

L'information contenue dans cette fiche facilite  
l'utilisation optimale des outils cartographiques.

<p><b>Définition</b></p>	<p>La zone climatique favorable à la transmission du virus du Nil occidental (VNO) par <i>Culex pipiens</i> met en évidence le territoire où la température moyenne saisonnière estimée pour les horizons 2030, 2050 et 2080 pourrait être propice à la transmission du VNO au Québec, en fonction des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES) modérées (SSP2-4.5) et élevées (SSP3-7.0).</p>
<p><b>Utilisation et interprétation</b></p>	<p>Cette zone est celle où le climat, en termes de température moyenne saisonnière, est considérée favorable à la transmission du VNO par <i>Cx. pipiens</i> (l'un des principaux vecteurs*) (1-4). Elle permet de visualiser le territoire où il y a une probabilité plus élevée de transmission du VNO, car les températures favorables à la survie des moustiques et à la réplication du virus devraient être plus souvent atteintes. Cependant, il est possible que la zone climatique favorable identifiée en utilisant la limite thermique minimale de 14 °C représente une surestimation du territoire affecté comparé aux températures optimales (23,7 °C à 24,5 °C) nécessaires à la transmission du VNO par <i>Cx. pipiens</i> (1,2).</p> <p>La transmission du VNO n'est pas systématique dans une zone où le climat est favorable, car la circulation du virus à long terme nécessite également la présence de <i>Cx. pipiens</i> et des hôtes* du VNO dans l'environnement. Un moustique doit s'être nourri du sang d'un oiseau infecté pour devenir porteur du VNO (5,6). Par la suite, sa piqûre peut infecter différents hôtes (ex. : oiseaux, chevaux, humains) en les piquant (6-8).</p> <p>De plus, l'environnement local doit également être favorable à la survie et la reproduction des moustiques. Dans les zones urbaines, <i>Cx. pipiens</i> est particulièrement abondant, car les infrastructures humaines lui fournissent des habitats artificiels idéaux, ce qui reflète son adaptation aux environnements anthropiques (9,10). Ces habitats privilégiés se trouvent à proximité de points d'eau naturels ou artificiels (ex. : étangs ou récipients), où les eaux stagnantes lui offrent des conditions idéales pour sa reproduction, souvent en proximité des populations humaines ou aviaires (9,10).</p> <p>Pour faciliter l'interprétation, la zone climatique favorable de chaque horizon temporel peut être visualisée séparément en utilisant le menu déroulant sur le Géoportail.</p> <p><i>* Pour plus d'informations sur le cycle de transmission du VNO, consultez <a href="https://www.inspq.qc.ca/zooses/cartes/moustiques">https://www.inspq.qc.ca/zooses/cartes/moustiques</a>.</i></p>
<p><b>Méthode de calcul</b></p>	<p>Deux études ont développé des modèles mécanistes à partir des caractéristiques de <i>Cx. pipiens</i> et du VNO afin de déterminer l'influence de la température sur la transmission du virus par ce vecteur. Shocket et coll. 2020 ont fixé la température médiane inférieure de transmission par <i>Cx. pipiens</i> à 16,8 °C (IC95 % : 14,9 °C-17,8 °C), tandis que Di Pol et coll. 2022 ont estimé qu'il n'y a pas de transmission sous 14 °C par <i>Cx. pipiens</i> en Europe (1,2). Ces limites thermiques sont considérées plus conservatrices que 23,7 °C à 24,5 °C, lesquelles correspondent aux températures optimales nécessaires à la transmission du VNO par <i>Cx. pipiens</i> (1,2).</p> <p>À noter que ces études utilisent des caractéristiques de <i>Cx. pipiens</i> provenant d'analyses réalisées avec des moustiques de New York et de Pennsylvanie au début de l'émergence du VNO aux États-Unis (3,4). Plus spécifiquement, Kilpatrick et coll. 2008 ont montré qu'une faible transmission du VNO par <i>Cx. pipiens</i> pouvait se produire entre 14 °C et 15 °C (3).</p> <p>Le groupement de <i>Cx. pipiens/restuans</i> est utilisé au Québec pour les deux principaux vecteurs (<i>Cx. pipiens</i> et <i>Cx. restuans</i>), en raison de leurs similitudes morphologiques, qui rendent difficile leur distinction fiable sans analyses moléculaires. Par conséquent, des analyses statistiques ont été réalisées pour explorer les relations entre les températures et les lots de <i>Cx. pipiens/restuans</i> échantillonnés au Québec, afin de sélectionner et de valider un indicateur thermique, comprenant sa limite (14 °C ou 15 °C) ainsi que sa période d'activité (voir le rapport méthodologique pour plus d'informations).</p> <p>Pour ce projet, l'indicateur thermique statistiquement significatif et adapté au contexte québécois défini ci-dessous a été utilisé :</p> <p><b>Une zone climatique favorable à la transmission du VNO par <i>Culex pipiens</i> est définie par une température moyenne saisonnière (calculée d'avril à septembre) supérieure ou égale à 14 °C.</b></p> <p>Les températures moyennes saisonnières ont été calculées pendant la période d'activité du VNO (c.-à-d. d'avril à septembre) en additionnant les températures maximales et minimales quotidiennes, puis en les divisant par deux (11).</p>

	<p>Les températures moyennes saisonnières ont été estimées pour l'ensemble du Québec avec une résolution de 10 km x 10 km pour les horizons temporels, scénarios et percentile suivants (12) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Horizons temporels 2030, 2050 et 2080</b> : Ces horizons temporels correspondent aux périodes retenues pour le calcul des indicateurs thermiques, soit respectivement 2021-2050, 2041-2070 et 2071-2100 pour 2030, 2050 et 2080. Les moyennes sur 30 ans permettent de prendre en compte les fluctuations naturelles du climat (12).</li> <li>○ <b>Scénarios d'émission de GES SSP2-4.5 et SSP3-7.0</b> : Le scénario SSP2-4.5 prend en compte des <b>émissions modérées</b> de gaz à effet de serre (GES) tandis que le scénario SSP3-7.0 suppose des <b>émissions élevées</b> de gaz à effet de serre (12,13). Pour chaque scénario d'émissions de GES, les températures moyennes saisonnières (calculées d'avril à septembre) ont été estimées par Ouranos à partir d'une sélection de 14 modèles climatiques de CMIP6 (Projet d'intercomparaison des modèles couplés, de l'anglais <i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 6</i>) (12,14). Cette sélection de modèles vise à former un échantillon représentatif des connaissances actuelles sur la sensibilité climatique.</li> <li>○ <b>50<sup>e</sup> percentile</b> : La valeur finale des températures moyennes saisonnières utilisées est le 50<sup>e</sup> percentile, ou médiane de l'ensemble des projections climatiques. Il représente la valeur pour laquelle la moitié des résultats des modèles climatiques projette une température supérieure ou égale à 14 °C et l'autre moitié des résultats projette une température inférieure à cette valeur (12).</li> </ul>
<b>Unité de mesure</b>	<p>Zone climatique favorable à la transmission du VNO par <i>Culex pipiens</i></p> <p>+ Température moyenne saisonnière calculée d'avril à septembre <math>\geq 14</math> °C (Pour connaître la valeur de température moyenne saisonnière, cliquez sur un pixel de la couche).</p>
<b>Ventilation (Indicateurs dérivés)</b>	<p>Selon le territoire :</p> <p>+ Grille de 10 km x 10 km projetée en NAD 83 Québec Lambert (EPSG:32198).</p>
<b>Sources d'information</b>	<p>+ Projections climatiques fournies par Ouranos</p> <p>Pour plus d'informations sur l'ensemble de données utilisées, consultez : Lavoie J, Bourgault P, Smith TJ, Logan T, Leduc M, Caron LP, et al. An ensemble of bias-adjusted CMIP6 climate simulations based on a high-resolution North American reanalysis. Scientific Data. 2024;11(1):64. Repéré à <a href="https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z">https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z</a></p>
<b>Historique des données</b>	<p>+ <b>Horizon 2030</b> : Projections 2021-2050.</p> <p>+ <b>Horizon 2050</b> : Projections 2041-2070.</p> <p>+ <b>Horizon 2080</b> : Projections 2071-2100.</p>
<b>Information complémentaire</b>	<p>+ Rapport méthodologique</p> <p>+ Page web</p> <p>+ Données Québec</p>
<b>Limites des données</b>	<p>Ces projections climatiques sont des représentations de l'évolution du climat dans les prochaines décennies. Les trois principales sources d'incertitudes des projections climatiques sont la variabilité naturelle du climat, les incertitudes liées à la complexité des modèles climatiques et celles liées aux scénarios d'émissions de GES qui dépendent des choix de société qui seront faits (12).</p> <p>La nature complexe des facteurs climatiques, écologiques et anthropiques rendent difficile la détermination exacte des changements à un endroit ou à un moment précis. Plusieurs percentiles (ex. : 10<sup>e</sup>, 25<sup>e</sup>, 50<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup> ou 90<sup>e</sup>) peuvent être choisis et utilisés selon le niveau de confiance souhaité dans les résultats des modèles climatiques obtenus pour un scénario d'émission de GES donné (12). Pour simplifier l'interprétation de la carte, seul le 50<sup>e</sup> percentile a été représenté pour indiquer les régions qui devront s'adapter le plus vraisemblablement.</p> <p>Seules les limites thermiques favorables à la transmission du VNO par <i>Cx. pipiens</i> (l'un des principaux vecteurs) ont été prises en compte pour le calcul de la zone climatique favorable au Québec, ce qui représente les températures nécessaires pour la survie de ce vecteur et la réplication du virus. Cependant, il existe d'autres vecteurs* potentiels du virus au Québec, comme <i>Culex restuans</i>, <i>Aedes vexans</i> et <i>Coquillettidia perturbans</i>, dont les conditions thermiques favorables nécessaires à leur transmission du VNO ne sont pas clairement définies. Il est ainsi possible que la zone climatique réelle de transmission du VNO au Québec soit plus étendue que celle représentée sur les cartes.</p> <p>D'autres facteurs climatiques et écologiques que ceux pris en compte dans la zone climatique favorable à la transmission du VNO influencent la circulation virale et la transmission du virus par <i>Cx. pipiens</i> (ex. : les précipitations, l'utilisation du sol, la proximité des eaux stagnantes et les types d'hôtes* présents). L'ajout de ces facteurs à la zone climatique favorable à la transmission du VNO permettrait d'affiner l'analyse et de visualiser des territoires où il pourrait avoir une probabilité plus élevée de transmission du virus dans les prochaines années.</p> <p>Il est à noter que la transmission du VNO chez l'humain n'est pas systématique dans une zone climatique favorable, car un individu doit être exposé à un moustique infecté pour contracter le virus.</p> <p>* Pour plus d'informations sur le cycle de transmission du VNO, consultez <a href="https://www.inspq.qc.ca/zooses/cartes/moustiques">https://www.inspq.qc.ca/zooses/cartes/moustiques</a>.</p>

## Références

1. Shocket MS, Verwillow AB, Numazu MG, Slamani H, Cohen JM, El Moustaid F, et coll. Transmission of West Nile and five other temperate mosquito-borne viruses peaks at temperatures between 23°C and 26°C. *eLife*. 2020;9:e58511. Repéré à <https://doi.org/10.7554/eLife.58511>
2. Di Pol G, Crotta M, Taylor RA. Modelling the temperature suitability for the risk of West Nile Virus establishment in European *Culex pipiens* populations. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022;69(5). Repéré à <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tbed.14513>
3. Kilpatrick AM, Meola MA, Moudy RM, Kramer LD. Temperature, viral genetics, and the transmission of West Nile virus by *Culex pipiens* mosquitoes. *PLoS Pathogens*. 2008;4(6):e1000092. Repéré à <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000092>
4. Dohm DJ, O'Guinn ML, Turell MJ. Effect of environmental temperature on the ability of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *Journal of Medical Entomology*. 2002;39(1):221–5. Repéré à <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.1.221>
5. Rochlin I, Faraji A, Healy K, Andreadis TG. West Nile virus mosquito vectors in North America. *Journal of Medical Entomology*. 2019;56(6):1475–90. Repéré à <https://doi.org/10.1093/jme/tjz146>
6. Taieb L, Ludwig A, Ogden NH, Lindsay RL, Iranpour M, Gagnon CA, et coll. Bird species involved in West Nile Virus epidemiological cycle in southern Québec. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(12):4517. Repéré à <https://doi.org/10.3390/ijerph17124517>
7. Rocheleau JP, Michel P, Lindsay LR, Drebot M, Dibernardo A, Ogden NH, et coll. Emerging arboviruses in Quebec, Canada: assessing public health risk by serology in humans, horses and pet dogs. *Epidemiology & Infection*. 2017;145(14):2940–48. Repéré à <https://doi.org/10.1017/S0950268817002205>
8. Root J, Bosco-Lauth AM. West nile virus associations in wild mammals: An update. *Viruses*. 2019;11(5):459. Repéré à <https://doi.org/10.3390/v11050459>
9. Ludwig A, Zheng H, Vrbova L, Drebot MA, Iranpour M, Lindsay RL. Increased risk of endemic mosquito-borne diseases in Canada due to climate change. *Canada Communicable Disease Report*. 2019;45(4):91–7. Repéré à <https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a03>
10. Peach DAH, Matthews BJ. The invasive mosquitoes of Canada: An entomological, medical, and veterinary review. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2022;107(2):231–44. Repéré à <https://doi.org/10.4269/ajtmh.21-0167>
11. Ouranos - Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques. Température : Changements projetés [Internet]. 2024. Repéré à <https://www.ouranos.ca/fr/phenomenes-climatiques/temperatures-changements-projetes>
12. Ouranos - Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques. Climatologie régionale et adaptation aux changements climatiques. Guide de recommandations scientifiques [Internet]. 2024. Repéré à <https://www.ouranos.ca/fr/guide-de-recommandations-scientifiques>
13. Ouranos - Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques. Climatologie régionale et adaptation aux changements climatiques. Les modèles climatiques [Internet]. 2024. Repéré à <https://www.ouranos.ca/fr/science-du-climat-modelisation-climatique>
14. Lavoie J, Bourgault P, Smith TJ et coll. An ensemble of bias-adjusted CMIP6 climate simulations based on a high-resolution North American reanalysis. *Scientific Data*. 2024;11, 64. Repéré à <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z>

Dernière version 2025-07-09

### Fiche rédigée par

Kirsten Crandall, conseillère scientifique spécialisée  
Geneviève Germain, conseillère scientifique  
Mirisoa Rindra Rakotoarinia, conseillère scientifique  
Direction des risques biologiques

### Révisée par

Karl Forest-Bérard, conseiller scientifique  
Secrétariat général, affaires publiques, communication et transfert des connaissances  
Antoine Saint-Amand, conseiller scientifique spécialisé  
Mathieu Tandonnet, conseiller scientifique  
Nathalie Gravel, conseillère scientifique  
Bureau d'information et d'études en santé des populations