



Distribution géographique de la tique *Ixodes scapularis* et taux d'infection en 2017 à Ottawa, Ontario

M Kulkarni^{1*}, R Kryuchkov¹, A Statculescu¹, C Thickstun¹, A Dibernardo², L Lindsay², B Talbot¹

Résumé

Contexte : Au cours des dernières années, l'incidence de la maladie de Lyme a augmenté dans plusieurs régions au Canada, y compris à Ottawa (Ontario). Jusqu'à maintenant, la surveillance active des tiques était limitée dans cette région.

Objectifs : Estimer la distribution géographique et la densité des tiques *Ixodes scapularis* dans la ville d'Ottawa ainsi que les taux d'infection des tiques à la bactérie *Borrelia burgdorferi* (qui cause la maladie de Lyme) et à d'autres pathogènes transmis par les tiques.

Méthodes : Entre les mois de juin et d'octobre 2017, on a procédé à la surveillance des tiques au moyen d'échantillonnage par filet traînant sur 23 sites situés dans les parcs municipaux, les sentiers récréatifs et les boisés de la ville d'Ottawa. Les tiques à pattes noires ont subi un test de dépistage des bactéries *B. burgdorferi*, *Borrelia miyamotoi* et *Anaplasma phagocytophilum* à l'aide de protocoles d'amplification en chaîne de la polymérase quantitative (quantitative Polymerase Chain Reaction [qPCR]).

Résultats : Des tiques *I. scapularis* ont été retrouvées sur 16 des 23 sites (70 %). Les sentiers récréatifs, les boisés et les zones de conservation de même que le parc provincial situés dans la ville d'Ottawa présentaient des densités de tiques significativement plus élevées que les parcs municipaux ($p < 0,01$). Des 194 spécimens adultes et des 26 nymphes de l'espèce *I. scapularis* examinés, la prévalence de l'infection à la bactérie *B. burgdorferi* était de 29,5 %, celle à la bactérie *B. miyamotoi* était de 0,45 % et celle à la bactérie *A. phagocytophilum* était de 0,91 %.

Conclusion : Presque 30 % des tiques de l'espèce *I. scapularis* provenant des zones périurbaines et rurales de la ville d'Ottawa qui ont été dépistées étaient infectées par la bactérie *B. burgdorferi*, connue pour causer la maladie de Lyme. D'autres types d'infections, reconnues comme causant l'anaplasmose et la fièvre récurrente à tiques, ont aussi été détectées, bien que très rarement. Procéder à la surveillance active des tiques au niveau local peut contribuer à éclairer l'évaluation du risque et les mesures prises par la santé publique.

Citation proposée : Kulkarni M, Kryuchkov R, Statculescu A, Thickstun C, Dibernardo A, Lindsay L, Talbot B. Distribution géographique de la tique *Ixodes scapularis* et taux d'infection en 2017 à Ottawa (Ontario), 2017. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2018;44(10):269-75 <https://doi.org/10.14745/ccdr.v44i10a02f>

Mots-clés : Maladie de Lyme, surveillance, *Ixodes scapularis*, *Borrelia burgdorferi*, écologie

Introduction

La tique à patte noire (aussi connue comme la tique du chevreuil, *Ixodes scapularis*) est un vecteur de plusieurs pathogènes qui causent des maladies zoonotiques, dont la maladie de Lyme (1,2). La distribution géographique de cette espèce

de tiques s'étend du Texas dans le sud des États-Unis (É.-U.) jusqu'à certaines parties du centre et de l'est du Canada (3-5). La récente dissémination vers le nord de la bactérie *I. scapularis* a été observée en relation avec les changements climatiques



SURVEILLANCE

et environnementaux actuels, entraînant un risque croissant en matière de santé publique (6).

L'est de l'Ontario a été identifié comme une région d'expansion récente et continue de la tique et de la maladie de Lyme (7,8), où les facteurs environnementaux comme la température, le type de couvert forestier et les conditions de micro-habitats ont été associés à l'incidence de tiques (4,8–10). Avec les récents changements climatiques, le climat de la ville d'Ottawa est devenu adéquat à l'établissement de populations de *I. scapularis* (6). Le nombre de cas déclarés de maladie de Lyme chez l'humain, associés à l'exposition tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la ville d'Ottawa a plus que doublé au cours de la dernière année, passant de 74 en 2016 à 186 en 2017 (11).

Bien que les tiques soient surtout connues pour être porteuses de la bactérie causant la maladie de Lyme, elles peuvent aussi être porteuses d'autres pathogènes. Par exemple, les tiques peuvent être porteuses de la bactérie *Anaplasma phagocytophilum* qui cause l'anaplasmose. Le premier cas d'anaplasmose confirmé chez l'humain à être détecté dans un bureau de santé des environs d'Ottawa a été signalé récemment (12). De plus, les tiques peuvent être porteuses de la bactérie *Borrelia miyamotoi*, entraînant une infection parfois appelée la fièvre récurrente à tiques (13,14). La détection est importante car ces maladies sont traitables et une guérison complète est possible si elles sont ciblées et traitées de façon précoce.

Étant donné la récente augmentation du nombre de cas de maladie de Lyme signalés à Ottawa et la dissémination de la population de tiques qui se poursuit dans l'est de l'Ontario, un besoin de surveillance des populations de tiques avait été ciblé dans le but d'évaluer le risque pour la santé publique et d'en éclairer les mesures. Deux types de surveillance des tiques ont été employés sur un endroit donné : passive et active. La surveillance passive nécessite que les fournisseurs de soins de santé ou la population en général rapportent les tiques qui se sont accrochées à des personnes (15). La surveillance passive est utile au signalement de la présence d'un risque potentiel dans les zones où les tiques et les pathogènes transmis par les tiques sont en émergence. La surveillance active requiert le prélèvement de tiques de l'environnement en traînant un drap de flanelle au-dessus d'une zone potentiellement affectée ou en collectant et en examinant (et possiblement en procédant à un examen de dépistage) les tiques infestant les petits mammifères hôtes comme les souris (15). Afin de déterminer si des populations des tiques se sont établies, les trois stades de vie de la tique doivent être détectés pendant deux années consécutives (15).

L'objectif de la présente étude était d'estimer la distribution géographique, la densité et les taux d'infestation des tiques dans la ville d'Ottawa.

Méthodologie

Site de l'étude

La ville d'Ottawa est la capitale nationale et est située dans l'est de l'Ontario, sur la rive sud de la rivière des Outaouais. Elle occupe une grande zone géographique mesurant environ 3000 km² et sa population atteint presque un million de personnes (16). En plus du centre urbain et de plusieurs districts périurbains, la ville possède d'abondants espaces verts, y compris des zones de conservation, des parcs, des sentiers, des milieux humides, des boisés et des terres agricoles.

Nous avons étudié 23 sites comprenant neuf parcs municipaux, sept boisés et zones de conservation, six sentiers récréatifs et un parc provincial situés dans la ville d'Ottawa afin d'évaluer l'incidence et la densité des tiques *I. scapularis* et les taux d'infection des pathogènes transmis par les tiques (**tableau 1**). Les sites ont été sélectionnés en fonction du modèle de niche écologique de la tique *I. scapularis* (10), en choisissant des endroits parmi les zones urbaines, périurbaines et rurales de la ville d'Ottawa.

Tableau 1: Sites d'échantillonnage de la surveillance active, Ottawa (Ontario) 2017

Numéro d'identification du site	Nom du site	Type de site
1	Zone de conservation Britannia	Zone de conservation et boisé
2	Parc provincial de la rivière Rideau	Parc provincial
3	Sentier est de la rivière Rideau	Sentier récréatif
4	Parc Beryl-Gaffney	Parc municipal
5	Arboretum du Dominion	Parc municipal
6	Parc du patrimoine	Parc municipal
7	Partie ouest du sentier récréatif de la Ceinture de verdure	Sentier récréatif
8	La Pinède (sablière Conroy)	Parc municipal
9	Forêt protégée des hautes terres de South March	Zone de conservation et boisé
10	Zone de conservation de l'île Morris	Zone de conservation et boisé
11	Le marécage Rocailleux	Zone de conservation et boisé
12	Parc de l'île Petrie	Zone de conservation et boisé
14	Parc Meadowbrook	Parc municipal
15	Sentier récréatif de Prescott et Russell	Sentier récréatif
16	Parc Pinhey's Point	Zone de conservation et boisé
17	Parc de l'étang Brown	Parc municipal
18	Parc Fairmont	Parc municipal



Tableau 1: (suite) Sites d'échantillonnage de la surveillance active, Ottawa (Ontario) 2017

Numéro d'identification du site	Nom du site	Type de site
19	Sentier d'accès nord du campus Carling	Sentier récréatif
20	Baie Shirleys	Sentier récréatif
21	Côte Beacon	Sentier récréatif
22	Parc Hog's Back	Parc municipal
23	Collines de Carp	Zone de conservation et boisée
24	Parc Greely	Parc municipal

Note : On a retiré le site 13 car il était situé à l'extérieur des limites de la ville

Collecte des échantillons

Une équipe de trois chercheurs possédant une formation de travail a procédé à la surveillance active des tiques à l'aide de la méthode d'échantillonnage par filet traînant telle que décrite par la santé publique de l'Ontario (17) sur 23 sites : 19 au printemps et à l'été 2017 (de juin à août) et l'ensemble des 23 sites à l'automne 2017 (septembre à octobre). Les tiques ont été collectées en traînant un drap de flanelle blanc d'une surface d'un mètre carré sur le tapis forestier et la végétation environnante pour un total d'au moins trois heures-personne par site, si la taille de la zone le permettait et pour moins de trois heures-personne sur les sites de plus petite taille. La présence de tiques sur le filet traînant était vérifiée tous les 50 mètres et les coordonnées géographiques étaient enregistrées à l'aide d'un appareil muni d'un système de positionnement mondial (GPS Garmin eTrex 20x). Les spécimens adultes, les nymphes et les larves étaient maintenus en vie dans des flacons de plastique et transportés sous glace au laboratoire de l'Université d'Ottawa afin d'identifier l'espèce et de procéder au besoin à des tests de dépistage.

Épreuves de laboratoire

Tous les spécimens adultes, les nymphes et les larves ont été identifiées par un examen au microscope afin de confirmer l'espèce et le sexe à l'aide de clés taxonomiques normalisées (18–20). Les spécimens adultes et les nymphes de tiques *I. scapularis* ont subi un test de dépistage des bactéries *B. burgdorferi*, *A. phagocytophilum*, et *B. miyamotoi* à l'aide d'essais d'amplification en chaîne de la polymérase quantitative (quantitative Polymerase Chain Reaction [qPCR]) permettant la quantification des molécules d'ADN amplifiées selon des protocoles publiés précédemment (13,21). Avant de procéder aux tests de dépistage, les essais de qPCR mis sur pied à l'Université d'Ottawa ont été validés à l'aide d'un ensemble d'échantillons de test fourni par le Laboratoire National de Microbiologie de Winnipeg (LMN). Les tiques ont été disséquées et l'ensemble de l'ADN génomique a été extrait à l'aide d'une mini-trousse d'extraction d'ADN QIAamp (QIAGEN Inc., Mississauga, Ontario). Un essai qPCR duplex ciblant l'acide

nucléique ribosomique (ARNr) 23s et le gène *msp2* a été employé afin de déceler les bactéries *B. burgdorferi* sensu lato et *A. phagocytophilum*, respectivement. La présence d'ADN provenant des bactéries *Borrelia burgdorferi* sensu stricto et *B. miyamotoi* a ensuite été confirmée dans les échantillons positifs en ciblant leurs gènes *ospA* et *glpQ*, respectivement. L'amplification a été réalisée à l'aide d'un système de détection par PCR en temps réel BioRad CFX96. Après l'amplification et la détection des données en temps réel, on a procédé à leur analyse à l'aide du logiciel CFX Maestro (BioRad, Hercules, Californie, É.-U.). Les essais suivants réalisés par PCR nichée et séquençage ont été effectués au LMN pour les échantillons donnant un résultat positif selon les amores de dépistage, mais négatifs lors des essais de validation.

Analyses descriptives

La densité totale de tiques a été calculée en divisant le nombre total de tiques *I. scapularis* sous forme de spécimens adultes, de nymphes ou de larves par le nombre d'heures-personne d'échantillonnage, en combinant les données des collectes du printemps, de l'été et de l'automne. La densité de nymphes a été calculée de façon similaire en divisant le nombre total de nymphes d'*I. scapularis* sur un site donné par le nombre total d'heures-personne d'échantillonnage. Les taux d'infection ont été obtenus en divisant le nombre de tiques pour lesquelles on a détecté la présence de la bactérie *B. burgdorferi*, *B. miyamotoi* ou *A. phagocytophilum* par le nombre total de tiques dépistées. Les larves n'ont pas été dépistées, car il n'existe pas de transmission transovarienne de la bactérie *B. burgdorferi* (13). Les différences dans la densité des tiques ont été explorées à l'aide d'une analyse de la variance à un facteur avec le logiciel Stata 15.0 (StataCorp, College Station, Texas, É.-U.).

Résultats

Échantillonnage sur le terrain

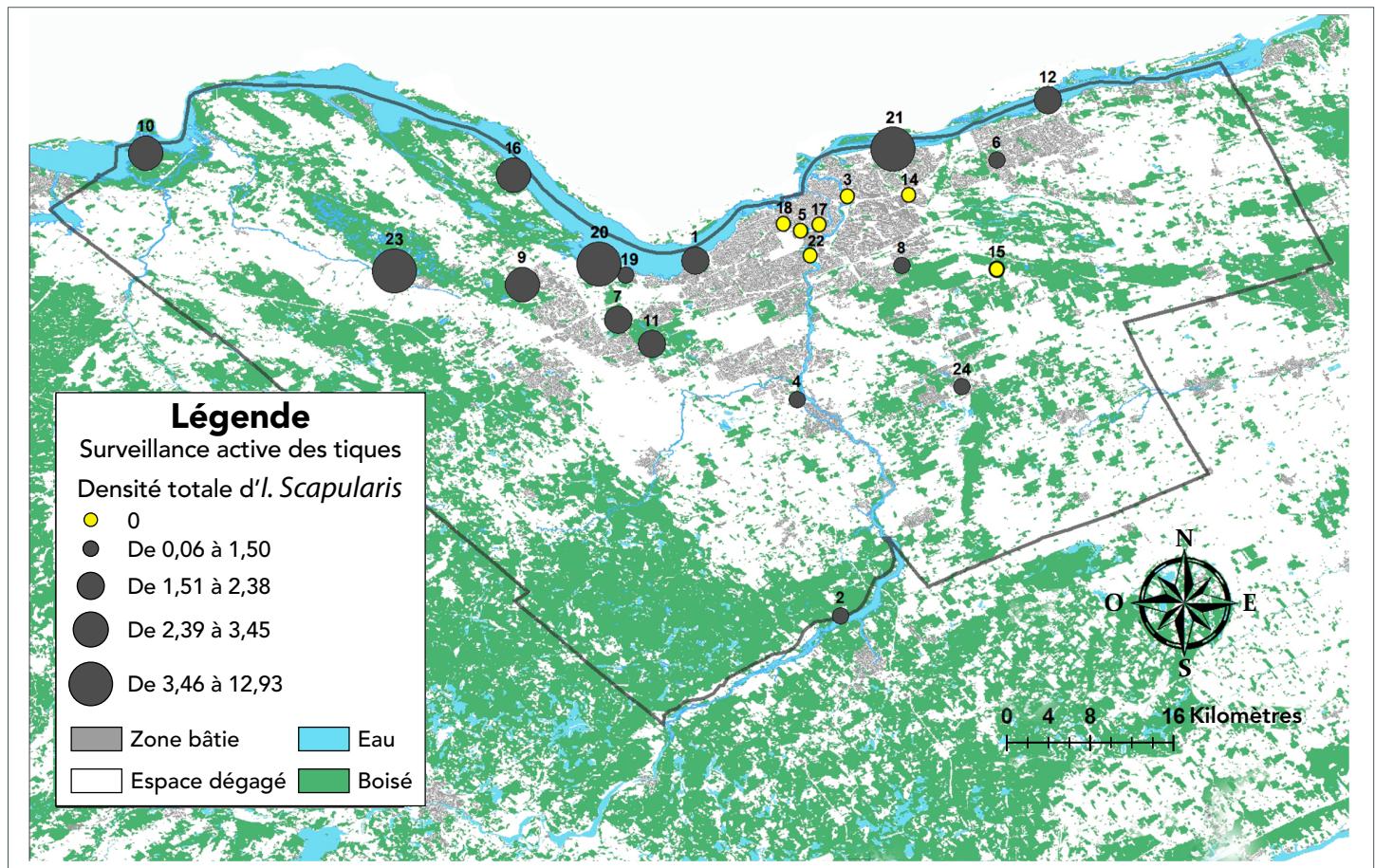
Au total, nous avons collecté 239 tiques *I. scapularis*, dont 194 spécimens adultes, 26 nymphes et 19 larves, en 135 heures-personne d'échantillonnage par filet traînant. Des tiques *Ixodes scapularis* ont été détectées sur 16 des 23 (70 %) sites (**figure 1**). D'autres espèces de tiques ont été trouvées sur trois sites : *Haemaphysalis* (n = 6) sur deux sites et *Ixodes marxi* (n = 1) sur un site.

La moyenne globale de la densité d'*I. scapularis* était de 2,6 (écart-type de 4,0) par heure-personne sur les sites d'Ottawa. La densité moyenne de tiques variait selon le type de site, présentant une densité de tiques significativement plus importante sur les sites des sentiers récréatifs, des zones de conservation et des boisés ainsi que du parc provincial avec une moyenne (écart-type) de 4,1 (4,5) comparativement à la moyenne (écart-type) des parcs municipaux de 0,3 (0,5) ($p < 0,01$). Les zones à risque, basées sur un rayon de 5 km autour des sites où la présence de tiques a été détectée, étaient largement réparties



SURVEILLANCE

Figure 1 : Carte d'Ottawa illustrant la densité des tiques à travers les sites où les tiques étaient activement surveillés, 2017



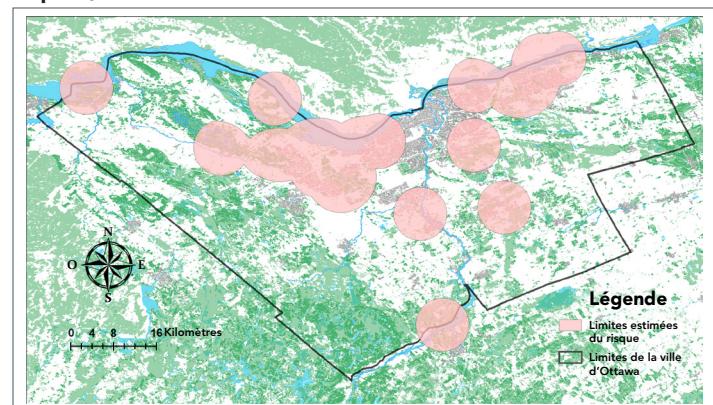
Note : Les limites de la ville d'Ottawa sont tracées en noir. La densité de tiques *Ixodes scapularis* (nombre collecté par heure-personne d'échantillonage par filet traînant) est indiqué par la taille du cercle

autour d'Ottawa, avec une couverture plus importante dans les zones forestières de la partie ouest de la région et le long de la rivière des Outaouais (figure 2).

Analyses de laboratoire

Tous les 220 spécimens de tiques adultes et de nymphes *d'I. scapularis* ont été dépistés pour la présence de pathogènes. La bactérie *Borrelia burgdorferi* a été détectée chez les tiques collectées dans 11 des 16 sites où *I. scapularis* a été trouvé. Au total, 65 (29,5 %) de toutes les tiques examinées étaient porteuses de la bactérie *B. burgdorferi* et les taux d'infection variaient considérablement entre les sites, passant de 0 % à 50 % (tableau 2). Les bactéries *Borrelia miyamotoi* et *A. phagocytophilum* ont été détectées sur deux sites à Ottawa, représentant 0,45 % ($n = 1$) et 0,91% ($n = 2$) des tiques à pattes noires dépistées (tableau 2).

Figure 2 : Carte de l'estimation des zones à risque de la ville d'Ottawa fondée sur la surveillance active des tiques, 2017



Note : Les zones à risque sont définies en traçant un rayon de 5 km autour des endroits où des tiques à pattes noires sont été trouvées lors de l'échantillonage par filet traînant et elles ne représentent que les zones où l'échantillonage a été réalisé sur les 23 sites

Tableau 2 : Surveillance active des tiques *Ixodes scapularis* à Ottawa (Ontario) 2017^a

Numéro d'identification du site	Heures-personne d'échantillonnage par filet traînant (n)	Abondance d' <i>Ixodes scapularis</i>				Densité par heure-personne d' <i>Ixodes scapularis</i> (n)		Taux d'infection (%)		
		Spécimen adulte	Nymphe	Larve	Total	Nymphe	Total	Bb	Bm	Ap
1	8,4	15	0	0	15	0	1,8	13,3 ^c	0 ^b	0
2	6,9	0	1	0	1	0,3	0,2	0	0	0
3	6,0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
4	11,2	1	0	0	1	0	0,1	0	0	0
5	7,0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
6	7,7	1	0	0	1	0	0,1	0	0	0
7	8,0	10	6	1	17	1,6	2,4	43,8 ^d	0	0
8	8,3	0	2	3	5	0,5	0,6	0	0	0
9	7,2	23	2	0	25	0,6	3,5	32,0 ^d	0	0
10	8,5	25	4	0	29	1,0	3,4	34,5 ^d	0	3,5 ^c
11	13,2	11	11	4	26	1,6	2,0	31,8 ^d	0	0
12	5,3	12	0	0	12	0	2,3	8,33 ^c	0	0
14	3,8	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
15	6,3	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
16	5,7	8	0	11	19	0	3,4	50,0 ^d	0	0
17	4,3	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
18	4,4	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
19	4,0	6	0	0	6	0	1,5	50,0 ^d	0	0
20	4,0	46	0	0	46	0	11,5	43,5 ^d	2,2 ^c	2,2 ^c
21	1,2	15	0	0	15	0	12,9	13,3 ^c	0	0
22	1,0	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA
23	1,5	18	0	0	18	0	12,0	5,56 ^c	0	0
24	2,0	3	0	0	3	0	1,50	0	0	0

Abréviations : Ap, Anaplasma phagocytophilum; Bb, Borrelia burgdorferi; Bm, Borrelia miyamotoi; s/o, sans objet; n, nombre

Note : On a retiré le site 13 car il était situé à l'extérieur des limites de la ville

^a Seuls les spécimens adultes et les nymphes de tiques à pattes noires ont été dépistés

^b Les zéros (gradient thermique vert dans le fichier PDF) indiquent aucune tique infectée

^c Taux d'infection entre 2 et 15 % (gradient thermique jaune dans le fichier PDF)

^d Taux d'infection > 20 % (gradient thermique rouge dans le fichier PDF)

Discussion

Cette étude présente un portrait actuel de la distribution des tiques *I. scapularis* et de leurs taux d'infection à la bactérie *B. burgdorferi* ainsi qu'à d'autres pathogènes significatifs pour la santé publique dans des zones urbaines, périurbaines et rurales de la ville d'Ottawa, où le nombre de cas de maladie de Lyme augmente rapidement. Nous montrons qu'il y avait présence de tiques *I. scapularis* sur 70 % des sites échantillonnes, la densité de tiques la plus importante étant observée dans les sentiers récréatifs, les zones de conservation et les boisés, indiquant le potentiel de contact entre les tiques et les humains sur ces sites. La prévalence de l'infection à la bactérie *B. burgdorferi* chez les tiques collectées variait considérablement, avec une moyenne de 29,5 % sur les 16 sites de la région d'Ottawa où les tiques *I. scapularis* ont été observées.

L'étude était limitée par le petit nombre de tiques collectées (n = inférieur à 30) dans la majorité des sites dans la ville d'Ottawa, ce qui réduit la robustesse des estimés de prévalence des pathogènes. De ce fait, les taux d'infection devraient être interprétés avec précaution pour ces sites. L'échantillonnage

était limité aux mois de juin à octobre en raison des fortes pluies printanières qui peuvent avoir limité notre capacité de détecter des tiques sur certains sites. La détection peut aussi avoir été limitée par l'utilisation de l'échantillonnage par filet traînant qui n'offrirait que 50 % de sensibilité (15) de sorte qu'on pourrait considérer à tort que certains sites ne présentent pas de tiques à pattes noires en raison de leur densité de populations établies très faible.

Étant donné la grande étendue de la distribution des tiques *I. scapularis* au travers la ville d'Ottawa et son expansion croissante possible, la présente étude fournit d'importantes données de base pour surveiller les tiques et les pathogènes transmis par les tiques jugés importants pour la santé publique de cette région. Bien que la bactérie causant la maladie de Lyme soit le type d'infection par les tiques le plus fréquent, des infections causant l'anaplasmose et la fièvre récurrente à tiques ont aussi été observées, ce qui suggère un risque potentiel pour l'émergence de ces nouveaux pathogènes à Ottawa.

Davantage de recherches sont nécessaires afin de mieux comprendre l'association entre le risque environnemental



croissant dans la région et l'exposition à la maladie de Lyme chez l'humain. Il y a lieu de surveiller activement les tiques sur une période de plusieurs années consécutives. Afin de déterminer si des populations des tiques se sont établies, les trois stades de vie de la tique doivent être détectés pendant deux années consécutives. Les présents renseignements peuvent être utilisés afin d'orienter les initiatives en matière de santé publique comme continuer l'envoi de messages de santé publique aux fournisseurs de soins de santé et à la population pour les sensibiliser à la maladie de Lyme et aux autres infections émergentes transmises par les tiques, les risques qui y sont associés, les examens diagnostiques ainsi que les mesures curatives et de prévention.

Déclaration des auteurs

M. A. K. – Conception, analyse et interprétation des données, rédaction et édition du présent article

R. K., A. S., C. T., B. T. – Travail sur le terrain et analyse en laboratoire, analyse et interprétation des données, révision critique du présent article

A. D., L. R. L. – Analyse en laboratoire, interprétation des données, révision critique du présent article

Conflit d'intérêts

Aucun.

Remerciements

Nous souhaitons remercier Santé publique Ottawa pour avoir fourni les données sur les cas de maladie de Lyme chez l'humain. Nous voulons aussi remercier Itai Malkin et Merlin Caron-Levesque pour leur contribution au travail sur le terrain.

Financement

La présente étude a été soutenue par une subvention des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) remise à Manisha A Kulkarni pour le projet de recherche intitulé *Public Health Risk Assessment Tools for Emerging Vector-borne Diseases* auquel l'Agence de santé publique du Canada a également contribué financièrement.

Références

1. Steere AC, Coburn J, Glickstein L. The emergence of Lyme disease. *J Clin Invest* 2004 Apr;113(8):1093–101. <https://doi.org/10.1172/JCI21681>. PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15085185?dopt=Abstract>)
2. Thompson C, Spielman A, Krause PJ. Coinfecting deer-associated zoonoses: lyme disease, babesiosis, and ehrlichiosis. *Clin Infect Dis* 2001 Sep;33(5):676–85. <https://doi.org/10.1086/322681>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11486290&dopt=Abstract)
3. Dennis DT, Nekomoto TS, Victor JC, Paul WS, Piesman J. Reported distribution of *Ixodes scapularis* and *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae) in the United States. *J Med Entomol* 1998 Sep;35(5):629–38. <https://doi.org/10.1093/jmedent/35.5.629>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=9775584&dopt=Abstract)
4. Ogden NH, Bigras-Poulin M, O'Callaghan CJ, Barker IK, Lindsay LR, Maarouf A Smoyer-Tomic KE, Waltner-Toews D, Charron D. A dynamic population model to investigate effects of climate on geographic range and seasonality of the tick *Ixodes scapularis*. *Int J Parasitol* 2005 Apr;35(4):375–89. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2004.12.013>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=15777914&dopt=Abstract)
5. Lindquist EE, Galloway TD, Artsob H, Lindsay LR, Drebot M, Wood H, Robbins RG. A handbook to the ticks of Canada (Ixodida: Ixodidae, Argasidae). Ottawa: Biological Survey of Canada; 2016. <https://doi.org/10.3752/9780968932186>
6. 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 Jan;36(1):63–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.08.016>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=16229849&dopt=Abstract)
7. Clow KM, Leighton PA, Ogden NH, Lindsay LR, Michel P, Pearl DL, Jardine CM. Northward range expansion of *Ixodes scapularis* evident over a short timescale in Ontario, Canada. *PLoS One* 2017 Dec;12(12):e0189393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189393>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=29281675&dopt=Abstract)
8. Clow KM, Ogden NH, Lindsay LR, Michel P, Pearl DL, Jardine CM. Distribution of ticks and the risk of lyme disease and other tick-borne pathogens of public health significance in Ontario, Canada. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2016 Apr;16(4):215–22. <https://doi.org/10.1089/vbz.2015.1890>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=26870937&dopt=Abstract)



9. Leighton PA, Koffi JK, Pelcat Y, Lindsay LR, Ogden NH. 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02112.x>
10. Soucy JR, Slatculescu AM, Nyiraneza C, Ogden NH, Leighton PA, Kerr JT, Kulkarni MA. High-resolution ecological niche modeling of *Ixodes scapularis* ticks based on passive surveillance data at the northern frontier of Lyme Disease emergence in North America. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2018 May;18(5):235–42. <https://doi.org/10.1089/vbz.2017.2234>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=29565748&dopt=Abstract)
11. Santé publique Ottawa. Maladies à déclaration obligatoire - données annuelles. Maladies à déclaration obligatoire signalées, chez les résidents d'Ottawa (Nombre de cas). Ottawa: Santé publique Ottawa. <http://www.santepubliqueottawa.ca/fr/reports-research-and-statistics/infectious-diseases.aspx#>
12. Edginton S, Guan TH, Evans G, Srivastava S. Human granulocytic anaplasmosis acquired from a blacklegged tick in Ontario. *CMAJ* 2018 Mar;190(12):E363–6. <https://doi.org/10.1503/cmaj.171243>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=29581163&dopt=Abstract)
13. Dibernardo A, Cote T, Ogden NH, Lindsay LR. The prevalence of *Borrelia miyamotoi* infection, and co-infections with other *Borrelia* spp. in *Ixodes scapularis* ticks collected in Canada. *Parasit Vectors* 2014 Apr;7:183. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-183>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=24731287&dopt=Abstract).
14. Krause PJ, Schwab J, Narasimhan S, Brancato J, Xu G, Rich SM. Hard tick relapsing fever caused by *Borrelia miyamotoi* in a child. *Pediatr Infect Dis J* 2016 Dec;35(12):1352–4. <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000001330>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=27626914&dopt=Abstract)
15. Ogden NH, Koffi JK, Lindsay LR. Évaluation d'un test de dépistage devant servir à déterminer le risque de la maladie de Lyme. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* Mar;40(5):87–92. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/phac-aspc/publicat/ccdr-rmtc/14vol40/dr-rm40-05/assets/pdf/ccdrv40i05a02f-fra.pdf>
16. Statistique Canada. 2017. Série « Perspective géographique », Recensement de 2016. Produit no 98-404-X2016001 au catalogue de Statistique Canada. Ottawa, Produits de données, 2016 Recensement; 2017. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/fogs-spg/Facts-can-fra.cfm?LANG=Fra&GK=CAN&GC=01&TOPIC=1>
17. Public Health Ontario. Active tick dragging: Standard operating procedure. Toronto: Queen's Printer for Ontario; 2015. https://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Active_tick_dragging_SOP.pdf
18. Keirans JE, Litwak TR. Pictorial key to the adults of hard ticks, family Ixodidae (Ixodida: Ixodoidea), east of the Mississippi River. *J Med Entomol* 1989 Sep;26(5):435–48. <https://doi.org/10.1093/jmedent/26.5.435>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=2795615&dopt=Abstract)
19. Keirans JE, Hucheson HJ, Durden LA, Klompen JS. *Ixodes* (Ixodes) *scapularis* (Acaria:Ixodidae): redescription of all active stages, distribution, hosts, geographical variation, and medical and veterinary importance. *J Med Entomol* 1996 May;33(3):297–318. <https://doi.org/10.1093/jmedent/33.3.297>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8667375&dopt=Abstract).
20. Clifford C. The larval ixodid ticks of the Eastern United States (Acarina-Ixodidae). College Park (MD): University of Maryland; 1961.
21. Courtney JW, Kostelnik LM, Zeidner NS, Massung RF. Multiplex real-time PCR for detection of *Anaplasma phagocytophilum* and *Borrelia burgdorferi*. *J Clin Microbiol* 2004 Jul;42(7):3164–8. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.7.3164-3168.2004>. PubMed (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=15243077&dopt=Abstract)