



Fardeau actuel et futur de la maladie de Lyme au Québec en fonction des changements climatiques

Marion Ripoche^{1*}, Alexandra Irace-Cima¹, Ariane Adam-Poupart¹, Geneviève Baron², Catherine Bouchard³, Alex Carignan⁴, François Milord⁵, Najwa Ouhouummane¹, Pierre A Pilon⁶, Karine Thivierge¹, Kate Zinszer⁷, Diane Chaumont⁸

Cette oeuvre est mise à la disposition selon les termes de la licence internationale Creative Commons Attribution 4.0



Résumé

Contexte : Les changements environnementaux vont favoriser la progression des tiques *Ixodes scapularis* et augmenter l'incidence de la maladie de Lyme au Québec dans les prochaines années. L'objectif de cette étude est d'estimer le fardeau épidémiologique et clinique, ainsi qu'une partie du fardeau économique actuel de la maladie de Lyme au Québec et d'estimer le nombre de cas attendus pour l'horizon 2050.

Méthodes : Les cas de maladie de Lyme déclarés au Québec de 2015 à 2019 ont été utilisés pour décrire leurs caractéristiques démographiques, géographiques et cliniques, ainsi que le coût de leur prise en charge initiale. Trois scénarios de taux d'incidence ont ensuite été développés pour estimer le nombre de cas attendus pour l'horizon 2050, en fonction des projections démographiques et climatiques.

Résultats : De 2015 à 2019, 1 473 cas de maladie de Lyme ont été déclarés au Québec. Plus de 90 % des cas ont été acquis dans deux régions du sud du Québec (i.e. l'Estrie et la Montérégie), alors que les personnes infectées étaient des habitants de l'ensemble du Québec. L'âge moyen des cas est de 44 ans et 66 % des infections étaient au stade localisé, le premier stade de la maladie de Lyme. Le coût de la prise en charge initiale est estimé à 182 \$ CA en moyenne par patient (47 \$ CA au stade localisé et 443 \$ CA au stade disséminé). Selon les projections, plus de 95 % de la population québécoise habitera dans la zone climatique favorable à l'établissement des tiques à l'horizon 2050, avec un nombre de cas acquis au Québec 1,3 à 14,5 fois plus élevé qu'en 2019, en fonction du scénario de taux d'incidence retenu.

Conclusion : Le fardeau épidémiologique se concentre principalement dans le sud du Québec, mais le fardeau clinique et économique se répartit déjà sur l'ensemble de la province. Les projections pour l'horizon 2050 devraient aider les régions du Québec à s'adapter et à optimiser les mesures de protection de la santé de la population.

Citation proposée : Ripoche M, Irace-Cima A, Adam-Poupart A, Baron G, Bouchard C, Carignan A, Milord F, Ouhouummane N, Pilon PA, Thivierge K, Zinszer K, Chaumont D. Fardeau actuel et futur de la maladie de Lyme au Québec en fonction des changements climatiques. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2023;49(10):491–502. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v49i10a06f>

Mots-clés : maladie transmise par les tiques, maladie de Lyme, *Borrelia burgdorferi*, changement climatique, fardeau

Affiliations

¹ Institut national de la santé publique du Québec, Montréal, QC

² Direction de Santé Publique de l'Estrie, CIUSSS de l'Estrie-CHUS, Sherbrooke, QC

³ Agence de Santé Publique du Canada, Saint-Hyacinthe, QC

⁴ Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC

⁵ Direction de Santé Publique de la Montérégie, CISSS de la Montérégie-Centre, Longueuil, QC

⁶ Direction de Santé Publique de Montréal, Montréal, QC

⁷ Université de Montréal, Montréal, QC

⁸ Ouranos, Montréal, QC

*Correspondance :

marion.ripoche@inspq.qc.ca



Introduction

Les cas de maladie de Lyme sont en augmentation depuis plusieurs années au Québec, comme dans le reste du Canada (1). Cette tendance devrait se poursuivre avec les changements climatiques et environnementaux attendus (2). Cependant, le fardeau de la maladie de Lyme, à savoir ses caractéristiques épidémiologiques, cliniques et économiques (3), est encore peu documenté au Québec.

La maladie de Lyme, causée par la bactérie *Borrelia burgdorferi*, est transmise par la tique *Ixodes scapularis* dans l'est de l'Amérique du Nord. L'infection évolue selon trois stades cliniques: le stade localisé, caractérisé par un érythème migrant; le stade disséminé précoce, avec des atteintes systémiques, neurologiques ou cardiaques; et le stade disséminé tardif, caractérisé principalement par l'arthrite de Lyme (4). L'augmentation de la température, liée aux changements climatiques et environnementaux, devrait favoriser la survie des populations de tiques, prolonger leur période d'activité au cours de l'année et favoriser l'établissement des populations de tiques dans de nouvelles zones géographiques, en parallèle de l'augmentation de l'aire de distribution des hôtes comme le cerf de Virginie ou les souris à pattes blanches (2). Par conséquent, la saison et zone d'exposition des humains aux tiques, et donc l'incidence de la maladie de Lyme au Québec, devraient progresser avec le temps.

La maladie de Lyme est une maladie à déclaration obligatoire (MADO) au Québec depuis 2003 (1). Les caractéristiques démographiques et géographiques des cas sont publiées annuellement par l'Institut national de santé publique du Québec et le Ministère de la Santé et des Services sociaux (1,5). Plusieurs études ont décrit le tableau clinique des cas de maladie de Lyme, mais seulement pour certaines régions du Québec (6–14). Certains coûts associés à la maladie de Lyme ont été évalués en Ontario (15) et aux États-Unis (16–20), mais leurs résultats ne peuvent être transposés directement au Québec en raison de la différence des systèmes de santé. À notre connaissance, seules deux études ont estimé le nombre de cas et les coûts attendus en fonction des changements climatiques (21,22). L'étude la plus récente, réalisée par l'Institut canadien pour des choix climatiques (ICCC), estime à 8 500 le nombre de nouveaux cas de maladie de Lyme chaque année au Canada d'ici la moitié du siècle (3 000 cas au Québec), pour un coût annuel de trois millions de dollars pour les dépenses de santé (22). Toutefois, ces études ne sont pas basées sur les données de surveillance du Québec, ce qui limite leur interprétation.

Notre étude décrit le fardeau actuel de la maladie de Lyme au Québec, du point de vue épidémiologique et clinique, à partir des données de surveillance humaine. L'exposition aux tiques a également été prise en compte pour avoir une vision plus large du fardeau pour la province, à partir des données de surveillance acarologique. Par ailleurs, pour ajouter une dimension

économique au fardeau, le coût direct, pour le système de santé, de la prise en charge initiale et de l'hospitalisation des cas a été calculé. Enfin, le nombre de cas attendus pour l'horizon 2050 a également été estimé, en considérant différents scénarios démographiques, climatiques et de taux d'incidence.

Méthodes

Source de données

Cas humains de maladie de Lyme

Les cas humains de maladie de Lyme déclarés au Québec, par les médecins ou les laboratoires, du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019 ont été extraits du registre des MADO (1). Les données cliniques n'étant pas consignées dans le registre des MADO pour notre période d'étude, ces données ont été recherchées dans les rapports disponibles des directions de santé publique (DSPu) de l'Estrie (n = 105 cas en 2017), de la Montérégie (n = 231 cas en 2016–2018) et de Montréal (n = 69 cas en 2016–2017). Ces rapports présentent certains résultats des enquêtes épidémiologiques des cas déclarés entre 2016 et 2018 (8–11,23,24), tels que le stade et les signes cliniques, la proportion de cas hospitalisés et la durée d'hospitalisation. Les données publiées par Musonera *et al.*, (14), qui ont analysé les dossiers médicaux des cas déclarés et traités dans un centre hospitalier en Estrie et en Montérégie entre 2004 et 2017 (n = 272), ont également été prise en compte pour estimer certains critères cliniques, non disponible dans le registre des MADO (proportion de cas par stade clinique, proportion de cas hospitalisés et durée d'hospitalisation).

Exposition aux tiques *Ixodes scapularis*

Les données sur les personnes ayant rapporté une tique *I. scapularis* au Québec entre le 1^{er} janvier 2015 et le 31 décembre 2019 proviennent du programme de surveillance acarologique passif géré par le Laboratoire de santé publique du Québec (1). Ce dernier reçoit et identifie les tiques collectées sur des humains et qui sont soumises volontairement par les médecins. Les tiques *I. scapularis* sont par la suite envoyées au Laboratoire national de microbiologie pour vérifier la présence de *B. burgdorferi* et celle d'autres agents pathogènes (1). Afin de s'assurer du lieu d'exposition aux tiques, les personnes ayant voyagé en dehors de leur municipalité de résidence dans les 14 jours précédant la piqûre, ainsi que celles dont l'historique de voyage était inconnue ont été exclues des analyses géographiques.

Coûts de la prise en charge initiale et hospitalisation

Seuls les coûts directs pour le système de santé, à savoir le coût de la prise en charge initiale du cas (consultation et traitement) et les hospitalisations, ont été pris en compte dans cette étude. Le coût de la prise en charge initiale d'un cas est basé sur le coût des consultations médicales au Québec publié par la Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ) (25,26) et le coût



du traitement initial publié par l’Institut national d’excellence en santé et en services sociaux (INESSS) (27). Le coût des hospitalisations est basé sur les données pour le Québec de l’Institut canadien d’information sur la santé (28).

Projections démographiques

La population actuelle du Québec a été estimée à partir du recensement 2016 (29). Les projections proviennent des tendances démographiques publiées par l’Institut de la statistique du Québec, avec un scénario moyen, un scénario faible et un scénario fort, pour estimer l’évolution possible de la population du Québec pour l’horizon 2050 (30).

Projections climatiques

La température est un facteur significatif pour l’établissement des populations de tiques (31–39). Le seuil de 2 800 degrés/jours $> 0^{\circ}\text{C}$ (dd) sur une année a été validé dans plusieurs études comme indicateur des zones où la survie des tiques *I. scapularis* est possible au Québec (32,40) et a été retenu comme indicateur dans notre étude. Le cumul annuel des $> 0^{\circ}\text{C}$ dd de 2009 à 2100 (moyenne : sur 30 ans) sur l’ensemble du Québec (grille de 10 km x 10 km) provient du [portail de Données Climatiques](#) (41), pour les scénarios d’émissions de gaz à effet de serre RCP 4.5 (scénario d’émissions modérées) et RCP 8.5 (scénario d’émissions élevées).

Analyses

Portrait épidémiologique et clinique

Le portrait épidémiologique a porté sur l’ensemble des cas de maladie de Lyme déclarés au Québec dans le registre des MADO et l’ensemble des personnes ayant rapporté une tique au système de surveillance entre 2015 et 2019, à savoir le nombre de cas par catégories d’âge, sexe, région probable d’acquisition ou d’exposition aux tiques, région de résidence et mois d’apparition des premiers symptômes ou d’exposition aux tiques.

Pour dresser le tableau clinique des cas déclarés sur notre période d’étude, les données publiées par les DSPu (8–11,13,23,24) et par Musonera *et al.* (14,42) pour les régions de l’Estrie, de la Montérégie et de Montréal ont été utilisées. Les pourcentages moyens de cas par stade et signes cliniques ont été estimés à partir de ces données, puis ces pourcentages ont été rapportés à l’ensemble des cas déclarés au Québec entre 2015 et 2019 pour estimer le nombre de cas par stade et signe cliniques sur notre période d’étude. Des tests de khi-carré (valeur $p = 0,05$) ont été effectués dans le logiciel R (R version 4.0.2) pour comparer des variables catégoriques. Les cas déclarés et les personnes ayant rapporté une tique à la surveillance passive ont été cartographiés par région probable d’acquisition ou d’exposition à l’aide de QGIS (version 3.14.1).

Coût de la prise en charge initiale et hospitalisation

Le coût de la prise en charge a été calculé par cas déclaré et par stade clinique. La prise en charge initiale comprend la première consultation médicale chez un médecin et le traitement initial prescrit en fonction des signes cliniques. Au stade localisé, une consultation par un médecin généraliste est comptabilisée, tandis qu’au stade disséminé, une consultation par un médecin généraliste, puis par un médecin spécialiste pour une visite et un suivi le sont. Le traitement initial considéré est celui recommandé par l’INESSS (27). En effet, deux études indiquent que le traitement prescrit au Québec est approprié dans plus de 85 % des cas (14,24). Le coût des hospitalisations a été estimé séparément en prenant en compte la durée moyenne et le coût d’un séjour.

Projections du nombre de cas attendus pour l’horizon 2050

Toutes les municipalités du Québec ont été classées comme étant favorables ou non à l’établissement des tiques en fonction du seuil de 2 800 dd en 2019 et pour l’horizon 2050, pour estimer la zone favorable à l’établissement des populations de tiques et sa progression dans le temps. Les degrés-jours ont été calculés pour chaque municipalité en faisant la moyenne des degrés-jours sur leur territoire selon les observations en 2019 (moyenne : 2015–2019) et selon les projections pour l’horizon 2050 (moyenne : 2041–2071) pour les RCP 4.5 et 8.5.

Ensuite, les taux d’incidence moyens ont été calculés dans la zone favorable à l’établissement des tiques ($> 2 800$ dd) et en dehors de cette zone ($< 2 800$ dd) pour l’année de référence 2019 (année avec le taux d’incidence le plus élevé de notre période d’étude), de la manière suivante : nombre de cas déclarés dans la zone/nombre d’habitants dans la zone. Enfin, trois scénarios de taux d’incidence ont été considérés pour tenir compte de l’évolution possible pour l’horizon 2050 : Scénario 1 (taux d’incidence stable) : les taux d’incidence restent similaires à ceux calculés en 2019, dans la zone favorable à l’établissement des tiques et en dehors de cette zone; Scénario 2 (taux d’incidence plus élevé dans une région) : les taux d’incidence restent similaires à ceux calculés en 2019, sauf pour la région de l’Estrie, qui est la région avec le plus fort taux d’incidence en 2015–2019; pour cette région on utilise le taux d’incidence calculé dans cette région en 2019; Scénario 3 (taux d’incidence élevé) : le taux d’incidence de l’Estrie calculé en 2019 est appliqué à l’ensemble de la zone favorable à l’établissement des tiques pour l’horizon 2050. Ces taux d’incidence ont permis de calculer le nombre de cas attendus en se basant sur les projections démographiques du Québec. Au final, les analyses réalisées combinent deux scénarios climatiques (RCP 4.5 et RCP 8.5), trois scénarios démographiques (moyen,



faible et fort) et trois scénarios de taux d'incidence (stable, plus élevé dans une région, élevé) pour un total de 18 scénarios. Les coûts directs pour les dépenses de santé pour l'horizon 2050 ont été calculés en rapportant le nombre de cas attendus en 2050 au coût par patient estimé en 2019.

Résultats

Épidémiologie

Taux d'incidence et caractéristiques démographiques

Entre 2015 et 2019, 1 473 cas de maladie de Lyme ont été déclarés au Québec, soit un taux d'incidence moyen de 3,58 cas/100 000 habitants pour la période pour l'ensemble de la province. Les hommes représentent 58 % des cas déclarés et l'âge moyen est de 44 ans (étendue : < 1 an–89 ans, médiane : 48 ans) (**tableau 1**). La distribution par âge est bimodale : les 0 à 9 ans représentent 10 % des cas et les 50 à 69 ans 39 % des cas. La répartition par groupe d'âge est similaire chez les hommes et les femmes ($p = 0,35$).

Les caractéristiques démographiques sont similaires pour les 6 392 personnes ayant rapporté des tiques au programme de surveillance passive entre 2015 et 2019. Parmi ces personnes, 57 % étaient des hommes et l'âge moyen est de 39 ans (étendue : < 1 an à 93 ans, médiane 42 ans). La distribution par âge est bimodale : les 0 à 9 ans représentent 18 % des cas et les 50 à 69 ans 35 % des cas. Cette distribution est similaire chez les hommes et les femmes ($p = 0,08$).

Région probable d'acquisition et d'exposition

Au total, 74 % des cas déclarés ont acquis leur infection au Québec, principalement dans le sud de la province : 58 % d'entre eux ont été acquis en Estrie et 34 % en Montérégie. (**tableau 1 et figure 1**). Le taux d'incidence est inférieur à 6 cas/100 000 habitants pour toutes les régions du Québec, sauf pour l'Estrie qui compte 35 cas/100 000 habitants en moyenne pour 2015–2019. Malgré un nombre important de cas, le taux d'incidence en Montérégie est relativement faible (5 cas/100 000 habitants), en raison notamment de la taille de la population de cette région. Parmi les cas acquis en dehors du Québec, 52 % ont été acquis aux États-Unis (état non précisé).

La distribution géographique des personnes ayant rapporté une tique au programme de surveillance passive est plus large que celle de l'acquisition de la maladie de Lyme (figure 1). Des personnes ont rapporté des tiques dans toutes les régions du Québec, sauf dans le Nord-du-Québec, les Terres-Cries-de-la-Baie-James et le Nunavik. Un plus grand nombre de personnes ont rapporté des tiques dans le sud du Québec (29 % en Estrie, 23 % en Montérégie et 13 % en Outaouais).

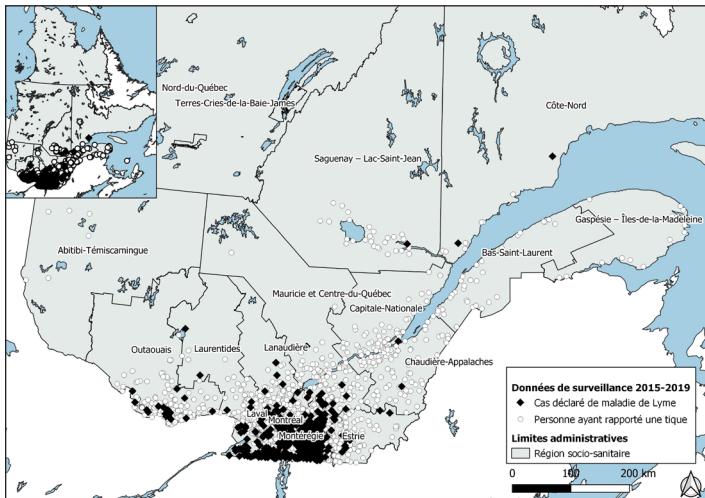
Tableau 1 : Caractéristiques épidémiologiques des cas déclarés de maladie de Lyme, Québec, 2015 à 2019

Cas déclarés	n	%
Nombre de cas (n = 1 473)		
Acquis au Québec	1 098	74 %
Acquis hors Québec	334	23 %
Inconnu	41	3 %
Catégories d'âge (années) (n = 1 473)		
0 à 9	144	10 %
10 à 19	139	9 %
20 à 29	96	7 %
30 à 39	171	12 %
40 à 49	198	13 %
50 à 59	281	19 %
60 à 69	300	20 %
70 à 79	126	9 %
80 à 89	18	1 %
Sexe (n = 1 469)		
Homme	858	58 %
Femme	611	42 %
Lieu d'acquisition probable hors Québec (n = 334)		
États-Unis	174	52 %
Autre province du Canada	94	28 %
Europe	49	15 %
Autre	17	5 %
Lieu d'acquisition probable au Québec (n = 1 025)		
Estrie	590	58 %
Montérégie	352	34 %
Mauricie-et-Centre-du-Québec, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Laval, Montréal	78	8 %
Capitale-Nationale, Chaudière-Appalaches, Saguenay–Lac-Saint-Jean, Côte-Nord	5	< 1 %
Abitibi-Témiscamingue, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, Bas-Saint-Laurent, Nord-du-Québec	0	0 %
Cas acquis au Québec dans une région connue (n = 1 025)		
Acquis dans sa région de résidence	875	85 %
Région de résidence (n = 1 473)		
Estrie	548	37 %
Montérégie	436	29 %
Montréal	229	16 %
Mauricie et Centre-du-Québec, Outaouais, Lanaudière, Laurentides, Laval	230	16 %
Capitale-Nationale, Chaudière-Appalaches, Saguenay–Lac-Saint-Jean, Bas-Saint-Laurent	21	1 %
Abitibi-Témiscamingue, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, Côte-Nord, Nord du Québec	9	<1 %



ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Figure 1 : Lieu probable d'acquisition des cas déclarés de maladie de Lyme et d'exposition des personnes ayant rapporté une tique, Québec, 2015 à 2019



Région de résidence

La région de résidence du cas peut être différente de la région d'acquisition de la maladie. Entre 2015 et 2019, la maladie de Lyme a touché des résidents de toutes les régions du Québec, sauf ceux du Nunavik et des Terres-Cries-de-la-Baies-James.

Parmi les cas déclarés, 37 % habitaient en Estrie, 30 % en Montérégie et 16 % à Montréal (tableau 1). Les autres régions comptent moins de 60 cas parmi leurs résidents.

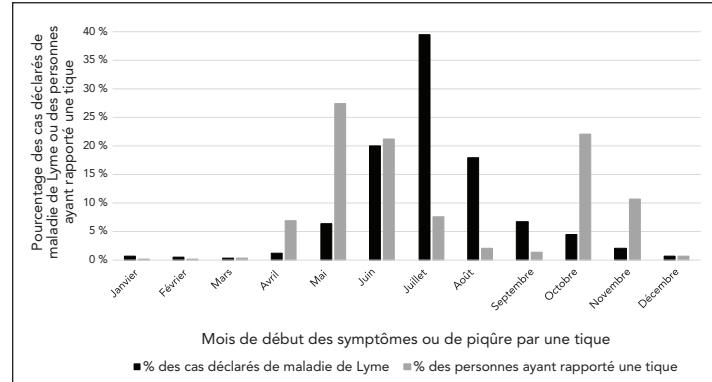
En moyenne, les cas acquis dans leur région de résidence représentent 85 % des cas déclarés et acquis au Québec (59 % de l'ensemble des cas déclarés), mais d'importantes variations persistent entre les régions. Ainsi, pour la Montérégie et l'Estrie, la majorité des cas sont acquis dans leur région de résidence (73 % et 90 % respectivement), tandis que pour Montréal, ce pourcentage est seulement de 1 %. La majorité des cas déclarés à Montréal sont acquis dans une autre région du Québec (40 %, majoritairement en Estrie et Montérégie) ou en dehors du Québec (53 %).

Saisonnalité

Les cas de maladie de Lyme peuvent se présenter tout au long de l'année. Cependant, pour au moins trois cas sur quatre (77 %) le début des symptômes est entre juin et août, avec un pic en juillet (39 % des cas) (figure 2).

Les tiques sont également rapportées au programme de surveillance tout au long de l'année, dont 60 % des personnes entre avril et juillet (pic en mai) et 35 % entre octobre et novembre (pic en octobre) (figure 2). Les personnes ont principalement rapporté des tiques adultes (92 % des tiques rapportées), et 19 % des tiques analysées étaient infectées par *B. burgdorferi*.

Figure 2 : Mois de début des symptômes des cas déclarés de maladie de Lyme et de piqûres de tiques rapportées, Québec, 2015 à 2019



Caractéristiques cliniques

Déclaration des cas

Sur la période 2015–2019, les cas sont déclarés en moyenne 60 jours après l'apparition des premiers symptômes (médiane : 36 jours; écart-type : 124 jours). Seulement 32 % des cas sont déclarés directement par un médecin et non par le laboratoire suite au test diagnostique (tableau 2).

Signes et stades cliniques

Pour dresser le tableau clinique des 1 473 cas, les données rapportées par les DSPu ($n = 405$ cas) et Musonera *et al.*, (14) ($n = 272$ cas) ont été utilisées. En moyenne, 66 % des cas de maladie de Lyme seraient au stade localisé, et 34 % au stade disséminé au moment de la déclaration (tableau 2).

Tous stades confondus, 65 % des cas présenteraient un érythème migrant typique et 22 % un érythème multiple. Les symptômes généraux les plus cités sont la fatigue (34 %), la fièvre (29 %), les arthralgies (29 %), les céphalées (28 %), et les myalgies (25 %). Les atteintes neurologiques concerneraient 25 % des cas, les atteintes cardiaques 3 % des cas, et l'arthrite de Lyme 11 % des cas (tableau 2). Plusieurs symptômes peuvent être présents chez une même personne.

Hospitalisation

Selon les données rapportées par les DSPu et Musonera *et al.*, (14), en moyenne, 7 % des cas déclarés auraient nécessité une hospitalisation de courte durée (1 à 4 jours), soit 103 cas sur notre période d'étude.

Évolution et décès

Le registre des MADO indique, au moment de l'enquête épidémiologique, une récupération (amélioration ou disparition des signes cliniques) pour 71 % des cas et des séquelles pour 1 % des cas. Aucun décès n'a été rapporté au registre des MADO pour notre période d'étude.



Tableau 2 : Caractéristiques cliniques des cas déclarés de maladie de Lyme, Québec, 2015 à 2019

Cas déclarés 2015–2019	n	%
Délai entre le début des symptômes et la déclaration du cas (n = 1 329)^a		
< 1 mois	609	46 %
1 à 3 mois	564	42 %
> 3 mois	156	12 %
Déclaration des cas (n = 1 473)^a		
Par le médecin	477	32 %
Par le laboratoire	996	68 %
Stades cliniques (n = 1 473)^b		
Localisé	972	66 %
Disséminé	501	34 %
Précoce	398	27 %
Tardif	103	7 %
Signes cliniques (n = 1 473)^{b,c}		
Généraux		
Fièvre	427	29 %
Fatigue	501	34 %
Céphalée	412	28 %
Cutanés		
Érythème migrant typique	957	65 %
Érythème migrant multiple	324	22 %
Acrodermatite chronique atrophiant	0	0 %
Musculosquelettiques		
Myalgie	368	25 %
Arthralgie	427	29 %
Arthrite	162	11 %
Neurologiques		
Raideur nucale	162	11 %
Paralysie faciale	118	8 %
Radiculopathie	15	1 %
Méningite	74	5 %
Cardiaques		
Trouble du rythme cardiaque	15	1 %
Bloc atrioventriculaire (BAV) ^d	29	2 %
Cardite	15	1 %
Évolution au moment de l'enquête (n = 1 473)^a		
Récupération	1 046	71 %
Séquelles	20	1 %
Inconnu	407	28 %
Hospitalisation (n = 1 473)^b		
1 à 4 jours	103	7 %

^a Estimation du nombre et du pourcentage à partir du registre des cas maladie à déclaration obligatoire (MADO) (n = 1 473)

^b Estimation du pourcentage à partir des données disponibles des directions de santé publique (DSPu) (8–11,23,24) et Musonera et al. (14,42), puis extrapolation aux 1 473 cas pour estimer le nombre de cas par stade et signe clinique et le nombre d'hospitalisations

^c Une même personne peut présenter plusieurs symptômes

^d Blocs atrioventriculaires (BAV) : 0,6 % de BAV 1^{er} degrés, 1 % de BAV 2^e et 3^e degré

Coût de la prise en charge initiale des cas et des hospitalisations

Prise en charge initiale

Pour un cas au stade localisé, le coût de la prise en charge initiale (consultation et traitement) est estimé à 47 \$ CA (31 \$ CA–63 \$ CA). Pour un cas au stade disséminé, ce coût est estimé à 443 \$ CA (172 \$ CA à 714 \$ CA selon les signes cliniques). Rapportée à l'ensemble des cas, la prise en charge initiale coûte 182 \$ CA en moyenne par cas 979 \$ CA–284 \$ CA) (tableau 3).

Pour les 1 473 cas déclarés sur la période 2015–2019, le coût serait de 267 541 \$ CA [116 440 \$ CA–418 627 \$ CA] sur 5 ans, soit 53 508 \$ CA par an [23 288 \$ CA–83 725 \$ CA]. Les cas au stade disséminé représentent 34 % des cas déclarés, mais 83 % du coût du traitement des cas (tableau 3).

Hospitalisation

Les 103 hospitalisations estimées représenteraient un coût de 589 200 \$ CA pour 2015–2019, soit une moyenne de 117 840 \$ CA/an (tableau 3).

Projections pour l'horizon 2050

La population québécoise devrait passer de 8 460 000 personnes environ en 2019 à 9 550 000 environ pour l'horizon 2050, soit un accroissement moyen de 13 % selon le scénario démographique moyen (scénario faible : 8 230 000 habitants [-3 %], scénario fort : 10 850 000 habitants [+ 28 %]) (tableau 4).

La figure 3 montre que le climat actuel limite l'étendue de la zone favorable à l'établissement des tiques dans la partie la plus méridionale du Québec. Avec la hausse des températures conséquentes aux augmentations des émissions de gaz à effet de serre, le climat devient favorable sur presque tout le Québec habité. Pour l'horizon 2050, 96 % à 98 % (RCP 4.5 et 8.5) de la population québécoise habiteront dans la zone climatiquement favorable à l'établissement des populations de tiques, contre 73 % en 2019 (tableau 4 et figure 3).

En 2019, le taux d'incidence dans la zone favorable aux tiques (dd > 2 800) est estimé à 5,29 cas/100 000 habitants et à 2,39 cas/100 000 habitants en dehors de cette zone (dd < 2 800). Dans le scénario 1—avec des taux d'incidence similaires à ceux de 2019—les projections pour l'horizon 2050 suggèrent une augmentation d'environ 30 % du nombre de cas acquis au Québec par rapport à 2019, sous le scénario démographique moyen et le RCP 4.5, soit 494 cas attendus contre 381 en 2019 (426 cas, + 12 % et 562 cas, + 47 % pour les scénarios démographiques faible et fort). Dans le scénario 2—en tenant compte du taux d'incidence plus élevé dans la région de l'Estrie, soit 60,22 cas/100 000 habitants en 2019—the nombre de cas doublerait quasiment par rapport à 2019, avec 693 cas attendus pour l'horizon 2050 (609 à 781 cas). Dans le scénario 3, toute la zone favorable aux tiques aurait un taux d'incidence similaire à celui de l'Estrie, soit 60,22 cas/100 000 habitants, et le reste



ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Tableau 3 : Coût de la prise en charge initiale des cas déclarés de maladie de Lyme en fonction du stade clinique, Québec, 2015 à 2019

Québec, 2015-2019	n	Coût par cas (\$ CA)			Coût 2015–2019 (\$ CA)			Coût par an (\$ CA)		
		Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max
Stade localisé	972; (66 %)	46,90	31,14	62,66	45 586,80; (17 %)	30 268,08	60 905,52	9 117,36	6 053,61	12 181,10
Consultation médecin généraliste ^a	972	32,84	19,42	46,25	31 920,48	18 876,24	44 955,00	6 384,10	3 775,25	8 991,00
Doxycycline 200 mg, 1 fois/jour, 10–14 jours ^b	972	14,07	11,72	16,41	13 676,04	11 391,84	15 950,52	2 735,21	2 278,37	3 190,10
Stade disséminé	501; (34 %)	443,17	172,08	714,25	222 028,17; (83 %)	86 212,08	357 839,25	44 405,63	17 242,41	71 567,85
Consultation médecin généraliste ^a	501	32,84	19,42	46,25	16 452,84	9 729,42	23 171,25	3 290,57	1 945,88	4 634,25
Consultation + suivi médecin spécialisé ^a	501	148,76	136,25	161,27	74 528,76	68 261,25	80 796,27	14 905,75	13 652,25	16 159,25
TraITEMENT selon les signes cliniques ^b	501	261,57	16,41	506,73	131 046,57	8 221,41	253 871,73	26 209,31	1 644,28	50 774,35
Total 2015–2019	1 473; (100 %)	181,63	79,05	284,20	267 540,99; (100 %)	116 440,65	418 626,60	53 508,19	23 288,13	83 725,32
Hospitalisation	103; (7 %)	2 000,00	1 000,00	4 000,00	206 000,00	103 000,00	412 000,00	41 200,00	20 600,00	82 400,00

Abbreviations : n, nombre; Min, Minimum; Max, maximum

^a D'après Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ) (25,26)

^b D'après l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) (27)

Tableau 4 : Nombre de cas déclarés de maladie de Lyme en fonction des différents scénarios démographiques, climatiques et du taux d'incidence, Québec, 2019 et 2050

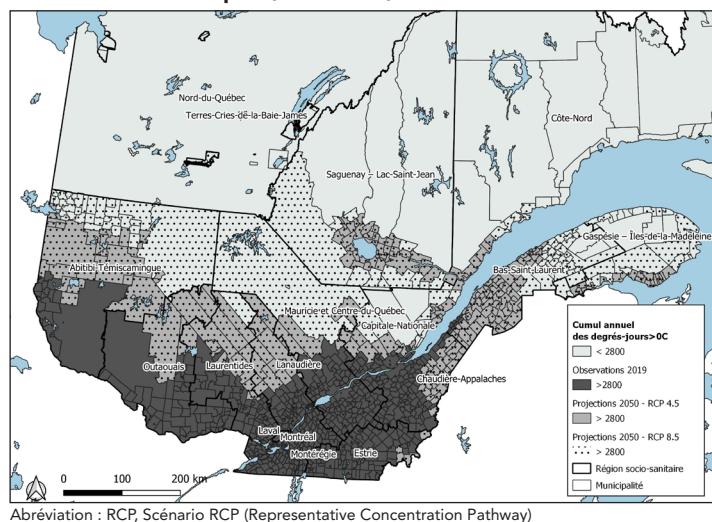
Scénarios	2019	Scénario d'émissions et démographique horizon 2050					
		RCP 4.5			RCP 8.5		
		Moyen	Faible	Fort	Moyen	Faible	Fort
Population humaine							
Québec	8 460 000	9 550 000	8 230 000	10 850 000	9 550 000	8 230 000	10 850 000
Zone dd > 2 800	6 187 253	9 177 134	7 908 672	10 426 378	9 350 074	8 057 708	10 622 859
Pourcentage population du Québec	73 %	96 %	96 %	96 %	98 %	98 %	98 %
Scénario d'incidence^a							
Scénario 1							
Nombre de cas acquis au Québec	381	494	426	562	499	430	567
Accroissement par rapport à 2019	+ 0 %	+ 30 %	+ 12 %	+ 47 %	+ 31 %	+ 13 %	+ 49 %
Scénario 2							
Nombre de cas acquis au Québec	381	693	609	781	698	613	787
Accroissement par rapport à 2019	+ 0 %	+ 82 %	+ 60 %	+ 105 %	+ 83 %	+ 61 %	+ 107 %
Scénario 3							
Nombre de cas acquis au Québec	381	5 535	4 770	6 289	5 635	4 856	6 403
Accroissement par rapport à 2019	+ 0 %	+ 1 353 %	+ 1 152 %	+ 1 551 %	+ 1 379 %	+ 1 175 %	+ 1 580 %

Abbreviations : dd, degrés-jour > 0 °C; RCP, Scénario RCP (Representative Concentration Pathway)

^a Scénario d'incidence : Scénario 1 : taux d'incidence similaires aux taux moyens de 2019, soit 5,29 cas/100 000 habitants dans la zone dd > 2 800 et 2,39 dans la zone dd < 2 800; scénario 2 : taux d'incidence similaire aux taux moyens de 2019 sauf en Estrie qui conserve son taux d'incidence de 2019, soit 60,22 cas/100 000 habitants en Estrie; 5,29 cas/100 000 habitants dans la zone dd > 2 800 et 2,39 dans la zone dd < 2 800; scénario 3 : taux d'incidence similaires aux taux en Estrie en 2019, soit 60,22 cas/100 000 habitants dans la zone dd > 2 800 et 2,39 dans la zone dd < 2 800



Figure 3 : Municipalités situées dans la zone climatique favorable à l'établissement des tiques en fonction des scénarios climatiques, Québec, 2019 et horizon 2050



Abréviation : RCP, Scénario RCP (Representative Concentration Pathway)

de la province aurait un taux de 2,39 cas/100 000 habitants. A l'horizon 2050, le nombre de cas serait 14 fois plus élevé qu'en 2019, avec 5 535 cas attendus (4 770 à 6 289 cas). Pour les trois scénarios, les projections sont relativement similaires sous le RCP 8.5 (tableau 4 et figure 3).

Les 494 à 5 535 cas représenteraient un coût de 88 090 \$ CA à 1 005 322 \$ CA pour l'horizon 2050 pour la prise en charge initiale des cas. Le coût de l'hospitalisation des 35 à 387 cas serait de 140 000 \$ CA à 1 548 000 \$ CA. À ces résultats s'ajouterait le coût des cas acquis en dehors du Québec (actuellement 23 % des cas déclarés).

Discussion

La présente étude décrit le fardeau actuel de la maladie de Lyme au Québec du point de vue épidémiologique, clinique et en partie économique, à partir des données de surveillance humaine et acarologique du Québec pour la période 2015–2019. Elle estime également le nombre de cas attendus à l'horizon 2050, en considérant différents scénarios démographiques, climatiques et de taux d'incidence.

Le taux d'incidence du Québec est globalement de 3,58 cas déclarés/100 000 habitants pour la période 2015–2019. En 2019, le Québec est la 3^e province canadienne en nombre de cas de maladie de Lyme, derrière l'Ontario et la Nouvelle-Écosse (43). Le taux d'incidence est plus élevé dans les régions du sud du Québec, où la maladie est endémique, que dans les autres régions de la province, où la maladie est encore peu présente ou émergente (1,5). Les caractéristiques démographiques et de saisonnalité sont similaires à celles de l'ensemble du Canada (43,44), de l'Ontario (45) et de la Nouvelle-Écosse (46).

Le fardeau épidémiologique est concentré sur quelques régions du sud du Québec où la maladie est endémique, mais le fardeau clinique et économique concerne toutes les régions du Québec. En effet, les cas déclarés résident dans toutes les régions du Québec, et sont a priori pris en charge par le système de santé de leur région de résidence, que l'infection y ait été acquise ou non. De plus, l'exposition aux tiques est possible dans une grande partie de la province, même si la majorité des expositions sont rapportées en Estrie et en Montérégie, deux régions où la présence de population de tiques établies est connue depuis plus de 10 ans (1).

La majorité des cas sont déclarés, et donc diagnostiqués, au stade localisé de la maladie. Ainsi, 65 % des cas déclarés présenteraient un érythème migrant, symptôme précoce de la maladie, et seulement 11 % une arthrite de Lyme, le stade le plus avancé de la maladie. D'autres études canadiennes rapportent une proportion similaire d'érythème migrant et d'atteintes neurologiques et cardiaques, mais davantage de cas d'arthrites (43–47). Cependant, l'interprétation des résultats doit être prudente, car l'accès aux données cliniques est difficile et souvent limité aux régions les plus concernées par la maladie de Lyme, ce qui limite l'extrapolation à l'ensemble du Québec. D'autre part, les signes cliniques de la maladie de Lyme sont souvent peu spécifiques et les stades sont difficiles à déterminer en pratique ou à partir des dossiers médicaux (4,27).

Le coût moyen de la prise en charge initiale est estimé à 182 \$ par patient et varie fortement en fonction des signes cliniques (47 \$ en moyenne pour un érythème migrant typique, 443 \$ pour une cardite). Ces coûts sont basés sur les recommandations pour le traitement initial des cas (4), et ne prennent pas en compte le prolongement du traitement pour certains cas. Cependant, au Québec, l'évolution clinique est favorable pour 99 % des cas graves, avec disparition des signes cliniques objectifs en moins de trois mois (14,42). De plus, une étude menée en Ontario estime que la majorité des coûts surviennent dans les 30 jours suivant le diagnostic (15). L'Institut canadien pour des choix climatiques (22,48) estime le coût à long terme de la maladie de Lyme (hospitalisation, soins médicaux externes, médicaments, traitement et perte de production) à 26 795 \$ CA en moyenne par cas en 2016. Les auteurs précisent que 97 % des coûts sont liés à la perte de qualité de la vie et seulement 0,09 % aux coûts directs de dépenses de santé, soit en moyenne 241 \$ CA par cas (incluant l'hospitalisation, les soins médicaux et les traitements) ce qui est cohérent avec notre étude et explique les importantes différences observées entre les études concernant le fardeau économique de la maladie de Lyme, selon les coûts pris en compte.

Les projections démographiques et climatiques suggèrent un nombre de cas acquis au Québec 1,3 à 14,5 fois plus élevé en 2050 qu'en 2019, avec environ 500 à 5 500 cas attendus pour l'horizon 2050, selon les scénarios de taux d'incidence. L'augmentation du nombre de cas semble davantage liée à



ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

l'évolution du taux d'incidence qu'à la progression des tiques sur le territoire en fonction des changements climatiques. En effet, on note peu de différence entre les scénarios d'émissions RCP 4.5 et 8.5, car la croissance et l'étalement de la population humaine restent encore limités au Québec : les régions du nord de la province sont peu peuplées, et 80 % de la population humaine vit le long du fleuve du Saint-Laurent ou dans les régions au sud du fleuve (49) qui sont déjà des secteurs où la maladie de Lyme est endémique ou des régions favorables à l'établissement des tiques. Néanmoins, les régions ne seront probablement pas impactées de la même manière par la maladie de Lyme. Localement, certaines municipalités auront probablement un plus fort taux d'incidence que d'autres en fonction de la combinaison de la croissance démographique et de l'augmentation de la densité de tiques sur leur territoire. Ainsi, le simple fait d'avoir une région avec un taux d'incidence plus élevé que le reste de la province (scénario 2) double quasiment le nombre de cas attendus en 2050.

La complexité des modèles biologiques amène des résultats différents selon les paramètres choisis dans les études (21,22,48,50). Les conséquences de la hausse des températures sur l'incidence de la maladie de Lyme sont difficiles à évaluer, car la relation n'est probablement pas linéaire (2,37,50). De plus, d'autres facteurs vont jouer un rôle dans la progression de la maladie de Lyme au Québec, tels que la modification de l'habitat et de la communauté d'hôtes favorables aux tiques, l'accroissement des activités humaines de plein air, l'urbanisation des zones endémiques de la maladie, et la sensibilisation de la population générale à adopter des mesures de prévention (2). De la même manière, l'évolution des cas acquis en dehors du Québec reste difficile à estimer. Au-delà du nombre de cas attendus, c'est la tendance générale qui doit être prise en compte dans les plans d'adaptation, avec une augmentation du nombre de cas et de la distribution géographique, touchant ainsi des régions et des populations humaines encore peu concernées par la maladie.

Limites

Les données de surveillance de la maladie de Lyme comportent plusieurs limites. Tout d'abord, le nombre de cas déclarés ou diagnostiqués ne représente pas le nombre réel de cas de maladie de Lyme (51), ce qui a un impact sur l'estimation du fardeau et des projections associés. De la même manière, le nombre de personnes ayant rapporté une tique au système de surveillance passive du Québec sous-estime le nombre réel de personnes piquées par une tique (51).

Le fardeau clinique est basé sur les enquêtes épidémiologiques réalisées dans les régions où la maladie de Lyme est endémique depuis plusieurs années, ce qui peut limiter la validité de leur extrapolation dans les autres régions du Québec. Des études plus précises sur le tableau clinique de l'ensemble des cas de

maladie de Lyme déclarés au Québec seraient nécessaires pour affiner le tableau clinique.

L'estimation économique présentée dans cette étude ne tient pas compte de l'ensemble des coûts associés à la maladie de Lyme. Par exemple, certains coûts comme l'absentéisme au travail, la diminution de la qualité de vie, le coût des tests de laboratoire, de la prophylaxie post-exposition ou de la surveillance de la maladie n'ont pas été pris en compte, mais contribuent au fardeau total de la maladie de Lyme au Québec.

Conclusion

Cette étude dresse un premier portrait du fardeau de la maladie de Lyme au Québec. Bien que les cas soient acquis principalement dans le sud de la province, l'ensemble du Québec est déjà concerné par la gestion de la maladie de Lyme. Les résultats présentent un ordre de grandeur du fardeau actuel et futur de la maladie de Lyme, de façon à préparer les régions du Québec à s'adapter et à optimiser les mesures de protection de la santé de la population.

Déclaration des auteurs

M. R. — Conceptualisation, collecte et gestion des données, analyses des données, interprétation des données, rédaction de la version originale, rédaction-révision et édition, approbation finale
A. I-C., A. A.-P., N. O. — Conceptualisation, rédaction-révision et édition, approbation finale
G. B., C. B., A. C., F. M., P. A. P., K. T., K. Z. — Conceptualisation, édition, approbation finale
D. C. — Rédaction-révision et édition, approbation finale

Le contenu de l'article et les points de vue qui y sont exprimés n'engagent que les auteurs et ne correspondent pas nécessairement à ceux du gouvernement du Canada.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous souhaitons remercier Données Climatiques pour avoir fourni les informations climatiques utilisées dans ce document. Données.Climatiques.ca est le fruit d'un travail de collaboration entre le Consortium sur les impacts climatiques du Pacifique (CICP), Ouranos Inc, le Centre climatique des Prairies (CCP), Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), le Centre de Recherche Informatique de Montréal (CRIM) et HabitatSeven.

Financement

Cette étude a été réalisée grâce au soutien de l'Institut national de santé publique du Québec et financée par le Fonds vert dans le cadre de l'action 6.4.1 du Plan d'action sur les changements climatiques du gouvernement du Québec (MI-PACC).



Références

1. Ouhoummane N, Pelletier R, Riposte M, Irace-Cima A, Milord F, Thivierge K. Portrait de la maladie de Lyme au Québec : 2006-2019. Québec, QC : INSPO; 2022 p. 76. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2844>
2. Bouchard C, Dibernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton PA, Lindsay LR. Augmentation du risque de maladies transmises par des tiques en raison des changements climatiques et environnementaux. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2019 45(4):89–98. DOI
3. Harpa IK, Shivoan B. Framing Burden: Towards a new framework for measuring burden of disease in Canada. National Collaborating Centre for Infectious Diseases; 2015 p. 36. <https://nccid.ca/publications/framing-burden/>
4. Morrow G, Gernigon G, Karam F, Guay H, Bélanger S. Maladie de Lyme - stades localisé et disséminés. Québec, QC : Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS); 2019 p. 123. <http://www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/INESSS/9782550839699.pdf>
5. Ouhoummane N, Pelletier R, Thivierge K, Adam-Poupart A, Irace-Cima A. Résultats annuels de surveillance de la maladie de Lyme - Année 2021. Québec, QC : INSPO; 2022. <https://www.inspq.qc.ca/zoonoses/maladie-de-lyme/resultats-de-surveillance-2021>
6. Charbonneau A, Charette LP, Rouleau G, Savary M, Wilson A, Heer E, Bérault K, de Pokomandy A. Clinical presentation of Lyme disease in the higher-risk region of Quebec: a retrospective descriptive study. CMAJ Open 2018;6(1): E139–45. DOI PubMed
7. Hastir M. Portrait clinique et paraclinique des cas de maladies de Lyme déclarés en Montérégie entre 2013 et 2018. Sherbrooke, QC : Université de Sherbrooke; 2018.
8. Lambert L. Le portrait de MADO – Zoonoses 2016. Zoonoses. 2017;5(11). DSPu de la Montérégie, CISSS de la Montérégie-Centre. Disponible à la Direction de la santé publique du Québec.
9. Lambert L, Caron-Poulin L, Milord F, Bui Y. Le portrait de MADO – Zoonoses 2018. Zoonoses. 2020;7(9). DSPu de la Montérégie, CISSS de la Montérégie-Centre. Disponible à la Direction de la santé publique du Québec.
10. Lambert L, Pénicaud S, Bui Y, Milord F. Le portrait de MADO - Zoonoses 2017. Zoonoses. 2018;6(9). DSPu de la Montérégie, CISSS de la Montérégie-Centre. Disponible à la Direction de la santé publique du Québec.
11. Poirier B, Baron G, Spain MA, Abou-Chacra T, Aenishaenslin C, Bouchard, C. La maladie de Lyme toujours présente en Estrie. Vision Santé Publique. 2019;51. DSPu de l'Estrie, CIUSS de l'Estrie. Disponible à la Direction de la santé publique du Québec.
12. Khodaveisi M. Épidémiologie de la maladie de Lyme au Québec de 2004 à 2010 [M. Sc.]. Sherbrooke, QC : Université de Sherbrooke; 2013. <https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/6319>
13. Jolicoeur G. Évolution des cas de maladie de Lyme déclarés entre 2012 et 2016 en Montérégie. Sherbrooke, Québec : Université de Sherbrooke; 2017.
14. Musonera JB, Valiquette L, Baron G, Milord F, Marcoux D, Thivierge K, Bedard-Dallaire S, Pelletier AA, Lachance R, Bourget J, Simard C, Cantin E, Abbasi F, Haraoui LP, Carignan A. Management and clinical outcomes of Lyme disease in acute care facilities in 2 endemic regions of Quebec, Canada: a multicentre retrospective cohort study. CMAJ Open 2022;10(2):E570–6. DOI PubMed
15. Shing E, Wang J, Khoo E, Evans GA, Moore S, Nelder MP, Patel SN, Russell C, Sider D, Sander B. Estimating direct healthcare costs attributable to laboratory-confirmed Lyme disease in Ontario, Canada: A population-based matched cohort study using health administrative data. Zoonoses Public Health 2019;66(4):428–35. DOI PubMed
16. Zhang X, Meltzer MI, Peña CA, Hopkins AB, Wroth L, Fix AD. Economic impact of Lyme disease. Emerg Infect Dis 2006;12(4):653–60. DOI PubMed
17. Mac S, da Silva SR, Sander B. The economic burden of Lyme disease and the cost-effectiveness of Lyme disease interventions: A scoping review. PLoS One 2019;14(1):e0210280. DOI PubMed
18. Magid D, Schwartz B, Craft J, Schwartz JS. Prevention of Lyme disease after tick bites. A cost-effectiveness analysis. N Engl J Med 1992;327(8):534–41. DOI PubMed
19. Schwartz AM, Shankar MB, Kugeler KJ, Max RJ, Hinckley AF, Meltzer MI, Nelson CA. Epidemiology and cost of Lyme disease-related hospitalizations among patients with employer-sponsored health insurance—United States, 2005–2014. Zoonoses Public Health 2020;67(4):407–15. DOI PubMed



ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

20. Adrion ER, Aucott J, Lemke KW, Weiner JP. Health care costs, utilization and patterns of care following Lyme disease. *PLoS One* 2015;10(2):e0116767. [DOI](#) [PubMed](#)
21. Larrivée C, Sinclair-Désgagné N, Da Silva L, Revéret JP, Desjarlais C. Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l'État québécois. Ouranos; 2015 p. 97. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/evatuation-impacts-cc-couts-qc-etat.pdf>
22. Clark D, Ness R, Coffman D, Beugin D. Les coûts des changements climatiques pour la santé. Ottawa, ON : l'Institut canadien pour des choix climatiques; 2021. <https://institutclimatique.ca/reports/les-couts-des-changements-climatiques-pour-la-sante/>
23. Camara B, Pilon P. Épidémiologie descriptive de la maladie de Lyme dans la région de Montréal en 2016. Montréal, QC : Direction régionale de santé publique de Montréal; 2017.
24. Beauvillier C, Bélanger-Fleury L, Darche W, Kiepura B. Petites tiques, grands problèmes : Faire la lumière sur une affection peu connue. Sherbrooke, QC : Université de Sherbrooke; 2018.
25. Régie de l'assurance maladie. Médecins omnipraticiens – Manuel rémunération à l'acte. Québec, QC : RAMQ; 2021 p. 396. <https://www.ramq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/professionnels/manuels/syra/medecins-omnipraticiens/100-facturation-omnipraticiens/manuel-omnipraticiens-remuneration-acte-RFP.pdf>
26. Régie de l'assurance maladie. Médecins spécialistes – Manuel rémunération à l'acte. Québec, QC : RAMQ; 2021 p. 657. <https://www.ramq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/professionnels/manuels/syra/medecins-specialistes/150-facturation-specialistes/manuel-specialistes-remuneration-acte-RFP.pdf>
27. Morrow G, Karam F, Tardif M, Potvin E. Du diagnostic au traitement de la maladie de Lyme aux stades localisé et disséminés. Québec, QC : Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS); 2019 p. 222. <http://www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/INESSS/9782550841531.pdf>
28. Institut canadien d'information sur la santé (ICIS). Coût d'un séjour standard à l'hôpital. 2021. <https://votresystemedesante.icis.ca/>
29. Statistique Canada. Profil du recensement, Recensement de 2016. 2019. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>
30. Institut de la statistique du Québec (ISQ). Projections de population - Le Québec. 2021. <https://statistique.quebec.ca/fr/document/projections-de-population-le-quebec>
31. Kilpatrick HJ, LaBonte AM, Stafford KC. The relationship between deer density, tick abundance, and human cases of Lyme disease in a residential community. *J Med Entomol* 2014;51(4):777–84. [DOI](#) [PubMed](#)
32. Ogden NH, Maarouf A, Barker IK, Bigras-Poulin M, Lindsay LR, Morshed MG, O'callaghan CJ, Ramay F, Waltner-Toews D, Charron DF. Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada. *Int J Parasitol* 2006;36(1):63–70. [DOI](#) [PubMed](#)
33. Ogden NH, St-Onge L, Barker IK, Brazeau S, Bigras-Poulin M, Charron DF, Francis CM, Heagy A, Lindsay LR, Maarouf A, Michel P, Milord F, O'Callaghan CJ, Trudel L, Thompson RA. Risk maps for range expansion of the Lyme disease vector, *Ixodes scapularis*, in Canada now and with climate change. *Int J Health Geogr* 2008;7(1):24–24. [DOI](#) [PubMed](#)
34. Leighton P, Koffi J, Pelcat Y, Lindsay L, Ogden N. Predicting the speed of tick invasion: an empirical model of range expansion for the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada. *J Appl Ecol* 2012;49(2):457–64. [DOI](#)
35. Simon JA, Marrotte RR, Desrosiers N, Fiset J, Gaitan J, Gonzalez A, Koffi JK, Lapointe FJ, Leighton PA, Lindsay LR, Logan T, Milord F, Ogden NH, Rogic A, Roy-Dufresne E, Suter D, Tessier N, Millien V. Climate change and habitat fragmentation drive the occurrence of *Borrelia burgdorferi*, the agent of Lyme disease, at the northeastern limit of its distribution. *Evol Appl* 2014;7(7):750–64. [DOI](#) [PubMed](#)
36. McPherson M, García-García A, Cuesta-Valero FJ, Beltrami H, Hansen-Ketchum P, MacDougall D, Ogden NH. Expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada inferred from CMIP5 climate projections. *Environ Health Perspect* 2017;125(5):057008. [DOI](#) [PubMed](#)
37. Domic I, Severini E. "Ticking Bomb": the impact of climate change on the incidence of Lyme disease. *Can J Infect Dis Med Microbiol* 2018;2018:5719081. [DOI](#) [PubMed](#)
38. Kilpatrick AM, Dobson AD, Levi T, Salkeld DJ, Swei A, Ginsberg HS, Kjemtrup A, Padgett KA, Jensen PM, Fish D, Ogden NH, Diuk-Wasser MA. Lyme disease ecology in a changing world: consensus, uncertainty and critical gaps for improving control. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2017;372(1722):20160117. [DOI](#) [PubMed](#)



39. Ogden NH, Lindsay LR. Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. *Trends Parasitol* 2016;32(8):646–56. [DOI](#) [PubMed](#)
40. Gabriele-Rivet V, Arsenault J, Badcock J, Cheng A, Edsall J, Goltz J, Kennedy J, Lindsay LR, Pelcat Y, Ogden NH. Different ecological niches for ticks of public health significance in Canada. *PLoS One* 2015;10(7):e0131282–0131282. [DOI](#) [PubMed](#)
41. Climatedata.ca. Climate data for a resilient Canada. 2020. <https://climatedata.ca/>
42. Musonera JB. Épidémiologie clinique de l'infection à *Borrelia burgdorferi* grave au Québec et conformité aux lignes directrices de l'Infectious Disease Society of America (IDSA) [M. Sc.]. Sherbrooke, QC : Université de Sherbrooke; 2020. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/17510/Musonera_Jean_Berchmans_MSc_2020.pdf
43. Gasmi S, Koffi J, Nelder M, Russel C, Graham-Derham S, Lachance L, Adhikari B, Badcock J, Baidoobonso S, Billard BA, Halfyard B, Jodoin S, Singal M, Bourgeois AC. Surveillance de la maladie de Lyme au Canada, 2009 à 2019. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2022;48(5):245–54. [DOI](#)
44. Gasmi S, Ogden NH, Lindsay LR, Burns S, Fleming S, Badcock J, Hanan S, Gaulin C, Leblanc MA, Russell C, Nelder M, Hobbs L, Graham-Derham S, Lachance L, Scott AN, Galanis E, Koffi JK. Surveillance de la maladie de Lyme au Canada, de 2009 à 2015. Relevé des maladies transmissibles au Canada. 2017;43(10):219–25. [DOI](#)
45. Johnson KO, Nelder MP, Russell C, Li Y, Badiani T, Sander B, Sider D, Patel SN. Clinical manifestations of reported Lyme disease cases in Ontario, Canada: 2005–2014. *PLoS One* 2018;13(6):e0198509. [DOI](#) [PubMed](#)
46. Hatchette TF, Johnston BL, Schleihauf E, Mask A, Haldane D, Drebot M, Baikie M, Cole TJ, Fleming S, Gould R, Lindsay R. Epidemiology of Lyme disease, Nova Scotia, Canada, 2002–2013. *Emerg Infect Dis* 2015;21(10):1751–8. [DOI](#) [PubMed](#)
47. Gasmi S, Ogden NH, Leighton PA, Adam-Poupart A, Milord F, Lindsay LR, Barkati S, Thivierge K. Practices of Lyme disease diagnosis and treatment by general practitioners in Quebec, 2008–2015. *BMC Fam Pract* 2017;18(1):65–65. [DOI](#) [PubMed](#)
48. Boyd R, Eyzaguirre J, Poulsen F, Siegle M, Thompson A, Yamamoto S, Osornio-Vargas EA, Urcelay A. Costing climate change impacts on human health across Canada. ESSA Technologies Ltd; 2020. <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/06/ESSA-Technical-Report-March2021.pdf>
49. Gouvernement du Québec. Géographie du territoire québécois. 2023. <https://www.quebec.ca/gouvernement/portrait-quebec/geographie-territoire>
50. Couper LI, MacDonald AJ, Mordecai EA. Impact of prior and projected climate change on US Lyme disease incidence. *Glob Change Biol* 2021;27(4):738–54. [DOI](#) [PubMed](#)
51. Ogden NH, Bouchard C, Badcock J, Drebot MA, Elias SP, Hatchette TF, Koffi JK, Leighton PA, Lindsay LR, Lubelczyk CB, Peregrine AS, Smith RP, Webster D. What is the real number of Lyme disease cases in Canada? *BMC Public Health* 2019;19(1):849. [DOI](#) [PubMed](#)