, le nombre de cas réels serait jusqu'à 8 ou 10 fois plus élevé que le nombre de cas rapportés. Cette sous-estimation s'expliquerait principalement par la faible proportion de pneumonies testées pour la légionellose, la sensibilité imparfaite (80-90 %) du test de l'antigène urinaire pour *L. pneumophila* et la faible utilisation des cultures spécifiques permettant de détecter d'autres espèces de légionelles (Fastl *et al.*, 2020; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020).

Encadré 1. Nombre et proportion (%) des cas de légionellose déclarés au Québec selon leur lieu d'acquisition, 2016-2020

Année	Acquis au Québec, acquisition inconnue ou information sur l'acquisition non disponible, n (%)	Acquis à l'extérieur du Québec*, n (%)
2016	117 (87,3)	17 (12,7)
2017	168 (91,3)	16 (8,7)
2018	230 (95,8)	10 (4,2)
2019	188 (93,5)	13 (6,5)
2020	176 (99,4)	<5

Note* Les cas acquis à l'extérieur du Québec ont été exclus des analyses subséquentes. Tous les autres cas, y compris ceux dont l'information était manquante, ont été considérés comme acquis au Québec.

Source : Liste des cas des MADO d'origine infectieuse, janvier 2016 à décembre 2020, extraction du 5 février 2021.

La majorité des cas de légionellose sont dits « sporadiques », parce qu'ils n'ont pas été reliés à une éclosion (définie comme la présence d'au moins 2 cas pour lesquels une évidence épidémiologique ou microbiologique d'une source commune d'infection a pu être mise en évidence) ou à un agrégat (défini comme 2 cas ou plus de légionellose ayant des caractéristiques communes de temps, lieu ou personne) par les autorités de santé publique. On connaît peu la source de ces cas sporadiques, mais il est possible que plusieurs cas soient liés à une éclosion non identifiée, notamment liée à une installation de tour de refroidissement de l'eau (ITRE) (Bhopal *et al.*, 1992; Che *et al.*, 2003; Ricketts *et al.*, 2012). Entre 2016 et 2020 au Québec, les directions de santé publique (DSPublique) ont identifié une éclosion liée à une ITRE et 16 agrégats, comportant chacun jusqu'à 28 cas (encadré 2 p. 9). Au total, seulement 10 cas (1,1 % des cas acquis au Québec) ont été liés à une éclosion de source connue.

Encadré 2. Éclosion ou agrégats de légionellose investigués au Québec, 2016-2020

Année	Source suspectée	Date du début de l'agrégat/éclosion	Nombre de cas
2016	Aucune éclosion		
2017	Inconnue	13 juin	10
	Connue : ITRE	9 juillet	10
2018	Inconnue	15 mai	<5
	Inconnue	20 mai	6
	Inconnue	12 juillet	28
	Inconnue	29 juillet	10
	Inconnue	6 août	<5
	Inconnue	21 sept.	9
2019	Inconnue : ITRE soupçonnée	7 juin	14
	Inconnue : ITRE soupçonnée	15 août	8
2020	Inconnue	14 sept.	<5
	Inconnue	7 juillet	5
	Inconnue	29 juin	5
	Inconnue	4 sept.	8
	Inconnue	13 sept.	<5
	Inconnue	22 sept.	<5
	Inconnue	6 août	6

Source : Registre des éclosions d'origine hydrique, extraction en février 2021; ajout en juin 2021 pour l'année 2020.

Les éclosions de légionellose peuvent rapidement prendre une grande ampleur. Parmi les sources connues, les ITRE sont celles qui engendrent le plus grand nombre de cas et de décès liés aux éclosions, parce qu'elles génèrent des éclosions de grande ampleur (Hamilton *et al.*, 2018). Telles que vécues à Québec en 2012, ces éclosions entraînent des investigations complexes et mobilisent beaucoup de ressources, dans un contexte de perception élevée du risque, de pression médiatique et publique et de responsabilités légales.

Une investigation précoce des agrégats est souhaitée pour mieux caractériser les sources et contrôler rapidement les éclosions de légionellose, mais celle-ci s'accompagne de questions des intervenants des directions de santé publique (DSPublique) sur ce qui constitue un agrégat important à examiner (nombre de cas, distance entre les cas, délai entre les cas). L'investigation des ITRE plus fortement contaminées pose également des questionnements (seuils de concentration, distance des cas).

La littérature scientifique sur le sujet provient surtout de rapports d'éclosions et de données de surveillance, qui sont limités par le sous-diagnostic de la légionellose et les difficultés à identifier les sources. Actuellement, les directions de santé publique disposent de certains outils pour les aider dans leur investigation des cas de légionellose, dont un guide d'intervention et le Géoportail de santé publique. Ce dernier fournit la localisation des ITRE. Il est également possible de mettre en relation les cas observés avec ces ITRE ou d'autres sources potentielles sur le territoire. Il demeure que la source d'infection comme les ITRE est difficile à identifier rapidement et que des outils supplémentaires d'investigation sont nécessaires.

La légionellose étant un type de pneumonie et une maladie sous diagnostiquée, il est pertinent, dans le cadre de la vigie syndromique, de s'attarder également aux cas de pneumonies. En effet, surtout en saison estivale, les agrégats de cas de pneumonies autour des ITRE pourraient représenter de possibles agrégats de cas de légionellose. Leur utilisation pourrait alors permettre d'améliorer la sensibilité de la vigie des agrégats de légionellose. Il existe cependant beaucoup d'autres étiologies aux pneumonies et il sera opportun de valider la valeur prédictive positive (VPP) de la détection de la légionellose en utilisant les pneumonies.

À cet égard, les méthodes d'analyse d'agrégats spatiotemporels utilisées par certains organismes sanitaires au Québec, aux États-Unis et dans d'autres pays pourraient peut-être améliorer le processus d'investigation. L'évaluation de l'utilité de ces méthodes est envisageable, car l'Institut national de santé publique (INSPQ), en plus de disposer des informations sur les cas de légionellose, reçoit annuellement une extraction de la base de données des ITRE de la Régie du bâtiment du Québec, qui inclut leur localisation et les concentrations retrouvées en légionelles. Des évaluations rétrospectives peuvent alors être menées et contribuer à une amélioration des méthodes d'investigation d'agrégats en vigie de la légionellose, en vigie syndromique et durant l'investigation et l'intervention lors d'éclosions.

OBJECTIFS

Dans le but d'améliorer l'intervention sur la légionellose au Québec, ce projet vise à examiner l'utilisation de différents modèles et approches de détection des agrégats spatiotemporels de légionellose ou de pneumonies liées aux ITRE au sein du logiciel SaTScan, pour des fins de vigie, d'investigation et d'intervention. Plus spécifiquement, les objectifs sont :

1. Évaluer l'utilité et la faisabilité (applicabilité) d'employer un ou des modèles et approches de détection des agrégats spatiotemporels (avec le logiciel SaTScan) de légionellose ou de pneumonies liés aux ITRE.
2. Préciser les paramètres de vigie et d'intervention lors de la détection d'agrégats de légionellose potentiellement liés aux ITRE et de signalement d'ITRE dépassant le seuil sanitaire :
 - a. Distances à considérer pour rechercher des cas ou des ITRE;
 - b. Durée à considérer pour rechercher des cas ou des ITRE;
 - c. Nombre de cas dans un agrégat;
 - d. Seuils de concentrations (en Lp dans les ITRE) susceptibles d'entraîner des cas de légionellose ou une éclosion;
 - e. Période de vigie accrue de la légionellose selon sa saisonnalité.

Sommairement, l'atteinte de ces objectifs repose premièrement sur une revue de littérature axée sur des questions spécifiques et une analyse de données québécoises, dont les résultats sont présentés dans le rapport #1. Ces questions sont :

1. Quelles méthodes ont été utilisées pour détecter des agrégats de légionellose?
2. Quelles sont les caractéristiques des éclosions de légionellose liées aux ITRE?
3. Quelle est la saisonnalité de la légionellose?
4. Est-ce que les cas de pneumonies acquises en communauté peuvent être utilisés pour représenter les cas de légionellose?

Ensuite, une analyse de la détection des agrégats spatiotemporels à l'aide du logiciel SaTScan de détection d'agrégats spatiotemporels a été faite. Ces analyses ont été faites à partir des données québécoises de cas de légionellose (maladies à déclaration obligatoire [MADO]), des cas de pneumonies (Système d'information pour la gestion des urgences [SIGDU]) et les ITRE. Les éclosions de légionellose (maladies d'origine hydrique [MOH]) ont servi à valider la performance des résultats. Ces résultats sont décrits dans le rapport #2.

RAPPORT 2. APPLICATION DE MÉTHODES DE DÉTECTION D'AGRÉGATS SPATIOTEMPORELS DE LÉGIONELLOSE OU DE PNEUMONIES AUTOUR DES ITRE AU QUÉBEC, 2016-2020

1 INTRODUCTION AU RAPPORT 2

L'utilisation de méthodes de détection d'agrégats spatiotemporels de légionellose n'est actuellement pas très répandue au Québec. Ces méthodes ont davantage été utilisées durant la pandémie pour détecter les agrégats de cas de COVID-19. Pour la légionellose, seule la Direction de santé publique (DSPublique) de Montréal utilise un tel outil sur une base quotidienne (Cadieux *et al.*, 2020). Le Géoportail de santé publique de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) permet cependant aux DSPublique d'identifier les ITRE (données fournies une fois par année et sur demande par la Régie du bâtiment du Québec [RBQ]) ou autre source potentielle de légionellose sur le territoire et de pouvoir les mettre en relation avec la localisation des cas identifiés (en collaboration avec le service de géomatique de l'INSPQ). La mise en place d'un outil de détection des agrégats spatiotemporels des cas de légionellose serait donc utile afin de soutenir les DSPublique dans leurs investigations des cas de légionellose et leur permettre d'accélérer leurs interventions auprès des sources suspectées.

Dans cette optique, différents modèles et approches de détection d'agrégats spatiotemporels à l'aide du logiciel SaTScan (Kulldorff *et al.*, 1997) ont été testés. Ces méthodes se basent sur le calcul d'une statistique de balayage spatiotemporel comparant l'incidence observée dans une fenêtre de forme cylindrique avec l'incidence attendue.

Les cas de légionellose et de pneumonies ont été utilisés. Dans un premier temps, l'approche focalisée a été priorisée, c'est-à-dire celle ciblant les agrégats de cas autour d'une source (ici les ITRE ont été utilisées, puisque leur localisation est documentée au Québec), en considérant les épisodes de dépassement des seuils de légionelle dans les ITRE (section « 2.5 Données et paramètres »). Dans un second temps, des approches focalisées de détection des agrégats sans considérer les épisodes de dépassement des ITRE et des approches sans prendre en compte la localisation des ITRE (approches générales), ont été testées. Pour chacune des approches, l'utilisation de modèles statistiques de Poisson et de Permutation ont été considérés. La revue de littérature produite dans la première phase du projet (rapport 1) a permis de mieux sélectionner les paramètres à utiliser pour ces analyses.

En cohérence avec les objectifs énoncés plus haut (voir section « Objectifs ») et afin de valider le potentiel d'utilité de cette méthode, la démarche a permis de décrire les agrégats identifiés et de documenter la performance (sensibilité et VPP) des différentes approches en répondant aux deux questions suivantes :

1. La détection des agrégats des cas de légionellose permet-elle d'identifier les éclosions déclarées par les DSPublique (utilisées ici comme données de référence)?

2. Dans une optique de vigie syndromique, peut-on utiliser les données de pneumonies afin de détecter de manière valide les agrégats de cas de légionellose?

Les résultats des divers modèles et approches pour les agrégats de légionellose ont donc été comparés aux éclosions déclarées par les DSPublique (voir rapport 1) et les résultats pour les agrégats de pneumonies ont été comparés aux agrégats de légionellose.

2 MÉTHODOLOGIE

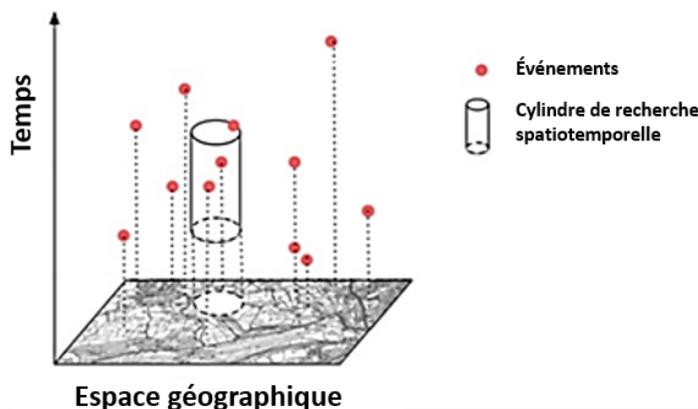
2.1 Méthode et modèles statistiques

La statistique de balayage spatial, implémentée dans le logiciel [SaTScan](#), permet de détecter la présence et l'emplacement géographique d'agrégats spatiotemporels de cas d'une maladie ou de tout autre événement d'intérêt. Elle peut être utilisée dans le cadre d'une analyse de type rétrospectif ou prospectif. L'analyse rétrospective est utilisée par exemple pour établir les agrégats à partir de données passées, alors qu'une analyse de type prospectif permet de détecter les agrégats actifs ou en émergence (c.-à-d. ceux qui surviennent dans une période définie par l'analyste) en temps réel.

Le fonctionnement général de la méthode de balayage spatiotemporel peut être décrit comme suit :

Comme il s'agit d'analyse spatiotemporelle, la fenêtre de balayage est de forme cylindrique, la base du cylindre étant l'étendue spatiale (rayon) et la hauteur du cylindre, la durée. Des cylindres sont donc implantés à un certain nombre de coordonnées géographiques sur toute la région d'étude (la province) (figure 1). Ces cylindres représentent les agrégats potentiels. Les coordonnées géographiques des cas sont déterminées soit par le centroïde d'unités géographiques, soit par les coordonnées géographiques des adresses civiques. On peut aussi y intégrer les coordonnées géographiques des sources suspectées (p. ex. les ITRE) pour une analyse focalisée. Pour chaque cylindre, le rayon de la base et la hauteur sont progressivement augmentés de 0 jusqu'aux valeurs maximales définies par l'analyste. Ainsi, la méthode de balayage spatiotemporel permet de détecter des agrégats de taille et de durée variables dans toute la région d'étude.

Figure 1 Fonctionnement de la méthode de recherche d'agrégats spatiotemporels en utilisant des cylindres de différents rayons et hauteurs*



* Adapté de : Andresen, M. A. et Malleon, N. (2015). Spatio-temporal crime hotspots and the ambient population. *Crime Science*, vol. 4, n° 1, p. 10.

Pour chaque cylindre, une statistique est calculée, soit le rapport de vraisemblance, en comparant les cas observés et attendus à l'intérieur et à l'extérieur de ce dernier. Parmi tous les cylindres (agrégats potentiels) établis, celui avec le ratio de vraisemblance le plus élevé est retenu, de même que les agrégats secondaires les plus vraisemblables. Ensuite, des simulations de type Monte-Carlo sont effectuées afin d'estimer la valeur-p, c'est-à-dire la probabilité d'un agrégat sous l'hypothèse nulle de l'absence d'agrégat. Plus la valeur-p est petite, plus l'agrégat représente une concentration de cas « anormale » ou « marquante » en matière de nombre de cas, de risque relatif, etc. La valeur-p pourrait être utile pour trier ou filtrer les agrégats afin de déterminer lesquels sont prioritaires pour les interventions ou pour une investigation plus approfondie. Un seuil de valeur-p (p. ex. 0,05) différenciant les agrégats qui sont statistiquement significatifs ou non, est souvent appliqué. Cependant, comme le choix d'un seuil de valeur-p est subjectif, tous les agrégats peuvent être pris en compte et considérés comme des événements potentiellement intéressants (p. ex. une éclosion) (Lebel *et al.*, document non publié).

Dans le modèle de probabilité de Poisson, on assume que le nombre de cas attendus (à l'intérieur et à l'extérieur du cylindre) est proportionnel à la taille de la population. Aussi, les cas et les effectifs de la population sont agrégés selon une unité géographique. Par exemple, dans l'étude actuelle, on utilise l'aire de diffusion (AD)². Une fenêtre de balayage de forme cylindrique se déplace de centroïde en centroïde de chacune des AD en créant une infinité de cylindres (milliers à millions) variant de position, de taille et de durée. En effet, de manière progressive, le rayon de la base du cylindre, qui est positionné au centroïde d'une AD, ainsi que sa hauteur, augmentent (jusqu'à un maximum).

Dans le modèle de Poisson, plus le taux d'incidence est élevé par rapport au taux attendu, plus le risque et la vraisemblance de l'agrégat sont élevés. Les agrégats avec un taux d'incidence anormalement élevé sont retenus. Puisqu'on a jugé que le taux d'incidence (de légionellose) est un bon indicateur pour la présence des agrégats et que les données de population par AD étaient disponibles, le modèle de probabilité de Poisson a été utilisé dans un premier temps. C'est également ce modèle qui a été utilisé pour la détection des agrégats de COVID-19. Il a déjà aussi été testé dans la littérature avec la légionellose (rapport 1).

Dans le modèle de probabilité de Permutation, l'analyse d'agrégats est effectuée selon la localisation des cas observés sur le territoire et non pas en fonction de données agrégées selon une unité géographique choisie (p. ex. AD). Cette statistique est basée seulement sur le nombre de cas et est utile lorsque les effectifs de la population à risque ne sont pas disponibles. Le modèle de Permutation privilégie la détection des changements temporels et spatiaux du nombre de cas. Ce modèle de probabilité a été utilisé dans un second temps dans les analyses, ceci afin de vérifier s'il pouvait performer autant ou mieux que celui de Poisson (voir rapport 1).

² Une aire de diffusion (AD) est une petite unité géographique relativement stable formée d'un ou de plusieurs îlots de diffusion avoisinants. Il s'agit de la plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données du recensement sont diffusées (<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-195-x/2011001/geo/da-ad/def-fra.htm>).

Pour plus de détails sur la statistique de balayage ainsi que les modèles de Poisson et de Permutation, le lecteur peut se référer à la littérature (Desjardins *et al.*, 2020; Kulldorff, 1997, 2001, 2018).

2.2 Approche focalisée

La méthode de détection d'agrégats spatiotemporels, selon l'approche focalisée autour des ITRE, a été privilégiée, car elle cible spécifiquement les cas potentiellement liés aux ITRE. D'autres sources pourraient éventuellement être testées avec cette méthode. Cette approche est différente de la méthode utilisée en vigie de la COVID-19 par l'INSPQ et en vigie des maladies à déclaration obligatoire (MADO) par la DSPublique de Montréal (approche générale). La méthode focalisée pourrait être plus puissante, au sens statistique, pour détecter un excès de cas autour d'une source connue (InVS, 2010).

La méthode focalisée a été appliquée pour détecter des agrégats de manière rétrospective, à partir de tous les cas survenus durant la période d'analyse. Si les données sont disponibles, il sera possible d'appliquer la même méthode de façon prospective, mais cela n'a pas été testé dans le cadre des présents travaux.

Les agrégats sont recherchés uniquement autour des ITRE dont la concentration en *Legionella pneumophila* (*Lp*) a dépassé un seuil déterminé (section « 2.5 Données et paramètres »). Les premières analyses effectuées autour de ces ITRE ont, dans un premier temps, tenu compte de la période où elles avaient des concentrations élevées en *Lp* (épisodes de dépassement-section « 2.4 Données et paramètres »). Dans un second temps, les analyses autour de ces mêmes ITRE n'ont pas pris en compte ces épisodes de dépassement.

2.3 Autres approches évaluées

L'approche non focalisée (ou générale) a également été testée pour analyser la distribution des agrégats de cas de légionellose lorsque les localisations des ITRE ne sont pas considérées. Ainsi, l'étude de la possibilité de la présence d'autres sources de contamination est réalisable.

2.4 Données et paramètres

Les sources des données ainsi que les différentes valeurs attribuées aux paramètres sont décrites dans la section suivante. Ces valeurs ont été déterminées en se basant le plus possible sur la littérature et les données québécoises disponibles (rapport 1).

2.4.1 Cas de légionellose, consultations à l'urgence pour pneumonie et écloisions de légionellose déclarées (MOH)

Les cas de légionellose proviennent du fichier des MADO infectieuses (encadré 3 p. 17). Ce dernier est complet pour ce qui est des cas diagnostiqués de légionellose, puisque la majorité le sont par antigène urinaire et les diagnostics positifs au laboratoire sont déclarés de manière automatisée.

Encadré 3. Cas de légionellose

Un cas de légionellose a été défini comme un cas confirmé de légionellose dans le fichier des MADO infectieuses (ci-après légionellose MADO) et qui n'a pas été acquis à l'extérieur du Québec. Les cas de tous âges ont été inclus. L'adresse civique complète de chaque cas est disponible.

La date du cas correspond à la date de début de maladie lorsqu'elle est disponible, sinon à la date d'épisode (date de réception de la déclaration à la DSPublique).

Les consultations à l'urgence pour pneumonie proviennent de la base de données SIGDU qui contient le diagnostic principal du médecin pour toutes les consultations à l'urgence, le code postal, la municipalité, l'âge, le sexe et l'orientation au départ du patient (hospitalisé, ambulatoire). SIGDU a été privilégié au registre MED-ÉCHO (Maintenance et exploitation des données pour l'étude de la clientèle hospitalière), parce qu'il est accessible en temps réel (en moins de 24 heures) pour la vigie syndromique dans l'Infocentre de santé publique. De plus, les pneumonies recensées dans SIGDU sont en majorité acquises en communauté, ce qui est souhaité pour la vigie de la légionellose, alors que celles recensées dans MED-ÉCHO peuvent avoir été acquises à l'hôpital (encadré 4 p. 18).

Encadré 4. Précisions sur les pneumonies

Les pneumonies sont généralement catégorisées en pneumonies acquises en communauté et en pneumonies nosocomiales, puisque cela suggère des pathogènes différents. Une pneumonie acquise en communauté est définie par défaut comme une « pneumonie qui n'est pas acquise à l'hôpital (entité clinique hétérogène causée par divers pathogènes) » (Metlay *et al.*, 2019). Une pneumonie nosocomiale est définie comme une « pneumonie qui survient 48 heures ou plus après l'admission à l'hôpital et qui n'était pas en incubation au moment de l'admission » (Kalil *et al.*, 2016).

La légionellose se manifeste par une pneumonie qui n'est pas différentiable de celles causées par d'autres pathogènes. Bien que la légionellose puisse être acquise à l'hôpital, la vaste majorité des cas sont acquis dans la communauté (CDC, 2021), surtout pour les cas liés aux ITRE. La vigie de la légionellose liée aux ITRE s'intéresse donc surtout aux cas de pneumonies acquises dans la communauté.

SIGDU et MED-ÉCHO ne contiennent pas de variable permettant de distinguer les pneumonies acquises en communauté et les pneumonies nosocomiales. Par contre, il est peu probable qu'une pneumonie diagnostiquée à l'urgence et retrouvée dans la base de données SIGDU soit nosocomiale, puisque le patient n'était pas encore admis à l'hôpital lors de la consultation (à l'exception de celles qui résulteraient d'une hospitalisation précédente récente ou d'un transfert interétablissements).

L'orientation au départ des cas est cependant disponible (hospitalisé, ambulatoire). Les cas hospitalisés ont été utilisés, puisque leur sévérité pourrait davantage correspondre aux pneumonies causées par *Legionella*.

La source d'information pour les éclosions de légionellose est le bilan annuel des éclosions de maladies d'origine hydrique (MOH) en retenant la période de 2016 à 2020. Les éclosions considérées sont celles pour lesquelles la source est inconnue ou liées aux ITRE. L'éclosion y est déclarée à l'échelle de la ville ou de l'arrondissement. La date de début de l'éclosion correspond à celle des symptômes du premier cas, sinon à la date de réception de la première déclaration à la DSPublique. Comme le fichier d'éclosion ne fournit pas de date de fin de l'épisode, elle a été estimée à 90 jours de la date de début déclarée.

Géolocalisation des cas

Pour l'application de la méthode basée sur le modèle de Poisson, les cas ont été agrégés par AD. Les cas de légionellose (MADO) ont été assignés à l'AD selon leur adresse civique complète avec l'outil iRecherche du ministère de la Sécurité publique. Quelques cas (environ 1 %) ont été exclus, parce qu'ils ne pouvaient pas être géolocalisés (à cause d'une adresse manquante, incomplète ou erronée).

Les consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) ont été assignées à l'AD selon le code postal à six positions et la municipalité de résidence du patient à l'aide du programme en format SAS (Statistical Analysis System), développé par l'INSPQ pour l'attribution d'un indice de défavorisation matérielle et sociale. Ce programme est dérivé du fichier de conversion des codes postaux de Statistique Canada et de Postes Canada (FCCP+), qui permet une correspondance entre le code postal à six caractères de la Société canadienne des postes et les zones géographiques standards de Statistique Canada. Quelques cas (moins de 1 %) ont été exclus, parce qu'ils ne pouvaient pas être géolocalisés. Pour le modèle de Permutation, les cas ne sont pas agrégés par unité géographique d'effectifs. Dans l'application de ce modèle, les cylindres sont positionnés sur la localisation de chaque cas, tel que décrit ci-haut.

Les informations sur les données des cas de légionellose et de pneumonie sont résumées au tableau 1.

Tableau 1 Sources de données, définitions de cas et variables utilisées

Données	Source	Années disponibles	Définition de cas	Variables utilisées
Légionellose	Fichier des MADO infectieuses (Infocentre de santé publique)	2006-2020	Cas confirmé selon la définition nosologique québécoise. Âge : tous âges. Acquis à l'extérieur du Québec, avec les choix de réponse : non, inconnu ou manquant.	Adresse civique complète; Âge; Date de début de maladie sinon date d'épisode; Acquis à l'extérieur du Québec avec les choix de réponse : non, inconnu ou manquant.
Pneumonie	Système d'information pour la gestion des urgences (SIGDU)	2014-2020	Diagnostic principal : pneumonie Âge : 40 ans et plus Orientation au départ : hospitalisé	Code postal et municipalité; Date d'admission; Âge; Orientation au départ.

Période d'étude pour l'analyse des données sanitaires

Les analyses de détection d'agrégats de légionellose et de pneumonies ont été concentrées sur les cas survenant pendant la période estivale, soit ici du 18 mars au 28 novembre. Cette période a été définie en fonction de la période des dépassements des ITRE située entre le 1^{er} avril et le 31 octobre. Un laps de temps a ensuite été ajouté, de 14 jours avant le 1^{er} avril et de 28 jours après le 31 octobre (section « Période de dépassement et épisodes de dépassement des ITRE »).

La période d'étude définit l'intervalle de temps pendant lequel l'analyse des agrégats est effectuée. Elle sert à préciser le risque de référence, correspondant à l'incidence moyenne durant cette période pour la totalité du Québec. Ce risque de référence détermine le nombre de cas attendus (à l'intérieur et à l'extérieur de chaque cylindre) et permet d'établir la présence d'un agrégat selon sa vraisemblance. Pour les cas de légionellose (MADO), l'année entière est considérée pour définir le risque de référence, puisque l'incidence hivernale est faible. Cela devrait permettre de détecter plus aisément les agrégats estivaux, s'ils sont présents.

Cependant, seuls les agrégats survenus entre le 18 mars et le 28 novembre sont retenus pour les fins de l'analyse; ceux survenus en dehors de cette période sont retirés. La légionellose présente une saisonnalité estivale (rapport 1). De plus, suivant la prémisse que les ITRE pourraient être une source importante de contamination environnementale et que celles-ci commencent à être en fonction lorsqu'il y a des besoins de climatisation ou de réfrigération, il semble raisonnable de se concentrer sur la période estivale. Les données préliminaires sur les ITRE québécoises des dernières années (publication à venir) indiquent que les concentrations en *Lp* dans les ITRE commencent généralement à augmenter en avril, pour ensuite diminuer lentement vers la fin de l'automne.

Les pneumonies (données SIGDU) tendent à avoir une étiologie infectieuse non environnementale (c.-à-d. influenza, pneumocoques, etc.) et une incidence élevée en hiver, qui n'est pas représentative de la pneumonie causée par *Lp*. Ainsi, la restriction de la période d'étude à la période estivale permet de diminuer l'impact des pneumonies d'étiologie autre que la légionellose pour la détection des agrégats.

2.4.2 Installations de tour de refroidissement à l'eau (ITRE)

Selon la réglementation québécoise, une ITRE correspond à une ou plusieurs tours de refroidissement dont l'eau circule dans le même circuit ouvert (Gouvernement du Québec, 2014). Les données sur les ITRE de juridiction provinciale proviennent de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ).

Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé une base de données sur les résultats des prélèvements effectués aux ITRE pour les années 2016-2020 (demande spéciale auprès de la RBQ). Nous avons également utilisé les fichiers reçus sur une base annuelle de la RBQ (utilisés pour le Géoportail de santé publique) quant aux ITRE présentes, leur localisation et statut (p. ex. actif). Les coordonnées géographiques des ITRE sont présentes dans les fichiers de la RBQ depuis 2019 alors qu'auparavant, l'INSPQ effectuait la géolocalisation à l'aide de l'outil GOLOC du ministère de la Sécurité publique.

Parfois, plusieurs ITRE ont la même localisation. Nous avons attribué un identifiant unique à chaque localisation géographique. Ainsi, les résultats des prélèvements de toutes les ITRE se trouvant à la même position géographique ont été attribués à cette même localisation. La méthode détecte donc des agrégats autour d'une localisation géographique, sans égard au nombre d'ITRE qui s'y trouvent.

Les informations sur les données des ITRE se retrouvent au tableau 2 (p. 21).

Tableau 2 Sources de données des ITRE

Donnée	Source	Années disponibles	Définition de cas	Variable utilisée
ITRE	Régie du bâtiment du Québec	2016-2020 (demande spéciale et fichiers annuels)	ITRE au sens du règlement : une ou plusieurs tours de refroidissement dont l'eau circule dans le même circuit ouvert.	Adresse civique complète; Résultats des prélèvements.

Seuils de concentration en L_p dans les ITRE

Les seuils de concentration en L_p dans une ITRE de 100 000 et 1 000 000 UFC/L ont été retenus pour les analyses. La concentration de 1 000 000 UFC/L correspond au seuil de risque sanitaire dans la réglementation québécoise. De plus, plusieurs éclosions sont survenues dans le monde lorsque l'ITRE impliquée avait une concentration inférieure à 1 000 000 UFC/L, mais aussi supérieure à 100 000 UFC/L (rapport 1). Un seuil d'intervention de 50 000 UFC/L a été proposé par un comité d'experts américain (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020), mais ce seuil n'est pas spécifique aux ITRE. Un seuil d'intervention de 10 000 UFC/L est utilisé au Québec. Ce seuil de 10 000 UFC/L n'a pas été retenu pour l'analyse, parce que peu d'éclosions ont été associées uniquement à des concentrations entre 10 000 et 100 000 UFC/L dans la littérature (rapport 1) et parce que de nombreuses ITRE en dépassement de ce seuil auraient été rapprochées les unes des autres dans l'espace et le temps, ce qui aurait complexifié les analyses.

Les analyses de détection des agrégats sont effectuées en utilisant les seuils de 1 000 000 et 100 000 UFC/L de façon distincte. Dans les fichiers de la RBQ, plusieurs résultats de prélèvements (33,4 %; 805/2407) indiquent une concentration au-delà de 100 000 UFC/L L_p sans qu'aucune légionelle n'ait été identifiée. Il s'agit d'échantillons où la présence de L_p à ces concentrations ne peut être exclue (valeur minimale de détection [VMR], c'est-à-dire la « plus basse concentration en L_p que l'on pourrait mesurer en fonction des volumes et des dilutions effectuées pour un échantillon » [Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2014]). Ces résultats ont été considérés comme des dépassements avec présence de L_p dans les analyses, puisque la RBQ les traite ainsi et qu'ils entraînent une intervention dans l'ITRE.

Période de dépassement et épisodes de dépassement des ITRE

Comme déjà souligné, seuls les dépassements ayant eu lieu entre le 1^{er} avril et le 31 octobre ont été inclus, de manière à se concentrer sur la période estivale pour la détection des agrégats.

Les données disponibles ne permettent pas de savoir exactement les dates de début et de fin d'un épisode de dépassement d'une ITRE, puisque l'on dispose la majorité du temps uniquement du résultat d'un prélèvement par mois, sauf lorsqu'il y a intervention et prélèvements à nouveau. La rapidité des changements de concentrations dans les ITRE n'est pas non plus bien connue dans la littérature (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020). Aussi, pour l'établissement des épisodes de dépassement, il a été considéré que le dépassement peut avoir commencé environ 14 jours avant un prélèvement au-dessus du seuil et se terminer 28 jours après la fin du dernier prélèvement au-dessus du seuil. La durée de

28 jours permet de considérer la possibilité que l'ITRE soit restée positive plusieurs jours après le prélèvement positif et de prendre en compte dans l'analyse une période d'incubation moyenne de 2 à 10 jours à la suite de l'exposition des cas, avant qu'ils ne développent la maladie (la date des cas étant au mieux selon le début de leurs symptômes). Ces valeurs de 14 et de 28 jours ont aussi été choisies, parce qu'elles assurent un nombre constant de chaque journée de la semaine. Les épisodes de dépassement sont pris en compte dans les analyses pour lesquelles on les considère (focalisées avec épisodes de dépassement).

Certaines ITRE présentent plus d'un prélèvement au-dessus du seuil par année : en moyenne pour la période 2016-2020, sept ITRE pour le seuil de 1 000 000 et 89 ITRE pour celui de 100 000 UFC/L. Ces résultats au-dessus du seuil peuvent être consécutifs ou entrecoupés de résultats sous le seuil. Cependant, SatSCan ne permet pas de spécifier plus d'un épisode de dépassement par localisation géographique d'ITRE par année (Kulldorff, 2018). En cas de dépassements non consécutifs, toute la durée entre les résultats au-dessus du seuil a donc été considérée dans l'épisode de dépassement, même si elle était possiblement entrecoupée de résultats sous le seuil. À titre d'exemple, pour 2016, cela a représenté 18 % des ITRE qui ont été considérées en dépassement plus longtemps qu'elles ne le sont en réalité, pour 15 % de journées en plus.

2.4.3 Autres paramètres

Territoire à l'étude

L'incidence de la légionellose varie entre les régions. Les régions plus peuplées, denses et urbanisées ont tendance à avoir des incidences plus élevées. Il y a probablement aussi une variation à l'intérieur même des régions, entre les zones urbanisées et les zones rurales. Pour plusieurs régions, il n'y a toutefois pas beaucoup de cas de légionellose pour effectuer une analyse à l'échelle régionale ou sous-régionale. Devant la complexité d'établir clairement des territoires d'analyses, il a été décidé de d'abord tester une analyse des agrégats à l'échelle du Québec.

2.4.4 Effectifs de population

La méthode de détection d'agrégats selon la distribution de Poisson nécessite de disposer d'effectifs de population. L'unité géographique retenue pour les analyses est l'AD, soit une des plus petites unités géographiques du recensement avec l'ensemble des informations sur les caractéristiques de la population (p. ex. nombre, âge, revenu). Le recensement de 2016 a été utilisé ainsi que les estimations des effectifs de population fournis par l'Institut de la statistique du Québec pour 2019 et 2020. Les effectifs de 2017 et 2018 ont été estimés par interpolation.

Pour l'analyse des cas de légionellose, l'ensemble de la population (tout groupe d'âge) a été incluse alors que pour l'analyse des pneumonies, les analyses ont été limitées à la population âgée de plus de 40 ans.

Les informations sur les données des effectifs de population se retrouvent au tableau 3 (p. 23).

Tableau 3 Sources de données des effectifs de la population et variables utilisées

Donnée	Source	Années disponibles	Définition	Variable utilisée
Effectifs de population par AD	Recensement de 2016	2016-2018 (interpolation en 2017 et 2018)	Population de tous âges (pour les agrégats de légionellose) ou de 40 ans et plus (pour les agrégats de pneumonie).	Âge
	Estimés par l'ISQ	2019-2020		

Taille spatiale maximale des cylindres

La taille spatiale maximale des cylindres est fixée par un pourcentage de la population à risque à laquelle on peut y ajouter le critère d'une taille géographique du rayon. Lorsque le premier des deux critères est atteint, la recherche d'agrégat se termine à cet endroit et se poursuit à un autre emplacement. Par défaut, SatScan retient 50 % de la population à risque ou du nombre de cas possible. Pour la détection d'agrégats de COVID-19 sur le territoire québécois, les différents tests effectués avec l'utilisation de 50 % de la population à risque se sont avérés insatisfaisants pour des fins d'intervention en santé publique. Les agrégats étaient alors de très grande taille et couvraient de vastes territoires, sans compter le temps d'exécution excessivement long (approche générale). Une population à risque de 0,25 % a été utilisée, soit un effectif d'au plus environ 20 000 personnes dans un cylindre, de manière à ce que les agrégats obtenus puissent être plus facilement examinés par les DSPublique. C'est ce qui a été retenu pour la détection des agrégats de COVID-19 à la suite de différents tests (Lebel *et al.*, 2021).

Ainsi, pour la détection des agrégats de cas de légionellose selon l'approche générale avec la statistique de Poisson, 0,25 % de la population à risque a aussi été retenu. Pour l'analyse des cas de pneumonie, 0,45 % de la population à risque a été utilisé, considérant que le groupe d'âge étudié est celui des 40 ans et plus. Un rayon de six kilomètres (rapport 1) a aussi été retenu pour les analyses. Ce choix de critères visait également à s'assurer d'un temps d'exécution réaliste des analyses.

Dans l'analyse de la légionellose, pour les approches focalisées avec ou sans épisodes de dépassement selon le modèle de Poisson ou de Permutation, il a été possible de retenir 50 % de la population à risque ou un rayon de 6 km, puisque l'analyse se concentre sur les cas de pneumonies ou de légionellose autour des ITRE ayant dépassé les seuils retenus. L'analyse générale selon le modèle de Permutation utilise aussi comme taille maximale des cylindres 50 % des cas (comme population à risque) ou un rayon de 6 km, l'analyse ne portant que sur la localisation des cas de légionellose ou de pneumonies.

Durée maximale des cylindres

Une durée maximale de 90 % de la période d'étude a été retenue pour les méthodes avec le modèle de Poisson et de 50 % pour celles avec le modèle de Permutation. Il s'agit des valeurs par défaut imputées par le logiciel SaTScan. Pour les cas de légionellose, cela pouvait

correspondre à une longue durée, mais les agrégats présents hors de la période d'étude (très peu nombreux) n'ont pas été considérés.

Résumé des données et paramètres pour les analyses

Le tableau 4 résume les valeurs des données et les paramètres de détection des agrégats utilisés dans les analyses focalisées avec épisodes de dépassement (modèle de Poisson).

Tableau 4 Valeurs des données et paramètres de détection d'agrégats selon l'approche focalisée autour des ITRE tenant compte des épisodes de dépassement (modèle de Poisson)

Approche focalisée avec épisodes de dépassement (statistique de Poisson)	
Paramètre	Valeur
Type d'analyse	Rétrospective
Statistique	Statistique de balayage spatiotemporelle basée sur une distribution de Poisson – agrégats avec taux d'incidence anormalement élevé
Cas	Légionellose (MADO); pneumonie (SIGDU)
Période d'étude des cas et de référence	MADO : 1 ^{er} janvier au 31 décembre SIGDU : 18 mars au 28 novembre
Unité d'agrégation spatiale des cas	Aire de diffusion
Centroïde des cylindres	Approche focalisée : les cylindres sont centrés sur la localisation géographique des ITRE ayant dépassé 1 000 000 ou 100 000 UFC/L
Période de dépassement des ITRE	1 ^{er} avril au 31 octobre
Épisode de dépassement des ITRE	Spécifique à chaque localisation géographique d'ITRE en dépassement
Forme	Cylindres
Taille spatiale maximale des cylindres (rayon ou effectif correspondant)	50 % de la population à risque* (ou rayon de 6 km)
Nombre minimum de cas des cylindres	2 cas
Durée maximale des cylindres	90 % de la période d'étude des cas (329 jours pour MADO et 230 jours pour SIGDU)
Durée minimale des cylindres	1 journée
Cylindres superposés	Les agrégats superposés ne sont pas permis. SaTScan détermine les plus vraisemblables.
Seuil de signification statistique**	Valeur-p < 0,05
Covariables d'ajustement	Aucune

* Population à risque : population générale pour MADO, 40 ans et + pour SIGDU.

** Le seuil de signification statistique a été fixé par convention à 0.05. Cependant, des agrégats non statistiquement significatifs pourraient tout de même être retenus pour analyse étant donné que cette limite est arbitraire.

Le tableau 5 (p. 25) présente les valeurs des données et les paramètres utilisés dans les autres approches et modèles statistiques évaluées. Ces approches et ces modèles comprennent celles focalisées sans épisode de dépassement et générales avec la statistique de Poisson. Elles comprennent aussi toutes celles utilisant la statistique de Permutation.

Tableau 5 Valeurs des données et paramètres de détection d'agrégats pour les autres approches et modèles évalués

Paramètre	Approche et modèle		
	Approche focalisée sans épisode de dépassement (statistique de Poisson)	Approche générale (statistique de Poisson)	Approches focalisées avec et sans épisode de dépassement et générale (statistique de Permutation)
Type d'analyse	Rétrospectif	Rétrospectif	Rétrospectif
Statistique	Statistique de balayage spatiotemporelle basée sur une distribution de Poisson	Statistique de balayage spatiotemporelle basée sur une distribution de Poisson	Statistique de balayage spatiotemporelle basée sur la statistique de Permutation
Cas	Légionellose (MADO); pneumonie (SIGDU)	Légionellose (MADO); pneumonie (SIGDU)	Légionellose (MADO); pneumonie (SIGDU)
Période d'étude des cas et de référence	MADO : 1 ^{er} janvier au 31 décembre; SIGDU : 18 mars au 28 novembre	MADO : 1 ^{er} janvier au 31 décembre; SIGDU : 18 mars au 28 novembre	MADO : 1 ^{er} janvier au 31 décembre; SIGDU : 18 mars au 28 novembre
Unité d'agrégation spatiale des cas	Aire de diffusion	Aire de diffusion	MADO : Aucune; SIGDU : Aucune – les cylindres sont tout de même centrés sur les AD (associées au code postal)
Forme	Cylindres	Cylindres	Cylindres
Centroïde des cylindres	Localisation géographique des ITRE ayant dépassé 1 000 000 ou 100 000 UFC/L	Centroïdes des aires de diffusion	Approche focalisée : localisation géographique des ITRE ayant dépassé 1 000 000 ou 100 000 UFC/L Approche générale : les cylindres sont centrés sur les coordonnées géographiques des cas (MADO) ou les centroïdes des AD (SIGDU)
Période de dépassement	Non applicable	Non applicable	<ul style="list-style-type: none"> Approche focalisée avec épisodes de dépassement : 1^{er} avril au 31 octobre; Non applicable pour les autres approches.
Épisode de dépassement	Non applicable	Non applicable	<ul style="list-style-type: none"> Approche focalisée avec épisodes de dépassement : spécifique à chaque localisation géographique de ITRE en dépassement; Non applicable pour les autres approches.

Tableau 5 Valeurs des données et paramètres de détection d'agrégats pour les autres approches et modèles évalués (suite)

	Approche et modèle		
Taille spatiale maximale des cylindres (rayon ou effectif correspondant)	50 % de la population à risque* (ou rayon de 6 km)	0,25 % de la population à risque* (ou rayon de 6 km) pour MADO; 0,45 % de la population à risque* (ou rayon de 6 km) pour SIGDU	50 % des cas** (ou rayon de 6 km) pour MADO et SIGDU
Nombre minimum de cas des cylindres	2 cas	2 cas	2 cas
Durée maximale des cylindres	90 % de la période d'étude des cas (329 jours pour MADO et 230 jours pour SIGDU)	90 % de la période d'étude des cas (329 jours pour MADO et 230 jours pour SIGDU)	50 % de la période d'étude des cas (183 jours pour MADO et 128 jours pour SIGDU)
Durée minimale des cylindres	1 journée	1 journée	1 journée
Cylindres superposés	Les agrégats superposés ne sont pas permis. SaTScan détermine le plus vraisemblable.	Les agrégats superposés ne sont pas permis. SaTScan détermine le plus vraisemblable.	Les agrégats superposés ne sont pas permis. SaTScan détermine le plus vraisemblable.
Seuil de signification statistique***	Valeur-p < 0,05	Valeur-p < 0,05	Valeur-p < 0,05
Covariables d'ajustement	Aucune	Aucune	Aucune

* Population à risque : population générale pour MADO, 40 ans et + pour SIGDU.

** Cas : tous les cas pour MADO, 40 ans et + pour SIGDU.

*** Le seuil de signification statistique a été fixé par convention à 0.05. Cependant, des agrégats non statistiquement significatifs pourraient tout de même être retenus pour analyse, étant donné que cette limite est arbitraire.

2.5 Évaluation de la performance

L'évaluation de la performance est importante, puisqu'il existe des enjeux aux agrégats faussement négatifs et positifs. Dans le premier cas, l'investigation d'un réel agrégat pourrait être négligée et, dans le second, des ressources pourraient être consacrées à une situation qui ne le nécessite pas.

2.5.1 Comparaison des agrégats de légionellose et des éclosions de légionellose

Une comparaison quantitative entre les agrégats de cas de légionellose et les éclosions déclarées par les DSPublique a été réalisée afin d'évaluer la performance (sensibilité et valeur prédictive positive-VPP) de la méthode de détection des agrégats pour détecter les éclosions de légionellose déclarées. Les éclosions ont été utilisées comme référence malgré leurs limites afin de voir la comparabilité des méthodes. En effet, la détection et la déclaration des éclosions peuvent varier d'une région et d'une période à l'autre et la résolution spatiale déclarée des éclosions est limitée (p. ex. ville). Dans ce contexte, les mesures de sensibilité et de VPP sont

interprétées comme des mesures de ressemblance entre les agrégats et les éclosions. Le manque de correspondance entre les deux peut aussi être dû aux limites liées aux éclosions déclarées par les DSPublique. Les agrégats devraient minimalement détecter les éclosions majeures.

La comparaison entre les agrégats des cas de légionellose (MADO) et les éclosions (MOH) a donc été synthétisée par un calcul de sensibilité et de VPP en utilisant les éclosions comme référence :

- Sensibilité = Probabilité (agrégat MADO + / éclosion MOH +).

Ou encore : la proportion des éclosions de légionellose (MOH) détectées par les agrégats de légionellose (MADO);

- VPP = Probabilité (éclosion MOH + / agrégat MADO +).

Ou encore : la proportion des agrégats de légionellose (MADO) correspondant à une éclosion de légionellose (MOH) déclarée.

La correspondance entre les éclosions (MOH) et les agrégats de légionellose (MADO) est établie selon des critères de chevauchement spatial (requête spatiale dans le logiciel QGIS) et temporel (validation subséquente). Par exemple, un agrégat de cas de légionellose (MADO) pourra être jugé comme correspondant à une éclosion de légionellose (MOH) si la durée de l'agrégat chevauche la durée de l'éclosion et s'il y a présence de chevauchement spatial.

Il est aussi possible de calculer la sensibilité et la VPP à partir d'un sous-échantillon d'agrégats, basé sur le seuil de signification statistique de l'agrégat (valeur-p). En restreignant l'évaluation à un sous-échantillon d'agrégats de légionellose (MADO) statistiquement plus robuste (plus faible valeur-p), il est possible que ces derniers détectent mieux les éclosions et que la VPP en soit ainsi améliorée (au détriment de la sensibilité). Les critères et les paramètres utilisés pour faire les analyses de sensibilité et de VPP sont détaillés ici :

- Critère spatial :
 - Tout chevauchement spatial;
- Critère temporel :
 - Tout chevauchement temporel dans l'année;
- Seuils statistiques :
 - Pas de seuil (tous les agrégats sont utilisés);
 - Une valeur-p < 0,25 a été sélectionnée empiriquement pour les agrégats de légionellose (MADO), ce qui permet de considérer de 20 à 25 % des agrégats;

- Méthodes et approches : toutes les méthodes de détection d'agrégats (focalisée avec/sans date de dépassement et générale, utilisant la Permutation ou une distribution de Poisson);
- Seuils de dépassement (lors de l'utilisation d'une approche focalisée) :
 - 1 000 000 CFU/L *Lp*;
 - 100 000 CFU/L *Lp*.

2.5.2 Comparaisons des agrégats des cas de légionellose et des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie

Pour évaluer si la base de données SIGDU peut être utilisée pour la détection des agrégats de légionellose (en période estivale), la sensibilité et la VPP des agrégats de pneumonies (SIGDU) à détecter les agrégats de légionellose (MADO) ont été évaluées. Les agrégats de pneumonies doivent minimalement avoir une bonne performance pour détecter les agrégats de légionellose (MADO). Dans ce cas, leur performance à détecter les éclosions pourra être évaluée. En utilisant les agrégats de légionellose (MADO) comme référence, la sensibilité mesure la capacité des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) à identifier les agrégats de légionellose, tandis que la VPP renseigne sur leur habileté à représenter spécifiquement les agrégats de légionellose :

- Sensibilité = Probabilité (agrégat SIGDU + / agrégat MADO +).

Ou encore : la proportion des agrégats de légionellose (MADO) détectés par les agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU);

- VPP = Probabilité (agrégat MADO + / agrégat SIGDU +).

Ou encore : la proportion des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) qui correspondent à des agrégats des cas de légionellose (MADO).

La correspondance entre les agrégats de légionellose (MADO) et de pneumonies (SIGDU) peut être définie selon des critères de chevauchement spatial et temporel. La correspondance spatiale et temporelle a été effectuée à partir des informations des agrégats MADO et SIGDU générés (fichiers SaTScan). En effet, on y retrouve la liste des aires de diffusion comprises dans les agrégats ainsi que leur date de début et de fin. L'analyse a été effectuée dans le logiciel R. Pour qu'il y ait correspondance spatiale, il devait y avoir au moins une AD commune entre deux agrégats (MADO et SIGDU).

Enfin, il est possible de calculer la sensibilité et la VPP à partir d'un sous-échantillon d'agrégats, basé sur le seuil de signification statistique de l'agrégat. En effet, en restreignant le calcul de sensibilité et de VPP à un sous-échantillon d'agrégats de légionellose (MADO) statistiquement plus robuste (plus faible valeur-p), il est possible que les agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) détectent mieux ces agrégats de légionellose et que la sensibilité en soit ainsi améliorée.

Pour le calcul de sensibilité et de VPP, les critères suivants ont été utilisés :

- Critère spatial :
 - Tout chevauchement spatial;
- Critère temporel :
 - Tout chevauchement temporel dans l'année;
- Seuils statistiques :
 - Pas de seuil (tous les agrégats sont utilisés);
 - Une valeur- $p < 0,25$ a été choisie empiriquement, ce qui correspond à 20 à 25 % des agrégats de légionellose (MADO). Il n'a pas été jugé utile de tester le modèle de Permutation avec un seuil de valeur- p , étant donné le peu de résultats obtenus;
- Approches : toutes les approches de détection d'agrégats (focalisée avec/sans date de dépassement, générale; utilisant la Permutation ou une distribution de Poisson);
- Seuil de dépassement :
 - 100 000 CFU/L *Lp* lors de l'utilisation d'une méthode focalisée. Seul ce seuil a été testé, étant donné la plus faible sensibilité et VPP des résultats d'analyse sur les agrégats et éclosions de légionellose avec un seuil de 1 000 000 CFU/L *Lp*.

3 RÉSULTATS

3.1 Analyse descriptive

3.1.1 Approche focalisée avec épisodes de dépassement, modèle de Poisson

La figure 2 illustre le nombre moyen annuel d'agrégats de légionellose et de pneumonies pour les années 2016-2020, selon le seuil de dépassement et la signification statistique. Ces résultats sont aussi présentés dans les tableaux 6 et 7 (p. 31), en plus du nombre d'agrégats pour chaque année selon ces paramètres.

L'approche focalisée avec épisodes de dépassement détecte en moyenne 0,6 à 12 agrégats pour la période 2016 à 2020 selon le seuil de dépassement, le niveau de signification et l'utilisation des cas de légionellose (MADO) ou de pneumonies (SIGDU) (tableaux 6 et 7 p. 31). De manière générale, il y a davantage d'agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie que d'agrégats de cas déclarés de légionellose (MADO) pour les années étudiées.

Il y a environ au moins deux fois le nombre d'agrégats autour des ITRE dépassant le seuil de 100 000 UFC/L par rapport aux ITRE dépassant le seuil de 1 000 000 UFC/L, ce qui est vrai autant pour les agrégats de légionellose que de pneumonies. Le nombre d'agrégats varie peu d'année en année. La majorité des agrégats ne sont pas statistiquement significatifs au seuil de 5 %.

Figure 2 Nombre moyen annuel d'agrégats de cas de légionellose et de consultations à l'urgence pour pneumonie, selon l'approche focalisée avec épisodes de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

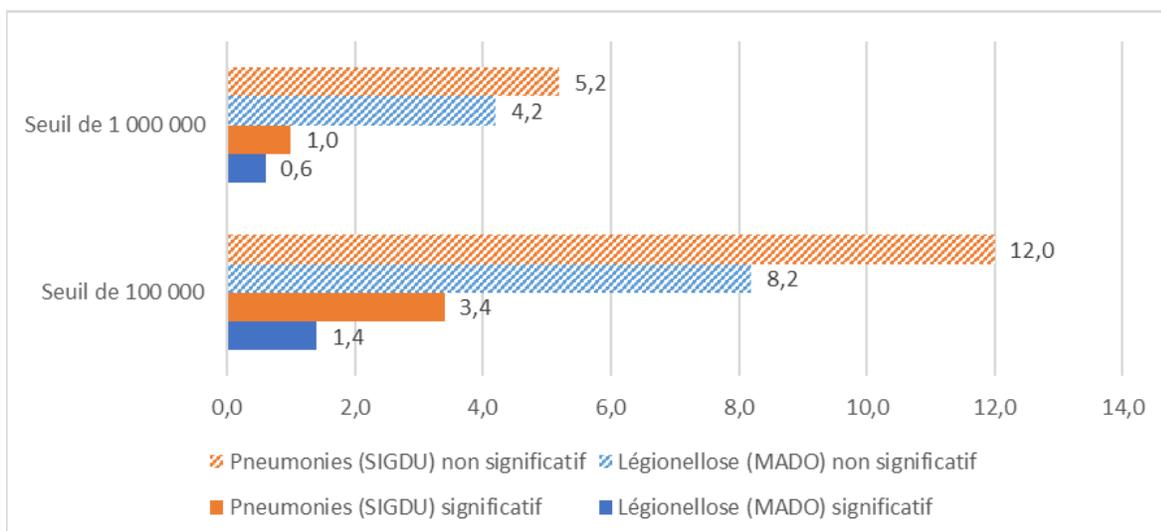


Tableau 6 Nombre d'agrégats de cas de légionellose (MADO) détectés par année, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total	Moyenne
Seuil de 1 000 000	5,0	3,0	5,0	6,0	5,0	24,0	4,8
Non significatifs	5,0	3,0	4,0	6,0	3,0	21,0	4,2
Significatifs	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	3,0	0,6
Seuil de 100 000	9,0	12,0	10,0	9,0	8,0	48,0	9,6
Non significatifs	8,0	11,0	7,0	8,0	7,0	41,0	8,2
Significatifs	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	7,0	1,4

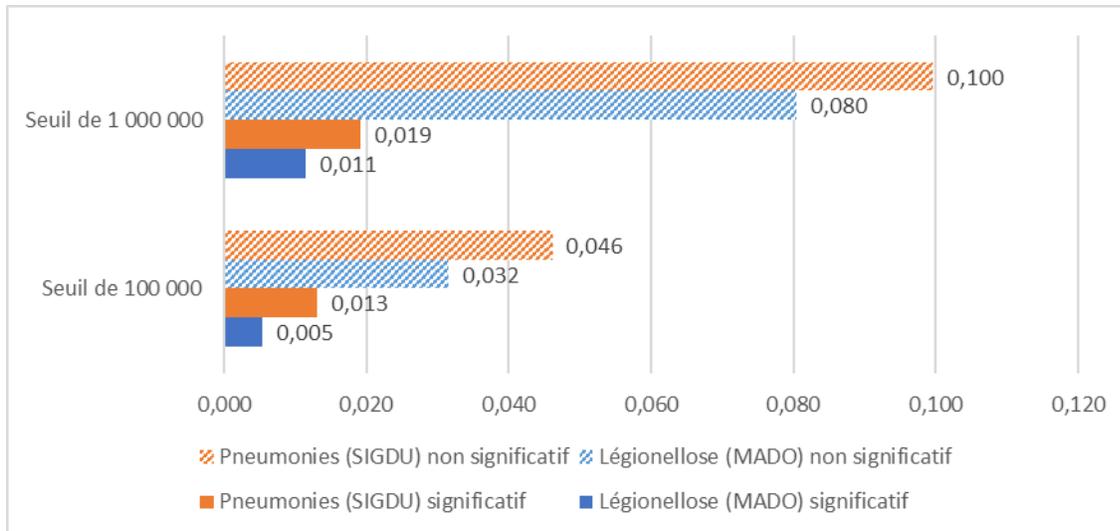
Tableau 7 Nombre d'agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) détectés par année, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total	Moyenne
Seuil de 1 000 000	2,0	5,0	5,0	9,0	10,0	31,0	6,2
Non significatifs	2,0	3,0	5,0	8,0	8,0	26,0	5,2
Significatifs	0,0	2,0	0,0	1,0	2,0	5,0	1,0
Seuil de 100 000	9,0	20,0	20,0	16,0	12,0	77,0	15,4
Non significatifs	7,0	16,0	15,0	12,0	10,0	60,0	12,0
Significatifs	2,0	4,0	5,0	4,0	2,0	17,0	3,4

Les résultats par région sociosanitaire sont présentés à l'annexe A.

La figure 3 (p. 32) présente le rapport du nombre d'agrégats détecté sur le nombre d'épisodes de dépassement, selon le seuil de dépassement et la signification statistique, pendant la période d'étude (2016-2020). Ce rapport se situe entre 0,5 % et 10 %. Plus de deux fois plus d'agrégats non significatifs par épisode de dépassement semblent détectés autour des ITRE dépassant le seuil de 1 000 000 qu'autour de celles dépassant 100 000 UFC/L, ce qui est vrai autant pour les cas de légionellose que de pneumonies. Ce rapport est similaire en considérant seulement les agrégats significatifs. Ces résultats sont exploratoires mais intéressants, puisqu'ils mettent en lumière le fait que bien que davantage d'agrégats soient associés aux ITRE de plus de 100 000 UFC/L (figure 2 p. 30), les ITRE qui dépassent 1 000 000 UFC/L présentent proportionnellement plus d'agrégats par épisode de dépassement (figure 3 p. 32).

Figure 3 Rapport du nombre d'agrégats de légionellose ou de pneumonies sur le nombre d'épisodes de dépassement, selon l'approche focalisée avec épisodes, le seuil de dépassement et la signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020



3.1.2 Comparaison entre les approches, modèle de Poisson

Outre les analyses basées sur une approche focalisée en considérant les épisodes de dépassement, d'autres analyses ont été réalisées sur la base du modèle de Poisson dont :

- Approche focalisée autour des ITRE sans égard aux épisodes de dépassement;
- Approche générale.

Les figures 4 à 7 (p. 33 à p. 36) présentent les résultats obtenus avec la statistique de Poisson selon les différentes approches et seuils, pour MADO et SIGDU. Les résultats déjà présentés de l'approche focalisée autour des ITRE avec épisodes (ép.) de dépassement sont également indiqués comme référence ou comparaison.

Figure 4 Nombre moyen annuel d'agrégats des cas de légionellose (MADO) détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

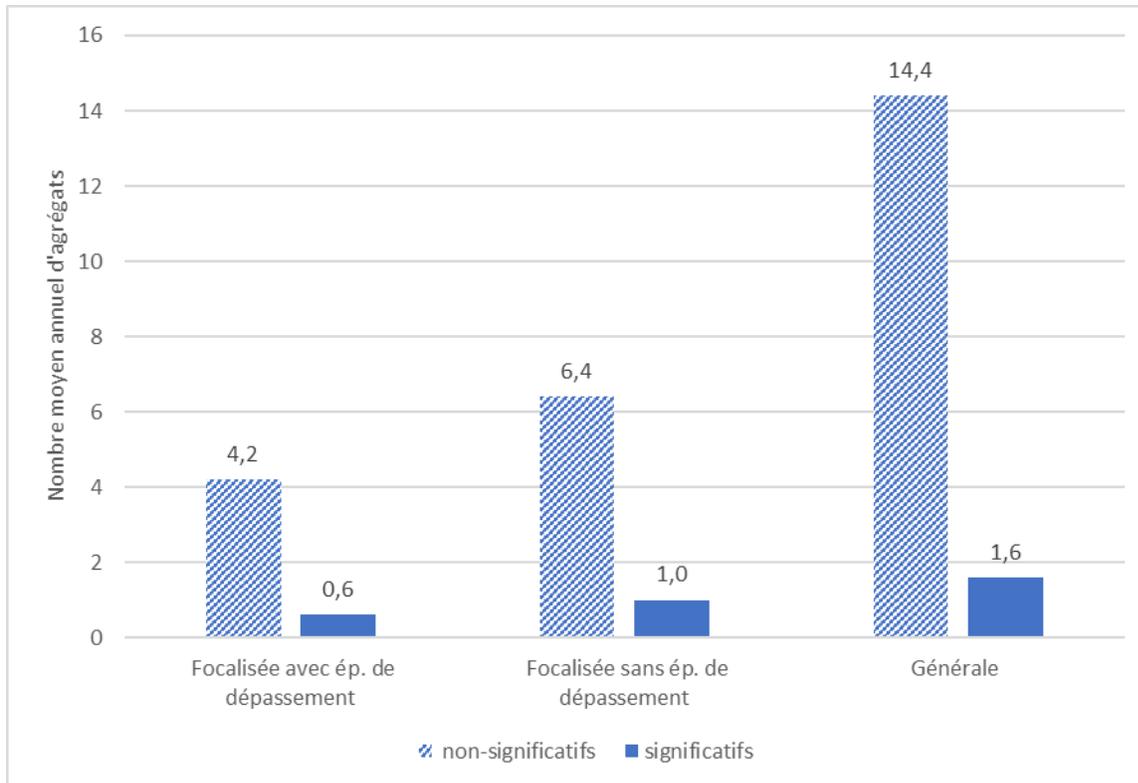


Figure 5 Nombre moyen annuel d'agrégats MADO détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

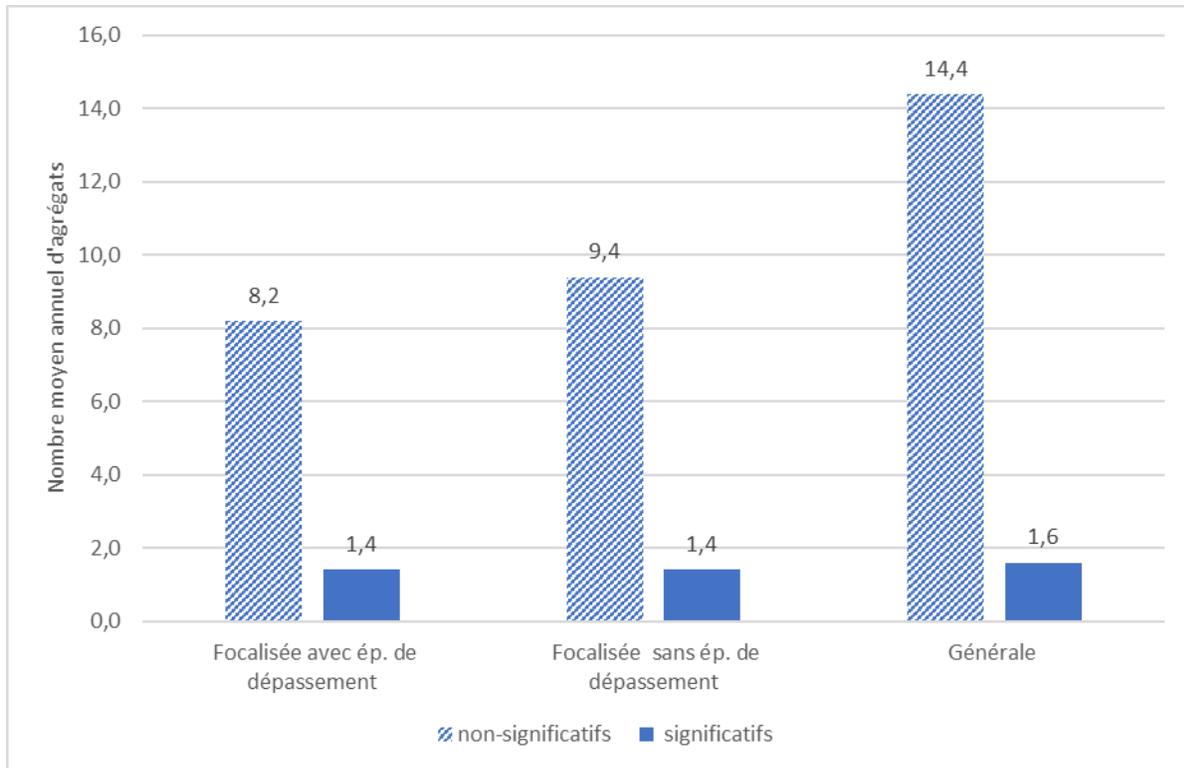


Figure 6 Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

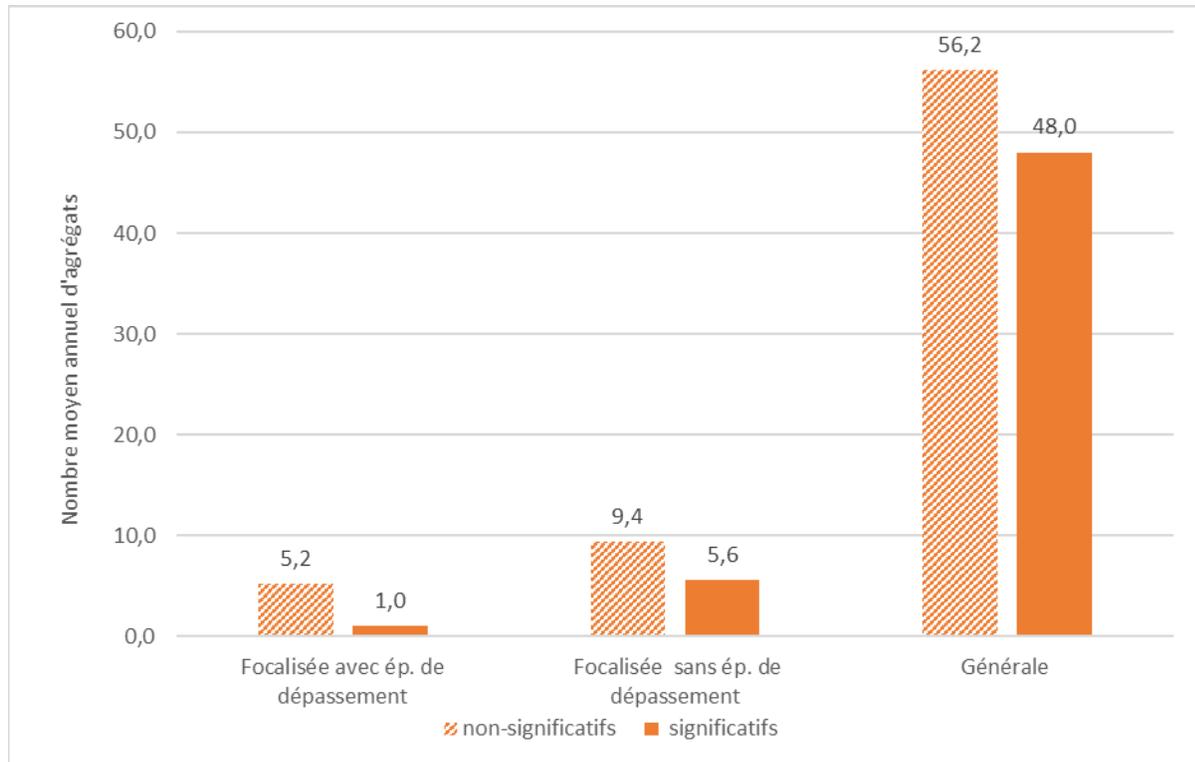
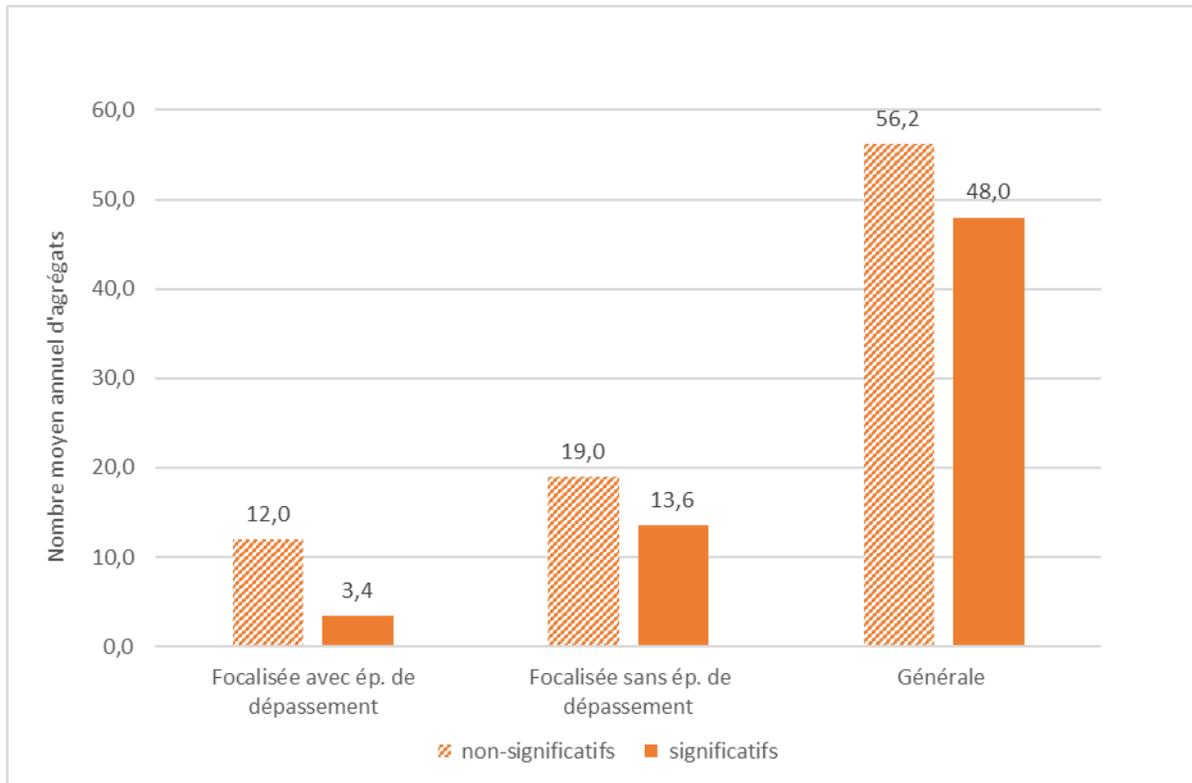


Figure 7 Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Poisson, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020



Les approches focalisées, sans considérer les épisodes de dépassement, identifient plus d'agrégats que celles qui prennent en compte les épisodes de dépassement (figures 4 à 7 p. 33 à p. 36). Cela était attendu car pour retenir un agrégat de cas, les approches focalisées sans prise en compte d'épisode de dépassement se concentrent sur les ITRE ayant dépassé les seuils, peu importe le moment (p. ex. une fois en avril et une fois en septembre). Dans le cas d'approches focalisées avec épisodes de dépassement, l'analyse est plus restrictive, car la date de survenue des cas doit correspondre à l'épisode de dépassement des ITRE.

Les méthodes générales identifient toujours plus d'agrégats que les méthodes focalisées. Cela est normal, puisqu'elles ne considèrent que la localisation des cas sans prise en compte des ITRE, ce qui impose moins de restrictions.

Plus d'agrégats ont été identifiés autour des ITRE dépassant le seuil de 100 000 UFC/L que celui de 1 000 000 UFC/L, ces derniers étant évidemment moins fréquents.

Le nombre moyen annuel d'agrégats de cas de légionellose qui sont statistiquement significatifs reste faible (0 à 2) pour toutes les approches. Plus d'agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie sont identifiés.

3.1.3 Comparaison entre les approches, modèle de Permutation

Les figures 8 à 11 (p. 37 à p. 40) présentent les résultats obtenus avec la statistique de Permutation.

Figure 8 Nombre moyen annuel d'agrégats de cas de légionellose (MADO) détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

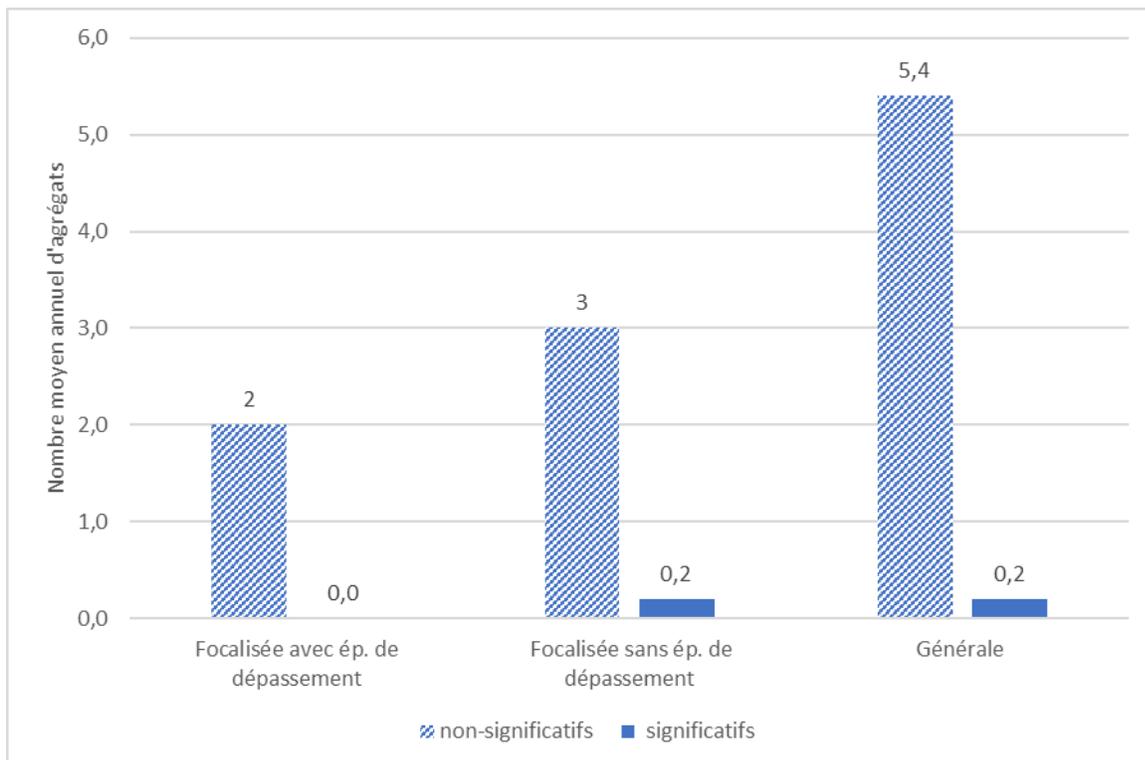


Figure 9 Nombre moyen annuel d'agrégats MADO détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

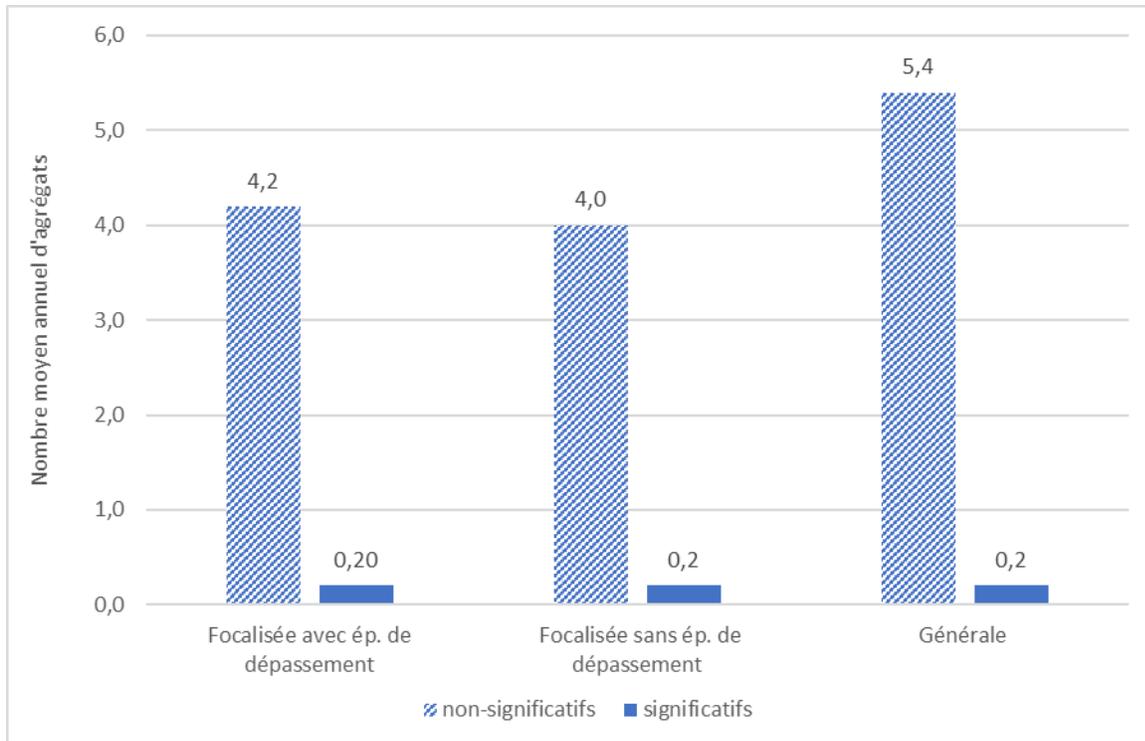


Figure 10 Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Permutation, $p < 0,05$), seuil de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

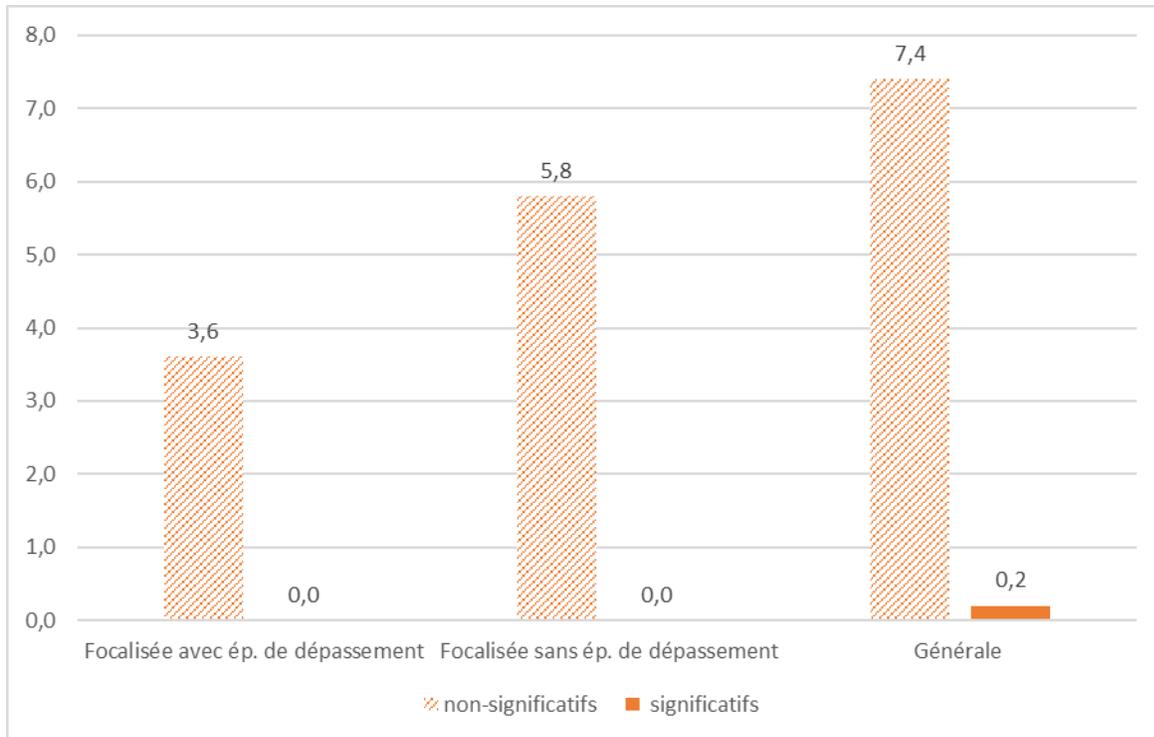
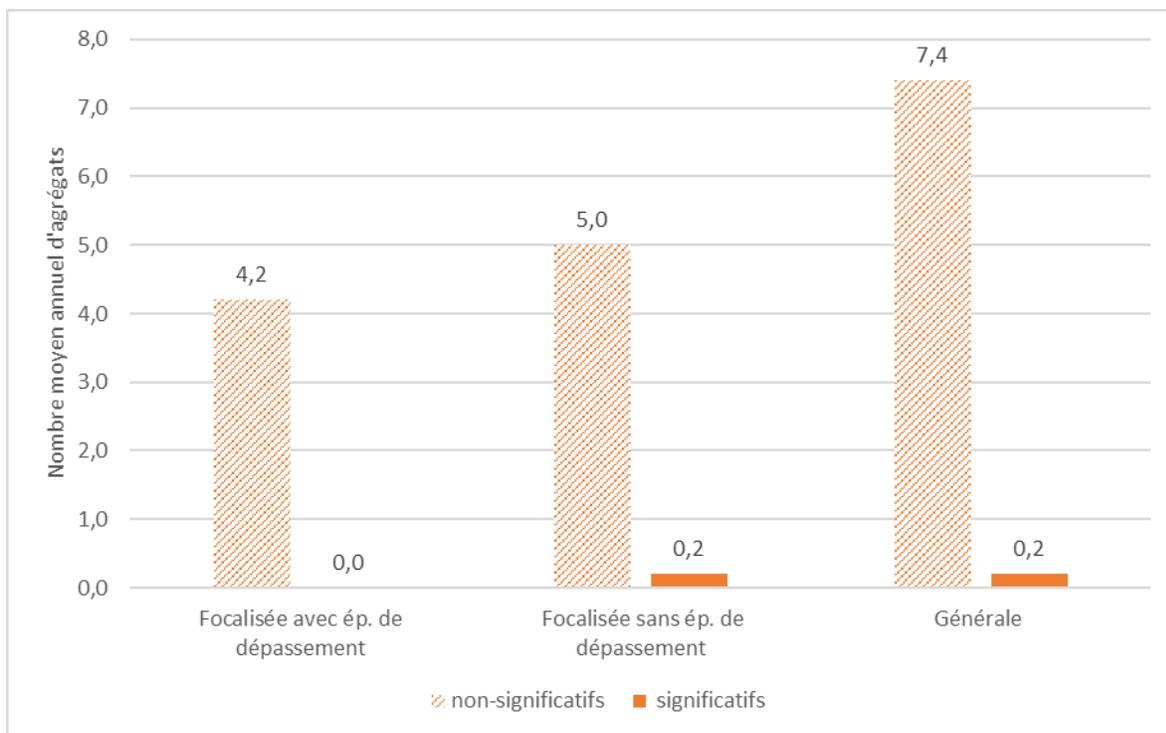


Figure 11 Nombre moyen annuel d'agrégats SIGDU détectés selon différentes approches (statistique de Permutation), seuil de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020



Des tendances similaires à celles obtenues avec la statistique de Poisson sont observées avec la statistique de Permutation, soit un plus grand nombre d'agrégats identifiés avec l'approche générale, puis avec l'approche sans dépassement qu'avec l'approche tenant compte des épisodes de dépassement et légèrement plus d'agrégats avec le seuil de 100 000 UFC/L que 1 000 000 UFC/L. Moins d'agrégats sont identifiés en général avec la statistique de Permutation et cela est particulièrement notable pour les agrégats de pneumonies. Toujours peu d'agrégats sont statistiquement significatifs avec la statistique de Permutation.

3.1.4 Sommaire des résultats de l'analyse descriptive

Les éléments précédents permettent de décrire quelques tendances des résultats, en ce qui a trait aux différents modèles et approches utilisés :

- Le nombre d'agrégats moyen annuel de cas de légionellose (MADO) varie selon l'approche et le seuil de signification statistique de 0 à 14,4 agrégats par année. L'utilisation des cas de pneumonies (SIGDU) résulte en une plus grande variabilité quant au nombre moyen annuel d'agrégats, soit de 0 à 56,2 agrégats;
- Pour une même approche et modèle statistique ainsi qu'avec un même seuil de dépassement (lorsque pertinent), l'utilisation des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) génère plus d'agrégats que les cas de légionellose (MADO) étant donné le nombre plus élevé de

consultations à l'urgence pour pneumonie. Cette différence est moins prononcée lorsque la statistique de Permutation est utilisée, comparativement à la distribution statistique de Poisson;

- Pour un même modèle statistique et l'approche focalisée, l'utilisation d'un seuil de dépassement de 100 000 UFC/L L_p permet de déceler plus d'agrégats comparativement au seuil de dépassement de 1 000 000 UFC/L, étant donné qu'il y a plus de dépassements du seuil de 100 000 UFC/L et que ces derniers incluent les dépassements de 1 000 000 UFC/L;
- Pour une même approche, l'utilisation du modèle de Poisson résulte en moyenne à un plus grand nombre d'agrégats par rapport à l'utilisation de la statistique de Permutation;
- Pour une même maladie (légionellose ou pneumonie), pour un même seuil de dépassement et en utilisant une distribution de Poisson ou un modèle de Permutation, le nombre d'agrégats rapporté selon l'approche est le plus important avec l'approche générale, suivie de l'approche focalisée sur les ITRE sans tenir compte de leurs épisodes de dépassement. L'approche focalisée sur les ITRE en considérant leurs épisodes de dépassement était celle qui générerait le moins d'agrégats.

Par ailleurs, les tableaux B1 et B2 (annexe B) présentent de l'information supplémentaire sur les agrégats quant à leur rayon, leur durée et le nombre de cas dans l'agrégat. De manière générale, les tendances observées sont les suivantes :

- Le rayon moyen observé le plus grand est de 4,1 (écart-type 1,3) km pour l'approche focalisée des cas de légionellose et de 3,3 (écart-type 1,4) km pour les cas de pneumonies. Pour une même approche, l'utilisation des pneumonies (SIGDU) génère des agrégats légèrement plus petits par rapport aux cas de légionellose (MADO) (tableau 8);
- Les méthodes générales ont également résulté en des agrégats de plus petite taille que les méthodes focalisées sur les ITRE;

Tableau 8 Rayon moyen (écart-type) des agrégats de légionellose (MADO) et de pneumonies (SIGDU) selon la méthode utilisée, 2016-2020

	Poisson générale	Permutation générale	Approches focalisées*
<i>Légionellose (MADO)</i>	0,8 (0,9) km	2,6 (1,7) km	3,5-4,1 (1,2-1,7) km
<i>Pneumonie (SIGDU)</i>	1,0 (1,4) km	2,4 (1,7) km	2,2-3,3 (1,4-1,8) km

* Les approches focalisées (avec ou sans épisode de dépassement et selon les seuils de 100 000 et de 1 000 000 UFC/L) ont été regroupées, puisque les agrégats présentaient une taille similaire. Les résultats pour cette colonne sont présentés sous forme d'étendue de moyenne et d'écart-type. Les résultats détaillés pour les approches focalisées sont présentés à l'annexe B.

- Pour les agrégats de légionellose (MADO) et de pneumonies (SIGDU), l'utilisation d'une méthode de Permutation résulte en des agrégats de plus courte durée que l'utilisation d'une distribution de Poisson :

- MADO Permutation - Durée moyenne : 4,2 à 7,3 jours; médiane : 3,0 à 5,0 jours; écart-type : 5,5 à 8,8 jours;
 - MADO Poisson - Durée moyenne : 16,4 à 33,0 jours; médiane : 8,0 à 25,0 jours; écart-type : 20,4 à 45,3 jours;
 - SIGDU Permutation : Durée moyenne : 4,7 à 9,2 jours; médiane : 4,0 à 5,0 jours; écart-type : 4,5 à 12,8 jours;
 - SIGDU Poisson : Durée moyenne : 16,7 à 136,5 jours; médiane : 10,0 à 167,0 jours; écart-type : 18 à 84,5 jours;
- Lorsque les épisodes de dépassement sont considérés, la durée de l'agrégat est en général raccourcie;
 - Enfin, le nombre de cas moyen et médian de légionellose (MADO) par agrégat est relativement faible (moyenne : 2,5 à 4,2; médiane : 2 à 3,2; maximum : 4 à 17). Pour les consultations à l'urgence pour pneumonie, il est plus élevé (moyenne : 9,6 à 66; médiane : 5,0 à 22,0; maximum : 24 à 770), surtout pour la statistique de Poisson.

3.2 Évaluation de la performance

3.2.1 Comparaisons des agrégats des cas de légionellose (MADO) et des éclosions de légionellose (MOH)

Les résultats des analyses portant sur la sensibilité et sur la VPP de la comparaison des éclosions avec les agrégats MADO pour les différentes approches sont présentés selon le modèle statistique (Poisson : figures 12 à 14 p. 43 et p. 44; Permutation : figures 15 à 17 p. 44 et p. 45), le seuil de dépassement (1 000 000 : figures 12 et 15 p. 43 et p. 44; 100 000 : figures 13, 14, 16 et 17 p. 43 à p. 45) et la valeur- $p < 0,25$ (figures 14 et 17 p. 44 et p. 45).

Figure 12 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE de 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

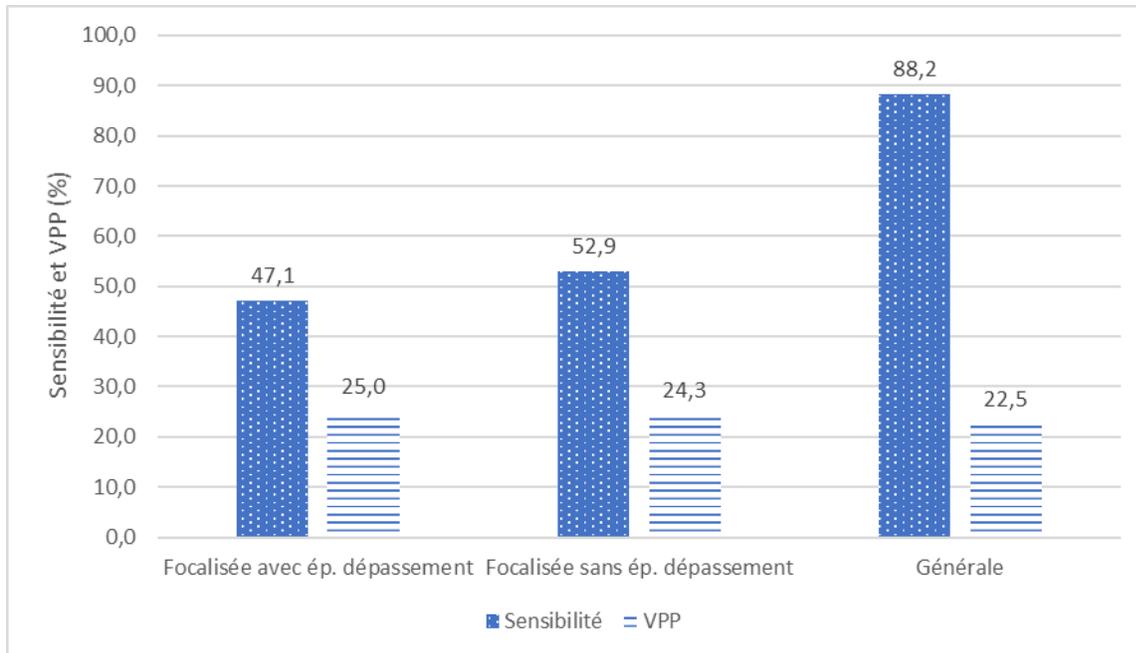


Figure 13 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE de 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016 à 2020

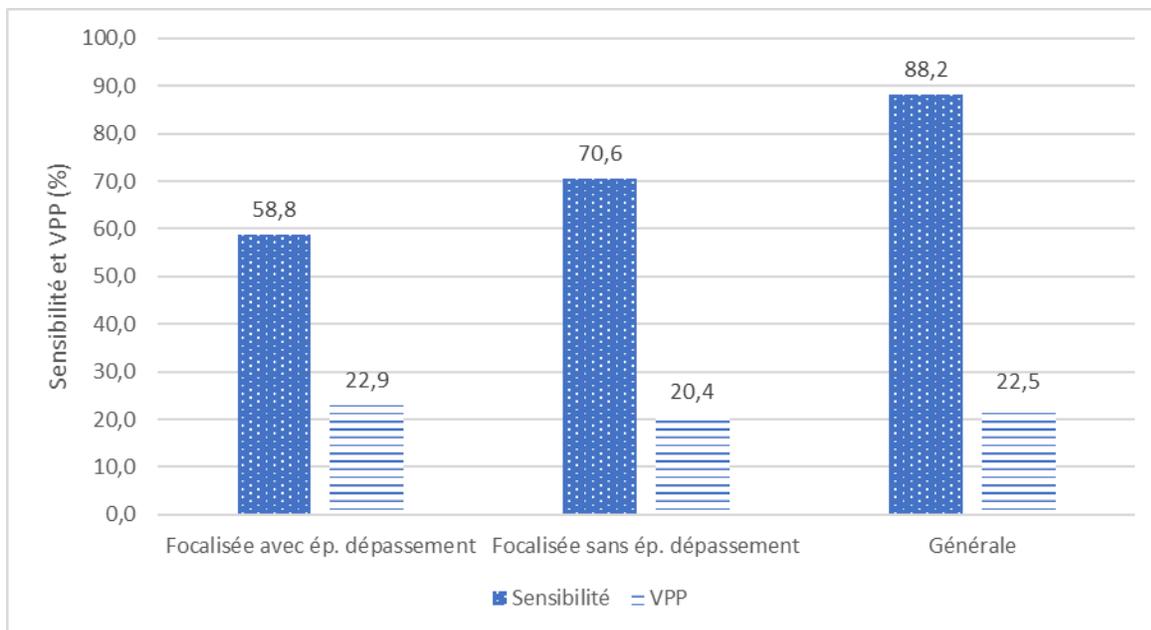


Figure 14 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Poisson ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016 à 2020

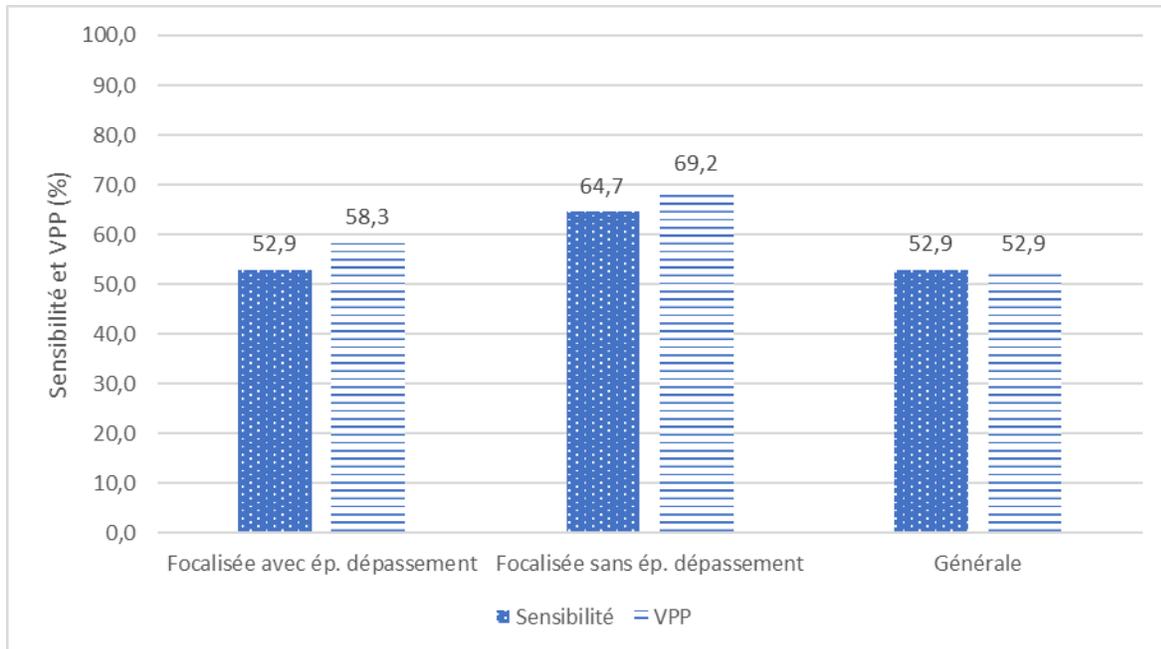


Figure 15 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MADO selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE à 1 000 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

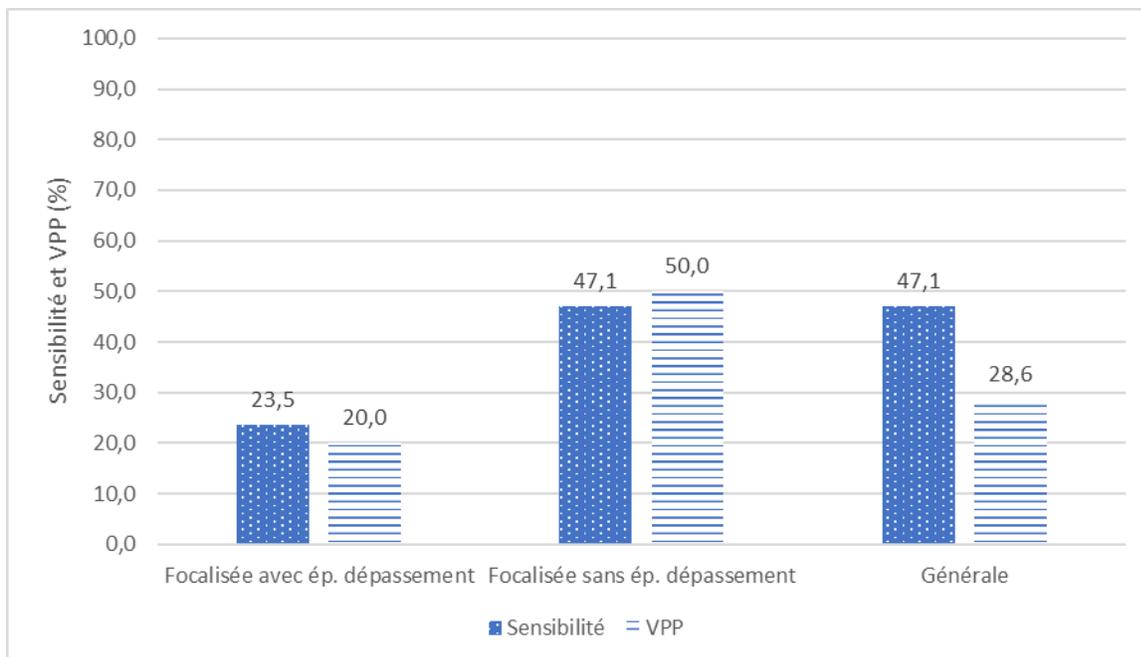


Figure 16 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MAD0 selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

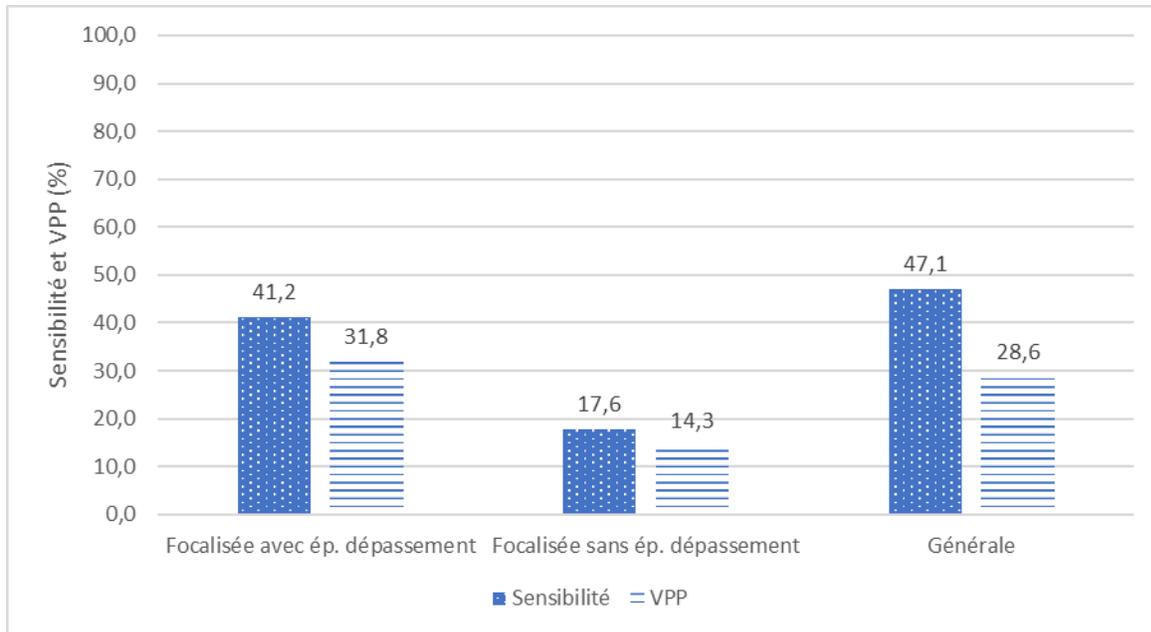
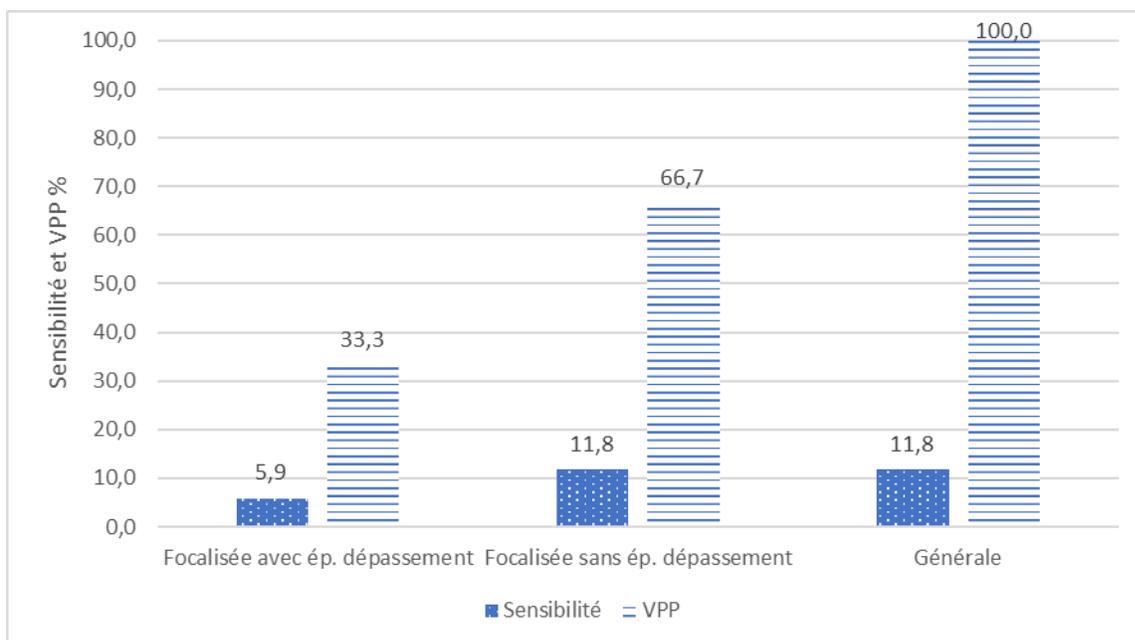


Figure 17 Sensibilité et VPP des agrégats de légionellose MAD0 selon la statistique de Permutation ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020



La sensibilité des agrégats de légionellose obtenus avec les approches testées à détecter les éclosions de légionellose varie de 5,9 à 88,2 %. La VPP des agrégats de légionellose pour les éclosions est de l'ordre de 14,3 à 100,0 %.

Le modèle de Poisson permet d'obtenir une meilleure sensibilité que celle de Permutation, tandis que le modèle de Permutation permet parfois de gagner en VPP. Les approches générales offrent parfois plus de sensibilité que les approches focalisées, mais elles peuvent s'accompagner d'une baisse de la VPP. L'utilisation des épisodes de dépassement amène souvent moins de sensibilité sans plus de VPP. L'ajout d'une sélection des agrégats présentant une valeur-p plus faible ($< 0,25$) permet de gagner en VPP, mais avec une perte notable de sensibilité, surtout pour les modèles de Permutation. L'application des approches focalisées autour des ITRE de 100 000 (testé pour le modèle de Poisson) génère souvent une meilleure sensibilité qu'avec les ITRE de 1 000 000 UFC/L, avec une VPP qui varie peu.

3.2.2 Comparaisons des agrégats de cas de légionellose et des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie

Les figures 18 à 20 (p. 46 et p. 47) présentent les résultats de la comparaison des agrégats de légionellose (MADO) et des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) selon les différents modèles et approches de détection d'agrégats, seuils de dépassement des ITRE et valeur-p.

Figure 18 Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Poisson (toutes valeurs-p) et différentes approches, seuil des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

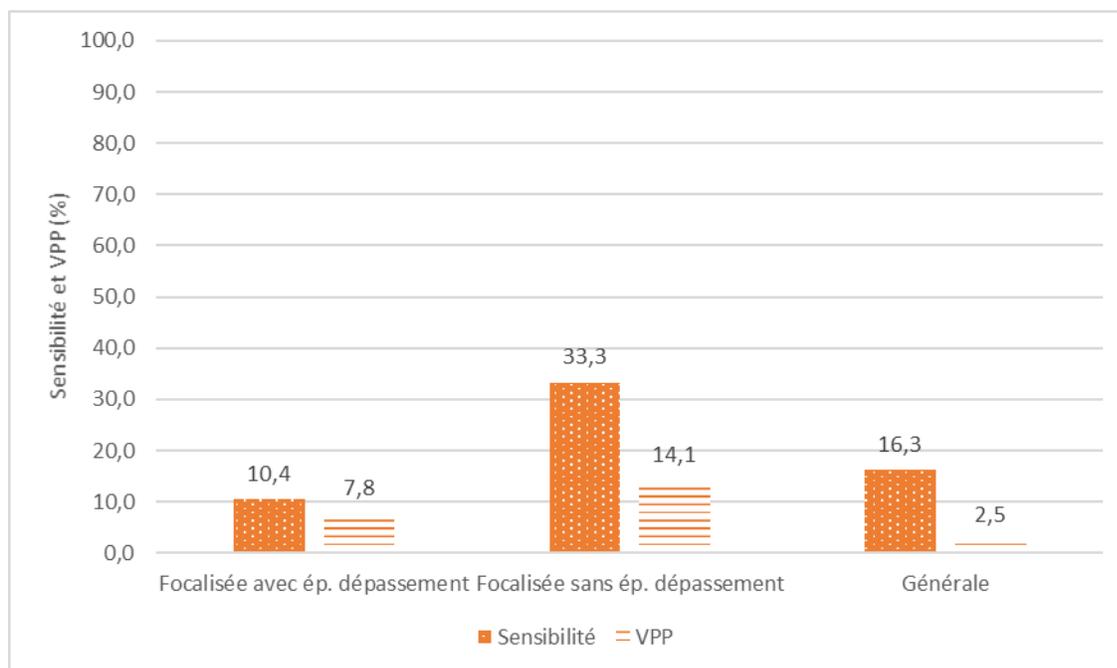


Figure 19 Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Poisson ($p < 0,25$) et différentes approches, seuils des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020

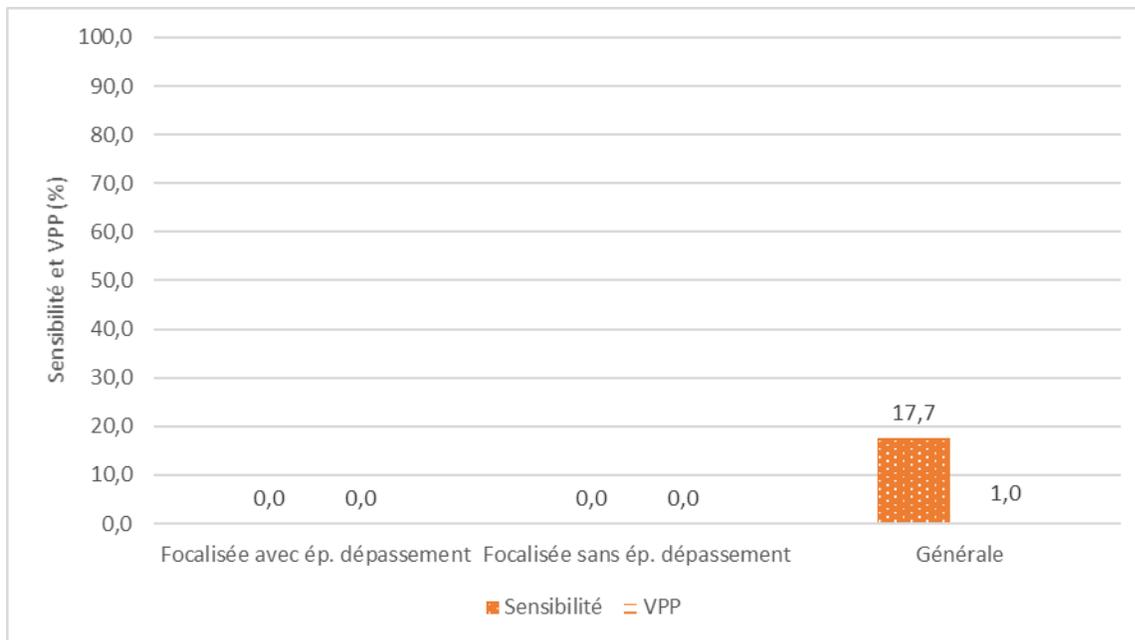
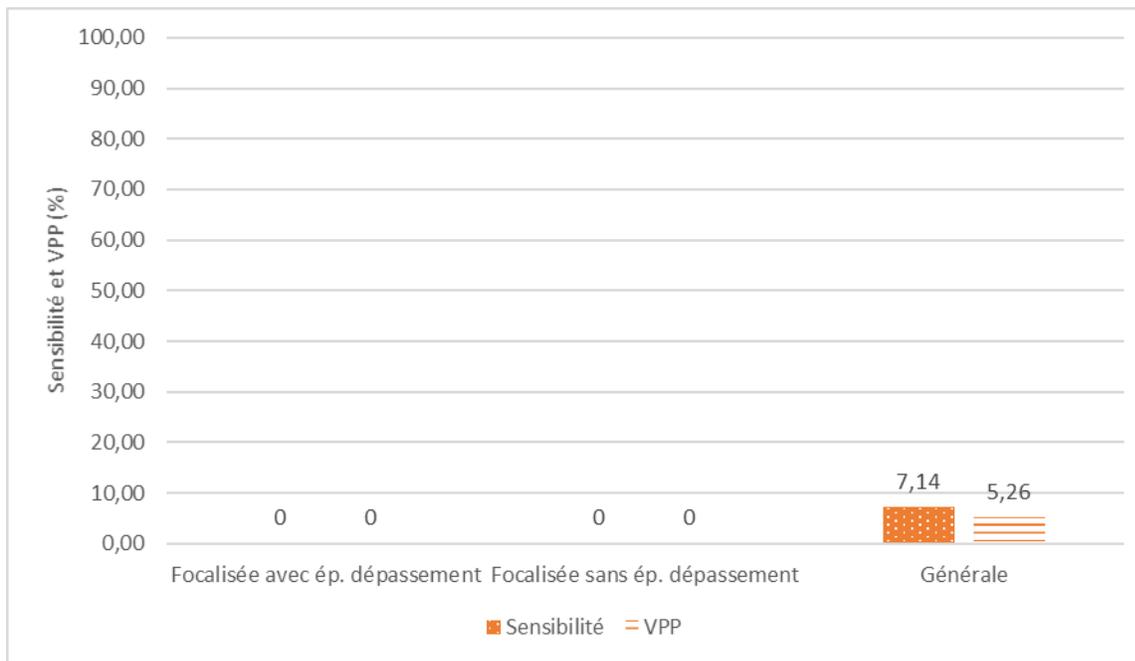


Figure 20 Sensibilité et VPP des agrégats de pneumonies selon la statistique de Permutation (toutes valeurs-p) et approches, seuil des ITRE à 100 000 UFC/L pour les approches focalisées, 2016-2020



La sensibilité et la VPP des agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) pour les agrégats des cas de légionellose (MADO) sont dans l'ensemble faibles. Le modèle de Poisson donne de meilleurs résultats que le modèle de Permutation au regard de la détection des agrégats MADO par les agrégats SIGDU. L'approche focalisée sans épisode de dépassement autour des ITRE est celle qui semble présenter la sensibilité et la VPP les plus élevées. L'application d'un seuil de la valeur- $p < 0,25$ des agrégats MADO n'est pas utile ici, puisqu'il contribue à abaisser considérablement la performance (c.-à-d. la sensibilité et la VPP).

4 DISCUSSION

Dans le contexte du développement d'une méthode d'identification des agrégats spatiotemporels de légionellose via la détection d'agrégats de cas déclarés de légionellose (MADO) ou de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU), la séquence suivante a été suivie :

1. Description des agrégats détectés afin de comparer les résultats des différents modèles et approches testés;
2. Évaluation de la performance des agrégats de légionellose (MADO), identifiés par SaTScan (analyse rétrospective) selon les différents modèles (Poisson et Permutation), approches (focalisées et générales) et paramètres, à détecter les éclosions déclarées dans le bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique (MOH) par les DSPublique;
3. Évaluation de la performance des agrégats de pneumonies (SIGDU) en période estivale détectés par SaTScan (analyse rétrospective) comme indicateur des agrégats de légionellose (MADO).

Si la performance des agrégats de légionellose (MADO) (pour un ou plusieurs modèles, approches et paramètres) s'avère bonne pour identifier les éclosions de légionellose, la méthodologie développée pourrait alors être utilisée avec les cas de légionellose déclarés. De plus, si la performance des agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) est également bonne pour identifier les agrégats de légionellose (MADO), alors la méthodologie développée appliquée aux données d'urgence pourrait éventuellement servir à l'identification précoce des éclosions de légionellose (MOH), en saison estivale.

4.1 Comparaison des méthodes et approches utilisées

Un plus grand nombre d'agrégats sont détectés avec le modèle de Poisson qu'avec celui de la Permutation, avec l'approche générale plutôt que focalisée, avec les ITRE ayant des dépassements du seuil de 100 000 qu'avec celles dépassant 1 000 000 UFC/L et avec l'application de la méthode sur les consultations à l'urgence pour pneumonie plutôt que sur les cas déclarés de légionellose (à cause d'un nombre de cas plus élevé de pneumonies).

Les agrégats de légionellose ont un rayon légèrement plus grand que ceux des pneumonies. Les approches focalisées identifient aussi des agrégats plus grands que les approches générales. La prise en compte des épisodes de dépassement ainsi que l'utilisation du modèle de Permutation, plutôt que celui de Poisson, raccourcit la durée des agrégats. Le nombre de cas de légionellose (MADO) par agrégat est en moyenne assez faible et est moins élevé que le nombre de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU).

4.2 Évaluation de la performance des agrégats de légionellose

Les résultats ont démontré une sensibilité intéressante pour les agrégats de légionellose (MADO) à identifier les éclosions de légionellose (MOH), plus particulièrement pour le modèle de Poisson avec l'approche générale (88,2 %) et focalisée (seuil de 100 000 UFC/L) (celle qui ne considère pas les épisodes de dépassement) (70,6 %). Ces deux approches ont identifié respectivement 16,0 et 10,8 agrégats par année (moyenne de 2016 à 2020). Pour ces deux méthodes, les VPP sont relativement faibles, soit 22,5 % et 20,4 %. Cependant, en ne retenant que les agrégats sous le seuil de signification statistique de 25 %, on observe une amélioration de la VPP, soit 52,9 % et 69,2 %, mais aux détriments de la sensibilité qui diminue à 52,9 % et à 64,7 % respectivement. La diminution de la sensibilité est plus importante pour l'approche générale (de 88,2 % à 52,9 %) que pour l'approche focalisée sans épisode de dépassement (de 70,6 % à 64,7 %), la sensibilité de cette dernière surpassant alors la sensibilité de l'approche générale. La sensibilité de l'approche focalisée avec épisodes de dépassement (100 000 UFC/L) selon le modèle de Poisson est similaire à celle de l'approche générale lorsqu'on retient uniquement les agrégats avec une signification statistique de 25 %, (sensibilité : 52,9 %; VPP : 58,3 %).

Donc, avec un seuil de signification statistique de 25 % pour les agrégats, l'approche focalisée avec et sans épisode de dépassement donne des résultats comparables à l'approche générale, voire supérieurs, en matière de sensibilité et de VPP. L'approche focalisée génère cependant des agrégats plus grands que l'approche générale. Ces résultats laissent envisager l'utilisation pratique de l'une de ces trois approches de détection des agrégats de légionellose (générale et focalisée avec ou sans épisode de dépassement) pour la détection des éclosions de légionellose (MOH).

4.3 Évaluation de la performance des agrégats de pneumonies

Les résultats suggèrent que la détection des agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) n'est pas utile ou faisable pour détecter les agrégats des cas déclarés de légionellose (MADO). Le nombre élevé de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) peut conférer une bonne puissance statistique au modèle, mais les différents modèles et approches testés présentent une sensibilité trop faible pour identifier les agrégats de légionellose (MADO). Seule la méthode de Poisson avec l'approche focalisée, mais sans considérer les épisodes de dépassement, présente une sensibilité plus élevée (33,3 %). Cependant, cette méthode identifie en moyenne 32,6 agrégats par année, ce qui représente un nombre considérable d'agrégats à investiguer. Par ailleurs, la faible VPP observée pour ces différentes approches est peu surprenante, puisque *Legionella* n'est qu'un des multiples pathogènes pouvant causer une pneumonie. La distribution spatiotemporelle de cas de pneumonies est donc présumément dominée par celles causées par des pathogènes autres que la légionellose, même en période estivale.

4.4 Paramètres d'investigation des agrégats de légionellose liés aux ITRE

Le guide d'intervention sur la légionellose (MSSS, 2015) définit actuellement un agrégat de légionellose comme des :

caractéristiques communes (temps, lieu ou personne) entre 2 cas ou plus de légionellose pouvant laisser croire qu'ils ont pu être exposés à une source d'exposition commune. Par agrégat, on considère habituellement plus d'un cas survenu à l'intérieur d'une période de moins de 6 mois (mais pourrait être allongée selon la situation). Un agrégat suggère une recherche plus approfondie d'une source commune d'infection.

Il y est également mentionné que :

Le risque d'infection par les aérosols décroît avec la distance parcourue. Même si des cas ont déjà été recensés à plus de 10 km de la source, la plupart des cas se trouvent dans un rayon de 3 km ou moins de la source.

Sur cette base et par précaution, les DSPublique se retrouvent souvent à investiguer une possible agrégation spatiotemporelle sur une grande distance (p. ex. jusqu'à 20 km d'une ITRE) et pendant une longue durée (6 mois). En région urbaine, ces paramètres d'investigation entraînent des difficultés d'application et une surcharge de travail.

La revue de littérature a montré que les caractéristiques spatiotemporelles des éclosions liées aux ITRE sont très variables. La difficulté est donc de définir ce qui est probable, sur une base scientifique et statistique, afin de rationaliser la mobilisation des ressources.

Les agrégats de cas déclarés de légionellose identifiés à l'aide des méthodes recommandées plus haut (Poisson-focalisée et générale) ont un rayon moyen de 3,5 (écart-type 1,6) km pour l'approche focalisée et de 0,8 (écart-type 0,9) km pour l'approche générale. La durée moyenne des agrégats était autour d'une trentaine de jours, mais avec un grand écart-type allant jusqu'à 45 jours. Le nombre moyen de cas inclus par agrégat étant généralement petit (autour de 4) avec un maximum pouvant aller jusqu'à 17. Tel que mentionné plus haut, ces analyses ont aussi montré une plus grande performance avec l'utilisation d'une concentration de 100 000 UFC/L et plus.

D'un point de vue scientifique, la littérature sur les éclosions de légionellose liées aux ITRE rapporte souvent des éclosions « explosives » avec un nombre important de cas. Cette littérature a révélé que la plupart des cas ont été exposés à moins de 3 km de l'ITRE, parfois jusqu'à 5 ou 6 km et rarement jusqu'à 10 km de l'ITRE (rapport 1, annexe B). Concernant la durée, le pic épidémique survient habituellement dans le premier mois et les éclosions durent rarement plus de 2, voire 3 mois (probablement aussi parce qu'elles sont investiguées). La littérature rapporte également qu'une part non négligeable des éclosions de légionellose sont causées par des ITRE dont la concentration mesurée en L_p est entre 100 000 et 1 000 000 UFC/L.

4.5 Limites de la démarche

Les valeurs attribuées aux différents paramètres ont été déterminées en se basant sur la littérature lorsque l'information était disponible (rapport 1), bien que cela n'ait pas toujours été possible. Par exemple, la durée réelle des épisodes de dépassement des ITRE est inconnue (dû à la fréquence mensuelle de la prise des prélèvements). Cela peut influencer la précision de la méthode. Aussi, les caractéristiques individuelles de l'ITRE (volume, pare-gouttelette, hauteur, etc.) et la densité d'ITRE dans un secteur ne sont pas pris en compte, bien que cela puisse avoir un impact sur l'exposition de la population (voir section « 6. Perspectives de recherche »). Finalement, il serait intéressant de voir si l'utilisation de la forme elliptique plutôt que sphérique pourrait être appropriée à l'étude de la légionellose afin de tenir compte, par exemple, de la dispersion des cas selon les vents dominants. La définition utilisée pour la saison estivale (18 mars au 28 novembre) est assez large. Il aurait été pertinent de faire des analyses de sensibilité afin de voir si une période plus courte (p. ex. du début juin à la fin septembre) serait plus appropriée, afin de tenir compte de l'épidémiologie de la légionellose et des pneumonies causées par d'autres pathogènes.

Les agrégats identifiés sont souvent non statistiquement significatifs. La signification statistique est un indice, mais sur la base de l'évaluation de la performance, cela ne semble pas être le seul critère pour discriminer les agrégats à investiguer de ceux qui ne le sont pas. Un agrégat ne devrait pas être totalement ignoré uniquement parce qu'il n'est pas statistiquement significatif; il devrait minimalement être examiné. D'autres critères (épidémiologiques, microbiologiques) sont pris en considération dans l'investigation.

La méthode de Poisson considère une incidence de base calculée sur l'ensemble de la province, incluant les régions à forte incidence (p. ex. Montréal). Cela pourrait nuire à la détection d'agrégats en région à faible incidence, par exemple dans les régions rurales. L'analyse est en effet influencée à la hausse par l'incidence des régions urbaines (Edens *et al.*, 2019). La présence plus importante d'ITRE et de cas en région urbaine pourrait aussi amener à identifier des agrégats autour des ITRE sans qu'il n'y ait de véritable lien entre les deux. Edens *et al.* (2019) mentionnaient que le scénario idéal pour la détection des agrégats de maladies du légionnaire par SaTScan est probablement une zone urbaine avec une incidence élevée de maladie et un grand nombre de tours de refroidissement, cela pouvant apporter le type d'augmentation rapide des cas que SaTScan peut plus facilement détecter. L'utilité et la faisabilité de faire des analyses régionales pourrait être examinée, en considérant qu'il peut y avoir des limites à imposer au logiciel SaTScan un tel découpage territorial dans sa recherche.

Le faible nombre de cas de légionellose pourrait conférer une puissance limitée à la méthode. Aussi, l'évaluation de la performance de la méthodologie est basée sur les données des éclosions de légionellose (MOH). Ces données présentent des limites. Elles ne sont probablement pas exhaustives. De plus, la date réelle d'identification de l'éclosion (MOH) par la DSPublique est souvent inconnue, de même que les cas de légionellose (MADO) associés à l'éclosion déclarée (MOH). Le manque de précision sur le lieu de l'éclosion (MOH) (souvent à

l'échelle d'une ville) est également un facteur à prendre en compte dans la comparaison spatiale des agrégats (MADO) et des éclosions (MOH).

Seules des informations sur l'adresse résidentielle du cas sont disponibles dans les bases de données MADO (adresse complète) et SIGDU (code postal seulement), même s'il est possible que le principal lieu d'exposition soit le lieu de travail ou un autre lieu. Ces emplacements ont pu être pris en compte dans la déclaration des éclosions par les DSPublique (MOH).

5 CONSTATS

5.1 Utilité et faisabilité d'application de la méthode

Constat 1

Tel que discuté plus haut, il pourrait être approprié d'utiliser le modèle de Poisson avec une approche focalisée basée sur les ITRE en dépassement de 100 000 UFC/L ou plus (sans tenir compte des épisodes de dépassement) ou une approche générale, avec ou sans seuil de la valeur-p de 0,25, pour détecter les agrégats de cas de légionellose (MADO) de manière rétrospective.

Il serait donc opportun de tester ces approches dans le cadre d'analyse prospective, en intégrant les dépassements aux ITRE de 100 000 UFC/L et plus. Des résultats intéressants renforceraient l'idée que cette méthode pourrait être utilisée régulièrement en situation réelle. Cette méthodologie, utilisée dans une démarche prospective, pourrait être appliquée dans le cadre d'un projet pilote auprès de quelques DSPublique (p. ex. Montréal, Montérégie, Capitale-Nationale). Cela permettrait entre autres de voir si l'utilisation de ces méthodes permet de gagner du temps dans l'identification des agrégats et d'optimiser l'intervention.

Quelques éléments de faisabilité d'application et d'interprétation sont à prendre en considération :

- Dans un contexte de vigie (et d'une analyse prospective), l'utilisation d'une approche focalisée sur une ITRE en dépassement implique d'avoir accès à l'information à jour en temps opportun sur les ITRE en dépassement (voir section « 5.3 Autres propositions »). Dans le cas contraire, deux types de méthodes pourraient être envisagées :
 - La méthode générale;
 - La méthode focalisée basée uniquement sur la localisation des ITRE.
- Il serait aussi pertinent de s'assurer de récolter des données fiables et complètes sur les éclosions de légionellose (MOH) (p. ex. date de début et de fin d'éclosion, cas inclus, source suspectée et niveau de preuve) et sur les cas de légionellose (p. ex. lieu de travail et endroits fréquentés) afin d'optimiser la méthode et d'évaluer adéquatement les résultats (voir section « 5.3 Autres propositions »);
- L'utilisation du seuil de signification statistique peut donner des indications sur la possibilité de faire face à une réelle éclosion, mais l'investigation ne peut reposer uniquement sur cette base statistique, tous les agrégats détectés devant minimalement être examinés d'un point de vue épidémiologique en vue de leur investigation ou non;
- L'utilisation de la méthode générale permet d'identifier les agrégats de cas, sans prise en compte de source spécifique (voir section « 6. Perspectives de recherche »). Lors de l'utilisation de la méthode focalisée sur les ITRE, l'analyse se fait autour de chaque ITRE. Ainsi, les agrégats de cas qui en résultent sont tous autour d'une ITRE, mais l'ITRE au centre de

l'agrégat n'est pas nécessairement la cause de l'agrégat de cas. Il va sans dire que les méthodes d'analyses spatiales suggérées visent à compléter les autres outils disponibles (épidémiologiques, microbiologiques) afin d'investiguer une éclosion;

- Advenant une généralisation de l'utilisation de la méthode de détection des agrégats et afin de guider les intervenants, une formation pourrait être planifiée.

Constat 2

Il n'est pas recommandé d'utiliser les méthodes développées pour détecter des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) représentant de potentielles éclosions de cas déclarés de légionellose (MADO) en période estivale, sur la base des essais réalisés à ce jour (voir section « 6. Perspectives de recherche »). Ces agrégats présentent une trop faible sensibilité et VPP au regard des agrégats des cas déclarés de légionellose (MADO).

5.2 Paramètres d'investigation des agrégats de légionellose liés aux ITRE

Constat 3

Les paramètres d'investigation des agrégats de légionellose qui pourraient être tirés des informations pratiques et théoriques présentées plus haut sont au tableau 9 (p. 56). Le délai de 3 mois pourrait être utilisé pour identifier 2 cas d'un agrégat lié à une ITRE, en sachant qu'il est plus probable que 2 cas soient liés à une éclosion d'importance s'ils sont survenus à moins de 1 mois d'intervalle. Pour la distance, il apparaît opportun d'investiguer les cas survenus à 6 km ou moins les uns des autres ou à 3 km d'une ITRE en dépassement de 100 000 UFC/L de *Lp* ou plus. Pour plus de sécurité, cette distance pourrait être augmentée à 10 km ou moins entre les cas ou à 5 km d'une ITRE. Si l'investigation porte d'emblée sur une ITRE en dépassement, les cas pourront être recherchés depuis le dernier prélèvement normal jusqu'à la date de réception d'un nouveau prélèvement normal. Ces paramètres pourraient être modulés selon le niveau de risque évalué.

Tableau 9 Propositions de paramètres de vigie et d'intervention pour la légionellose, selon différents objectifs spécifiques

Objectif spécifique	Distance* maximale	Durée maximale	Concentration en <i>Lp</i> dans l'ITRE
Rechercher des cas ou un agrégat spatiotemporel de cas de légionellose autour d'une ITRE en dépassement	Probable : Cas situés à < ou = 3 km autour de l'ITRE (rayon) Possible : Cas situés à < ou = 5 km autour de l'ITRE (rayon)	Probable : Depuis le dernier prélèvement normal jusqu'au prélèvement normal suivant	100 000 UFC/L et plus
Déterminer si des cas pourraient être reliés à un agrégat spatiotemporel de cas ou à une éclosion	Probable : < ou = 6 km entre les cas < ou = 3 km d'une ITRE suspectée (rayon) Possible : < ou = 10 km entre les cas < ou = 5 km d'une ITRE suspectée (rayon)	Probable : Le plus souvent 1 mois entre le 1 ^{er} et le 2 ^e cas lors d'éclosion importante Possible : 3 mois entre le 1 ^{er} et le dernier cas	

* Idéalement, la distance serait basée sur les lieux de travail et fréquentés en plus des adresses résidentielles.

5.3 Autres propositions

Plateforme géospatiale pour l'analyse des cas de légionellose et des sources potentielles et développement d'une application pour la visualisation d'agrégats

Les ITRE sont déjà géolocalisées sur le Géoportail de santé publique et il y est possible d'y faire certaines analyses (p. ex. espace tampon). L'ajout d'autres sources potentielles de légionellose est en voie de réalisation ou à l'étude (p. ex. stations de traitement des eaux usées, épiceries, fontaines, spa publics, etc.). Il est proposé d'ajouter les informations relatives aux ITRE en dépassement obtenues de la RBQ (paramètres de concentration en *Lp* de 100 000 UFC/L ou plus) ainsi que les cas de légionellose MADO afin de créer un outil de visualisation et d'analyse. Cet outil interactif pourrait permettre de sélectionner les cas et les ITRE en fonction de différents paramètres d'investigation (p. ex. rayon d'une source suspectée ou d'un autre cas, durée de l'épisode de dépassement, etc.) proposés à la section précédente.

D'autre part, l'ajout de l'analyse quotidienne des agrégats spatiotemporels de légionellose selon la méthodologie recommandée dans ce rapport (mais dans une optique prospective) est proposé. Cette nouvelle fonctionnalité devrait être alimentée en temps réel afin de présenter les informations à jour pour les investigations. Au besoin, celle-ci pourrait être effective seulement entre les mois de mai et octobre.

Investigation et documentation des cas de légionellose et des éclosions

Tel que mentionné dans le constat 1, il serait pertinent de documenter davantage les éclosions de légionellose (MOH) sur les aspects suivants :

- Source suspectée de l'éclosion et niveau de preuve (p. ex. génotypage);
- Cas inclus dans l'éclosion (en liant les cas MADO avec les éclosions);
- Date de début et de fin de l'investigation de l'éclosion par les DSPublique.

Par ailleurs, l'inclusion des lieux de travail et fréquentés dans la base de données MADO serait très pertinente pour les cas de maladies d'origine environnementale comme la légionellose, puisque la source peut évidemment se situer à proximité de ces derniers et parfois à distance des lieux de résidence. Si disponibles, ils pourront être utilisés pour l'analyse des agrégats spatiotemporels de légionellose.

Du point de vue de l'investigation, il importe de mobiliser des ressources afin de tenter de confirmer, dans la mesure du possible, les sources possibles des éclosions en effectuant des prélèvements cliniques et environnementaux en temps opportun.

6 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

6.1 Analyse des cas de pneumonies

Malgré la faible performance des approches de détection des agrégats des consultations à l'urgence pour pneumonie (données SIGDU) pour identifier les agrégats de cas déclarés de légionellose, il pourrait être intéressant de voir s'il existe des attributs spécifiques aux agrégats des consultations aux urgences pour pneumonie (p. ex. nombre de cas, rayon, durée, etc.) ou aux cas de pneumonies inclus dans ces agrégats (p. ex. âge, statut d'hospitalisation, année, etc.) qui présentent une bonne concordance avec les agrégats de légionellose. Par exemple, des analyses exploratoires semblent démontrer une meilleure validité avec les pneumonies (SIGDU) de 2020, peut-être en lien avec la pandémie et la faible circulation d'autres virus respiratoires. Ces informations pourraient peut-être permettre de développer une méthode de détection, à partir de ces cas, qui aurait une meilleure performance.

Une autre avenue intéressante de recherche serait de tester tous les cas de consultations à l'urgence pour une pneumonie acquise en communauté pour la présence de *Legionella*, par exemple durant un été complet, afin d'en tirer une information concernant l'incidence réelle de la légionellose. Ces données pourraient être utilisées afin de peaufiner les méthodes développées et les connaissances sur les sources potentielles. Cela pourrait également mettre en lumière le sous-diagnostic dont la légionellose fait probablement l'objet.

6.2 Analyse d'autres sources de contamination et de la forme des agrégats

L'exploration du lien entre les cas de légionellose et d'autres sources de contamination (p. ex. station d'épuration des eaux usées) à l'aide de la méthode développée pourrait permettre de la raffiner et de mettre en lumière l'importance de ces autres sources potentielles.

6.3 Concentrations cumulées aux ITRE

Les méthodes focalisées autour des ITRE en dépassement ne tiennent pas compte de la présence d'ITRE avoisinantes, qui contiennent peut-être aussi de la légionelle. Elles ne prennent donc pas en considération la concentration cumulative possible à *Legionella* liée à plusieurs ITRE à la fois dans un même endroit. Ainsi, il est envisageable qu'à certains moments dans le temps et pour certains lieux, plusieurs ITRE soient à des seuils inférieurs à 100 000 UFC/L ou 1 000 000 UFC/L, mais que la concentration cumulée à ces différentes ITRE égale ou dépasse ces seuils. Si des cas de légionellose sont identifiés à cet endroit, une méthode focalisée sur une ITRE à > 100 000 ou 1 000 000 pourrait ne pas identifier d'agrégat, car il n'y aurait pas d'analyse effectuée autour de ces ITRE.

À cet effet, les figures 21 et 22 (p. 60 et 61) présentent, de façon exploratoire, la possible reclassification de la concentration de légionellose selon une concentration cumulée aux ITRE plutôt que selon l'ITRE avec la valeur la plus élevée avoisinante. Pour ces deux figures, l'ensemble des ITRE dans un rayon de 6 km autour des cas ont été recensées. Par la suite, pour une ITRE, le prélèvement le plus récent par rapport à la date de début des symptômes ou de la date de déclaration du cas a été sélectionné. Si une ITRE avait deux prélèvements à cette même date, le prélèvement avec la valeur en *Lp* la plus élevée a été sélectionné. Les concentrations des différentes ITRE présentes dans le rayon choisi ont été additionnées pour présenter la concentration cumulée de l'ensemble des ITRE pour un cas. Les résultats présentés à la figure 21 (p. 60) ne tiennent compte que des échantillons avec identification de *Lp*. À la figure 22 (p. 61), si *Lp* n'a pas été identifiée, la limite de détection liée à cet échantillon (VMR) a été utilisée (comme dans le reste de ce rapport).

Ainsi, les résultats présentés à la figure 21 (p. 60) démontrent une certaine reclassification basée sur une concentration cumulée. Sur les 746 cas de légionellose, 440 cas ne sont pas exposés à au moins une ITRE > 100 000 CFU/L dans un rayon de moins de 6 km de leur domicile. En utilisant une concentration cumulée, 12 (2,7 %) de ces 440 cas de légionellose se situeraient dans un rayon de 6 km d'une concentration cumulée > 100 000 CFU/L. L'utilisation de la limite de détection (VMR) fait passer cette proportion à 12,5 % (44/351 cas).

Il pourrait donc être intéressant, particulièrement dans une région urbaine avec une densité importante d'ITRE, d'utiliser une méthode focalisée à partir de zones géographiques où le cumul de *Lp* serait supérieur à 100 000 UFC/L et d'évaluer par la suite les agrégats détectés par cette méthode.

Figure 21 Comparaison entre une classification à partir d'une concentration cumulée aux ITRE plutôt qu'à partir de l'ITRE avec la concentration en L_p la plus élevée dans un rayon de 6 km autour des cas (2016-2019) (VMR imputée à 0)

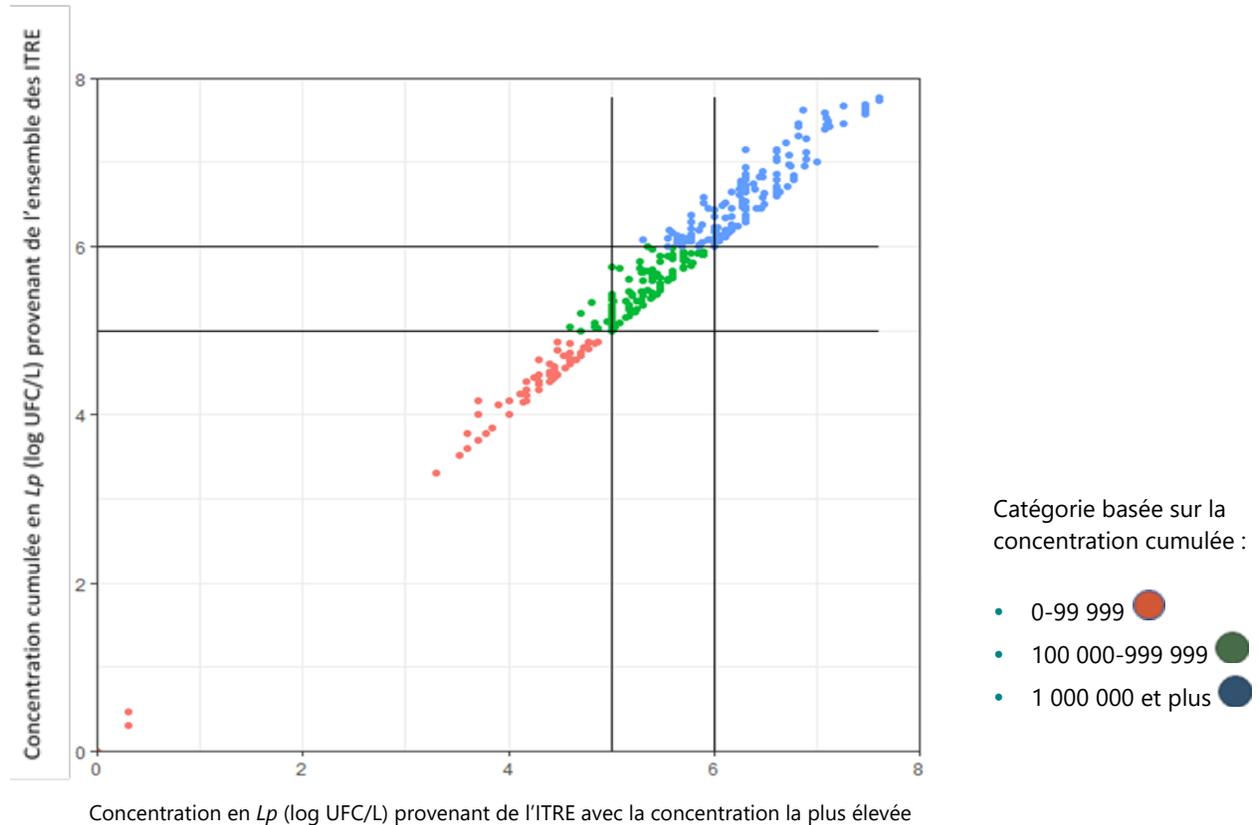
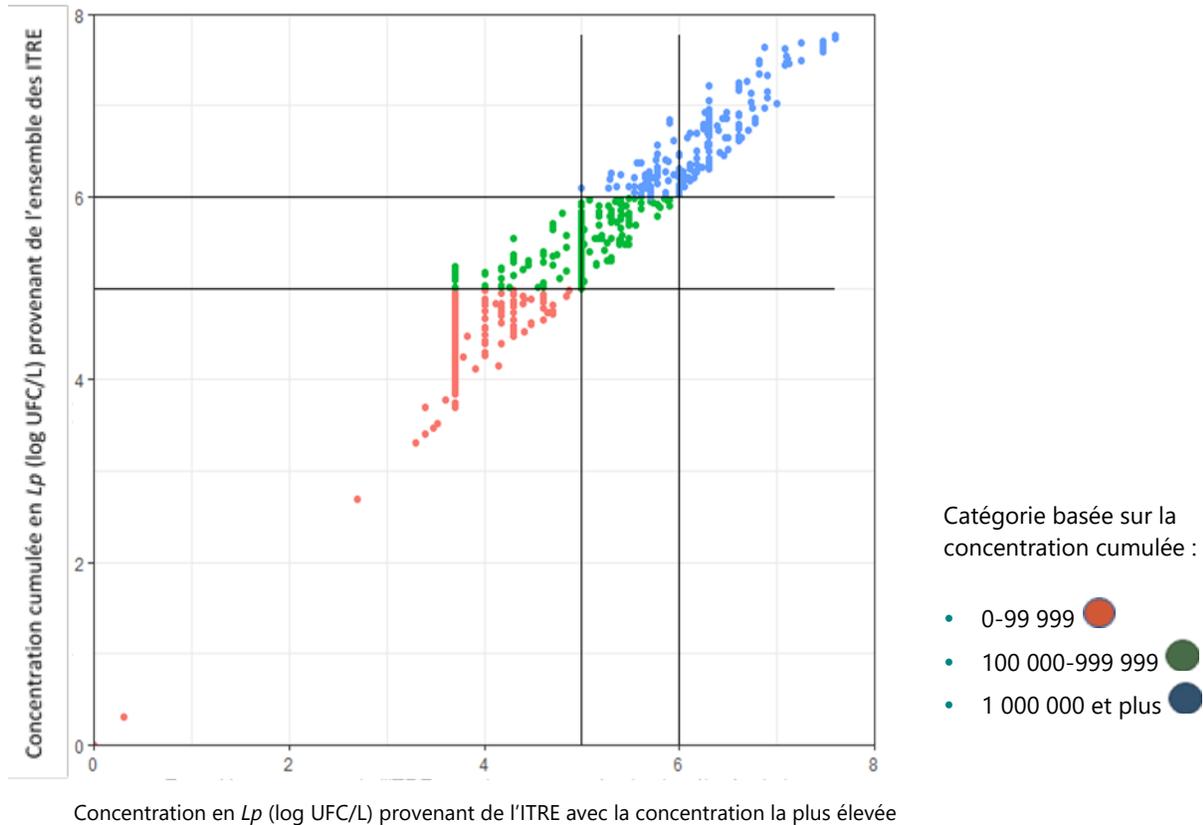


Figure 22 Comparaison entre une classification à partir d'une concentration cumulée aux ITRE plutôt qu'à partir de l'ITRE avec la concentration en L_p la plus élevée dans un rayon de 6 km autour des cas (2016-2019) (utilisation de la limite de détection [VMR] dans le calcul)



7 CONCLUSION

Afin de soutenir la vigie et l'intervention pour la légionellose, différents auteurs et organisations de santé publique ont proposé l'utilisation de méthodes statistiques d'identification des agrégats spatiotemporels. Les objectifs poursuivis par cette étude étaient 1) d'évaluer l'utilité et la faisabilité d'appliquer (applicabilité) différents modèles statistiques et approches, selon le balayage spatiotemporel, pour la détection des agrégats de légionellose ou de pneumonies liés aux ITRE à l'aide du logiciel SaTScan; 2) tester si les données sur les pneumonies pouvaient être utilisées pour les fins de la détection précoce des agrégats de légionellose; et 3) préciser les paramètres de vigie de la légionellose et d'intervention lors de signalement d'ITRE dépassant les seuils d'intervention (p. ex. durée, distance de la source, etc.).

Ces travaux ont conclu qu'il pourrait être approprié d'utiliser le modèle de Poisson avec une approche focalisée basée sur les ITRE en dépassement de 100 000 UFC/L ou plus (sans tenir compte des épisodes de dépassement) ou une approche générale, avec ou sans seuil de la valeur- p de 0,25, pour détecter les agrégats de cas de légionellose (MADO) de manière rétrospective.

Il n'a pas été recommandé d'utiliser les méthodes développées pour détecter des agrégats de consultations à l'urgence pour pneumonie (SIGDU) représentant de potentielles éclosions de cas déclarés de légionellose (MADO) en période estivale, sur la base des essais réalisés à ce jour.

Les paramètres d'investigation des agrégats de légionellose qui pourraient être tirés de ces informations pratiques et théoriques ont été présentés ainsi que quelques autres propositions et perspectives de recherche.

Il serait maintenant opportun de tester ces approches en mode prospectif afin de visualiser les agrégats de légionellose détectés sur une base quotidienne par SaTScan, en utilisant les modèles et les approches recommandés. L'analyse prospective est plus près de ce qui pourrait être utilisée en vigie de la légionellose. Étant donné les délais associés à la réception des résultats des analyses des ITRE, ces tests pourront être faits avec l'approche générale et avec une approche focalisée basée sur les ITRE, mais sans considérer leurs concentrations en Lp . Ces analyses pourront utiliser cette information des concentrations en Lp dans les ITRE lorsqu'elle sera disponible en temps opportun. Si cette approche prospective est concluante, il pourra être envisagé de mettre en place la détection des agrégats de légionellose dans le cadre d'une vigie centralisée (p. ex. détection des agrégats de COVID-19) ou d'une vigie qui serait confiée aux DSPublique après formation et support.

RÉFÉRENCES

- Allgaier, J., Lagu, T., Haessler, S., Imrey, P. B., Deshpande, A., Guo, N. et Rothberg, M. B. (2020). Risk factors, management, and outcomes of *legionella* pneumonia in a large nationally-representative sample. *Chest*, 159(5), 1782-1792. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.12.013>
- Ambrose, J., Hampton, L. M., Fleming-Dutra, K. E., Marten, C., McClusky, C., Perry, C., ... Cersovsky, S. B. (2014). Large outbreak of Legionnaires' disease and Pontiac fever at a military base. *Epidemiology and Infection*, 142(11), 2336-2346. <https://doi.org/10.1017/S0950268813003440>
- Agence de la santé publique du Canada. (2021). *Nombre de cas signalés par groupe d'âge au Canada - Maladies à déclaration obligatoire en direct*. Gouvernement du Canada https://maladies.canada.ca/notifiable/graphiques?c=abs#c=abs&lang=fr_CA
- Beer, K. D., Gargano, J. W., Roberts, V. A., Reses, H. E., Hill, V. R., Garrison, L. E., ... Yoder, J. S. (2015). Outbreaks associated with environmental and undetermined water exposures - United States, 2011-2012. *Mmwr-Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(31), 849-851. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6431a3>
- Bennett, E., Ashton, M., Calvert, N., Chaloner, J., Cheesbrough, J., Egan, J., ... Gent, R. N. (2014). Barrow-in-Furness: A large community legionellosis outbreak in the UK. *Epidemiology and Infection*, 142(8), 1763-1777. <https://doi.org/10.1017/S0950268813002483>
- Bhopal, R. S., Diggle, P. et Rowlingson, B. (1992). Pinpointing clusters of apparently sporadic cases of Legionnaires' disease. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 304(6833), 1022-1027. <https://doi.org/10.1136/bmj.304.6833.1022>
- Brown, J., Hort, K., Bouwman, R., Capon, A., Bansal, N., Goldthorpe, I., ... Vemulpad, S. (2001). Investigation and control of a cluster of cases of Legionnaires disease in western Sydney. *Communicable Diseases Intelligence*, 25(2), 63-66.
- Bull, M., Hall, I. M., Leach, S. et Robesyn, E. (2012). The application of geographic information systems and spatial data during Legionnaires disease outbreak responses. *Eurosurveillance*, 17(49). <https://doi.org/10.2807/ese.17.49.20331-en>
- Burckhardt, F., Brion, A., Lahm, J., Koch, H.-U., Prior, K., Petzold, M., ... Lueck, C. (2016). Confirming Legionnaires' disease outbreak by genome-based method, Germany, 2012. *Emerging Infectious Diseases*, 22(7), 1303-1304.
- Cadieux, G., Brodeur, J., Lamothe, F., Lalancette, C., Pilon, P. A., Kaiser, D. et Litvak, É. (2020). Écllosion communautaire et nosocomiale de *Legionella pneumophila* à Montréal, Québec, 2019. *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, 46(78), 246-254. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v46i78a01f>
- Castilla, J., Barricarte, A., Aldaz, J., Garcia Cenoz, M., Ferrer, T., Pelaz, C., ... Aldaz, P. (2008). A large Legionnaires' disease outbreak in Pamplona, Spain: Early detection, rapid control and no case fatality. *Epidemiology and Infection*, 136(6), 823-832. <https://doi.org/10.1017/S0950268807009077>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *National Outbreak Reporting System (NORS)* - CDC. <https://www.cdc.gov/norsdashboard/>

- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). *Legionnaires' Disease Surveillance Reports*. <https://www.cdc.gov/legionella/health-depts/surv-reporting/surveillance-reports.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2013). Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water and other nonrecreational water - United States, 2009-2010. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 62(35), 714-720.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. (2014). *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en microbiologie de l'air*. Ministère du développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. https://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/pala/DR12SCA08_lignes_dir_micro_air.pdf
- Che, D., Decludt, B., Campese, C. et Desenclos, J. C. (2003). Sporadic cases of community acquired legionnaires' disease: An ecological study to identify new sources of contamination. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(6), 466-469. <https://doi.org/10.1136/jech.57.6.466>
- Cilloniz, C., Ewig, S., Gabarrus, A., Ferrer, M., Puig de la Bella Casa, J., Mensa, J. et Torres, A. (2017). Seasonality of pathogens causing community-acquired pneumonia: Seasonality of pathogens in CAP. *Respirology*, 22(4), 778-785. <https://doi.org/10.1111/resp.12978>
- Cilloniz, C., Ewig, S., Polverino, E., Angeles Marcos, M., Prina, E., Sellares, J., ... Torres, A. (2012). Community-acquired pneumonia in outpatients: Aetiology and outcomes. *European Respiratory Journal*, 40(4), 931-938. <https://doi.org/10.1183/09031936.00168811>
- Code de sécurité du Québec, chapitre VIII, a. 337 (2014).
- Costa, M. I., Cipriano, A., Santos, F. V., Valdoeiros, S. R., Furtado, I., Machado, A., ... Bastos, H. N. (2020). Clinical profile and microbiological aetiology diagnosis in adult patients hospitalized with community-acquired pneumonia. *Pulmonology*. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.11.003>
- Dejour Salamanca, D., Thos, A.-L., Pavageau, Y. et Cosson, C. (2007). *Cas groupés de légionellose, Paris-Austerlitz Juillet-septembre 2006 Rapport d'investigation*. Institut de veille sanitaire. <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/ile-de-france/documents/rapport-synthese/2007/cas-groupes-de-legionellose-paris-austerlitz.-juillet-septembre-2006.-rapport-d-investigation>
- Den Boer, J. W., Euser, S. M., Brandsema, P., Reijnen, L. et Bruin, J. P. (2015). Results from the national *Legionella* outbreak detection program, the Netherlands, 2002-2012. *Emerging Infectious Diseases*, 21(7), 1167-1173. <https://doi.org/10.3201/eid2107.141130>
- Desjardins, M. R., Hohl, A. et Delmelle, E. M. (2020). Rapid surveillance of COVID-19 in the United States using a prospective space-time scan statistic: Detecting and evaluating emerging clusters. *Applied Geography (Sevenoaks, England)*, 118, 102202. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102202>
- Dunn, C., Sbhopal, R., Cockings, S., Walker, D., Rowlingson, B. et Diggle, P. (2007). Advancing insights into methods for studying environment-health relationships: A multidisciplinary approach to understanding Legionnaires' disease. *Health & Place*, 13(3), 677-690. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2006.10.003>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (s. d.). *Legionella Outbreak Toolbox*. <https://legionnaires.ecdc.europa.eu/?pid=419>

- European Centre for Disease Prevention and Control. (2020a). *Legionnaires' disease - Annual Epidemiological Report for 2018*. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/legionnaires-disease-annual-epidemiological-report-2018>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2020b). *Surveillance Atlas of Infectious Diseases; Distribution by gender; Health topic = Legionnaire's Disease; Subpopulation = Confirmed cases; Indicator = Reported cases; Year = 2018*. <https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx>
- Edens, C., Alden, N. B., Danila, R. N., Fill, M.-M. A., Gacek, P., Muse, A., ... Schrag, S. J. (2019). Multistate analysis of prospective Legionnaires' disease cluster detection using SaTScan, 2011-2015. *PLoS One*, 14(5), e0217632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217632>
- Espana, P. P., Capelastegui, A., Bilbao, A., Diez, R., Izquierdo, F., Lopez de Goicoetxea, M. J., ... Quintana, J. M. (2012). Utility of two biomarkers for directing care among patients with non-severe community-acquired pneumonia. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 31(12), 3397-3405. <https://doi.org/10.1007/s10096-012-1708-5>
- Fastl, C., Devleeschauwer, B., van Cauteren, D., Lajot, A., Leroy, M., Laisnez, V., ... Jacquinet, S. (2020). The burden of legionnaires' disease in Belgium, 2013 to 2017. *Archives of Public Health*, 78(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s13690-020-00470-7>
- Fisman, D. N., Lim, S., Wellenius, G. A., Johnson, C., Britz, P., Gaskins, M., ... Newbern, C. (2005). It's not the heat, it's the humidity: Wet weather increases legionellosis risk in the greater Philadelphia metropolitan area. *Journal of Infectious Diseases*, 192(12), 2066-2073. <https://doi.org/10.1086/498248>
- Fitzhenry, R., Weiss, D., Cimini, D., Balter, S., Boyd, C., Alleyne, L., ... Varma, J. K. (2017). Legionnaires' disease outbreaks and cooling towers, New York City, New York, USA. *Emerging Infectious Diseases*, 23(11), 1769-1776. <https://doi.org/10.3201/eid2311.161584>
- Garcia-Fulgueiras, A., Navarro, C., Fenoll, D., Garcia, J., Gonzalez-Diego, P., Jimenez-Bunuales, T., ... Pelaz, C. (2003). Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerging Infectious Diseases*, 9(8), 915-921.
- George, F., Shivaji, T., Pinto, C. S., Serra, L. A. O., Valente, J., Albuquerque, M. J., ... Rabacal, C. (2016). A large outbreak of Legionnaires' disease in an industrial town in Portugal. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 34(3), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.rpsp.2016.10.001>
- Gilmour, M. W., Bernard, K., Tracz, D. M., Olson, A. B., Corbett, C. R., Burdz, T., ... Berry, J. D. (2007). Molecular typing of a *Legionella pneumophila* outbreak in Ontario, Canada. *Journal of medical microbiology*, 56(3), 336-341. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.46738-0>
- Gleason, J. A., Ross, K. M. et Greeley, R. D. (2017). Analysis of population-level determinants of legionellosis: Spatial and geovisual methods for enhancing classification of high-risk areas. *International Journal of Health Geographics*, 16(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0118-4>
- Goupil-Sormany, I. et Huot, C. (2012). *Écllosion de légionellose dans la ville de Québec, Québec, Canada, été 2012. Rapport du directeur de santé publique*. Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2242741>
- Graham, F. F., Hales, S., White P. S., Baker M. G. (2020). Review Global seroprevalence of legionellosis -A systematic review and meta-analysis. *NatureResearch*, 10, 7337.

- Greene, S. K., Peterson, E. R., Kapell, D., Fine, A. D. et Kulldorff, M. (2016). Daily reportable disease spatiotemporal cluster detection, New York City, New York, USA, 2014-2015. *Emerging Infectious Diseases*, 22(10), 1808-1812. <https://doi.org/10.3201/eid2210.160097>
- Greig, J. E., Carnie, J. A., Tallis, G. I., Ryan, N. J., Tan, A. G., Gordon, I. R., ... Hart, W. G. (2004). An outbreak of Legionnaires' disease at the Melbourne Aquarium, April 2000: Investigation and case-control studies. *Medical Journal of Australia*, 180(11), 566-572. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2004.tb06093.x>
- Griffith, R., Gilmour, R., Carlin, M., Adamson, S., Timms, V., Chen, S., ... McNulty, J. (2016). *Summary Public Health Investigation into the Legionella Outbreaks in Sydney CBD March and May 2016* (p. 20). NSW Ministry of Health. <https://www.health.nsw.gov.au/Infectious/Pages/legionella-cbd-report.aspx>
- Guillois-Bécel, Y., Bailly, C., Manet, G., Marquis, M., Buisset, P., Besse, J. et Dissais, J. (2006). *Cas groupés de légionellose, Rennes (35), Décembre 2005 - Janvier 2006*. Institut de veille sanitaire. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/legionellose/documents/rapport-synthese/cas-groupes-de-legionellose-rennes-35.-decembre-2005-janvier-2006>
- Hamilton, K. A., Prussin, A. J., Ahmed, W. et Haas, C. N. (2018). Outbreaks of Legionnaires' disease and Pontiac fever 2006–2017. *Current Environmental Health Reports*, 5(2), 263-271. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0201-4>
- Henry, B., Young, J. G. et Walker, D. M. C. (2005). *Report of the Expert Panel on the Legionnaires' Disease Outbreak in the City of Toronto-September/October 2005*. http://www.health.gov.on.ca/en/common/ministry/publications/reports/walker_legion/rep_intro.aspx
- Herrera-Lara, S., Fernandez-Fabrellas, E., Cervera-Juan, A. et Blanquer-Olivas, R. (2013). Do seasonal changes and climate influence the etiology of community acquired pneumonia? *Archivos de Bronconeumologia*, 49(4), 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.arbr.2013.02.004>
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Anderson, A. R., Hill, V. R., Kahler, A. M., Orr, M., ... Yoder, J. S. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks and other health events associated with recreational water - United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 60(SS12, Suppl. S), 1-37.
- Institut de veille sanitaire. (2010). *Introduction aux statistiques spatiales et aux systèmes d'information géographique en santé environnement - Application aux études écologiques – Résultats 2010*. <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/introduction-aux-statistiques-spatiales-et-aux-systemes-d-information-geographique-en-sante-environnement.-application-aux-etudes-ecologiques.-resu>
- Jain, S., Self, W. H., Wunderink, R. G., Fakhran, S., Balk, R., Bramley, A. M., ... Finelli, L. (2015). Community-acquired pneumonia requiring hospitalization among U.S. Adults. *New England Journal of Medicine*, 373(5), 415-427. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1500245>
- Jansa, J. M., Cayla, J. A., Ferrer, D., Gracia, J., Pelaz, C., Salvador, M., ... Barcelona Legionellosis Study, G. (2002). An outbreak of Legionnaires' disease in an inner city district: Importance of the first 24 hours in the investigation. *The international journal of tuberculosis and lung disease: the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 6(9), 831-838.

- Kalil, A. C., Metersky, M. L., Klompas, M., Muscedere, J., Sweeney, D. A., Palmer, L. B., ... Brozek, J. L. (2016). Management of adults with hospital-acquired and ventilator-associated pneumonia: 2016 clinical practice guidelines by the infectious diseases society of America and the American thoracic society. *Clinical Infectious Diseases*, 63(5), e61-e111. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw353>
- Keramarou, M. et Evans, M. R. (2010). A community outbreak of legionnaires' disease in South Wales, August-September 2010. *Eurosurveillance*, 15(42), 1-4. <https://doi.org/10.2807/ese.15.42.19691-en>
- Kirrage, D., Reynolds, G., Smith, G. E. et Olowokure, B. (2007). Investigation of an outbreak of Legionnaires' disease: Hereford, UK 2003. *Respiratory Medicine*, 101(8), 1639-1644. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2006.11.026>
- Kulldorff, M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics: Theory and Methods*, (26), 1481-1496.
- Kulldorff, M. (2001). Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 164(1), 61-72. <https://doi.org/10.1111/1467-985X.00186>
- Kulldorff, M. (2018). *SaTScan User Guide, for version 10.1*. https://www.satscan.org/cgi-bin/satscan/register.pl/SaTScan_Users_Guide.pdf?todo=process_userguide_download
- Lebel, G., Dubé, M. et Bustinza, R. (2019). *Surveillance des impacts des vagues de chaleur extrême sur la santé au Québec à l'été 2018*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-impacts-des-vagues-de-chaleur-extreme-sur-la-sante-au-quebec-l-ete-2018>
- Lebel, G. et al. (s. d.). *Analyse et détection des agrégats spatio-temporels des cas de COVID-19 au Québec, rapport méthodologique*. Institut national de santé publique du Québec. (document non publié)
- Lebel, G., Fortin, E., Lo, E., Boivin, M.-C., Tandonnet, M. et Gravel, N. (2021). Detection of COVID-19 case clusters in Québec, May-October 2020. *Canadian Journal of Public Health*, 112, 807-817. <https://link.springer.com/article/10.17269/s41997-021-00560-1>
- Lucas, K. D., Wheeler, C., McLendon, P., Leistikow, B. N. et Mohle-Boetani, J. C. (2018). Outbreak of Legionnaires' disease associated with cooling towers at a California state prison, 2015. *Epidemiology and Infection*, 146(3), 297-302. <https://doi.org/10.1017/S0950268818000110>
- Maisa, A., Brockmann, A., Renken, F., Lueck, C., Pleischl, S., Exner, M., ... Jurke, A. (2015). Epidemiological investigation and case-control study: A Legionnaires' disease outbreak associated with cooling towers in Warstein, Germany, August-September 2013. *Eurosurveillance*, 20(46), 12-20. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2015.20.46.30064>
- Mandell, L. A., Wunderink, R. G., Anzueto, A., Bartlett, J. G., Campbell, G. D., Dean, N. C., ... Whitney, C. G. (2007). Infectious diseases society of America/American thoracic society consensus guidelines on the management of community-acquired pneumonia in adults. *Clinical Infectious Diseases*, 44(Supplement_2), S27-S72. <https://doi.org/10.1086/511159>

- Marchello, C., Dale, A. P., Thai, T. N., Han, D. S. et Ebell, M. H. (2016). Prevalence of atypical pathogens in patients with cough and community-acquired pneumonia: A meta-analysis. *Annals of Family Medicine*, 14(6), 552-566. <https://doi.org/10.1370/afm.1993>
- McClung, R. P., Roth, D. M., Vigar, M., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Cooley, L. A., ... Hill, V. R. (2017). Waterborne disease outbreaks associated with environmental and undetermined exposures to water - United States, 2013-2014. *Mmwr-Morbidity and Mortality Weekly Report*, 66(44), 1222-1225.
- McCormick, D., Thorn, S., Milne, D., Evans, C., Stevenson, J., Llano, M. et Donaghy, M. (2012). Public health response to an outbreak of Legionnaires' disease in Edinburgh, United Kingdom, June 2012. *Eurosurveillance*, 17(28), 6-9.
- Metlay, J. P., Waterer, G. W., Long, A. C., Anzueto, A., Brozek, J., Crothers, K., ... Whitney, C. G. (2019). Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. An official clinical practice guideline of the American thoracic society and infectious diseases society of America. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 200(7), e45-e67. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1581ST>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.). *Faits saillants - Juillet 2018: le mois le plus chaud depuis 1921 au sud du Québec*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2018/juillet.htm>
- Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2015). *Guide d'intervention - La légionellose (Édition 2015)*. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-000776/>
- Mudali, G., Kilgore, P. E., Salim, A., McElmurry, S. P. et Zervos, M. (2020). Trends in legionnaires' disease-associated hospitalizations, United States, 2006-2010. *Open Forum Infectious Diseases*, 7(8), ofaa296. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa296>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2020). *Management of Legionella in Water Systems*. The National Academies Press. <http://doi.org/10.17226/25474>
- Ng, V., Tang, P., Jamieson, F., Guyard, C., Low, D. E. et Fisman, D. N. (2009). Laboratory-based evaluation of legionellosis epidemiology in Ontario, Canada, 1978 to 2006. *BMC Infectious Diseases*, 9, 68. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-9-68>
- Nguyen, T. M. N., Ilf, D., Jarraud, S., Rouil, L., Campese, C., Che, D., ... Desenclos, J. C. (2006). A community-wide outbreak of legionnaires disease linked to industrial cooling towers - How far can contaminated aerosols spread? *Journal of Infectious Diseases*, 193(1), 102-111.
- Nicolay, N., Boland, M., Ward, M., Hickey, L., Collins, C., Lynch, M., ... O'Donnell, J. (2010). Investigation of Pontiac-like illness in office workers during an outbreak of Legionnaires' disease, 2008. *Epidemiology and Infection*, 138(11), 1667-1673. <https://doi.org/10.1017/S0950268810000403>
- Nygaard, K., Werner-Johansen, O., Ronsen, S., Caugant, D. A., Simonsen, O., Kanestrom, A., ... Aavitsland, P. (2008). An outbreak of legionnaires disease caused by long-distance spread from an industrial air scrubber in Sarpsborg, Norway. *Clinical Infectious Diseases*, 46(1), 61-69. <https://doi.org/10.1086/524016>

- Orkis, L. T., Peterson, E. R., Brooks, M. M., Mertz, K. J., Harrison, L. H., Stout, J. E. et Greene, S. K. (2019a). Simulation of Legionnaires' disease prospective spatiotemporal cluster detection, Allegheny County, Pennsylvania, USA. *Epidemiology and Infection*, 147, e29. <https://doi.org/10.1017/S0950268818002789>
- Pelaz, C., Cano, R., Chico, M., Asensio, G., Bellido, B., Iascu, A., ... Gutierrez, G. (2016). A large community outbreak of Legionnaires' disease in Manzanares, Ciudad Real, Spain. 4th ESGI Conference, Amsterdam.
- Phares, C. R., Russell, E., Thigpen, M. C., Service, W., Crist, M. B., Salyers, M., ... Moore, M. R. (2007). Legionnaires' disease among residents of a long-term care facility: The sentinel event in a community outbreak. *American Journal of Infection Control*, 35(5), 319-323. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2006.09.014>
- Quinn, C., Demirjian, A., Watkins, L. F., Tomczyk, S., Lucas, C., Brown, E., ... DiOrio, M. (2015). Legionnaires' disease outbreak at a long-term care facility caused by a cooling tower using an automated disinfection system--Ohio, 2013. *Journal of Environmental Health*, 78(5), 8-13.
- Raeven, V. M., Spoorenberg, S. M. C., Boersma, W. G., van de Garde, E. M. W., Cannegieter, S. C., Voorn, G. P. P., ... van Steenberghe, J. E. (2016). Atypical aetiology in patients hospitalised with community-acquired pneumonia is associated with age, gender and season; A data-analysis on four Dutch cohorts. *BMC Infectious Diseases*, 16(1), 299. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1641-9>
- Ricketts, K. D., Joseph, C. A., Lee, J. V. et Wilkinson, P. (2012). Wet cooling systems as a source of sporadic Legionnaires' disease: A geographical analysis of data for England and Wales, 1996–2006. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 66(7), 618-623. <https://doi.org/10.1136/jech.2010.117952>
- Rota, M. C., Pontrelli, G., Scaturro, M., Bella, A., Bellomo, A. R., Trinito, M. O., ... Ricci, M. L. (2005). Legionnaires' disease outbreak in Rome, Italy. *Epidemiology and Infection*, 133(5), 853-859. <https://doi.org/10.1017/S0950268805004115>
- Rudbeck, M., Jepsen, M. R., Sonne, I. B., Uldum, S. A., Viskum, S. et Mølbak, K. (2010). Geographical variation of sporadic Legionnaires' disease analysed in a grid model. *Epidemiology and Infection*, 138(1), 9-14. <https://doi.org/10.1017/S0950268809990185>
- Sabria, M., Alvarez, J., Dominguez, A., Pedrol, A., Sauca, G., Salleras, L., ... Barrufet, M. P. (2006). A community outbreak of Legionnaires' disease: Evidence of a cooling tower as the source. *Clinical Microbiology and Infection*, 12(7), 642-647. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2006.01447.x>
- Sala Ferre, M. R., Arias, C., Oliva, J. M., Pedrol, A., Garcia, M., Pellicer, T., ... Dominguez, A. (2009). A community outbreak of Legionnaires' disease associated with a cooling tower in Vic and Gurb, Catalonia (Spain) in 2005. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 28(2), 153-159. <https://doi.org/10.1007/s10096-008-0603-6>
- Shivaji, T., Sousa Pinto, C., San-Bento, A., Oliveira Serra, L. A., Valente, J., Machado, J., ... Vasconcelos, P. (2014). A large community outbreak of Legionnaires' disease in Vila Franca de Xira, Portugal, October to November 2014. *Eurosurveillance*, 19(50), 13-16. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.50.20991>

- Simmering, J. E., Polgreen, L. A., Hornick, D. B., Sewell, D. K. et Polgreen, P. M. (2017). Weather-dependent risk for legionnaires' disease, United States. *Emerging Infectious Diseases*, 23(11), 1843-1851. <https://doi.org/10.3201/eid2311.170137>
- Smith, C. M., Le Comber, S. C., Fry, H., Bull, M., Leach, S. et Hayward, A. C. (2015). Spatial methods for infectious disease outbreak investigations: Systematic literature review. *Eurosurveillance*, 20(39), 1-21. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2015.20.39.30026>
- Sonder, G. J., van den Hoek, J. A., Bovée, L. P., Aanhane, F. E., Worp, J., Du Ry van Beest Holle, M., ... Coutinho, R. A. (2008). Changes in prevention and outbreak management of Legionnaires disease in the Netherlands between two large outbreaks in 1999 and 2006. *Eurosurveillance*, 13(38).
- Spiegelman, J., Pedutem, T. et Francisco, M. J. (2020). Legionnaires' disease cases at a large community hospital—Common and underdiagnosed. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 332. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010332>
- Statistique Canada. (2018). Aire de diffusion : définition détaillée. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-195-x/2011001/geo/da-ad/def-fra.htm>
- Taouqi, M. et Bassi, C. (2013). Investigation d'un épisode de cas groupés de légionellose dans les Hauts-de-Seine, Août 2012. Institut de veille sanitaire. <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/ile-de-france/documents/rapport-synthese/2013/investigation-d-un-episode-de-cas-groupes-de-legionellose-dans-les-hauts-de-seine.-aout-2012>
- Thornley, C. N., Harte, D. J., Weir, R. P., Allen, L. J., Knightbridge, K. J. et Wood, P. R. T. (2017). *Legionella longbeachae* detected in an industrial cooling tower linked to a legionellosis outbreak, New Zealand, 2015; Possible waterborne transmission? *Epidemiology and Infection*, 145(11), 2382-2389. <https://doi.org/10.1017/S0950268817001170>
- Timms, V. J., Rockett, R., Bachmann, N. L., Martinez, E., Wang, Q., Chen, S. C. A., ... Sintchenko, V. (2018). Genome sequencing links persistent outbreak of legionellosis in Sydney (New South Wales, Australia) to an emerging clone of *Legionella pneumophila* sequence type 211. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(5). <https://doi.org/10.1128/AEM.02020-17>
- Torres, A., Blasi, F., Peetermans, W. E., Viegi, G. et Welte, T. (2014). The aetiology and antibiotic management of community-acquired pneumonia in adults in Europe: A literature review. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 33(7), 1065-1079. <https://doi.org/10.1007/s10096-014-2067-1>
- Ulleryd, P., Hugosson, A., Allestam, G., Bernander, S., Claesson, B. E. B., Eilertz, I., ... Svensson, N. (2012). Legionnaires' disease from a cooling tower in a community outbreak in Lidköping, Sweden—epidemiological, environmental and microbiological investigation supported by meteorological modelling. *Bmc Infectious Diseases*, 12, 313. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-12-313>
- van den Wijngaard, C. C., van Asten, L., van Pelt, W., Doornbos, G., Nagelkerke, N. J. D., Donker, G. A., ... Koopmans, M. P. G. (2010). Syndromic surveillance for local outbreaks of lower-respiratory infections: Would it work? *PloS One*, 5(4), e10406. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010406>

- von Baum, H., Ewig, S., Marre, R., Suttorp, N., Gonschior, S., Welte, T. et Lueck, C. (2008). Community-acquired *Legionella* pneumonia: New insights from the German competence network for community acquired pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*, 46(9), 1356-1364. <https://doi.org/10.1086/586741>
- Walser, S. M., Gerstner, D. G., Brenner, B., Holler, C., Liebl, B. et Herr, C. E. W. (2014). Assessing the environmental health relevance of cooling towers - A systematic review of legionellosis outbreaks. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(2-3), 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.08.002>
- Ward, M., Boland, M., Nicolay, N., Murphy, H., McElhiney, J., Collins, C., ... O'Donnell, J. (2010). A cluster of legionnaires' disease and associated Pontiac fever morbidity in office workers, Dublin, June-July 2008. *Journal of Environmental and Public Health*, 2010, 463926. <https://doi.org/10.1155/2010/463926>
- Weiss, D., Boyd, C., Rakeman, J. L., Greene, S. K., Fitzhenry, R., McProud, T., ... Varma, J. K. (2017). A large community outbreak of Legionnaires' disease associated with a cooling tower in New York City, 2015. *Public Health Reports*, 132(2), 241-250. <https://doi.org/10.1177/0033354916689620>
- White, P. S., Graham, F. F., Harte, D. J. G., Baker, M. G., Ambrose, C. D. et Humphrey, A. R. G. (2013). Epidemiological investigation of a Legionnaires' disease outbreak in Christchurch, New Zealand: The value of spatial methods for practical public health. *Epidemiology and Infection*, 141(4), 789-799. <https://doi.org/10.1017/S0950268812000994>
- Wuthrich, D., Gautsch, S., Spieler-Denz, R., Dubuis, O., Gaia, V., Moran-Gilad, J., ... Egli, A. (2019). Air-conditioner cooling towers as complex reservoirs and continuous source of *Legionella pneumophila* infection evidenced by a genomic analysis study in 2017, Switzerland. *Eurosurveillance*, 24(4), 1800192. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2019.24.4.1800192>
- Yeng, P. K., Woldaregay, A. Z., Solvoll, T. et Hartvigsen, G. (2020). Cluster detection mechanisms for syndromic surveillance systems: Systematic review and framework development. *JMIR Public Health and Surveillance*, 6(2), e11512. <https://doi.org/10.2196/11512>
- Yoder, J., Roberts, V., Craun, G. F., Hill, V., Hicks, L., Alexander, N. T., ... Roy, S. L. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking - United States, 2005-2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 57(SS-9), 39-69.

ANNEXE A AGRÉGATS DÉTECTÉS PAR RÉGION SELON L'APPROCHE FOCALISÉE AVEC ÉPISODES DE DÉPASSEMENT

Les tableaux A1 à A4 (p. 72 à 74) présentent le nombre d'agrégats détectés par région sociosanitaire selon l'approche focalisée avec épisodes de dépassement. Les agrégats de légionellose (MADO) sont détectés dans huit régions, dont certains sont statistiquement significatifs : Montréal, Montérégie, Mauricie-Centre-du-Québec; et d'autres jamais significatifs : Capitale-Nationale, Laurentides, Laval, Outaouais et Estrie. Montréal se distingue par le nombre d'agrégats détectés.

Des agrégats de pneumonies sont détectés dans onze régions sociosanitaires, dont certaines plus rurales et moins peuplées, certains étant significatifs : Montréal, Montérégie, Capitale-Nationale, Mauricie-Centre-du-Québec, Saguenay-Lac-Saint-Jean, Abitibi-Témiscamingue, Estrie Lanaudière; et d'autres jamais significatifs : Laval, Outaouais et Bas-Saint-Laurent.

Aucun agrégat de légionellose ou de pneumonie n'a été détecté en Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et sur la Côte-Nord, probablement à cause du petit nombre de cas, d'ITRE et d'épisodes de dépassement.

Plus de la moitié des ITRE du Québec (59,8 %) se retrouvent à Montréal et en Montérégie. Très peu d'ITRE sont implantées dans les régions de la Côte-Nord, Nord-du-Québec et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (1,3 % pour les trois régions). Aucune ITRE n'est présente aux Terres-Cries-de-la-Baie-James (publication à venir).

Tableau A1 Nombre d'agrégats de légionellose (MADO) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 1 000 000 UFC/L, par région, année et seuil de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Significatifs						
Montréal	0	0	1	0	1	2
Montérégie	0	0	0	0	1	1
Non significatifs						
Montréal	3	2	2	3	1	11
Montérégie	1	1	1	1	0	4
Capitale-Nationale	1	0	0	1	0	2
Laval	0	0	0	1	1	2
Outaouais	0	0	1	0	0	1
Estrie	0	0	0	0	1	1

Tableau A2 Nombre d'agrégats de légionellose (MADO) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 100 000 UFC/L, par région, année et seuil de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Significatifs						
Montréal	1	0	2	1	1	5
Mauricie-CDQ	0	1	1	0	0	2
Non significatifs						
Montréal	3	5	2	5	2	17
Montérégie	2	2	1	1	2	8
Capitale-Nationale	1	1	1	1	1	5
Laval	1	0	1	1	1	4
Laurentides	1	1	1	0	1	4
Estrie	0	1	1	0	0	2
Mauricie-CDQ	0	1	0	0	0	1

Tableau A3 Nombre d'agrégats de pneumonies (SIGDU) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 1 000 000 UFC/L, par région, année et seuils de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Significatifs						
Capitale-Nationale	0	1	0	1	1	3
Montréal	0	1	0	0	1	2
Abitibi-Témiscamingue	0	0	0	0	0	0
Non significatifs						
Montréal	0	0	3	2	3	8
Montérégie	0	2	1	2	1	6
Laval	1	0	0	2	0	3
Saguenay – Lac-Saint-Jean	0	1	1	0	1	3
Abitibi-Témiscamingue	0	0	0	1	1	2
Mauricie-CDQ	0	0	0	1	1	2
Capitale-Nationale	1	0	0	0	0	1
Estrie	0	0	0	0	1	1

Tableau A4 Nombre d'agrégats de pneumonies (SIGDU) autour des ITRE selon l'approche focalisée avec épisodes, dépassant le seuil de 100 000 UFC/L, par région, année et seuils de signification statistique ($p < 0,05$), 2016-2020

	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Significatifs						
Capitale-Nationale	1	2	1	1	0	5
Montréal	1	0	1	1	0	3
Montréal	0	0	0	1	2	3
Saguenay – Lac-Saint-Jean	0	0	1	1	0	2
Mauricie-CDQ	0	1	0	0	0	1
Estrie	0	0	1	0	0	1
Lanaudière	0	0	1	0	0	1
Abitibi-Témiscamingue	0	1	0	0	0	1
Non significatifs						
Montréal	2	6	3	2	3	16
Saguenay – Lac-Saint-Jean	1	4	3	1	2	11
Montréal	1	4	4	2	2	13
Mauricie-CDQ	1	0	2	3	0	6
Abitibi-Témiscamingue	1	0	1	1	1	4
Estrie	1	0	0	2	1	4
Capitale-Nationale	0	0	1	1	1	3
Bas-Saint-Laurent	0	0	1	0	0	1
Lanaudière	0	1	0	0	0	1
Outaouais	0	1	0	0	0	1

ANNEXE B CARACTÉRISTIQUES DES AGRÉGATS (RAYON, DURÉE, NOMBRE DE CAS) SELON LES DIVERS MODÈLES ET APPROCHES

Tableau B1 Caractéristiques des agrégats (rayon, durée, nombre de cas) de légionellose (MADO) selon les divers modèles et approches, 2016-2020

Modèle et approche	Seuil de dépassement	N ^{bre} agrégat (2016 à 2020)	Rayon moyen (km)	Rayon médian (km)	Écart-type rayon (km)	Durée moyenne (jours)	Durée médiane (jours)	Écart-type durée (jours)	Nombre de cas moyen	Nombre de cas médian
Poisson focalisée avec ép. de dépassement	100 000	48	3,6	3,9	1,5	16,4	8,0	20,4	3,3	2,0
Poisson focalisée avec ép. de dépassement	1 000 000	24	4,1	4,3	1,3	16,9	11,0	20,5	3,0	2,0
Poisson focalisée sans ép. de dépassement	100 000	54	3,5	3,4	1,6	30,3	14,5	38,2	4,2	2,0
Poisson focalisée sans ép. de dépassement	1 000 000	37	3,5	3,8	1,5	31,4	25,0	33,0	4,2	3,0
Poisson générale	S. O.	80	0,8	0,7	0,9	33,0	13,0	45,3	2,5	2,0
Permutation focalisée avec ép. de dépassement	100 000	22	3,5	3,5	1,2	4,2	3,0	5,5	2,7	2,0
Permutation focalisée avec ép. de dépassement	1 000 000	10	3,7	3,3	1,3	6,1	4,5	6,4	2,5	3,2
Permutation focalisée sans ép. de dépassement	100 000	21	3,5	3,6	1,7	7,3	5,0	8,6	3,0	2,0
Permutation focalisée sans ép. de dépassement	1 000 000	16	3,5	3,3	1,4	7,2	3,5	8,8	3,0	2,5
Permutation générale	S. O.	28	2,6	2,9	1,7	4,9	3,0	5,0	2,8	2,0

Tableau B2 Caractéristiques des agrégats (rayon, durée, nombre de cas) de pneumonies (SIGDU) selon les divers modèles et approches, 2016-2020

Modèle et approche	Seuil de dépassement	N ^{bre} agrégat (2016 à 2020)	Rayon moyen (km)	Rayon médian (km)	Écart-type rayon (km)	Durée moyenne (jours)	Durée médiane (jours)	Écart-type durée (jours)	Nombre de cas moyen	Nombre de cas médian	Nombre de cas (minimum)	Nombre de cas (maximum)
Poisson focalisée avec ép. de dépassement	100 000	77	2,5	2,5	1,8	41,6	27,0	52,3	40,8	15,0	3,0	744,0
Poisson focalisée avec ép. de dépassement	1 000 000	31	2,6	2,7	1,7	16,7	10,0	18,0	22,3	10,0	2,0	155,0
Poisson focalisée sans ép. de dépassement	100 000	163	2,2	1,7	1,7	123,5	102,0	83,8	55,5	28,0	2,0	770,0
Poisson focalisée sans ép. de dépassement	1 000 000	75	2,5	2,0	1,8	84,5	57,0	82,1	66,0	22,0	2,0	734,0
Poisson générale	S. O.	521	1,0	0,6	1,4	136,5	167,0	84,5	24,0	15,0	2,0	208,0
Permutation focalisée avec ép. de dépassement	100 000	21	3,3	3,7	1,4	8,0	4,0	10,9	15,2	11,0	4,0	68,0
Permutation focalisée avec ép. de dépassement	1 000 000	18	2,5	1,8	1,8	4,7	4,0	4,5	9,6	5,0	2,0	24,0
Permutation focalisée sans ép. de dépassement	100 000	26	3,0	3,1	1,4	9,2	4,0	12,8	15,4	10,5	3,0	57,0
Permutation focalisée sans ép. de dépassement	1 000 000	29	2,3	2,2	1,4	7,2	5,0	7,9	13,4	9,0	2,0	75,0
Permutation générale	S. O.	38	2,4	1,8	1,7	6,8	4,0	9,0	13,5	8,5	4,0	66,0

Centre de référence
et d'expertise



www.inspq.qc.ca