































### **Statut socioéconomique**

Les résultats de ce rapport ne soutiennent pas la présence de lien entre la défavorisation matérielle ou sociale et l'incidence du VNO chez l'humain.

### **Surveillance animale**

Au cours de la période de l'étude, 70 chevaux et autres animaux domestiques infectés par le VNO ont été signalés par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec dans neuf régions sociosanitaires où des cas humains ont été déclarés. D'autre part, le Centre québécois sur la santé des animaux sauvages a recensé 408 oiseaux sauvages infectés par le VNO dans 16 régions sociosanitaires. Certains ont été retrouvés dans quatre régions où aucun cas humain d'infection par le VNO n'a été déclaré.

### **Surveillance entomologique**

Entre 2003 et 2018, un total de 528 stations entomologiques ont été déployées dans 12 régions de la province. Parmi les 47 831 lots de moustiques testés, une faible proportion (1,2 %) s'est révélée positive pour le VNO.

Le taux d'infection des moustiques *Culex pipiens et restuans* était particulièrement élevé à Laval, ce qui coïncide avec un taux d'incidence chez les cas humains plus élevé dans cette région.

### **Surveillance intégrée**

Des corrélations positives entre les données d'origine humaine, animale et entomologique ont été notées. Deux associations positives ont été obtenues avec un coefficient de détermination ( $R^2$ ) de 38 % entre le taux d'incidence de cas humains et le nombre d'oiseaux sauvages et de 59 % entre le taux d'incidence de cas humains et le taux d'infection des *Culex pipiens et restuans* (vecteurs principaux du VNO au Québec). Ces relations laissent croire que des indicateurs entomologiques ou animaux pourraient servir d'outil de détection précoce des saisons à forte circulation du VNO. Ces relations devraient davantage être explorées dans le cadre de projets de recherche afin de pouvoir faire des recommandations aux autorités de santé publique pour mieux orienter les stratégies préventives.



















































## Variation dans le temps

Le nombre de cas déclarés annuellement a connu de fortes fluctuations au cours de la période de l'étude. Deux pics épidémiques sont survenus en 2012 et en 2018 avec 134 et 200 cas respectivement. Outre ces deux années, le nombre de cas était généralement faible et a varié entre 0 en 2007 et 44 cas en 2015 avec des taux d'incidence de moins de 0,5/100 000 p.-a. Ces fluctuations annuelles demeurent mal comprises, mais pourraient être largement influencées par les variations climatiques qui jouent un rôle important dans le développement des moustiques et dans l'amplification du virus chez les moustiques. À cet effet, l'accumulation d'un certain nombre de degrés-jours (DJ) au-dessus d'une température seuil serait nécessaire pour favoriser le développement du virus chez les moustiques, et par conséquent, le risque de transmission à l'humain. Reisen *et al.* ont pu estimer lors d'une étude expérimentale qu'un cumul moyen de 109 DJ au-dessus d'une température minimale<sup>11</sup> de 14,3 °C serait nécessaire pour l'amplification du VNO chez l'espèce de moustiques *Culex tarsalis* (Reisen *et al.*, 2006). Cette accumulation de DJ, appelée période d'incubation extrinsèque (PIE) correspond au nombre de jours nécessaire pour que près de 50 % des moustiques femelles soient capables de transmettre le VNO après un repas de sang infectieux. Ce cumul de DJ permet de prévoir la période pendant laquelle le moustique représente un risque élevé pour la population.

Plusieurs études américaines ont utilisé le modèle de DJ cumulés pour explorer le risque spatio-temporel de transmission du VNO (Zou *et al.*, 2007; Konrad et Miller 2012; Konrad *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2013). Le Québec effectue chaque saison du VNO un suivi météorologique, basé sur le calcul des DJ, en utilisant les paramètres développés par Reisen *et al.* Une étude de validation de cet indicateur météorologique a été effectuée en 2019 et les résultats laissent supposer que les paramètres de Reisen *et al.* ne seraient pas adaptés au *Culex p-r* et que le seuil prédictif au Québec serait plus bas que 109 DJ et serait variable d'une région à l'autre en fonction des conditions climatiques et environnementales locales (données non publiées). Toutefois, le manque de puissance de ce projet a rendu difficile l'interprétation des résultats. De plus, le calcul des DJ effectué actuellement ne tient pas compte des fluctuations journalières de la température qui jouent un rôle important dans la phénologie du vecteur (Paaijmans *et al.*, 2010). Au printemps, il arrive que la température moyenne quotidienne soit en dessous de la température seuil, mais que la température maximale dans une journée soit supérieure au seuil pendant quelques heures. La réplication du virus peut donc avoir lieu et le moustique peut accumuler une proportion de DJ au cours de cette journée. Chen *et al.* (2013) ont proposé une équation améliorée pour calculer les DJ qui permet en effet de tenir compte de ces fluctuations. Elle inclut en plus des températures minimales et maximales quotidiennes, le nombre de jours de l'année et la latitude. Ces données sont disponibles et peuvent être intégrées au calcul des DJ au Québec.

Par ailleurs, des études de modélisation ont mis en évidence l'importance des températures hivernales et printanières dans l'émergence du VNO chez l'humain. Mallya *et al.* (2018) ont noté qu'une augmentation de 1 °C dans la température minimale du mois de février serait associée à une augmentation de 58 % dans l'incidence du VNO chez l'humain en Ontario, alors qu'une augmentation de 1 °C dans la température minimale du mois d'avril serait associée à une réduction de 47 % dans le taux d'incidence. Des résultats similaires ont également été rapportés par des études américaines qui ont démontré que les températures minimales des mois de décembre et/ou de janvier prédisent le risque chez l'humain au cours la saison suivante (Manore *et al.*, 2014; Wimberly *et al.*, 2014). Les auteurs indiquent que les températures hivernales ont un impact considérable sur la capacité du VNO à survivre au printemps (des hivers doux augmentent la capacité du moustique à hiverner) (Nasci *et al.*, 2001), alors que les températures du mois d'avril

---

<sup>11</sup> La température minimale est celle au-dessus de laquelle le virus se multiplie dans l'organisme du moustique vecteur.

influenceraient l'amplification du virus chez les hôtes aviaires en début du printemps. Des températures printanières trop chaudes pourraient entraîner une fonte plus rapide des neiges et rincer les sites de reproduction des *Culex*, empêchant la prolifération larvaire (Paz 2015). Au Québec, El Adlouni *et al.* (2007) ont démontré qu'un nombre de degrés-jours inférieur à -5 °C au cours de l'hiver précédant et qu'un nombre de degrés-jour supérieur à 25 °C pendant l'été étaient prédictifs de l'éclosion du VNO en 2002 à Montréal et dans d'autres régions en Amérique du Nord (El Adlouni *et al.*, 2007).

Les précipitations auraient aussi un impact sur l'incidence du VNO chez l'humain, mais à des niveaux variables en fonction, entre autres, de la région et de l'espèce du vecteur impliqué (Mallya *et al.*, 2018). Des pluies modérées peuvent favoriser l'apparition de bassins aquatiques favorables au développement larvaire, ce qui peut faire augmenter le taux de reproduction des moustiques, alors que des pluies excessives peuvent provoquer un ruissèlement qui emporte les larves à l'extérieur de leurs zones de développement. La sécheresse au début du printemps peut concentrer les vecteurs et les hôtes autour des bassins d'eau (Ogden *et al.*, 2019).

Des anomalies météorologiques sont suspectées devenir de plus en plus fréquentes en lien avec les changements climatiques. Les modèles prédictifs basés sur les prédictions météorologiques peuvent fournir aux autorités de santé publique des indicateurs pertinents qui pourraient servir de signal d'alerte précoce du niveau d'activité du VNO pour la saison à venir afin d'adapter les stratégies de prévention appropriées.

Actuellement, un projet de recherche, soit une collaboration entre l'INSPQ et l'Agence de santé publique du Canada (ASPC), est en cours et a pour objectif d'évaluer le potentiel de certaines variables climatiques, incluant la température, les précipitations et l'humidité à prédire l'intensité de la saison du VNO dans le sud du Québec. Les résultats préliminaires de ce projet ont démontré la présence d'associations entre les températures et les précipitations moyennes des mois de mai à juillet et les taux d'infection des moustiques récoltés en mois d'août. Cependant, certaines années (notamment 2013, 2014 et 2018) ont influencé la force des associations entre les taux d'infection et les données météorologiques. Ces résultats préliminaires suggèrent que plusieurs années de données supplémentaires seront nécessaires pour bâtir un outil d'alerte précoce suffisamment fiable.

### **Variation dans l'espace**

Au Québec, l'infection par le VNO touche particulièrement le sud de la province avec plus de 90 % des cas rapportés dans les régions de Montréal, Laval, Lanaudière, Laurentides et Montérégie. La distribution du risque du VNO n'est pas non plus uniforme dans le sud du Québec puisque, ce sont les régions de Laval et de la Montérégie qui seraient les plus affectées avec des taux d'incidence au moins deux fois plus élevés par rapport aux autres régions. Malheureusement, il a été difficile d'interpréter les résultats sur une échelle plus fine, comme la municipalité, à cause du faible nombre de cas humains dans cette unité géographique. L'analyse par municipalité a démontré qu'à l'exception de quelques municipalités où le risque d'infection par le VNO était présent de façon continue sur plusieurs années, la distribution des cas par municipalité a largement varié d'une année à l'autre. En effet, entre 2003 et 2018, un total de 120 municipalités ont rapporté des cas de VNO, dont la majorité (n = 95) n'ont déclaré que des cas sporadiques au cours d'une ou deux saisons. Seulement quatre municipalités (Laval, Montréal, Longueuil et Repentigny) ont rapporté des cas au cours des quatre dernières années inclusivement et pourraient présenter des conditions écologiques et climatiques favorables à la circulation du VNO. Aussi, en Montérégie, la municipalité de Longueuil s'est démarquée par un taux d'incidence significativement plus élevé que le taux régional. Des résultats similaires ont récemment été rapportés par Rocheleau *et al.* qui ont démontré, pour la période 2011-2016, la présence de deux agrégats spatiaux statistiquement significatifs, situés dans





La surveillance animale a également des limites. Les oiseaux sauvages et les chevaux sont utiles pour la surveillance du VNO étant d'importants hôtes amplificateurs du virus. Cependant, chaque espèce animale possède des caractéristiques qui lui sont propres rendant difficile l'interprétation précise des données obtenues. Les oiseaux sauvages sont reconnus pour se déplacer sur le territoire, et les données disponibles pour la réalisation de ce rapport ne permettent pas de confirmer la RSS d'infection. Chez les animaux domestiques, bien qu'on n'observe pas cette grande mobilité territoriale, on fait toutefois face à d'autres biais, notamment vu les hauts taux de vaccination pour le VNO qui pourraient nuire à leur rôle sentinelle du VNO.

Concernant la surveillance entomologique, elle est fortement affectée par de nombreuses contraintes méthodologiques et par son manque de puissance qui réduit la sensibilité du système pour détecter des lots de moustiques positifs et induit ainsi à une sous-estimation du taux d'infection du vecteur. De plus, la surveillance entomologique est réalisée principalement dans les zones où l'activité du VNO a été documentée par le passé et des limites d'ordre financier empêchent d'élargir la surveillance entomologique qui reste, année après année sous-optimale. Il est donc difficile de généraliser les résultats obtenus des données collectées à l'ensemble du territoire québécois.

La comparaison dans le temps du taux d'infection du vecteur devrait se faire avec prudence. Une surveillance stable dans le temps avec des stations fixes n'a été effectuée qu'à partir de 2017. De même, l'application des larvicides jusqu'à 2014 a probablement influencé l'abondance des moustiques et l'amplification du VNO. L'absence de données historiques à ce sujet limite la possibilité d'apprécier l'impact de l'application des larvicides.

















**Tableau 8** Nombre de cas et taux d'incidence standardisé d'infection par le VNO par municipalité d'acquisition, 2015-2018

Région d'acquisition probable	Municipalité	Nombre de cas 2015-2018	Taux d'incidence/100 000
02-Saguenay - Lac-Saint-Jean	Saguenay	1	0,17
03-Capitale-Nationale	Québec	9	0,42
	Saint-Basile	1	-
	Cap-Santé	1	-
04-Mauricie et du Centre-du-Québec	Shawinigan	1	0,51
	Drummondville	1	0,33
	Trois-Rivières	1	0,19
05-Estrie	Granby	1	0,38
	Sainte-Sabine	1	-
	Roxton Pond	2	-
	Saint-Paul-d'Abbotsford	1	-
06-Montréal	Pointe-Claire	2	1,59
	Dollard-Des Ormeaux	3	1,53
	Beaconsfield	1	1,29
	Kirkland	1	1,24
	Mont-Royal	1	1,23
	Montréal	55	0,81
	Montréal-Est	1	-
07-Outaouais	Gatineau	1	0,09
	Cantley	1	-
	Val-des-Monts	1	-
08-Abitibi-Témiscamingue	Val-d'Or	1	0,77
	Launay	1	-
	Saint-Édouard-de-Fabre	1	-
	Macamic	1	-
12-Chaudière-Appalaches	Lévis	1	0,17
	Saint-Joseph-de-Beauce	1	-
13-Laval	Laval	47	2,78
14-Lanaudière	Repentigny	9	2,67
	Mascouche	4	2,14
	Terrebonne	7	1,57
	Saint-Pierre	1	-
	Mandeville	1	-
	Charlemagne	1	-
15-Laurentides	Saint-Eustache	7	3,98
	Sainte-Thérèse	2	1,92
	Boisbriand	2	1,86
	Blainville	2	0,88
	Mirabel	1	0,49
	Pointe-Calumet	1	-
	Saint-Joseph-du-Lac	1	-
	Bois-des-Filion	1	-
	Saint-Sauveur	1	-
Rosemère	1	-	

**Tableau 8** Nombre de cas et taux d'incidence standardisé d'infection par le VNO par municipalité d'acquisition, 2015-2018 (suite)

Région d'acquisition probable	Municipalité	Nombre de cas 2015-2018	Taux d'incidence/100 000
16-Montérégie	Mont-Saint-Hilaire	4	5,38
	Belœil	4	4,45
	Varenes	3	3,53
	Longueuil	33	3,44
	Sainte-Julie	4	3,35
	Saint-Basile-le-Grand	2	2,93
	Saint-Hyacinthe	6	2,70
	Salaberry-de-Valleyfield	4	2,45
	Boucherville	4	2,40
	Saint-Jean-sur-Richelieu	8	2,10
	Vaudreuil-Dorion	3	1,97
	Brossard	6	1,75
	Chambly	2	1,72
	Sainte-Catherine	1	1,47
	Saint-Lambert	1	1,14
	Châteauguay	2	1,04
	La Prairie	1	1,04
	Saint-Bruno-de-Montarville	1	0,95
	Saint-Télesphore	1	-
	Saint-Simon	1	-
	Saint-Bernard-de-Lacolle	1	-
	Saint-Michel	2	-
	Napierville	2	-
	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	1	-
	Sainte-Madeleine	1	-
	Lacolle	1	-
	Rougemont	1	-
	Mont-Saint-Grégoire	1	-
	Saint-Jean-Baptiste	1	-
	Saint-Mathias-sur-Richelieu	1	-
	Richelieu	1	-
	McMasterville	1	-
	Verchères	1	-
	Les Cèdres	1	-
Coteau-du-Lac	1	-	
Saint-Zotique	1	-	
Saint-Rémi	1	-	
Marieville	1	-	
Saint-Amable	1	-	

Les taux d'incidence ne sont pas présentés pour les municipalités de moins de 16 000 habitants.

