

# Cartographie de la répartition actuelle et future des tiques *Ixodes scapularis* au Québec en contexte de changements climatiques

RAPPORT MÉTHODOLOGIQUE

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

AVRIL 2024

## SOMMAIRE

|               |    |
|---------------|----|
| Avant-propos  | 1  |
| Messages-clés | 2  |
| Introduction  | 2  |
| Méthodologie  | 3  |
| Résultats     | 9  |
| Discussion    | 16 |
| Conclusion    | 17 |
| Références    | 18 |
| Annexe        | 21 |

## AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux (MSSS) dans sa mission de santé publique. L'Institut a également comme mission, dans la mesure déterminée par le mandat que lui confie le ministre, de soutenir Santé Québec, la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, le Conseil cri de la santé et des services sociaux de la Baie-James et les établissements, dans l'exercice de leur mission de santé publique.

La collection *Recherche et développement* rassemble sous une même bannière une variété de productions scientifiques qui apportent de nouvelles connaissances techniques, méthodologiques ou autres d'intérêt large au corpus de savoirs scientifiques existants.

Ce rapport méthodologique porte sur la cartographie actuelle des populations de tiques *Ixodes scapularis*, vecteur de la maladie de Lyme et d'autres agents pathogènes, et la projection de la zone climatiquement favorable à leur établissement aux horizons 2030, 2050 et 2080 en fonction des changements climatiques.

Il a été élaboré à la demande du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et financé dans le cadre du Plan de mise en œuvre (PMO) 2021-2026 du Plan pour une économie verte (PEV) 2030 du Gouvernement du Québec.

Ce document s'adresse aux intervenants responsables de la mise en place d'interventions pour réduire le fardeau des zoonoses et de la réalisation d'appréciations des risques et de plans d'adaptation aux changements climatiques.

## MESSAGES CLÉS

Ce projet présente pour la première fois une cartographie de la répartition actuelle des populations de tiques *Ixodes scapularis* établies dans les municipalités du Québec. À ceci s'ajoute la projection de la zone où le climat serait favorable à leur établissement aux horizons 2030, 2050 et 2080 sous les scénarios d'émissions de gaz à effets de serre modérées (SSP2-4.5) et élevées (SSP3-7.0).

Ces cartes informeront sur le risque d'exposition aux tiques sur le territoire et sur sa progression spatiale dans le futur. Elles sont destinées aux différents intervenants responsables d'interventions associées aux zoonoses (appréciations de risques, réduction des fardeaux, plans d'adaptation aux changements climatiques), tels que les municipalités, le réseau de la santé publique ou les établissements d'enseignement et de recherche.

Le croisement de ces cartes avec des facteurs informant sur la répartition de la population humaine, les activités récréatives ou professionnelles, ou le type d'habitat permettra en plus de mettre en évidence des zones plus à risque où des interventions qui pourraient être ciblées.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte

Dans le cadre du Plan de mise en œuvre (PMO) 2021-2026 du Plan pour une économie verte (PEV) 2030, sous la responsabilité du Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), la mise en œuvre de l'action 3.1.1.1 – Cartographier les risques comme les îlots de chaleur et les zoonoses a été confiée au ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). La Direction des risques biologiques (DRB) de l'INSPQ est responsable de la cartographie des zoonoses en intégrant des projections climatiques (action 3.1.1.1 – Volet zoonoses). Avec l'accord du comité de suivi, composé des membres de l'*Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques* de l'INSPQ (ci-après Observatoire), le projet s'est d'abord concentré sur la tique *Ixodes scapularis*.

La tique *Ixodes scapularis* (tique à pattes noires) est une préoccupation de santé publique au Québec, car elle est le principal vecteur de la maladie de Lyme, mais aussi d'autres maladies, tel que l'anaplasmose. Dans le cadre de la surveillance provinciale de la maladie de Lyme, des données sur la présence et l'abondance des tiques *I. scapularis* sont collectées depuis plusieurs années au Québec (1). Une carte de risque d'acquisition de la maladie de Lyme est publiée et mise à jour chaque année par l'INSPQ pour soutenir les Directions de santé publique dans la classification des cas déclarés par les professionnels de la santé et dans leur gestion du risque régional (2). Toutefois, cette carte ne représente pas la distribution actuelle des populations de tiques *I. scapularis* établies au Québec, ni leur répartition future.

Or, la présence de populations de tique établies, c'est-à-dire pouvant survivre et se reproduire d'une année à l'autre, est un signal précoce de la circulation de différents agents pathogènes dans l'environnement, et donc de l'exposition possible des humains aux maladies transmises par les

tiques (3). De plus, l'établissement des populations de tiques *I. scapularis* au Québec est en partie relié aux changements climatiques (4–10), et des indicateurs climatiques qui y sont associés ont déjà été définis et validés scientifiquement pour le Québec (11).

Ce projet propose d'élaborer dans un premier temps, des cartes de la répartition actuelle et future des populations établies de tiques *I. scapularis*. Puis, différents facteurs de risque ont été ajoutés de façon à illustrer comment des zones géographiques plus à risque peuvent être identifiées, pour orienter la mise en place de mesures d'adaptation.

## 1.2 Objectifs

L'objectif général du développement de ces cartes est de soutenir la planification et la prise de décision des autorités de santé publique, des décideurs ministériels et d'autres acteurs de l'adaptation.

- **Objectif 1** : Cartographier la répartition géographique actuelle des populations établies de tiques *I. scapularis* au Québec.
- **Objectif 2** : Cartographier la zone possible d'établissement des populations de tiques *I. scapularis*, aux horizons temporels 2030, 2050 et 2080, en fonction de différents scénarios d'émissions de gaz à effets de serre (GES).
- **Objectif 3** : Illustrer l'utilisation possible des cartes de répartition des tiques en identifiant des facteurs de risque utiles et pertinents pour les différents publics cibles.

## 1.3 Public cible

Le public cible de ces cartes est volontairement très large, allant du citoyen aux ministères et organismes gouvernementaux, en passant par les municipalités et autres organismes municipaux, les intervenants en santé publique, les établissements d'enseignement et de la recherche, les entreprises et les organismes à but non lucratif. Les cartes produites seront utiles aux responsables des appréciations de risques et du développement des plans d'adaptation aux changements climatiques.

# 2 MÉTHODOLOGIE

## 2.1 Répartition actuelle des populations de tiques *I. scapularis* établies

### 2.1.1 Détermination d'un indicateur acarologique

Une population de tiques est établie lorsque les tiques sont capables de se reproduire et de survivre d'une année à l'autre, notamment pendant l'hiver (12). L'abondance de tiques et la présence des différents stades biologiques de la tique (larve, nymphe, adulte) sont des indicateurs utilisés pour définir une population de tique établie (13). Pour ce projet, l'indicateur de population de tiques établie développé par Denis et al. (1998) (14) a été utilisé :

Une population de tiques établie est déterminée par la collecte d'au moins 6 tiques OU d'au moins 2 stades différents parmi les trois possibles (larve, nymphe, adulte) en 1 an, par la surveillance acarologique passive et/ou active, dans une municipalité.

Cet indicateur présente une bonne sensibilité pour détecter les populations de tiques établies sur l'ensemble du Québec. De plus, cet indicateur a déjà été utilisé dans la littérature grise ou scientifique (14,15), et un indicateur similaire est actuellement utilisé pour rapporter les populations de tiques établies aux États-Unis (16) ou définir les zones du Québec où la maladie de Lyme est endémique (2). Enfin, il utilise des données de surveillance acarologique passive et active, ce qui permet d'avoir des données pour l'ensemble du Québec, et de tenir compte de toutes les tiques identifiées sur des humains, des animaux ou dans l'environnement. L'utilisation de cet indicateur acarologique dans le cadre de ce projet a été discutée et validée par l'Observatoire et le Groupe d'experts des maladies transmises par les tiques de l'INSPQ.

### 2.1.2 Sources des données acarologiques

Pour déterminer les zones où des populations de tiques *I. scapularis* sont actuellement établies au Québec, plusieurs types de données ont été recueillies :

- **Les données de la surveillance acarologique provinciale (de 2009 à 2021)**, qui collecte les tiques de deux manières :
  - 1) par la surveillance passive – les tiques trouvées sur une personne ou animal sont envoyées au Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ), sur une base volontaire, par les cliniques médicales et vétérinaires (1);
  - 2) par la surveillance active – les tiques sont collectées dans l'environnement par la méthode standardisée de la flanelle dans des zones prédéfinies (1). Ces données incluent les collectes de tiques effectuées par le Réseau sentinelle canadien de surveillance de la maladie de Lyme (ReSCaL) de 2019 à 2021 (17,18).

Les tiques collectées par la surveillance acarologique provinciale sont identifiées (espèce et stade) par le LSPQ.

- **Les données de la plateforme publique eTick (de 2017 à 2021)**, qui identifie les tiques trouvées sur une personne, un animal ou dans l'environnement par le biais d'une photo (espèces et stade) (19). Les données de eTick permettent d'élargir le jeu de données de surveillance acarologique passive provinciale.

### 2.1.3 Cartographie de l'indicateur acarologique

L'échelle géographique retenue pour l'élaboration de cette carte est la municipalité. Malgré les limites de ce type de subdivision (ex. superficie variable des municipalités du Québec, répartition non homogène des tiques à l'intérieur d'une municipalité), elle est utilisée depuis plusieurs années dans la gestion de la maladie de Lyme au Québec et facilite la compréhension et l'appropriation des cartes par le public cible (ex. autorités de santé publique, décideurs municipaux). De plus, les données issues de

la surveillance acarologique passive provinciale ne permettent pas d'accéder à une localisation plus fine de la détection des tiques.

L'indicateur acarologique a été calculé pour chaque municipalité du Québec pour déterminer la présence de population de tiques *I. scapularis* établie sur la période d'étude 2009-2021 :

- Les différentes bases de données ont été nettoyées et validées notamment par la vérification des données manquantes, la cohérence de la géolocalisation, l'exclusion des autres espèces de tiques ainsi que l'exclusion des tiques provenant d'individus ayant voyagé à l'extérieur de leur municipalité de résidence dans les deux semaines précédant le retrait de la tique. Toutes les données ont ensuite été agrégées par municipalité et par année.
- Pour chaque année et chaque municipalité, la somme des tiques collectées, par surveillance passive et active, a été calculée et le nombre de stades identifiés. Si l'indicateur est atteint ( $\geq 6$  tiques ou  $\geq 2$  stades en 1 an), au moins une année sur la période d'étude, une population de tiques *I. scapularis* est considérée établie dans la municipalité. Une variable a également été ajoutée pour préciser si l'indicateur est issu des données de surveillance active et passive ou seulement des données de surveillance passive.
- L'indicateur acarologique a ensuite été importé et cartographié dans le système d'information géographique QGIS (<https://www.qgis.org/>). Une carte choroplèthe a été développée pour présenter les municipalités avec des populations de tiques établies identifiées sur la période 2009-2021.

## 2.2 Projection de la zone favorable à l'établissement des populations de tiques *I. scapularis*

### 2.2.1 Détermination d'un indicateur climatique

Pour cartographier la répartition des populations de tiques établies dans les prochaines années en fonction des changements climatiques, un indicateur climatique a été utilisé. Celui-ci permet d'identifier les zones où le climat serait favorable à l'établissement des populations de tiques.

Une zone climatiquement favorable à l'établissement de populations de tiques *I. scapularis* est définie par un nombre annuel de degrés-jours au-dessus de 0°C supérieur ou égal à 2800.

Plusieurs études ont montré une relation entre la température et l'établissement des tiques *I. scapularis* (8,20,21). Le modèle dynamique de Ogden et al. (2005) (21) suggère un seuil de 2,800 degrés-jour au-dessus de 0°C<sup>1</sup> pour que les populations de tiques *I. scapularis* puissent s'établir au Québec. En dessous de ce seuil, la zone est climatiquement défavorable à l'établissement des populations de tiques *I. scapularis*, mais la présence ponctuelle de tiques reste possible. Ce modèle a été validé par différentes études réalisées par la suite (13,22–24). L'utilisation de cet indicateur

<sup>1</sup> La température est mesurée ici en degrés-jours annuels au-dessus de 0°C, calculés en faisant la somme annuelle des températures moyennes quotidiennes supérieures à 0°C.

climatique dans le cadre de ce projet a été discutée et validée par les membres de l'Observatoire et du Groupe d'experts des maladies transmises par les tiques de l'INSPQ.

### 2.2.2 Paramètres des projections climatiques

Les paramètres des projections climatiques utilisés pour ce projet ont été définis par le MELCCFP, en se basant sur les recommandations d'Ouranos pour les projets d'adaptation aux changements climatiques (25,26) :

- **Horizons temporels : 2030, 2050 et 2080.** Ces horizons correspondent à une moyenne sur 30 ans, soit respectivement 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100 pour les horizons 2030, 2050 et 2080. Les moyennes sur 30 ans permettent de prendre en compte les fluctuations naturelles du climat (26).
- **Scénarios d'émissions de GES: SSP2-4.5 et SSP3-7.0.** Le scénario SSP2-4.5 prend en compte des émissions modérées de gaz à effet de serre (GES) tandis que le scénario SSP3-7.0 suppose des émissions élevées de gaz à effet de serre. SSPx-y est l'abréviation d'un scénario, où x est le numéro (1 à 5) du scénario socio-économique SSP (trajectoires communes d'évolution socio-économique, de l'anglais Shared Socio-economic Pathways) qui a été utilisé pour développer la trajectoire d'émissions, et y indique la valeur approximative du forçage radiatif (en W/m<sup>2</sup>) atteint à la fin du siècle (27). Par exemple, le SSP2-4.5 est une trajectoire d'émissions de GES, dont les hypothèses socio-économiques sont compatibles avec un scénario tendanciel (SSP2). Cette trajectoire d'émissions induit un forçage radiatif de 4.5W/m<sup>2</sup> en 2100, soit un niveau de réchauffement d'environ 2,7°C par rapport à la période préindustrielle (27). Le scénario SSP2 envisage une trajectoire intermédiaire dans laquelle les tendances socio-économiques se poursuivent, sans déviations substantielles des investissements dans l'éducation, la santé, la croissance économique et le fonctionnement des institutions (26,28). Le scénario SSP3 se caractérise par de grands défis en matière d'atténuation et d'adaptation. Dans ce scénario, l'accent est mis sur des problèmes régionaux et locaux, avec peu d'investissements dans l'éducation ou la santé, une croissance démographique rapide et des inégalités croissantes (26,28).
- **Percentile : 50<sup>e</sup> percentile.** La valeur finale utilisée est le 50<sup>e</sup> percentile, ou médiane, qui représente la valeur pour laquelle la moitié des résultats des modèles climatiques sont supérieurs à cette valeur et l'autre moitié des résultats sont inférieurs à cette valeur.

### 2.2.3 Source des données climatiques

Les degrés-jours ont été modélisés et fournis par Ouranos, pour une grille de 10km x 10km couvrant l'ensemble du Québec, pour les horizons temporels et scénarios d'émissions de GES mentionnés ci-dessus. Lavoie et al. (2024) décrivent les données de base, la méthodologie pour produire ces données ainsi que le processus pour leur validation (28).

Pour chaque scénario d'émissions de GES (SSP2-4.5 et SSP3-7.0), les degrés-jours au-dessus de 0°C ont été estimés par Ouranos, sur une sélection de 14 modèles climatiques de CMIP6 (Projet d'intercomparaison des modèles couplés, de l'anglais Coupled Model Intercomparison Project, phase 6) (28). Cette sélection de modèles vise à former un échantillon représentatif des connaissances actuelles sur la sensibilité climatique.

Afin d'avoir une période de référence basée sur les observations climatiques disponibles, les degrés-jour ont également été fournis par Ouranos, et calculés comme étant la moyenne des degrés-jour sur la période 2009-2017, selon les relevés de températures historiques disponibles et interpolés sur une grille de 10km x 10 km (29,30).

#### **2.2.4 Cartographie de l'indicateur climatique**

L'indicateur climatique a été importé et cartographié dans QGIS pour une grille de 10km x 10km pour les horizons 2030, 2050 et 2080, ainsi que pour la période 2009-2017. Deux cartes choroplèthes ont été produites, respectivement pour les scénarios d'émissions de GES SSP2-4.5 et SSP3-7.0, en utilisant un gradient de couleurs pour différencier les trois horizons (couleur plus foncée pour 2030 à plus clair pour 2080).

### **2.3 Facteurs de risque à combiner avec les cartes de tiques**

Les facteurs de risque correspondent aux facteurs qui peuvent mener à un risque d'exposition plus élevé aux tiques, c'est-à-dire un risque plus élevé de contact entre un humain et une tique *Ixodes scapularis*.

#### **2.3.1 Identification de facteurs de risque**

L'identification de facteurs de risque, qui aideraient à orienter les mesures de prévention et d'adaptation, s'est appuyée sur deux études réalisées précédemment par l'INSPQ. La première est une revue de la littérature sur les professions potentiellement à risque d'acquisition de la maladie de Lyme au Québec (31). La deuxième est une revue de la littérature et avis d'experts qui recense les facteurs influençant la vulnérabilité et l'exposition aux zoonoses, dont la maladie de Lyme, dans un contexte de changements climatiques au Québec (32).

Les facteurs de risque retenus sont ceux qui étaient simples et pertinents pour illustrer l'utilisation possible des cartes de répartition des populations de tiques établies au Québec. Ces facteurs ont été classés en trois catégories présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 1).

Tableau 1 Exemples de facteurs de risque à croiser avec la répartition des populations de tiques *I. scapularis* établies

| Catégories   | Objectifs   | Exemples de facteurs de risque   |
|--|---|--|
| <b>Distribution de la population humaine</b>                       | Identifier les zones où des populations humaines sont plus à risque d'exposition aux tiques, car elles résident dans des municipalités avec des populations de tiques établies  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Répartition de la population humaine</li> <li>• Densité de la population humaine</li> </ul>   |
| <b>Activités humaines professionnelles ou récréatives à risque</b> | Identifier les zones où des populations humaines sont plus à risque d'exposition aux tiques, car des activités professionnelles ou récréatives y ont lieu   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Activités de loisirs en plein air (ex. camping, randonnée...)</li> <li>• Chasseurs</li> <li>• Travailleurs forestiers et agricoles</li> </ul> |
| <b>Habitat favorable aux tiques <i>I. scapularis</i></b>           | Identifier les zones, à l'intérieur des municipalités où des populations de tiques sont établies, où le risque d'exposition aux tiques est plus élevé, car le type d'habitat est plus favorable à la survie des tiques <i>I. scapularis</i> . | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forêts de feuillus ou mixtes</li> <li>• Zones boisées en milieu rural ou urbain</li> </ul>  |

Source : Drapeau et al. (2021) (31); Simon et al. (2020) (32)

### 2.3.2 Source de données sur les facteurs de risque

Une recherche des données géoréférencées disponibles pour ces facteurs a été effectuée sur le Géoportail de l'INSPQ (<https://cartes.inspq.qc.ca/geoportail/>), Données Québec (<https://www.donneesquebec.ca/>), Gouvernement ouvert (<https://ouvert.canada.ca/>), Forêt Ouverte (<https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>) et Statistique Canada (<https://www.statcan.gc.ca/>).

### 2.3.3 Cartographie des facteurs de risque

Les facteurs de risque retenus ont été importés et cartographiés dans QGIS, puis superposés aux cartes de répartition actuelle et future de populations de tiques *I. scapularis* établies, pour vérifier leur compatibilité dans un outil géomatique. Ceci a permis de valider la pertinence de ces facteurs pour illustrer l'utilisation des cartes de répartition des populations de tiques établies. Le croisement des données devait faire ressortir visuellement les zones où il y a à la fois présence de population établie de tiques *I. scapularis* et où la population humaine serait plus vulnérable selon les facteurs retenus (voir tableau 1).

## 2.4 Disponibilités des cartes sur le Géoportail

Les cartes de répartition des populations de tiques établies sont mises en ligne sur le Géoportail de santé publique de l'INSPQ (33), par l'intermédiaire du Bureau d'information et d'études en santé des populations (BIESP) de l'INSPQ. Ces cartes sont accompagnées d'une fiche synthèse accessible dans le Géoportail. De plus, les données et informations relatives aux cartes sont également disponibles sur Données Québec ([www.donneesquebec.ca](http://www.donneesquebec.ca)).

Les facteurs de risque identifiés sont également consultables directement sur le Géoportail ou sur d'autres plateformes de données en accès libre. L'utilisateur peut également aller chercher d'autres facteurs qui seront pertinents pour sa prise de décision. L'utilisateur peut superposer les différentes données dans le Géoportail pour créer sa propre carte, ou bien télécharger ces données, pour mener des analyses plus complexes.

## 3 RÉSULTATS

Les indicateurs utilisés pour élaborer les cartes sont rappelés dans le tableau 2.

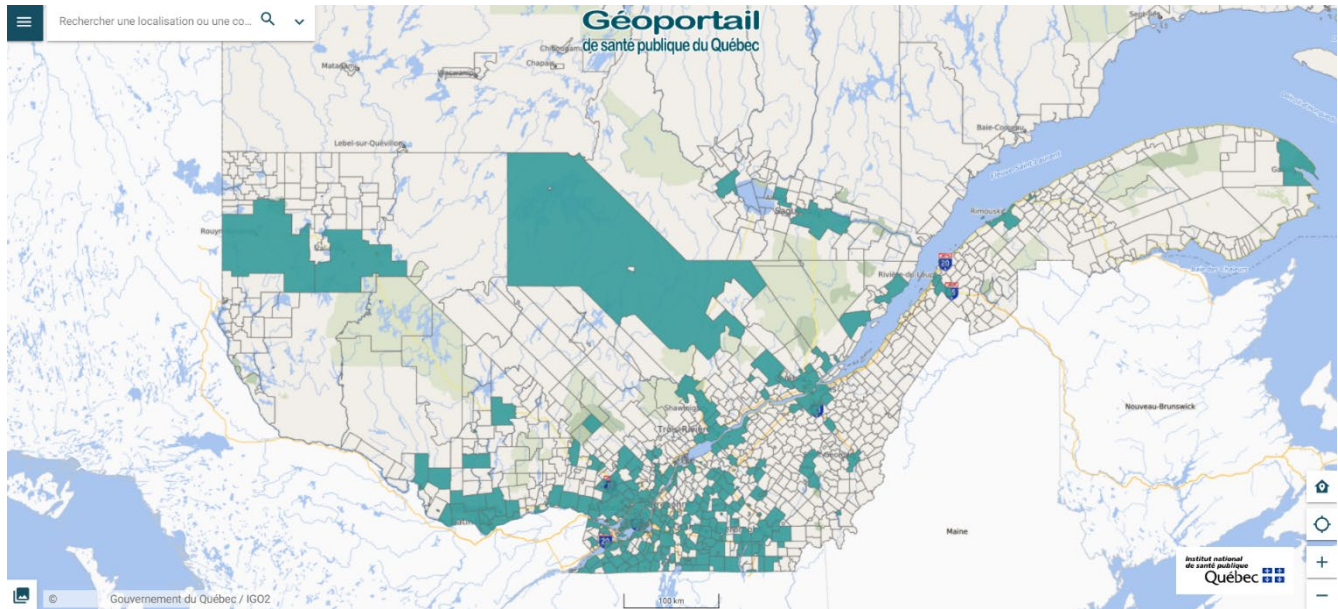
Tableau 2 Indicateurs acarologiques et climatiques

| Variables   | Indicateurs  |
|---|--|
| <b>Présence de populations établies de tiques <i>I. scapularis</i></b>                  | Au moins 6 tiques OU au moins 2 stades différents parmi les trois possibles (larve, nymphe, adulte) collectés en un an, par la surveillance acarologique passive et/ou active, dans une municipalité   |
| <b>Climat favorable à l'établissement de populations de tiques <i>I. scapularis</i></b> | ≥ 2800 degrés-jours au-dessus de 0°C cumulés sur un an <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyenne des relevés historiques 2009-2017</li> <li>- Projections les horizons 2030, 2050 et 2080 pour les scénarios d'émissions de GES SSP 2-4.5 et SSP3-7.0.</li> </ul> |

### 3.1 Carte de la répartition actuelle des populations de tiques établies

La carte présentée ci-après montre les municipalités où des populations de tiques *I. scapularis* sont établies selon les données de surveillance acarologique de 2009 à 2021 (figure 1).

**Figure 1** Municipalités avec des populations établies de tiques *I.scapularis* au Québec, selon les données de surveillance 2009-2021 (extrait du Géoportail de santé publique du Québec en date du 01/02/2024)



La carte présente les municipalités où des populations de tiques établies ont été détectées par la surveillance acarologique (en turquoise). Dans ces zones, des tiques *I. scapularis* sont présentes et actives d'une année à l'autre. Dans le reste du Québec, la présence de tiques est possible, mais aucune population de tiques établie n'a été détectée par les données de surveillance.

Il est possible de connaître le type de données de surveillance utilisées pour calculer l'indicateur en consultant la base de données accessible sur le Géoportail (en cliquant sur une municipalité ou sur la couche de données). L'identification des populations de tiques établies est basée sur : 1) les données de surveillance active, avec des tiques collectées en surveillance passive, ou 2) uniquement les données de surveillance passive.

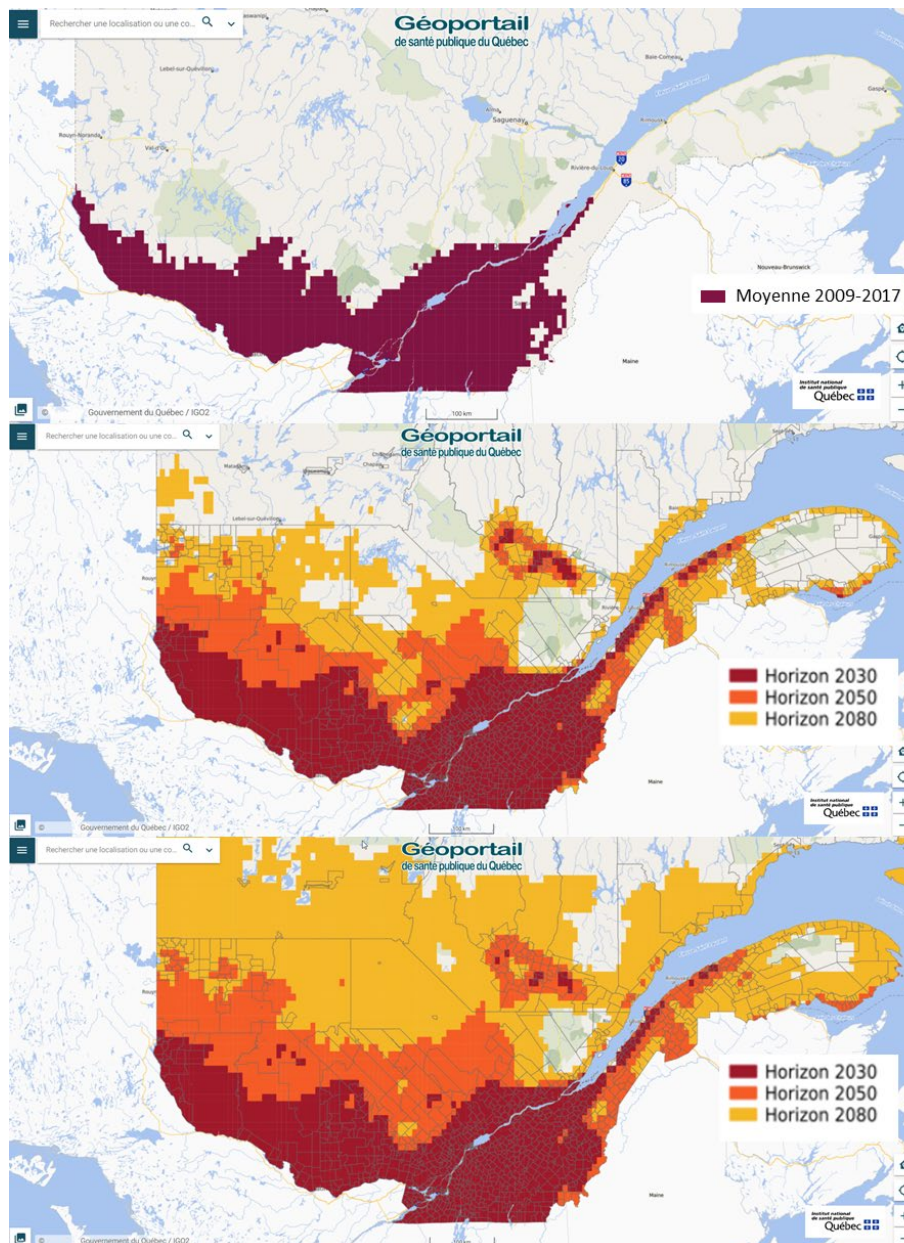
Des populations établies de tiques *I. scapularis* ont été détectées dans 249 municipalités, soit 19 % des 1 282 municipalités du Québec. Ces populations de tiques ont été détectées par la surveillance passive et active dans 121 municipalités (49 %), uniquement par la surveillance passive dans 118 municipalités (47 %), et uniquement par la surveillance active dans 10 municipalités (4 %).

La carte indique que des populations de tiques établies sont présentes principalement dans des municipalités du sud du Québec, notamment en Estrie et en Montérégie. Néanmoins, des populations de tiques sont établies dans toutes les régions du Québec, sauf la Côte-Nord, le Nord-du-Québec et les Terres-Cries-de-la-Baie-James.

### 3.2 Cartes de la zone climatiquement favorable

L'indicateur climatique a été cartographié selon les relevés historique (2009-2017) et pour les horizons temporels 2030, 2050 et 2080 à partir des données des scénarios d'émissions de GES SSP 2-4.5 et SSP3-7.0. Les cartes présentées ci-dessous, et extraites du Géoportail de santé publique, indiquent les zones où le climat serait favorable à l'établissement des tiques *I. scapularis* (figure 2).

**Figure 2** Zone climatique favorable à l'établissement de populations de tiques *I. scapularis* selon les relevés de températures historiques (2009-2017) (en haut) et selon le 50e percentile des scénarios d'émissions de GES SSP2-4.5 (au milieu) et SSP3-7.0 (en bas) pour les horizons temporels 2030, 2050 et 2080 (extrait du Géoportail de santé publique du Québec en date du 01/02/2024)



Les cartes de la figure 2 indiquent les zones où la température serait favorable à l'établissement des populations de tiques *I. scapularis* au Québec pour la période 2009-2017 (en bordeaux) selon les relevés de température historiques (carte du haut) et pour les horizons 2030 (en rouge foncé), 2050 (en orange) et 2080 (en jaune), selon le 50<sup>e</sup> percentile des scénarios d'émissions de GES modérées (SSP2-4.5, carte du milieu) et élevées (SSP3-7.0, carte du bas).

La zone climatique favorable à l'établissement des populations de tiques *I. scapularis* estimée pour la période 2009-2017 est très proche de celle estimée pour l'horizon 2030. Comme mentionné précédemment, bien que la zone soit climatiquement favorable, l'établissement des tiques dépend d'autres facteurs écologiques, ce qui explique pourquoi on ne retrouve pas des populations de tiques dans toute la zone favorable pour la période 2009-2017. De la même manière, des populations de tiques peuvent être identifiées en dehors de ces zones, car l'indicateur climatique est calculé à partir d'observations sur une période antérieure aux dernières collectes de tiques réalisées en 2021 dans notre jeu de données.

À l'horizon 2030, la zone climatique favorable à l'établissement des populations de tiques *I. scapularis* couvre l'ensemble du sud du Québec, de manière similaire pour les deux scénarios. Aux horizons 2050 et 2080, la zone progresse de plus en plus vers le nord de la province, avec une progression plus rapide et plus étendue vers le nord sous le scénario SSP3-7.0 que sous le scénario SSP2-4.5. L'interprétation des cartes doit rester prudente en raison des incertitudes liées aux projections climatiques et à l'utilisation du 50<sup>e</sup> percentile pour simplifier la lecture des cartes.

### **3.3 Utilisation des cartes avec des facteurs de risque**

#### **3.3.1 Facteurs de risque identifiés**

Parmi les facteurs identifiés dans les études de Drapeau et al. (2021) et Simon et al. (2020) (31,32), certains ont été retenus pour illustrer l'utilisation possible des cartes de répartition des tiques et orienter les mesures de prévention et d'adaptation. Ces facteurs étaient déjà géoréférencés, libres d'accès, faciles d'utilisation et d'interprétation. Ces facteurs sont présentés dans le tableau 3.

De plus, les activités récréatives et professionnelles représentant un risque accru d'exposition aux tiques sont issues des travaux effectués par Drapeau et al. (2021) et Simon et al. (2020) (31,32).

Cette liste ne représente pas l'exhaustivité des facteurs de risque mais suggère plutôt des exemples de facteurs aux utilisateurs, qui pourront eux-mêmes superposer leurs propres données géoréférencées selon leurs besoins.

Enfin, la couverture terrestre permet d'identifier plus finement, à l'intérieur d'une municipalité, les zones où le type d'habitat est plus favorable à la présence de tiques, soit les milieux boisés et forestiers, et donc où le risque de présence de tiques est plus élevé lorsqu'une population de tiques est établie dans la municipalité.

D'autres données géoréférencées (ex. catégorie d'âge de la population) sont disponibles sur DonnéesQuébec ([www.donneesquebec.ca](http://www.donneesquebec.ca)), ForêtOuvrte (<https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>), le Géoportail de Santé Publique (<https://cartes.inspq.qc.ca/geoportail/>) ou Statistique Canada (<https://www.statcan.gc.ca/>).

Tableau 3 Facteurs de risque sélectionnés et sources des données

| Catégories  | Facteurs   | Exemples de données disponibles   |
|---|--|---|
| <b>Distribution de la population humaine</b>              | <b>Répartition de la population humaine</b>                | <b>Statistique Canada</b><br>Recensement de la population – Écoumène de population : zones où des habitants ont établi leur résidence permanente (îlot de diffusion avec une densité de population d'au moins 0,4 habitant au kilomètre carré)<br><a href="https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-159-g/92-159-g2021001-fra.htm">https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-159-g/92-159-g2021001-fra.htm</a>   |
|   | <b>Densité humaine</b>                                     | <b>Statistique Canada</b><br>Recensement de la population – Population par subdivision de recensement (SDR) et aire de diffusion<br><a href="https://geosuite.statcan.gc.ca/geosuite/fr/">https://geosuite.statcan.gc.ca/geosuite/fr/</a>   |
|   | <b>Limites administratives des territoires autochtones</b> | <b>Gouvernement du Canada</b><br>Limites législatives des terres autochtones du Canada<br><a href="https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/522b07b9-78e2-4819-b736-ad9208eb1067">https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/522b07b9-78e2-4819-b736-ad9208eb1067</a>   |
| <b>Activités humaines professionnelles et récréatives</b> | <b>Parcs et territoires récréatifs</b>                     | <b>Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)</b><br>Territoires récréatifs du Québec : Aires fauniques communautaires (AFC); ententes particulières avec les autochtones; petits lacs aménagés (PLA); pourvoiries avec droits exclusifs; territoires exclusifs de chasse; réserves fauniques; zones d'exploitation contrôlée (ZECs); parcs nationaux du Québec et du Canada; parcs régionaux; parcs marins; réserves écologiques; refuges fauniques; refuges d'oiseaux migrateurs (ROM); réserves nationales de faune; forêt d'enseignement et de recherche de Montmorency; Station forestière de Duchesnay<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/couche-des-territoires-recreatifs-du-quebec-a-l-echelle-de-1-100-000">https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/couche-des-territoires-recreatifs-du-quebec-a-l-echelle-de-1-100-000</a> |
|   | <b>Parcs et jardins publics</b>                            | <b>Commission de la toponymie</b><br>Noms de lieux officiels du Québec, sauf les odonymes (noms de voies de communication) : Géolocalisation des parcs et jardins<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/toponymes-officiels">https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/toponymes-officiels</a>  |
|   | <b>Pistes cyclables et chemins forestiers</b>              | <b>Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)</b><br>Géobase routière Adresse Québec: pistes cyclables de la Route verte, chemins forestiers et multiusages<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/adresses-quebec">https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/adresses-quebec</a>  |

Tableau 3 Facteurs de risque sélectionnés et sources des données (suite)

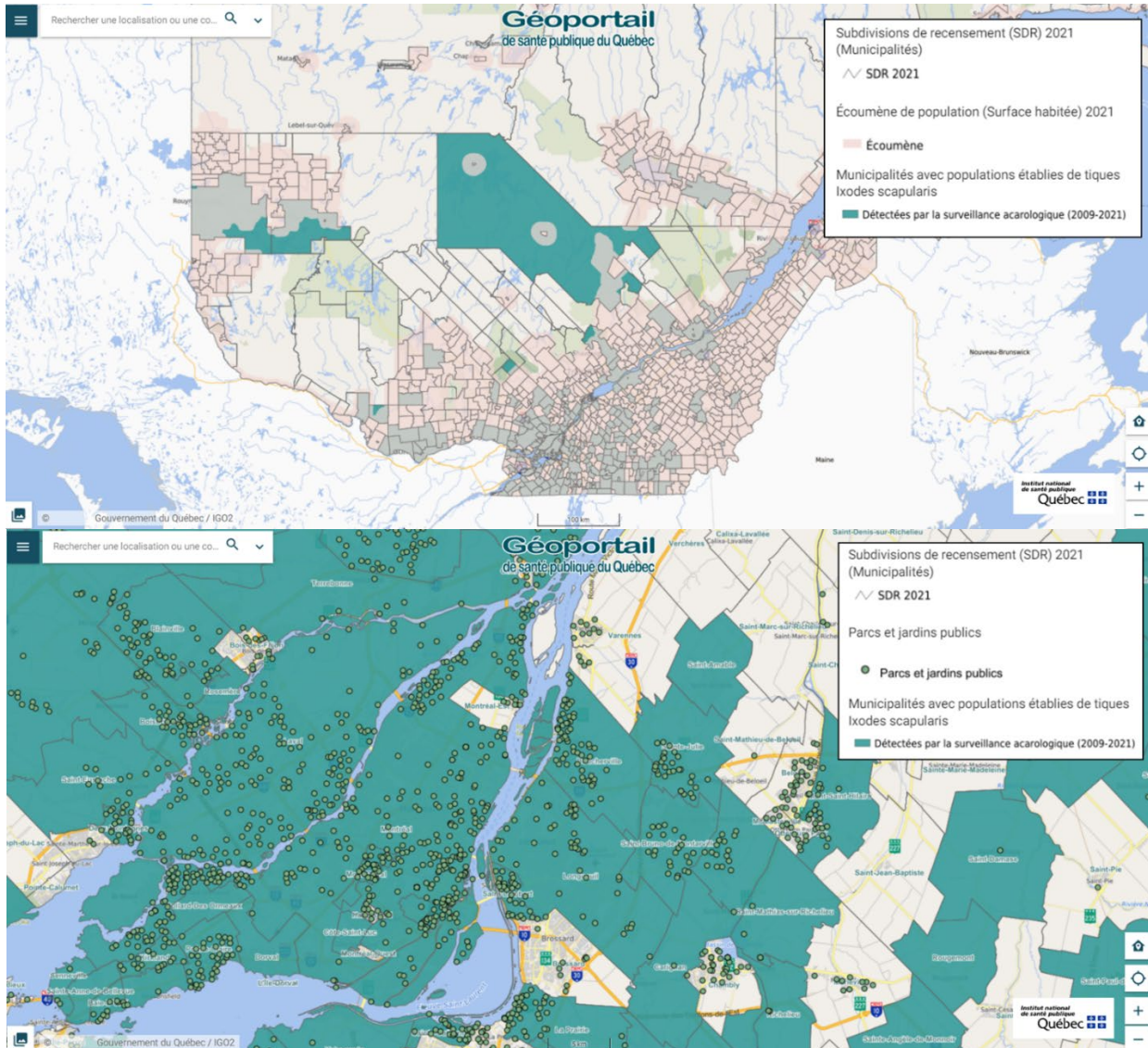
| Catégories                          | Facteurs                            | Exemples de données disponibles  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
|                                     | <b>Campings</b>                     | <b>Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH)</b><br>Rôles d'évaluation foncière du Québec géoréférencés 2022 :<br>Camping et camps touristiques<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/roles-d-evaluation-fonciere-du-quebec/ressource/6e34aecd-6914-4791-8aff-452e554b9990">https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/roles-d-evaluation-fonciere-du-quebec/ressource/6e34aecd-6914-4791-8aff-452e554b9990</a>  |
|                                     | <b>Exploitations forestières</b>    | <b>Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)</b><br>Subdivision territoriale forestière (STF) : Limites administratives des unités de gestion, domanialité (publique/privée), limites territoriales des forêts attribuables<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/stf">https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/stf</a>  |
|                                     | <b>Zones de chasse</b>              | <b>Gouvernement du Québec</b><br>Cartes des zones de chasse : délimitation du territoire Québécois en 28 zones de chasse.<br><a href="https://www.quebec.ca/tourisme-et-loisirs/activites-sportives-et-de-plein-air/chasse-sportive/cartes-zones">https://www.quebec.ca/tourisme-et-loisirs/activites-sportives-et-de-plein-air/chasse-sportive/cartes-zones</a>   |
|                                     | <b>Zones agricoles</b>              | <b>Commission de protection du territoire agricole</b><br>Zone agricole du Québec<br><a href="https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/zone-agricole-du-quebec">https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/zone-agricole-du-quebec</a>   |
| <b>Habitat favorable aux tiques</b> | <b>Milieus boisés et forestiers</b> | <b>Gouvernement du Canada</b><br>Carte de la couverture terrestre du Canada d'une résolution de 30 m : Forêts de conifères tempérée ou subpolaire; forêt de conifères (taïga) subpolaire; forêt de feuillus caducifoliée tempérée ou subpolaire; forêt mixte; arbustaie tempérée ou subpolaire; prairie tempérée ou subpolaire; arbustaie à lichens et à mousses polaire ou subpolaire; prairie à lichens et à mousses polaire ou subpolaire; lande à lichens et à mousses polaire ou subpolaire; terre humide; terre agricole; terre stérile; milieu urbain et bâti; eau; Neige et glace<br><a href="https://atlas.gc.ca/lcct/fr/index.html">https://atlas.gc.ca/lcct/fr/index.html</a> |

### 3.3.2 Utilisation des cartes des populations de tiques établies avec les facteurs de risque

Le croisement de la répartition actuelle des populations établies de tiques avec les facteurs de risque présentés dans le tableau 3 mettra en évidence les zones où le risque d'exposition aux tiques est le plus élevé et où la mise en place de mesures de prévention ou d'adaptation pourrait être priorisée. Un même travail pourrait être appliqué au croisement des facteurs avec la zone climatiquement favorable à leur établissement pour anticiper les mesures d'adaptation pour les prochaines années.

La carte ci-dessous (figure 3) présente un exemple de croisement des municipalités où des populations de tiques sont établies avec des zones récréatives à risque (ici, parcs et jardins publics). Les cartes représentant les autres croisements de données possibles sont réalisables dans le Géoportail ou un autre outil géomatique.

Figure 3 Municipalités avec des populations établies de tiques *I. scapularis* au Québec, selon les données de surveillance 2009-2021, écoumène de population humaine en 2021 (en haut) et parcs et jardins publics (en bas) (extrait du Géoportail de santé publique du Québec en date du 01/02/2024)



La figure 3 croise les municipalités avec des populations de tiques établies, selon les données de surveillance 2009-2021 avec l'écoumène de population, c'est-à-dire la zone habitée du Québec (carte du haut) ainsi que la localisation des parcs et jardins publics (carte du bas).

L'écoumène de population humaine englobe la plupart des municipalités avec des populations de tiques établies, ce qui indique les zones où les populations humaines risquent d'être davantage exposées localement aux tiques. Les parcs et jardins publics, qui se trouvent dans des municipalités où des populations de tiques sont établies, pourraient réfléchir à des interventions comme aménager des espaces peu favorables à la présence de tiques, communiquer par le biais de panneaux ou feuillets d'information.

## 4 DISCUSSION

Les cartes développées dans le cadre de ce projet indiquent la répartition actuelle des populations établies de tiques *I. scapularis* et permettent d'identifier la zone climatiquement favorable à leur établissement aux horizons 2030, 2050 et 2080 en fonction des changements climatiques. Ces cartes sont destinées à différents intervenants qui réalisent des appréciations de risques et développent des plans d'adaptation sur les impacts des changements climatiques notamment les municipalités, le réseau de la santé et les établissements d'enseignement et de recherche.

Le croisement de ces cartes avec des facteurs informant sur la répartition de la population humaine, les activités récréatives ou professionnelles, ou le type d'habitat permet de mettre en évidence des zones plus à risque où des interventions pourraient être ciblées. La disponibilité des cartes sur le Géoportail favorise leur utilisation et appropriation par les différents publics cibles en fonction des objectifs recherchés. D'autres facteurs peuvent ainsi être utilisés et superposés aux cartes de tiques par les utilisateurs directement dans le Géoportail ou bien en téléchargeant les données et en les important dans un logiciel de géomatique.

### 4.1 Interprétation des cartes et limites

#### 4.1.1 Répartition actuelle des populations établies de tiques *I. scapularis*

La première carte indique la répartition des populations établies de tiques *I. scapularis* à partir des données collectées entre 2009 et 2021. La présence de populations de tiques établies suggère un risque plus élevé d'exposition aux tiques et donc de piqûre de tiques et éventuellement de transmission de maladies, telles que la maladie de Lyme ou l'anaplasmose. Cependant, les tiques *Ixodes scapularis* ne sont pas toutes porteuses d'agents pathogènes.

La mise en évidence des populations de tiques établies dépend fortement des données de surveillance lesquelles ont des limites liées au processus de collecte, à la répartition de la population humaine ainsi qu'aux enjeux logistiques propres au territoire québécois (1,34). Ces limites peuvent entraîner des biais de représentation de la distribution des populations de tiques sur le territoire. En effet, malgré la sensibilité de l'indicateur retenu, certaines populations de tiques établies ne seront probablement pas détectées, car la collecte des données n'est pas égale sur tout le territoire.

Les cartes indiquent la présence de population de tiques *I. scapularis* établies à l'échelle municipale, ce qui ne permet pas d'identifier la localisation exacte ni leur abondance à l'intérieur des municipalités. Or, la présence de tiques n'est pas uniforme à l'intérieur d'une zone où des populations de tiques sont établies, et varie en fonction du type d'environnement rencontré. Les tiques *I. scapularis* sont présentes dans les forêts, les boisées et les hautes herbes; elles ne sont pas présentes en dehors de ce type d'environnement (par exemple, stationnement).

#### **4.1.2 Projections de la zone climatique favorable à l'établissement des tiques *I. scapularis***

Les cartes de projections climatiques suggèrent les zones où la température sera probablement favorable à l'établissement des populations de tiques aux horizons 2030, 2050 et 2080, selon deux scénarios d'émissions de GES (SSP2-4.5 et SSP3-7.0). Les projections climatiques sont des représentations de ce que pourrait être le climat dans les prochaines décennies. La nature complexe du système climatique, les modèles climatiques et les facteurs humains rendent difficile la détermination exacte des changements à un endroit ou à un moment précis. Les trois principales sources d'incertitudes dans les projections climatiques sont la variabilité naturelle interne du climat, les incertitudes liées à la complexité des modèles climatiques et celles liées aux scénarios d'émissions qui dépendent des choix de société qui seront faits (26).

D'autre part, l'établissement des populations de tiques n'est pas systématique dans une zone climatiquement favorable. D'autres facteurs entrent en jeu pour la présence et la survie des tiques à long terme. Par exemple, les tiques doivent être transportées dans cette zone par un animal hôte (ex. oiseaux, mammifères), l'environnement local doit être favorable (ex. forêt de feuillus), et les tiques doivent pouvoir trouver des hôtes pour se nourrir (ex. souris à pattes blanches) (4). L'ajout de ces facteurs aux cartes climatiques permettrait d'affiner les zones probables d'établissement des tiques dans les prochaines années.

#### **4.1.3 Ajout de facteurs de risque**

L'ajout de facteurs de risque permet d'affiner les zones les plus à risque d'exposition aux tiques. La superposition des données acarologiques, climatiques et des facteurs de risque permet de visualiser facilement les zones avec présence de population de tiques établies, les zones avec présence de facteurs de risque et les zones cumulant la présence de populations de tique et de facteurs de risque. L'utilisateur peut alors créer son propre indicateur en intégrant les différents jeux de données selon ses objectifs propres.

La liste des facteurs de risque n'est pas exhaustive et les facteurs ne sont disponibles que pour la période actuelle, cependant ils peuvent servir de base pour prendre des décisions pour les prochaines années.

## **5 CONCLUSION**

Ce projet présente pour la première fois une cartographie de la répartition actuelle des populations de tiques *I. scapularis* établies dans les municipalités du Québec à partir des données acarologiques provenant de la surveillance provinciale de la maladie de Lyme et de la plateforme eTick. À ceci s'ajoute la projection de la zone climatique favorable à leur établissement aux horizons 2030, 2050 et 2080 sous les scénarios d'émissions de GES SSP2-4.5 et SSP3-7.0. Ces cartes informeront différents publics sur le risque d'exposition aux tiques sur le territoire et la progression spatiale dans le futur. L'ajout de facteurs de risque, liés à la distribution de la population humaine, aux activités humaines et à l'écologie de la tique, permettront d'orienter la mise en place d'interventions en santé publique ou autres mesures d'adaptation pour réduire les fardeaux actuels et futurs des maladies transmises par *I. scapularis*.

## RÉFÉRENCES

1. Adam-Poupart A, Milord F, Thivierge K, Therrien C, Irace-Cima A. Plan d'analyse de la surveillance intégrée de la maladie de Lyme. Institut national de santé publique du Québec; 2017.  
<https://www.inspq.qc.ca/publications/2257>
2. Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Maladies transmises par les tiques [Internet]. 2023. Disponible sur:  
<https://www.inspq.qc.ca/zoonoses/maladie-de-lyme>
3. Eisen L, Eisen RJ. Changes in the geographic distribution of the blacklegged tick, *Ixodes scapularis*, in the United States. *Ticks Tick-Borne Dis.* 2023;14(6):102233.  
<https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2023.102233>
4. Bouchard C, Dibernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton P, Lindsay L. Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Can Commun Dis Rep.* 2019;45(4):83-9.  
<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a02>
5. Bouchard C, Leonard E, Koffi JK, Pelcat Y, Peregrine A, Chilton N, et al. The increasing risk of Lyme disease in Canada. *Can Vet J.* 2015;56(7):693-9.
6. Brownstein JS, Holford TR, Fish D. Effect of climate change on Lyme disease risk in North America. *EcoHealth.* 2005;2(1):38-46.  
<https://doi.org/10.1007/s10393-004-0139-x>
7. Dantas-Torres F. Climate change, biodiversity, ticks and tick-borne diseases: The butterfly effect. *Int J Parasitol Parasites Wildl.* 2015;4(3):452-61.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2015.07.001>
8. 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.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.15435>
9. 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.  
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>
10. Ogden NH, Bigras-Poulin M, Hanincová K, Maarouf A, O'Callaghan CJ, Kurtenbach K. Projected effects of climate change on tick phenology and fitness of pathogens transmitted by the North American tick *Ixodes scapularis*. *J Theor Biol.* 2008;254(3):621-32.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2008.06.020>
11. Ogden NH, St-Onge L, Barker IK, Brazeau S, Bigras-Poulin M, Charron DF, et al. Risk maps for range expansion of the Lyme disease vector, *Ixodes scapularis*, in Canada now and with climate change. *Int J Health Geogr.* 2008;7,24.  
<https://doi.org/10.1186/1476-072X-7-24>
12. Health Canada. Consensus conference on Lyme disease. *Can Med Assoc J.* 1991;144:1627-32.
13. Ripoché M, Bouchard C, Irace-Cima A, Leighton P, Thivierge K. Current and future distribution of *Ixodes scapularis* ticks in Québec: Field validation of a predictive model. *PLOS ONE.* 2022;17(2):e0263243.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263243>
14. 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;35(5):629-38.  
<https://doi.org/10.1093/jmedent/35.5.629>
15. Lyons LA, Brand ME, Gronemeyer P, Mateus-Pinilla N, Ruiz MO, Stone CM, et al. Comparing contributions of passive and active tick collection methods to determine establishment of ticks of public health concern within Illinois. *J Med Entomol.* 2021;58(4):16.  
<https://doi.org/10.1093/jme/tjab031>

16. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Blacklegged tick surveillance | CDC [Internet]. 2023. Disponible sur: <https://www.cdc.gov/ticks/surveillance/BlackleggedTick.html>
17. Guillot C, Bouchard C, Aenishaenslin C, Berthiaume P, Milord F, Leighton PA. Criteria for selecting sentinel unit locations in a surveillance system for vector-borne disease: A decision tool. *Front Public Health*. 2022;10:1003949. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1003949>
18. Guillot C, Bouchard C, Buhler K, Dumas A, Milord F, Ripoche M, et al. Sentinel surveillance contributes to tracking Lyme disease spatiotemporal risk trends in southern Quebec, Canada. *Pathogens*. 2022;11(5):531. <https://doi.org/10.3390/pathogens11050531>
19. eTick. Plateforme publique d'identification d'images et de suivi des populations de tiques au Canada. [Internet]. 2021. Disponible sur: <http://www.eTick.ca>
20. Duminic I, Severnini E. "Ticking Bomb": The impact of climate change on the incidence of Lyme disease. *Can J Infect Dis Med Microbiol*. 2018;2018:1-10. <https://doi.org/10.1155/2018/5719081>
21. Ogden NH, Bigras-Poulin M, O'Callaghan CJ, Barker IK, Lindsay LR, Maarouf A, et al. A dynamic population model to investigate effects of climate on geographic range and seasonality of the tick *Ixodes scapularis*. *Int J Parasitol*. 2005;35(4):375-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2004.12.013>
22. Gabriele-Rivet V, Arsenault J, Badcock J, Cheng A, Edsall J, Goltz J, et al. Different ecological niches for ticks of public health significance in Canada. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0131282-e0131282. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131282>
23. Simon JA, Marrotte RR, Desrosiers N, Fiset J, Gaitan J, Gonzalez A, et al. 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. <https://doi.org/10.1111/eva.12165>
24. 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;8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02112.x>
25. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Annex II: Glossary. In: Moller V, van Diemen R, Matthews JBR, Mendez C, Semenov S, Fuglestedt JS, et al.. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA; 2022. p. 2897-930.
26. Ouranos. Climatologie régionale et adaptation aux changements climatiques. Guide de recommandations scientifiques. [Internet]. 2024. Disponible sur: <https://www.ouranos.ca/fr/guide-de-recommandations-scientifiques>
27. Ouranos. Climatologie régionale et adaptation aux changements climatiques. Les scénarios de concentrations de gaz à effet de serre: des RCP aux SSP. [Internet]. 2023. Disponible sur: <https://www.ouranos.ca/fr/science-du-climat-modelisation-climatique>
28. Lavoie J, Bourgault P, Smith TJ, et al. An ensemble of bias-adjusted CMIP6 climate simulations based on a high-resolution North American reanalysis. *Sci Data*. 2024; 11, 64. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z>

29. Hutchinson MF, McKenney DW, Lawrence K, Pedlar JH, Hopkinson RF, Milewska E, and Papadopol P. Development and Testing of Canada-Wide Interpolated Spatial Models of Daily Minimum-Maximum Temperature and Precipitation for 1961-2003. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2009; 48 (4): 725–41. <https://doi.org/10.1175/2008JAMC1979.1>
30. McKenney DW, Hutchinson MF, Papadopol P, Lawrence K, Pedlar JH, Campbell K, Milewska E, Hopkinson RF, Price D, and Owen T. Customized spatial climate models for North America. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2011; 92 (12): 1611–1622. <https://doi.org/10.1175/2011BAMS3132.1>
31. Drapeau LM, Adam-Poupart A. Zoonoses en milieu professionnel : portrait des vulnérabilités et identification des besoins au Québec Institut national de santé publique du Québec. 2021. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2761>
32. Simon J, Simon A, Page D. Test d'un cadre d'évaluation des vulnérabilités et de l'exposition aux zoonoses sensibles aux changements climatiques au Québec. Institut national de santé publique du Québec; 2020. (non publié)
33. Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Géoportail de santé publique du Québec [Internet]. 2022. Disponible sur: <https://www.inspq.qc.ca/geomatique/geoportail>
34. Ouhoummane N, Pelletier R, Ripoché, M, Irace-Cima, A, Milord, F, Thivierge, K. Portrait de la maladie de Lyme au Québec : 2006-2019. Institut national de santé publique du Québec; 2022. <https://www.inspq.qc.ca/publications/2844>

## ANNEXE 1 INSTANCES CONSULTÉES POUR LE PROJET

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alejandra Irace-Cima (INSPQ – Direction des risques biologiques)</li> <li>• Ariane Adam-Poupart (INSPQ – Direction des risques biologiques)</li> <li>• Annabelle Mouammine (INSPQ – Laboratoire de santé publique du Québec)</li> <li>• Karine Thivierge (INSPQ – Laboratoire de santé publique du Québec)</li> <li>• Hervé Menan (INSPQ- Laboratoire de santé publique du Québec)</li> <li>• Ray Bustinza (INSPQ – Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie)</li> <li>• Antoine Saint-Amand (INSPQ-Bureau d'information et d'études en santé des populations)</li> <li>• Ariane Massé (MELCCFP – Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune)</li> <li>• Camille Robitaille-Bérubé (ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs)</li> <li>• Isabelle Picard (MAPAQ – Direction de la santé animale)</li> <li>• Nicholas Ogden (ASPC – Laboratoire national de microbiologie)</li> <li>• Catherine Bouchard (ASPC – Laboratoire national de microbiologie)</li> <li>• Christian Renaud (Héma-Québec)</li> <li>• Diane Chaumont (Ouranos)</li> <li>• Sophie Maccario (Ouranos)</li> <li>• Nathalie Bleau (Ouranos)</li> <li>• Daniel Kneeshaw (Université du Québec à Montréal)</li> <li>• Maryse Barrette (Ville de Montréal)</li> <li>• Geneviève Baron (Direction de santé publique de l'Estrie)</li> </ul> |
| <p><b>Groupe d'experts des maladies transmises par les tiques</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alejandra Irace-Cima (INSPQ – Direction des risques biologiques)</li> <li>• Ariane Adam-Poupart (INSPQ – Direction des risques biologiques)</li> <li>• Najwa Ouhoumane (INSPQ – Direction des risques biologiques)</li> <li>• Karine Thivierge (INSPQ – Laboratoire de santé publique du Québec)</li> <li>• Hervé Menan (INSPQ- Laboratoire de santé publique du Québec)</li> <li>• Colette Gaulin (ministère de la Santé et des Services sociaux)</li> <li>• Catherine Bouchard (ASPC – Laboratoire national de microbiologie)</li> <li>• Nicholas Ogden (ASPC – Laboratoire national de microbiologie)</li> <li>• François Milord (Direction de santé publique de la Montérégie)</li> <li>• Patrick Leighton (Université de Montréal – Faculté de médecine vétérinaire)</li> </ul>  |
| <p><b>Bureau d'information et d'études en santé des populations (BIESP)</b></p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nathalie Gravel (INSPQ- Bureau d'information et d'études en santé des populations)</li> <li>• Matthieu Tandonnet (INSPQ- Bureau d'information et d'études en santé des populations)</li> </ul>  |
| <p><b>Autres personnes consultées</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evelyne Toth (ministère de la Santé et des Services sociaux)</li> <li>• Stéphanie Jodoin (ministère de la Santé et des Services sociaux)</li> <li>• Juliette Martin (ministère de la Santé et des Services sociaux)</li> <li>• Méganne Goupil (Direction de santé publique de Lanaudière)</li> </ul>  |

---

# Cartographie de la répartition actuelle et future des tiques *Ixodes scapularis* au Québec en contexte de changements climatiques

---

## AUTRICES

Marion Ripoche, conseillère scientifique spécialisée  
Danaelle Page, conseillère scientifique  
Ariane Adam-Poupart, conseillère scientifique spécialisée  
Alejandra Irace-Cima, médecin-conseil  
Direction des risques biologiques  
Diane Chaumont, responsable, Intégration de l'information scientifique pour Portraits climatiques, Ouranos

## SOUS LA COORDINATION DE

Anne Kimpton, chef d'unité scientifique  
Direction des risques biologiques

## COLLABORATION (liste détaillée dans l'annexe 1)

Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques  
Groupe d'experts des maladies transmises par les tiques  
Bureau d'information et d'études en santé des populations

## RÉVISION

Juliana Ayres Hutter, conseillère scientifique  
Noémie Savard, médecin-conseil  
Direction des risques biologiques

Les réviseuses ont été conviées 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 autrices 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

Linda Cléroux, agente administrative  
Direction des risques biologiques

## REMERCIEMENTS

Les autrices remercient les personnes suivantes pour leur contribution dans l'avancement du projet :

Kirsten Crandall et Geneviève Germain, conseillères scientifiques à l'INSPQ, pour leur soutien pour la mise en page des cartes  
Travis Logan, Responsable Plateformes climatiques, données et opérations à Ouranos, pour avoir préparé les données climatiques nécessaires au projet, Karl Forest-Berard pour la révision du document pour le transfert des connaissances.

Les autrices remercient Jade Savage et l'université Bishop's d'avoir fourni les données acarologiques en provenance de la plateforme eTick, et remercient tous les participants qui ont amassé des données pour le projet.

*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](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

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

Dépôt légal – 2<sup>e</sup> trimestre 2024  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN : 978-2-550-97388-1 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2024)

N° de publication : 3483