INSPQ INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

Proposition d'un programme de surveillance entomologique du virus du Nil occidental au Québec

AVIS SCIENTIFIQUE

Québec

Proposition d'un programme de surveillance entomologique du virus du Nil occidental au Québec

AVIS SCIENTIFIQUE

Direction des risques biologiques et de la santé au travail

Septembre 2015

Institut national
de santé publique
Québec

AUTEUR

Groupe scientifique sur les maladies transmises par les moustiques

RÉDACTEUR

Chardé Morgan, M. Sc.
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

SOUS LA COORDINATION DE

Marc Dionne, M.D., F.R.C.P.C.
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

AVEC LA COLLABORATION DE

Alejandra Irace-Cima, M.D., M. Sc., F.R.C.P.C.
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

MISE EN PAGE

Lyne Théorêt, agente administrative
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

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.

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

DÉPÔT LÉGAL – 1er TRIMESTRE 2016
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-74889-2 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2016)

Groupe scientifique sur les maladies transmises par les moustiques

Membres experts

Christian Back, M. Sc., consultant en entomologie médicale
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Patrick Leighton, Ph. D.
Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal

Antoinette Ludwig, D.M.V., Ph. D.
Agence de la santé publique du Canada

Chardé Morgan, M. Sc.
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Najwa Ouhoummane, Ph. D.
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Marion Ripoche, M. Sc.
Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal

Onil Samuel, M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Christian Therrien, Ph. D.
Laboratoire de santé publique du Québec, Institut national de santé publique du Québec

Table des matières

Liste des tableaux ..... **V**
Liste des figures ..... **V**
Liste des sigles et acronymes ..... **VII**
Messages clés **1**
Sommaire **3**
1 Introduction **7**
1.1 Objectif 7
2 Méthodologie **9**
2.1 Littérature scientifique 9
2.2 Littérature grise 9
2.3 Données de surveillance de l'INSPQ 9
2.4 Algorithme décisionnel 10
3 Résultats **11**
3.1 Littérature grise 11
3.2 Littérature scientifique 14
3.3 Données de surveillance du VNO pour la province de Québec 18
3.4 Proportion de stations permanentes par région 24
3.5 Sélection de stations 25
4 Plan de surveillance entomologique **27**
4.1 Objectifs de la surveillance entomologique 27
4.2 Historique récent des activités de surveillance entomologique au Québec 27
4.3 Espèces prioritaires 28
4.4 Indicateurs de surveillance entomologique 28
4.5 Période et fréquence de collecte 28
4.6 Régions prioritaires 28
4.7 Nombre et emplacement des stations 29
4.8 Pièges à moustiques 29
4.9 Méthodes de collecte et analyse des moustiques 29
4.10 Conservation des spécimens 29
5 Conclusion **31**
Références **33**

Liste des tableaux

Tableau 1 Pièges par région 13
Tableau 2 Probabilité de détection des moustiques infectés selon la taille de l'échantillon 15
Tableau 3 Taille minimale de l'échantillon selon le taux d'infection 16
Tableau 4 Sommaire des données de surveillance intégrée du Québec 18
Tableau 5 Cas humains du VNO au Québec par RSS, 2002-2014 19
Tableau 6 Surveillance intégrée, 2020-2014 22
Tableau 7 Répartition de cas humains, par RSS 24
Tableau 8 Nombre de stations entomologiques par RSS selon plusieurs scénarios 24
Tableau 9 Liste des stations recommandées 25

Liste des figures

Figure 1 Localisation géographique de cas humains (cumulatif) de VNO par municipalité (2002-2014) et la répartition des stations entomologiques selon le résultat du dépistage (2003-2014) au Québec 20
Figure 2 Répartition de 45 stations entomologiques recommandées 26

Liste des sigles et acronymes

CDC	Centers for Disease Control and Prevention
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EEE	Encéphalite équine de l'Est
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LSPQ	Laboratoire de santé publique du Québec
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NYSDH	New York State Department of Health
PHO	Public Health Ontario
PIE	Période d'incubation extrinsèque
RSS	Région sociosanitaire
SIDVS-VNO	Système intégré de données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental
VDH	Vermont Department of Health
VNO	Virus du Nil occidental

Messages clés

Cet avis scientifique propose un cadre de référence qui permet d'orienter les activités de surveillance entomologique minimales au Québec pour 2015. Il reflète les évolutions récentes en matière de recherche scientifique et d'activités de surveillance et de lutte contre les moustiques.

L'Institut national de santé publique du Québec a réalisé une recherche de la littérature scientifique et grise sur les méthodes de surveillance entomologique du virus du Nil occidental. Une analyse de données humaines et entomologiques a été faite. Un algorithme décisionnel a été créé afin de déterminer le nombre et l'emplacement de stations entomologiques.

- Il est recommandé de faire la surveillance entomologique avec 45 stations de référence fixes du début juin à la dernière semaine de septembre et cela, dans 7 régions du Québec. Chaque station devrait avoir au moins un piège, et être échantillonnée sur une base hebdomadaire.
- Si d'autres régions étaient touchées, la surveillance mobile pourrait être déclenchée au besoin au cours de la saison.
- Il est conseillé de conserver et de congeler tous les spécimens collectés, de chaque espèce, pour l'évaluation future d'autres maladies transmises par les moustiques.

Sommaire

L'objectif principal de la surveillance intégrée du virus du Nil occidental au Québec est d'identifier rapidement dans le temps et dans l'espace les zones à risque de transmission du virus du Nil occidental afin de protéger la santé de la population. Ce programme propose le nombre et l'emplacement de stations pour une surveillance entomologique minimale au Québec. Les recommandations émises par l'Institut national de santé publique du Québec sont soutenues par le Groupe scientifique sur les maladies transmises par les moustiques et ont été rédigées au meilleur de la connaissance des membres.

Objectif

Déterminer le nombre et l'emplacement de stations fixes pour une surveillance entomologique minimale au Québec.

Méthodologie

L'Institut national de santé publique du Québec a réalisé une recherche de la littérature scientifique et grise sur les méthodes de surveillance entomologique du virus du Nil occidental. Une analyse de données humaines et entomologiques provenant du Système intégré de données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental a été faite. Les données aviaires et des chevaux n'ont pas été utilisées pour la détermination du nombre ou l'emplacement des pièges car, pour les oiseaux, le lieu d'infection peut être très éloigné du point de collecte, et pour les chevaux, leur répartition était entièrement différente de celle de la population humaine (la grande majorité des cas sont déclarés dans les zones rurales).

L'algorithme décisionnel suivant a été utilisé afin de déterminer le nombre et l'emplacement de stations entomologiques.

Algorithme décisionnel

1. Proportion de stations permanentes par région

   Pour chaque région sociosanitaire du Québec, la proportion de cas humains historiques du virus du Nil occidental a été calculée.

2. Indice de pertinence des pièges

   Un indice de pertinence de stations ayant un historique de surveillance entomologique entre 2003-2006 et 2013-2014 a été calculé. L'indice est calculé comme la somme des scores du :

   - total des pools positifs détectés pour les périodes 2003-2006 et 2013-2014 (performance pour la surveillance de *Culex pipiens/restuans*);
   - nombre d'années d'exploitation pour les périodes 2003-2006 et 2013-2014 (pertinence pour le suivi historique des données entomologiques);
   - total des cas humains survenus dans un rayon de 2 km autour de la station en 2003-2014 (pertinence pour le contexte de santé publique);
   - nombre d'habitants par km^2 dans l'aire de diffusion où se trouve la station (pertinence pour le contexte démographique de la population à risque).

3. Nombre et sélection de stations

   Selon les résultats de la revue de la littérature, le nombre adéquat de stations de surveillance était de l'ordre de 55. Par contre, 10 des 55 stations, ne fournissaient pas d'information additionnelle ce qui nous a amenés à proposer 45 stations en vue d'une surveillance entomologique minimale tel que demandé par le MSSS. Les étapes suivantes ont été entreprises pour assurer une sélection optimale du nombre de pièges :

   - En 2014, les pièges ont été mis en place pour une étude sur l'efficacité des larvicides. Chaque piège a été jumelé (100 paires, 200 pièges) et mis au même endroit. Le doublement de stations n'est pas nécessaire aux fins de la surveillance entomologique minimale. Par conséquent, afin d'éviter le doublement de stations, une sélection d'un seul piège par paire a été faite parmi les pièges utilisés en 2014. Le choix des pièges a été fait selon la base de la valeur de l'indice de pertinence. En cas de valeurs de l'indice égales, l'abondance de moustiques capturés a été la variable déterminante.
   - Plusieurs scénarios portant sur l'indice et le nombre total de stations permanentes (55, 50, 45, ou 30 stations) ont été cartographiés. Le scénario présentant la meilleure couverture géographique du réseau (déterminé uniquement visuellement) a été sélectionné.
   - Pour chaque région sociosanitaire du Québec, les stations avec le plus haut indice de pertinence ont été retenues.

4. Revue finale du réseau proposé

   - Une revue finale du réseau proposé a été faite, en tenant compte :
     - des groupes (clusters) de cas humains historiques du virus du Nil occidental;
     - de l'uniformité de couverture géographique du réseau.
   - Quelques stations ont été déplacées pour assurer une meilleure représentativité géographique du réseau.

Résultats

Selon la répartition de cas humains et le groupement géographique de stations entomologiques historiques, 45 stations sont proposées dans les régions suivantes :

- Capitale-Nationale (1 station);
- Lanaudière (2 stations);
- Laurentides (5 stations);
- Laval (7 stations);
- Montérégie (15 stations);
- Montréal (13 stations);
- Outaouais (2 stations).

Recommandations

Il est recommandé de poursuivre la surveillance entomologique avec 45 stations de référence permanentes du début juin à la dernière semaine de septembre. Chaque station devrait avoir au moins un piège, et devrait être échantillonnée sur une base hebdomadaire. Les suggestions pour la localisation de chaque station sont présentées dans le texte.

La surveillance mobile, soit l'ajout de stations supplémentaires dans d'autres régions, pourrait être déclenchée au besoin, lors de la survenue de cas (humain ou animal) au cours de la saison.

Il est conseillé de conserver et de congeler tous les spécimens collectés, de chaque espèce, pour l'évaluation future d'autres maladies transmises par les moustiques ou à des fins de recherche.

1 Introduction

Le virus du Nil occidental (VNO) a été introduit sur le continent nord-américain à New York en 1999 et il a atteint le Québec en 2002. Jusqu'à présent, le virus a fait son apparition dans la majorité des provinces et des états de l'Amérique du Nord. Depuis 2002, 272 cas humains de VNO ont été déclarés au Québec, dont 179 (66 %) avec atteintes neurologiques. Étant donné le caractère sporadique de la présence du virus, la gravité potentielle de la maladie et l'absence de traitement spécifique ou de vaccin, l'infection par le VNO est un problème de santé publique important au Québec.

Suite à l'augmentation importante du nombre de cas pendant les saisons de 2011 et 2012, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) s'est vu confier le mandat de fournir un avis scientifique au ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) sur les interventions à privilégier pour lutter contre le virus au cours de l'été 2013[1]. En 2015, un nouvel avis scientifique a été produit. Celui-ci visait entre autres à préciser l'état des connaissances scientifiques et proposait le maintien de la surveillance intégrée ainsi que le développement de projets visant l'identification des zones à risque d'acquisition de la maladie au Québec et la réalisation d'une cartographie de ces zones en utilisant les données de surveillance.

Le 30 avril 2015, le MSSS a demandé à l'INSPQ de proposer un plan de surveillance entomologique minimale pour la saison 2015, incluant le nombre de stations requises et leur emplacement (municipalité). Le présent avis propose un programme de surveillance entomologique du VNO pour l'année 2015 qui pourrait aussi servir pour les prochaines saisons. Ce plan permettra de suivre l'activité saisonnière du virus et de soutenir les activités de communication auprès des professionnels de la santé et de la population.

1.1 Objectif

La surveillance entomologique permet de suivre l'activité saisonnière du VNO et d'identifier les zones à plus haut risque au Québec. La surveillance entomologique constitue un indicateur précoce de l'activité du VNO[2–5]. Les premiers pools de moustiques positifs sont souvent signalés plusieurs semaines avant l'apparition du premier cas humain. La surveillance entomologique permet aussi de suivre des indicateurs, tel que l'indice vectoriel qui montre une très bonne corrélation avec le nombre de cas humains grave[5-9].

En plus de documenter la présence du vecteur et du virus dans un secteur géographique donné et d'estimer le risque de transmission à l'humain, la surveillance entomologique vise également à suivre l'évolution interannuelle de l'activité du VNO, puisqu'il s'agit d'une surveillance active standardisée.

Comme indiqué dans la section sur la méthodologie présentée ci-après, ce plan de surveillance entomologique a été élaboré en prenant en considération les données de surveillance intégrée (humaine, entomologique et météorologique) avec le but ultime de caractériser et réduire le risque du VNO pour l'humain.

2 Méthodologie

L'INSPQ a réalisé une recherche de la littérature scientifique et grise sur les méthodes de surveillance entomologique du VNO, ainsi qu'une analyse de données de surveillance historique pour déterminer le nombre et l'emplacement des stations entomologiques.

2.1 Littérature scientifique

Les bases de données de PubMed et de Google Scholar ont été consultées puisqu'elles contiennent une sélection vaste de publications scientifiques dans les domaines de la santé publique et de l'entomologie. Les recherches ciblaient des articles publiés en français et en anglais, entre 1990 et mai 2015. Les mots-clés utilisés pour la recherche sont des combinaisons des termes suivants : « West Nile Virus », « arbovirus », « entomological », « surveillance », « mosquito », « Culex ».

Les différents articles et documents de référence, en anglais et en français, ont été répertoriés. Des articles dont le titre ou une partie du titre correspondait au sujet d'intérêt ont été retenus pour une analyse plus approfondie. Selon la pertinence du résumé, l'article complet a été évalué. Cette recherche fut complétée par une révision des bibliographies présentées dans les documents retenus afin d'identifier des sources d'informations additionnelles.

2.2 Littérature grise

Une recherche par mots-clés (les mêmes que ci-dessus) avec le moteur de recherche Google a été faite afin de compléter la littérature scientifique. Les sites Web identifiés sur les premières pages de résultats ont été examinés en détail, en lisant le titre du lien uniquement, jusqu'à ce que plus d'une page complète de résultats ne soit pas pertinente.

Par ailleurs, les sites Web de certaines organisations de santé publique ou spécialisés en entomologie, notamment les Centers for Disease Control and Prevention (CDC), l'European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), le Public Health Ontario (PHO), le New York State Department of Health (NYSDH) et le Vermont Department of Health (VDH), ont été consultés dans le but d'examiner des programmes de surveillances canadiens, américains et européens.

2.3 Données de surveillance de l'INSPQ

Le Système intégré de données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental (SIDVS-VNO) a été consulté pour les données humaines et entomologiques[10]. Les données aviaires et des chevaux n'ont pas été utilisées pour la détermination du nombre ou de l'emplacement de pièges. Pour les oiseaux, le lieu d'infection peut être très éloigné du point de collecte, et pour les chevaux, leur répartition au Québec est entièrement différente de celle de la population humaine (la grande majorité des cas sont déclarés dans les zones rurales).

Le portail d'Environnement Canada a été consulté pour les données météorologiques de la station McTavish, au centre-ville de Montréal[11]. Cette station a été utilisée au cours des saisons 2013 et 2014 puisqu'elle est représentative de l'environnement urbain, près de « l'épicentre » du VNO et présente peu de données manquantes pendant la période considérée. Les quelques données manquantes ont été remplacées par les données de la station la plus proche, soit celle de Dorval. Les données de cette station ont été utilisées afin d'analyser les tendances et de déterminer la période d'échantillonnage pour la région de Montréal.

2.4 Algorithme décisionnel

L'algorithme décisionnel suivant a été utilisé afin de déterminer le nombre et l'emplacement de stations entomologiques.

2.4.1 Proportion de stations permanentes par région

Pour chaque région sociosanitaire (RSS), la proportion de cas humains historiques de VNO a été calculée.

2.4.2 Indice de pertinence des pieges

Un indice de pertinence de stations ayant un historique de surveillance entomologique entre 2003-2006 et 2013-2014 a été calculé étant comme la somme du :

- total des pools positifs détectés pour les périodes 2003-2006 et 2013-2014 (performance pour la surveillance de *Culex pipiens/restuans*);
- nombre d'années d'exploitation pour les périodes 2003-2006 et 2013-2014 (pertinence pour le suivi historique de données entomologiques);
- total des cas humains dans un rayon de 2 km autour de la station (2003-2014) (pertinence pour le contexte de santé publique);
- nombre d'habitants par km^2 dans l'aire de diffusion où se trouve la station (pertinence pour le contexte démographique de la population à risque).

2.4.3 Nombre et sélection de stations

En 2014, les pièges ont été mis en place pour une étude sur l'efficacité des larvicides. Chaque piège a été jumelé (100 paires, 200 pièges) et mis au même endroit. Le doublement de stations n'est pas nécessaire aux fins de la surveillance entomologique minimale. Par conséquent, afin d'éviter le doublement de stations, une sélection a été faite pour les pièges utilisés en 2014 et un seul piège a été sélectionné pour chaque paire de pièges. Le choix des pièges a été fait sur la base de la valeur de l'indice de pertinence. En cas de valeurs de l'indice égales, l'abondance de moustiques capturés a été la variable déterminante.

Plusieurs scénarios portant sur l'indice et le nombre total de stations permanents ont été cartographiés. Le scénario présentant la meilleure couverture géographique du réseau a été sélectionné.

Pour chaque RSS, les stations avec le plus haut indice de pertinence ont été retenues.

2.4.4 Revue finale du réseau proposé

Une revue finale du réseau proposé a été faite, en tenant compte :

- des agrégats (clusters) de cas humains historiques de VNO;
- de l'uniformité de couverture géographique du réseau.

Quelques stations ont été déplacées pour assurer une meilleure représentativité géographique du réseau.

3 Résultats

Les résultats de la revue de la littérature et l'analyse de données de surveillance sont présentés ci-dessous.

3.1 Littérature grise

3.1.1 European Centre for Disease Prevention and Control

Le VNO est endémique en Europe du Sud et en Europe Centrale et la maladie est principalement propagée par les moustiques du genre *Culex*. Les lignes directrices « Guidelines for the surveillance of native mosquitos in Europe » (2014) ont été développées afin de soutenir les instances décisionnelles et les professionnels en santé publique impliqués dans la mise en place d'un programme de surveillance entomologique[12]. Les méthodes proposées visent les pays européens et fournissent des informations techniques détaillées sur la réalisation de la surveillance entomologique au cours de la saison selon les niveaux de risque afin de standardiser la façon dont les données sont recueillies.

L'ECDC propose différentes stratégies de surveillance en fonction du niveau de risque du pays concerné. Selon les critères de l'ECDC (i.e. existence de cas autochtones récurrents) le Québec peut être associé au plus haut niveau de risque. Dans ce cas, l'ECDC recommande la surveillance entomologique jumelée avec la détection de pathogènes d'intérêt associée aux mesures de lutte contre les moustiques et de contrôle sanitaire. Dans un tel scénario, la surveillance entomologique recommandée est :

- Une compilation des données historiques sur le vecteur;
- Une surveillance active autour des cas humains et des zones à risque pour déterminer la présence, l'abondance, la longévité et le comportement des vecteurs ainsi que le taux de piqûres humaines ou animales;
- Une surveillance active dans les habitats larvaires et adultes;
- Une surveillance ciblée des agents pathogènes d'intérêt (tel que le VNO);
- Une surveillance des changements au niveau de l'utilisation des terres, du climat, ou des populations des hôtes;
- Une évaluation de la qualité et l'efficacité des mesures de lutte contre les moustiques.

Afin d'évaluer le risque entomologique pour les régions dont le statut endémique est inconnu, l'ECDC recommande une surveillance des larves ou des moustiques adultes dans des stations fixes ou mobiles sélectionnées de façon aléatoire sur une zone étendue.

Afin d'évaluer le risque d'être piqué par un moustique vecteur pour une région (le risque entomologique spatio-temporelle), il recommande l'échantillonnage longitudinal des moustiques adultes dans des stations fixes. Pour le recueil des données sur l'abondance des moustiques adultes et l'activité saisonnière (les indicateurs du risque entomologique spatio-temporel), il recommande l'utilisation de pièges à CO_2 et l'échantillonnage des sites minimalement deux fois par mois, et le cas échéant, avant et après les traitements aux larvicides.

L'ECDC donne un exemple de devis d'échantillonnage et des coûts associés :

- un piège entomologique CO_2 par 100 km^2 pour une région de 2 500 km^2 (utiliser 25 pièges espacés de 15 km en moyenne);
- capture deux fois par mois entre avril et novembre (32 visites).

Le coût d'un tel exemple serait l'équivalent de 127 journées de travail (67 jours sur le terrain, 50 jours dans le laboratoire et 10 jours pour le traitement des données et la diffusion des résultats) et 6 315 € (8 623 $ CAD) d'équipement et de coûts reliés aux déplacements.

3.1.2 CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION

Les lignes directrices « West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention and Control » (2013) ont été produites avec l'objectif de soutenir le développement des programmes de gestion du VNO[13]. Les CDC recommandent que les communautés avec un historique de cas de VNO (particulièrement dans les grandes villes urbaines) mettent en œuvre un programme intégré (incluant la surveillance intégrée) de gestion des vecteurs. Ils soulignent que les programmes de surveillance entomologique nécessitent des délais très courts pour la collecte et l'analyse des échantillons. De plus, ils recommandent le maintien des programmes de surveillance à long terme afin d'alimenter les bases historiques pour évaluer le risque d'infection et les programmes de lutte contre les moustiques.

Afin d'obtenir des échantillons de populations de moustiques suffisamment larges pour détecter le virus (particulièrement tôt en saison), les CDC recommandent de faire de la capture de moustiques sur une base régulière (hebdomadaire), dans des stations de référence fixes représentatives des habitats présents dans chaque secteur.

Pour les espèces *Culex pipiens et Culex restuans*, les CDC recommandent l'utilisation des pièges CO_2 ou gravides. Ils soulignent que les pièges à CO_2 peuvent capturer une grande variété d'espèces de moustiques, mais souvent ces collectes se composent de moustiques non-nourris et nullipares, ce qui réduit la probabilité de détecter les pathogènes. Les pièges gravides accumulent les moustiques femelles qui ont auparavant pris un repas sanguin, ce qui accroît la probabilité de détecter les pathogènes. Par contre, les pièges gravides capturent sélectivement certaines espèces comme *Culex pipiens*, et fournissent une information limitée sur les autres espèces.

3.1.3 ONTARIO

Le gouvernement de l'Ontario a produit le « West Nile Virus Preparedness and Prevention Plan » (2008) dans le but d'aider les unités de santé publique à appliquer les mesures de prévention et de contrôle du VNO mandatées par la réglementation provinciale sur le contrôle du virus du Nil occidental (O.R. 199/03)[14]. En Ontario, le programme de surveillance entomologique est financé conjointement par les gouvernements provincial et local, mais la responsabilité de la surveillance incombe aux unités de santé publique locales. De manière générale, l'Ontario opère un programme de surveillance entomologique entre juin et septembre, ciblant les moustiques vecteurs du VNO (*Culex pipiens/restuans*) et de l'encéphalite équine de l'Est (EEE) (*Culiseta melanura*). La surveillance est exercée par des fournisseurs de services spécialisés. Le plan recommande l'utilisation des pièges CO_2 CDC Light Trap et des pièges gravides. Selon les données d'une étude pilote conduite en Ontario, les pièges gravides collectent mieux les vecteurs ciblés que les pièges CO_2 CDC Light Trap, mais le montage et l'opération des pièges gravides exigent nettement plus de ressources que les pièges CO_2 CDC Light Trap. L'Ontario recommande d'utiliser les stations de référence fixe et d'ajouter des stations mobiles au besoin pour répondre aux préoccupations locales.

La ville de Toronto déploie 43 pièges dans des sites de référence fixes[15] et celle d'Ottawa fonctionne avec 29 pièges[16] sur une base hebdomadaire entre les mois de juin et septembre.

3.1.4 New York

Comme l'Ontario, l'État de New York a établi les lignes directrices de surveillance entomologique à l'intention des unités de santé publique dans leur « New York State Department of Health Mosquito Borne Illness Surveillance & Response Plan » (2012)[17]. Il recommande de débuter la surveillance entomologique dès que la température extérieure quotidienne est supérieure ou égale à 50 °F (10 °C) et de la continuer jusqu'à la baisse d'activité des moustiques. Il conseille une collecte normalisée de données à long terme afin de déceler les tendances et d'estimer le risque local d'infection humaine. La surveillance vise les vecteurs principaux du VNO et de l'EEE. Il recommande enfin l'utilisation des pièges de moustiques CO_2 CDC Light Trap et des pièges gravides.

En 2013, la ville de New York a fonctionné avec 122 pièges dans 62 sites permanents (2 pièges par station), et 364 pièges additionnels dans 182 stations mobiles sur une base hebdomadaire où les moustiques nuisibles ont été signalés par les citoyens et où une activité liée au VNO a été identifiée chez les moustiques et les humains entre juin et octobre[18].

3.1.5 Vermont

Dans le « State of Vermont Arbovirus Surveillance and Response Plan » (2014), l'État du Vermont souligne que les fonds limitent la capacité de l'état à conduire un programme de surveillance régulier[19]. Il affirme qu'il fait une surveillance entomologique du VNO limitée et ciblée vers les endroits où les cas humain et animal sont déclarés. Le piégeage régulier des moustiques se concentre sur les vecteurs de l'EEE (*Culiseta melanura*), en utilisant une combinaison des pièges CO_2, des pièges gravides et des boîtes-repos. Il vise les régions densément peuplées avec des inondations périodiques, et il choisit les sites selon l'habitat du vecteur, la région géographique et l'accessibilité.

3.1.6 Sommaire des données

Le tableau 1 présente un sommaire de données susmentionnées.

Tableau 1 Pièges par région

Région	Nombre de pièges (2014)	Superficie du territoire (km^2)	Population	Densité de population par km^2	Nombre de pièges par 100 km^2	Nombre de pièges par 100 000 personnes
Ville de New York [18, 20]	122 fixes et 364 mobiles = 486	784	8 405 837	10 724	4,53	5,78
Unité de santé publique de Toronto [15, 21, 22]	43	630	2 771 770	4 400	6,83	1,55
Unité de santé publique d'Ottawa [16, 21, 22]	29	2 778	934 300	336	1,04	3,10
Région sociosanitaire de Montréal [23, 24]	15	498	1 988 243	3 992	3,01	0,75

Note : Au Québec, une étude d'évaluation a eu lieu en 2014. Par conséquent, le nombre de pièges déployés dans la région sociosanitaire de Montréal en 2013 a été utilisé.

3.2 Littérature scientifique

La surveillance entomologique consiste en une collecte systématique de moustiques, une identification des espèces, un comptage des spécimens par espèce et un dépistage de la présence d'agents pathogènes par pool de spécimens. La présence d'un pool positif de moustiques femelles indique un foyer localisé de transmission potentielle du VNO. La surveillance entomologique est réalisée avec l'objectif d'évaluer l'abondance des espèces et le niveau de transmission de l'agent pathogène (taux d'infection et indice vectoriel) pour chaque espèce, afin de prendre une décision éclairée sur les mesures d'intervention ou de communication à utiliser en cours de saison et à long terme.

En général, la transmission des arboviroses par les moustiques vecteurs et les principaux hôtes est maintenue à un niveau faible avec des épidémies sporadiques ou transitoires chez l'humain[25]. Lorsque les conditions environnementales sont favorables, la circulation des arbovirus peut être amplifiée, avec un taux d'infection élevé chez les moustiques et les hôtes aviaires. C'est cette amplification du cycle épidémiologique qui représente un risque plus élevé pour la santé humaine. Toutefois, comme cette amplification est dépendante des conditions environnementales et que ces mêmes conditions environnementales sont variables et imprévisibles, la planification des mesures de prévention et d'intervention en santé publique reste complexe.

Il existe très peu de littérature scientifique sur les méthodologies pour déterminer le nombre minimal de stations entomologiques pour un programme de santé publique ainsi que les orientations générales pour leur emplacement. Le nombre de stations pour la surveillance entomologique est souvent déterminé en fonction du budget régional. L'emplacement des stations est généralement guidé par les connaissances locales des endroits possédant une forte abondance de moustiques nuisibles et un historique des cas (humain ou animal)[25–27].

3.2.1 Surveillance ciblée tôt en saison quand le taux d'infection est faible

Le VNO a été détecté chez les moustiques hivernant à New York, en Pennsylvanie et en Californie. Les données obtenues suggèrent que le virus peut survivre à l'hiver chez les moustiques infectés et par surcroit, initier la transmission dans la saison suivante[28–31]. Ce constat met en évidence la nécessité de débuter la surveillance entomologique tôt en saison, c'est-à-dire en ciblant les adultes de la première génération de la saison en cours. La détection de l'infection tôt en saison permet de déterminer le risque de transmission de la maladie à l'humain et de concentrer les efforts de contrôle et de communication auprès du public.

Gu *et al*. recommandent une surveillance ciblée tôt en saison quand l'abondance des moustiques et le taux d'infection sont faibles, permettant ainsi de suivre l'évolution du taux d'infection et de l'indice vectoriel[25, 32]. Ils recommandent aux autorités de santé publique de concentrer les efforts de surveillance tôt en saison et ce, principalement sur des « points chauds » pour lesquels l'activité historique a permis d'identifier des cas humains, une forte abondance de moustiques et des pools de moustiques positifs. En théorie, la surveillance ciblée et fondée sur les risques entraîne une sensibilité accrue du système de surveillance, et elle est plus efficace et plus rentable financièrement que la surveillance aléatoire[33]. Cette surveillance ciblée et fondée sur les indicateurs de risque a également été utilisée pour la surveillance d'autres maladies, comme l'encéphalite spongiforme bovine[34].

Par contre, la détection de l'infection lorsque son taux est faible nécessite un grand échantillon de moustiques. Gu *et al*. suggèrent d'utiliser l'équation suivante *a priori* afin de calculer la taille d'échantillonnage minimale (N) pour une probabilité de détection du virus (P) dans un échantillon avec un taux d'infection (r) d'un moustique par 1 000[32] :

$$N = \log(1 - P)\log(1 - r)$$

Le taux d'infection d'un moustique infecté par échantillon de 1 000 moustiques est un seuil de détection utilisé et validé dans l'État de New York, identifiant des conditions favorables à une transmission épidémique du virus[32].

La taille minimale des échantillonnages par site a été calculée dans le tableau ci-dessous. Selon la littérature, une puissance (équivalente à la probabilité de détection) de 0,8 est une puissance forte dans le domaine de gestion de risques liés à l'environnement[18, 21].

Tableau 2 Probabilité de détection des moustiques infectés selon la taille de l'échantillon

Probabilité de détection (P)	Taux d'infection (r)	Taille minimale de l'échantillon (N)
0,1	0,1 %	105
0,2	0,1 %	223
0,3	0,1 %	356
0,4	0,1 %	511
0,5	0,1 %	693
0,6	0,1 %	916
0,7	0,1 %	1 203
0,8	0,1 %	1 609
0,9	0,1 %	2 301

Puissance élevée (0,8), moyenne (0,5) ou faible (0,2).

Comme le démontre le tableau 2, la probabilité d'infection de 0,8 avec un taux d'infection de 1/1 000 nécessite une taille d'échantillon minimale de 1 609 moustiques. Des échantillons prélevés de plusieurs sites pourraient être combinés uniquement avec l'hypothèse que le taux d'infection de moustiques est homogène pour ce groupe de sites.

Lorsque le taux d'infection augmente au cours de la saison, la taille minimale de l'échantillonnage peut être réduite, comme l'indique le tableau suivant.

Tableau 3 Taille minimale de l'échantillon selon le taux d'infection

Probabilité de détection (P)	Taux d'infection (r)	Taille minimale de l'échantillon (N)
0,8	0,1 %	1 609
0,8	0,2 %	804
0,8	0,3 %	536
0,8	0,4 %	402
0,8	0,5 %	321
0,8	0,6 %	267
0,8	0,7 %	229
0,8	0,8 %	200
0,8	0,9 %	178
0,8	1,0 %	160
0,8	1,1 %	146
0,8	1,2 %	133
0,8	1,3 %	123
0,8	1,4 %	114
0,8	1,5 %	106
0,8	1,4 %	114
0,8	1,5 %	106

Ainsi, avec un taux d'infection du VNO de 0,5 % et une probabilité de détection de 0,8, la taille minimale de l'échantillon est de 321. Au Québec, le taux d'infection a varié entre 0,1 % (1/1 000) et 1,41 % (14,1/1 000) au cours de la saison 2013[23].

Un tel programme de surveillance ciblé tôt en saison, basé sur la méthodologie suggérée par Gu *et al*., a été piloté sur deux ans par des chercheurs dans l'État de New York[36]. Ils ont noté que les données obtenues tôt en saison leurs ont permis de prévenir les niveaux d'activité du VNO plus tard en été lorsque la majorité des cas humains ont été déclarés. Théoriquement, un taux d'infection élevé détecté tôt en saison serait corrélé avec les niveaux d'activité virale élevés plus tard dans la saison.

Il est important de noter que ces estimations de probabilité partent de l'hypothèse que la sensibilité et la spécificité des tests diagnostiques sont de 100 %. En réalité, la probabilité de détection est plus faible que celle présentée[37, 38]. Cela implique que le taux d'infection dans les populations de moustiques est donc sous-estimé[39].

3.2.2 Surveillance au cours de la saison quand le taux d'infection est élevé

Plus tard dans la saison, si le taux d'infection est fort et que la transmission devient plus fréquente, Gu *et al*. recommandent que l'objectif de la surveillance entomologique passe à l'estimation de l'intensité de la transmission. L'intensité de transmission est dépendante de l'abondance, l'écologie et l'alimentation des moustiques, ainsi que des comportements humains influençant leur exposition aux moustiques[40]. Au Québec, l'indice vectoriel est l'indicateur utilisé pour estimer l'intensité de transmission. Pour mieux estimer l'intensité de transmission, il faut augmenter le nombre de sites échantillonnés pour évaluer la portée de la transmission du virus[25].

Kilpatrick et Pape (2013) ont effectué une modélisation spatio-temporelle des cas humains du VNO avec les données de surveillance entomologique acquises au Colorado entre 2003 et 2007. Ils ont conclu que même une seule station entomologique avec quelques pièges par comté (approximativement un piège CDC Light Trap et un piège gravide par 4 000 km^2) a fourni des informations utiles pour l'allocation des moyens de lutte contre le VNO au Colorado[5]. Plus

spécifiquement, la collecte d’au moins 5 pools de 20 moustiques ou plus sur 2 semaines était requise pour estimer de manière adéquate le taux d’infection du VNO par comté. Ensuite, une estimation sur deux semaines de l’indice vectoriel a été utilisée afin de prévenir les cas humains jusqu’à trois semaines plus tard.

D’autres travaux de recherche sur le terrain et de modélisation ont permis de valider que le rayon de vol des vecteurs principaux du VNO, *Culex pipiens/restuans* est en moyenne de 1,15 km et jusqu’à un maximum de 3 km[41].

Il est donc recommandé par le Comité scientifique sur les moustiques de placer les pièges à l'intérieur d'un rayon de 1,5 km des sites de reproduction connus. Comme précisé auparavant, il est aussi conseillé de choisir les endroits d’échantillonnage avec un historique des cas humains, une abondance de moustiques élevée, et des pools positifs[25].

3.3 Données de surveillance du VNO pour la province de Québec

Au Québec, la surveillance entomologique et animale a été intermittente au cours de la dernière décennie. Le tableau 4 présente un sommaire de données collectées entre 2002 et 2014.

Tableau 4 Sommaire des données de surveillance intégrée du Québec

Année	Cas humain		Moustique	Animale		Météo	
	Total	Neuro-invasifs n (%)	Pools positifs/ pools analysés (%)	Cas équins	Cas aviaires	Semaine CDC d'accumulation de 109 degrés-jours au-dessus de 14 °C	Nombre de degrés-jours au-dessus de 14 °C
2002	20	16 (80 %)	Aucune surveillance	Aucune surveillance	Données non disponibles	25	849
2003*	17	14 (82 %)	88/7232 (1,2 %)	3	Données non disponibles	25	747
2004*	3	2 (67 %)	14/8084 (0,2 %)	1	2	24	683
2005*	6	3 (50 %)	105/7883 (1,3 %)	4	2	24	931
2006	1	0 (0 %)	12/3800 (0,3 %)	Données non disponibles	Données non disponibles	24	737
2007	2	1 (50 %)	Aucune surveillance	Données non disponibles	Données non disponibles	23	792
2008	4	1 (25 %)	Aucune surveillance	3	Données non disponibles	24	755
2009	2	1 (50 %)	Aucune surveillance	3	Données non disponibles	25	676
2010	2	2 (100 %)	Aucune surveillance	0	3	22	874
2011	43	25 (58 %)	Aucune surveillance	9	31	23	890
2012	134	85 (63 %)	Aucune surveillance	20	46	22	956
2013*	32	24 (75 %)	60/2530 (2,4 %)	8	39	22	798
2014*	6	5 (83 %)	119/11413 (1,0 %)	4	11	23	833
Total	**272**	**179 (66 %)**	**-**	**-**	**-**	**24 (moyenne)**	**809 (moyenne)**

* Indique les années où le MSSS a fait l'épandage des larvicides au cours de la saison. Source des données : SIDVS-VNO, Canadian Wildlife Health Cooperative, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et Environnement Canada[10, 11, 42, 43].

Les cas humains ont été déclarés dans 10 RSS du Québec. Le tableau 5 présente la répartition des cas humains par RSS pour les saisons 2002 à 2014. La plupart des cas proviennent de la Montérégie (32 %), de Montréal (28 %), de Laval (15 %) et des Laurentides (13 %).

Tableau 5 Cas humains du VNO au Québec par RSS, 2002-2014

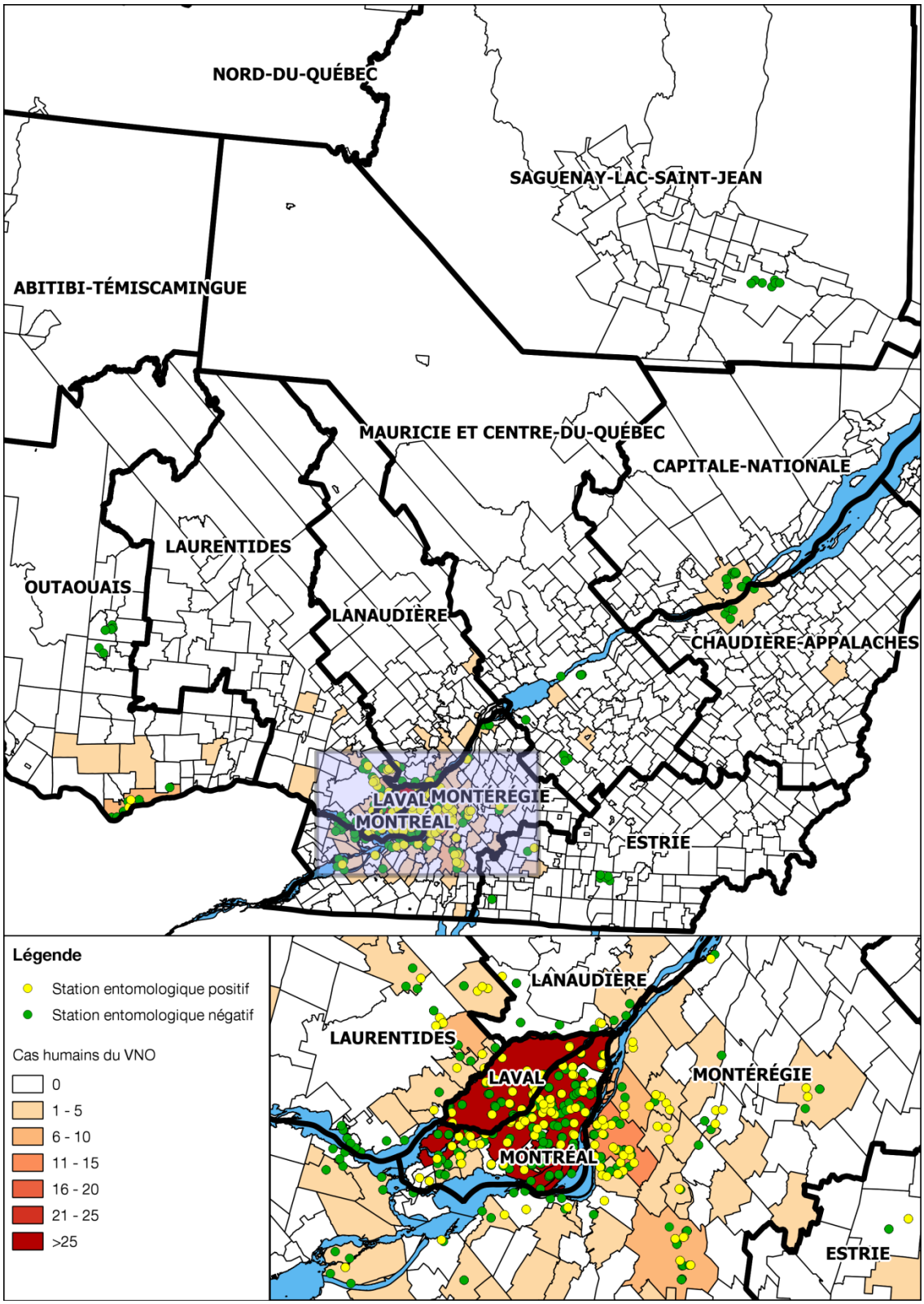
Année	1 - Bas-Saint-Laurent	2 – Saguenay–Lac-Saint-Jean	3 - Capitale-Nationale	4 - Mauricie et Centre-du-Québec	5 - Estrie	6 - Montréal	7 - Outaouais	8 - Abitibi-Témiscamingue	9 - Côte-Nord	10 - Nord-du-Québec	11 – Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	12 - Chaudière-Appalaches	13 - Laval	14 - Lanaudière	15 - Laurentides	16 - Montérégie	17 - Nunavik	18 - Terres-Cries-de-la-Baie-James	19 - RSS inconnue	Total
2002						12							1		3	4				20
2003		1				6							3	1		6				17
2004			1												1	1				3
2005			1			1								1	3					6
2006														1						1
2007																1			1	2
2008						1							1			2				4
2009													2							2
2010				1											1					2
2011					1	13	6						5		4	14				43
2012			2	1		36	4					1	24	5	18	42			1	134
2013			1	1		4	1					1	5	1	4	14				32
2014						2								1		3				6
Total	0	1	5	3	1	75	11	0	0	0	0	2	41	10	34	87	0	0	2	272

Note : En 2015, les limites territoriales de la Montérégie et de l'Estrie ont changé. Un seul cas en 2011 a été reclassé pour ces analyses (le cas a été déclaré en Montérégie mais l'endroit est maintenant classé dans la région de l'Estrie).
Source des données : SIDVS-VNO, Institut national de santé publique du Québec.

Une analyse de données humaines et entomologiques provenant du SIDVS-VNO a été faite. La figure 1 présente la répartition géographique des cas humains pour les saisons 2002 à 2013 et l'emplacement des stations entomologiques en 2014. Il montre que la majorité de cas humains et de pools positifs sont localisés au sud du Québec autour des régions les plus peuplées.

Les données aviaires et des chevaux n'ont pas été utilisées pour la détermination du nombre ou l'emplacement des pièges car pour les oiseaux, le lieu d'infection peut être très éloigné du point de collecte, et pour les chevaux, la répartition des chevaux était entièrement différente de celle de la population humaine (la grande majorité des cas sont déclarés dans les zones rurales).

Figure 1 **Localisation géographique de cas humains (cumulatif) de VNO par municipalité (2002-2014) et la répartition des stations entomologiques selon le résultat du dépistage (2003-2014) au Québec**



Le tableau 6 présente les cas humains déclarés entre 2002 et 2014 selon la semaine CDC de début des symptômes, les semaines pendant lesquelles les moustiques capturés ont été testés positifs pour le VNO et les dates d'accumulation de 109 degrés-jours au-dessus de 14 °C. Un suivi météorologique est effectué dans le but de déterminer les périodes de la saison les plus favorables à l'amplification du VNO chez les moustiques infectés. Cette phase du cycle de transmission du VNO, appelée période d'incubation extrinsèque (PIE), est le temps médian entre un repas de sang infectieux et la capacité de la femelle à transmettre le virus. Le seuil arbitraire utilisé est basé sur une estimation de la durée jusqu'à l'atteinte de la virémie maximale chez les moustiques après l'accumulation de 109 degrés-jours au-dessus de 14 °C au cours des 14 jours précédents[44, 45].

Le tableau montre que le suivi météorologique et la surveillance entomologique marquent le début de la saison du VNO en juillet. La plupart des cas chez l'humain sont survenus durant les mois d'août et septembre.

Tableau 6 Surveillance intégrée, 2020-2014

Statut		Juin				Juillet					Août					Septembre				Octobre					Novembre				?
Semaine CDC		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
2002	Degrés-J						111	129	120			123	133	141	123														
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain																												20
2003	Degrés-J						116	135	113				119	125	110														
	Moust. +								+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
	Humain												2	1	6	4	2		1	1									
2004	Degrés-J									115																			
	Moust. +										+	+	+	+	+	+	+												
	Humain										1				1						1								
2005	Degrés-J						112	129	118	146	124	110	132	116															
	Moust. +								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
	Humain										1		2	1		1			1										
2006	Degrés-J								121	138	133	128																	
	Moust. +									+				+	+	+													
	Humain													1															
2007	Degrés-J											137	119																
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain											1					1												
2008	Degrés-J											110																	
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain														1	1													2
2009	Degrés-J											110		130	136														
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain																	1											1
2010	Degrés-J							118	160	138	120																		
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain													1			1												
2011	Degrés-J								127	148	146	117	116	118															
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain										4	2	2	7	6	6	6	6	1	1		1	1						
2012	Degrés-J					117	121	112	130	125	116	135	134	113	110	110	110												
	Moust. +	Aucune surveillance																											
	Humain								2	1	4	9	10	19	20	29	16	13	6	1									4
2013	Degrés-J								134	140	110																		
	Moust. +								+	+	+	+	+	+	+	+	+		+										
	Humain										1	2	9	5	6	3	2						1						3

Tableau 6 Surveillance intégrée, 2020-2014 (suite)

Statut		Juin				Juillet					Août					Septembre				Octobre					Novembre				?
Semaine CDC		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
2014	Degrés-J							134	111	110			118			114													
	Moust. +						+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
	Humain												1		1	2		1			1								
Total	Degrés-J					☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼	☼												
	Moust. +						+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
	Humain								2	1	11	14	26	35	41	46	28	21	9	3	2	1	2						30

Le texte en jaune et les icônes du soleil indiquent la valeur et la semaine d'accumulation de 109 degrés-jours au-dessus de 14 °C au cours des 14 derniers jours. L'icône + en vert indique la semaine durant laquelle les moustiques capturés ont été testés positifs pour le VNO. Les chiffres en rose indiquent le nombre de cas et la semaine du début des symptômes chez l'humain.

Source des donnés : SIDVS-VNO, Institut national de santé publique du Québec et Environnement Canada.

3.4 Proportion de stations permanentes par région

Pour chaque RSS, la proportion de cas humains historiques de VNO a été calculée afin de déterminer la proportion de pièges par région. Le tableau 7 montre la répartition des cas humains par RSS.

Tableau 7 Répartition de cas humains, par RSS

RSS	Nombre de cas humains par RSS	Pourcentage de cas humains*
Capitale-Nationale	5	2 %
Chaudière-Appalaches	2	1 %
Estrie	1	0 %
Lanaudière	10	4 %
Laurentides	34	13 %
Laval	41	15 %
Mauricie et Centre-du-Québec	3	1 %
Montérégie	87	32 %
Montréal	75	28 %
Outaouais	11	4 %
Saguenay–Lac-Saint-Jean	1	0 %

* Calcul : Nombre de cas humains situé dans la RSS 100/nombre total de cas humains.

Selon la revue de la littérature, le réseau de surveillance initialement proposé incluait 55 stations. Ce nombre de sites a été déterminé en tenant compte de la densité des cas humains de VNO et de la superficie des régions à risque (Montréal 4 258 km^2, Saint-Jean-sur-Richelieu 226 km^2, Saint-Hyacinthe 327 km^2, Salaberry-de-Valleyfield 107 km^2 en plus d'un total de 500 km^2 autour de ces régions, ce qui donne un total d'environ 5 000 km^2 avec au moins une station par 100 km^2. À partir de cette estimation, plusieurs scénarios ont été développés afin de déterminer la proportion de stations par région, et d'éviter une trop forte proximité des stations. Le tableau 8 montre le nombre et la proportion de stations recommandés par RSS, selon les différents scénarios.

Tableau 8 Nombre de stations entomologiques par RSS selon plusieurs scénarios

Scénarios selon le nombre de stations permanentes / Nombre de stations par RSS*	60	55	50	45	40	35	30
Capitale-Nationale	1,11	1,02	0,93	0,83	0,74	0,65	0,56
Chaudière-Appalaches	0,44	0,41	0,37	0,33	0,30	0,26	0,22
Estrie	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
Lanaudière	2,22	2,04	1,85	1,67	1,48	1,30	1,11
Laurentides	7,56	6,93	6,30	5,67	5,04	4,41	3,78
Laval	9,11	8,35	7,59	6,83	6,07	5,31	4,56
Mauricie et du Centre-du-Québec	0,67	0,61	0,56	0,50	0,44	0,39	0,33
Montérégie	19,33	17,72	16,11	14,50	12,89	11,28	9,67
Montréal	16,67	15,28	13,89	12,50	11,11	9,72	8,33
Outaouais	2,44	2,24	2,04	1,83	1,63	1,43	1,22
Saguenay–Lac-Saint-Jean	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11

* Calcul : Nombre total de stations permanentes * pourcentage de cas humains par RSS (du tableau 7).

3.5 Sélection de stations

Un indice de pertinence de stations ayant un historique de surveillance entomologique entre 2003-2006 et 2013-2014 a été calculé. Plusieurs scénarios ont été établis, utilisant l'indice et le nombre total de stations permanentes représentées géographiquement. Le scénario présentant la meilleure couverture géographique avec 45 stations entomologiques a été sélectionné et les stations avec le plus haut indice de pertinence ont été retenues. Le tableau 9 présente la liste des stations sélectionnées par RSS.

Tableau 9 Liste des stations recommandées

Capitale-Nationale
1. QUE 003

Lanaudière
2. REP 001
3. TER 001

Laurentides
4. SAP 002
5. BLA 002
6. DEU 001
7. EUS 004
8. MIR 005

Laval
9. LAV 041
10. LAV 037
11. LAV 051
12. LAV 050
13. LAV 031
14. LAV 119
15. LAV 103

Montérégie
16. LAM 001
17. HUB 100
18. BOU 008
19. JUL 001
20. JUL 003
21. VAR 001
22. BOU 004
23. HYA 008
24. OTT 005
25. VAL 003
26. BRU 006
27. LON 102
28. RIC 003
29. CAT 003
30. VAU 002

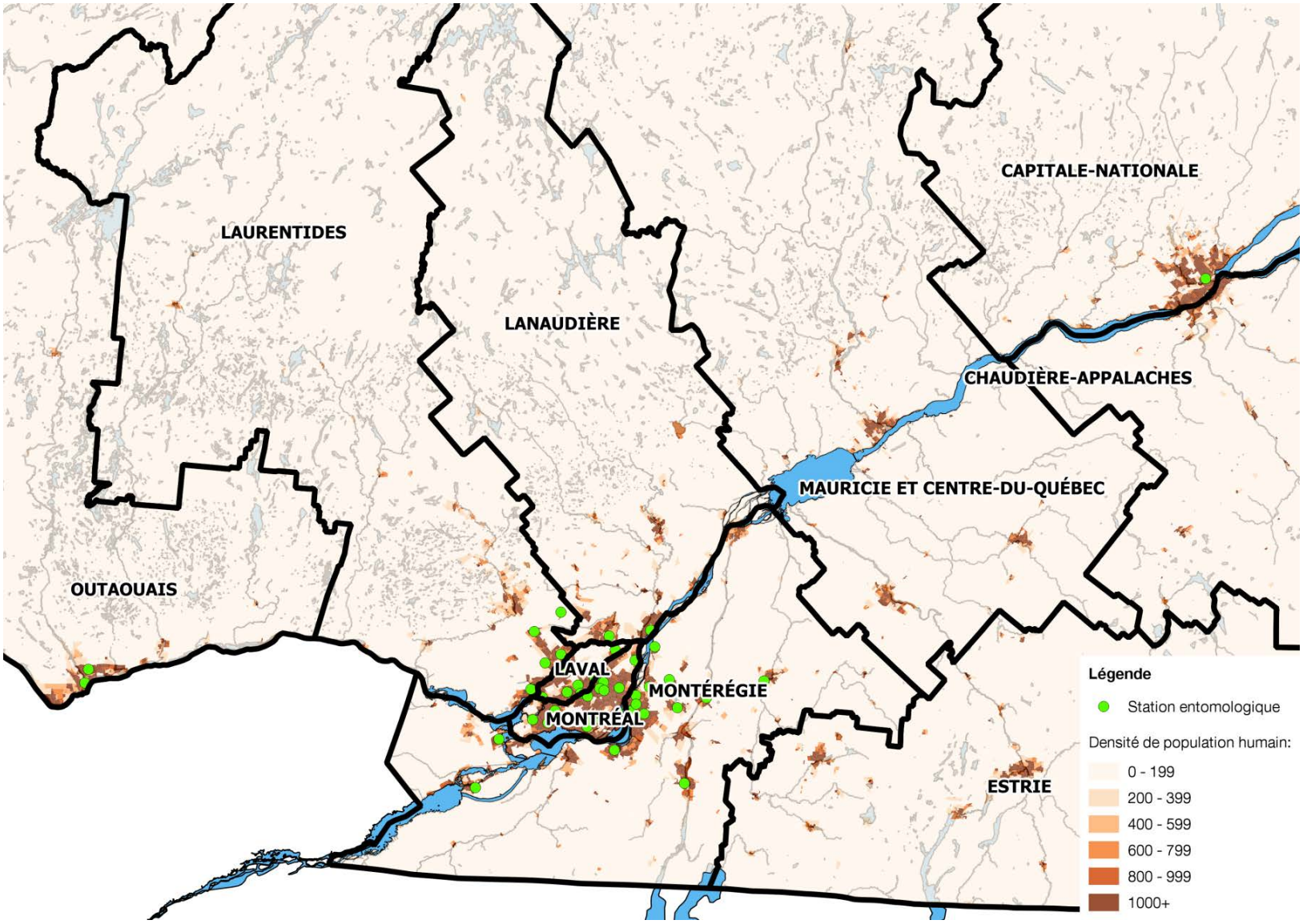
Montréal
31. MON 027
32. MON 024
33. MON 026
34. DOL 001
35. MIC 101
36. MON 004
37. PAT 005
38. MON 001
39. MON 032
40. CDN 901
41. MON 035
42. PIE 001
43. POI 002

Outaouais
44. GAT 004
45. HUL 003

Les stations sont présentées par ordre alphabétique des RSS et selon la valeur décroissante de l'indice par station.

La figure 2 présente une carte des stations sélectionnées.

Figure 2 Répartition de 45 stations entomologiques recommandées



4 Plan de surveillance entomologique

Les enseignements de la littérature grise et de la littérature scientifique ainsi que les données québécoises présentées dans cette section ont été utilisés pour l'élaboration du programme de surveillance entomologique proposé.

4.1 Objectifs de la surveillance entomologique

- Estimer l'abondance des moustiques par espèces (incluant les espèces non-indigènes) selon la région et la semaine de capture.
- Documenter la présence du VNO chez ces mêmes populations de moustiques en tant que système d'alarme précoce du risque de transmission à l'humain au cours de la saison, faisant l'objet d'une surveillance selon la région et la semaine de capture.
- Comparer les résultats observés à ceux des années précédentes afin de caractériser l'évolution interannuelle de l'activité du VNO.

4.2 Historique récent des activités de surveillance entomologique au Québec

2013

Entre juillet et octobre 2013, une surveillance active des moustiques s'est déroulée dans 63 stations fixes réparties dans les zones où l'application de larvicides était prévue et au pourtour de ces zones, ainsi qu'à certains endroits où des cas d'infection par le VNO avaient été documentés entre 2002 et 2012.

2014

Au cours de la saison 2014, la surveillance entomologique s'est déroulée dans le contexte d'un projet d'évaluation mené par l'INSPQ. Celui-ci portait sur l'évaluation de l'efficacité de l'application des larvicides à réduire l'abondance des moustiques vecteurs du VNO au Québec et leur indice vectoriel, en comparant ces deux indicateurs entre des zones traitées par larvicides et des zones non traitées (témoins). Elle s'est déroulée entre le 2 juin et le 12 octobre dans 200 stations munies de pièges à moustiques répartis dans les RSS de Montréal (n = 120 stations), Laval (n = 30) et Montérégie (n = 50). Le nombre de stations déployées dans le cadre de cette évaluation a été plus élevé par rapport à 2013 (n = 63) afin d'avoir la puissance statistique nécessaire pour détecter une différence statistiquement significative entre les zones traitées et non traitées.

La zone traitée a été déterminée conjointement avec le MSSS selon les critères suivants :

- la présence de 5 cas humains d'infection par le VNO ou plus, survenus entre 2002 et 2013, localisés à l'intérieur d'un cercle d'un rayon de 2 km autour des cas humains;
- une densité de population de plus de 400 personnes par km^2 (par aire de diffusion).

La zone non traitée a été déterminée conjointement avec le MSSS et présentait des caractéristiques environnementales similaires à la zone d'intervention en plus d'avoir fait l'objet d'une confirmation de la présence de moustiques infectés par le VNO au cours des dernières années.

4.3 Espèces prioritaires

Le comité scientifique sur le VNO de l'INSPQ a classé les moustiques par ordre prioritaire, selon le risque relatif de transmission du VNO aux humains par ces espèces au Québec[46] :

- *Culex pipiens/restuans* (groupe)*;*
- *Aedes vexans;*
- *Ochlerotatus triseriatus hendersoni* (groupe);
- *Ochlerotatus canadensis;*
- *Coquillettidia perturbans.*

4.4 Indicateurs de surveillance entomologique

- Nombre de pools de moustiques positifs;
- Abondance des espèces par semaine CDC de capture;
- Taux d'infection;
- Indice vectoriel.

4.5 Période et fréquence de collecte

Étant donné les caractéristiques historiques du VNO au Québec, la période de surveillance devrait s'étendre de la première semaine de juin à la première semaine d'octobre. La collecte devrait se faire sur une base hebdomadaire.

4.6 Régions prioritaires

L'ordre prioritaire d'échantillonnage par RSS selon le nombre de cas humains déclarés entre 2002 et 2014 est le suivant :

- Montérégie;
- Montréal;
- Laval;
- Laurentides;
- Outaouais;
- Lanaudière;
- Capitale-Nationale;
- Mauricie et Centre-du-Québec;
- Chaudière-Appalaches;
- Estrie;
- Saguenay–Lac-Saint-Jean.

4.7 Nombre et emplacement des stations

Selon la répartition de cas humains et le groupement géographique de stations entomologiques historiques, 45 stations sont proposées dans les régions suivantes :

- Capitale-Nationale (1 station);
- Lanaudière (2 stations);
- Laurentides (5 stations);
- Laval (7 stations);
- Montérégie (15 stations);
- Montréal (13 stations);
- Outaouais (2 stations).

L'identification exacte de ces stations pour chaque région est présentée au tableau 9.

4.8 Pièges à moustiques

Il est recommandé d'utiliser uniquement les pièges CDC Miniature Light Trap pour la surveillance. Les CDC Miniature Light Trap sont composés d'une trappe pour récupérer les moustiques, d'une lampe à ultraviolets et d'un contenant de glace sèche (CO_2), qui attire les femelles de moustiques en quête d'un repas sanguin. Ces pièges sont efficaces et acceptés par la majorité des propriétaires de terrains où ils sont placés.

4.9 Méthodes de collecte et analyse des moustiques

Les pièges doivent être installés en après-midi et récupérés le matin suivant. Les spécimens doivent être transférés au laboratoire en respectant la chaîne de froid et ensuite identifiés, comptés par espèce et testés pour la présence de VNO.

Une sélection de pools composés d'un maximum de 50 spécimens d'une même espèce provenant du même échantillon, devra être congelée pour permettre une détection éventuelle du VNO ou d'autres virus.

Selon les espèces d'intérêt pour le VNO, les pools devront être soumis à une détection par la méthode de transcription inverse et réaction en chaîne de la polymérase en temps réel (RT-PCR) réalisée au Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ).

L'ensemble des résultats devra être rapporté au SIDVS-VNO.

4.10 Conservation des spécimens

La plupart des régions du nord-est de l'Amérique du Nord, incluant New York, le Vermont et l'Ontario, disposent des programmes de surveillance pour d'autres agents pathogènes transmis par les moustiques présents dans la région, tels que le virus de l'EEE (Togaviridae) ou les virus du sérogroupe Californie (Bunyaviridae).

Actuellement, le LSPQ n'a pas les ressources ou les méthodes analytiques nécessaires à la détection d'autres maladies que le VNO transmises par les moustiques au Québec. Compte tenu de ces limites, et afin de valoriser les activités de surveillance antérieures ou en cours, il est recommandé de conserver et congeler tous les spécimens collectés, de chaque espèce, afin de bonifier ultérieurement les activités d'identification et de détection de l'activité virale. Ceci permettra éventuellement l'identification d'autres maladies, ainsi que des vecteurs invasifs et des agents pathogènes exotiques présents au Québec.

5 Conclusion

Il est recommandé de poursuivre la surveillance entomologique avec 45 stations de référence fixes du début juin à la dernière semaine de septembre. Chaque station devrait avoir au moins un piège, et être échantillonnée sur une base hebdomadaire.

Ce plan de surveillance entomologique permettra de suivre l'évolution du risque du VNO au Québec en documentant les zones à risque d'acquisition de cette maladie pour l'humain. De plus, les données issues de ce plan fourniront aux intervenants et aux décideurs de santé publique les connaissances scientifiques nécessaires à la prise de décisions sur les interventions préventives à instaurer, pour réduire le risque de transmission du VNO à l'humain.

Ces recommandations sont soutenues par le Groupe scientifique sur les maladies transmises par les moustiques et ont été rédigées au meilleur de la connaissance des membres. Au fur et à mesure que de nouvelles données probantes seront disponibles, les recommandations pour la surveillance entomologique devraient être révisées et réorientées en conséquence.

Références

1. Fortin A, Vibien A, Therrien C, Bolduc D, Milord F, Lebel G, *et al.* Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2013 [En ligne]. Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2013. Disponible : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1629_RisqueVNOQcIntervPrivil2013.pdf.

2. Brownstein JS, Holford TR, Fish D. Enhancing West Nile Virus Surveillance, United States. Emerg Infect Dis. juin 2004;10(6):1129-33.

3. Bellini R, Zeller H, Van BW. A review of the vector management methods to prevent and control outbreaks of West Nile virus infection and the challenge for Europe. Parasites & Vectors. 2014;7(1756-3305 (Electronic)):323.

4. Bellini R, Calzolari M, Mattivi A, Tamba M, Angelini P, Bonilauri P, *et al.* The experience of West Nile virus integrated surveillance system in the Emilia-Romagna region: five years of implementation, Italy, 2009 to 2013. Euro Surveill. 2014;19(44).

5. Kilpatrick AM, Pape WJ. Predicting human West Nile virus infections with mosquito surveillance data. American Journal of Epidemiology. 1 sept 2013;178(1476-6256 (Electronic)):829-35.

6. Colborn JM, Smith KA, Townsend J, Damian D, Nasci RS, Mutebi JP. West Nile virus outbreak in Phoenix, Arizona--2010: entomological observations and epidemiological correlations. Journal of the American Mosquito Control Association. juin 2013;29(8756-971X (Print)):123-32.

7. Liu A, Lee V, Galusha D, Slade MD, uk-Wasser M, Andreadis T, *et al.* Risk factors for human infection with West Nile Virus in Connecticut: a multi-year analysis. International Journal of Health Geographics. 27 nov 2009;8:67-67.

8. Bolling B, Barker C, Moore C, Pape W, Eisen L. Modeling/GIS, Risk Assessment, Economic Impact: Seasonal Patterns for Entomological Measures of Risk for Exposure to Culex Vectors and West Nile Virus in Relation to Human Disease Cases in Northeastern Colorado. Journal of Medical Entomology. nov 2009;46(6):1519-31.

9. Chung WM, Buseman CM, Joyner SN, Hughes SM, Fomby TB, Luby JP, *et al.* The 2012 West Nile Encephalitis Epidemic in Dallas, Texas. Journal of the American Medical Association. 2013;310(3):297-307.

10. Ministère de la Santé et des Services sociaux [En ligne]. Système intégré des données de vigie sanitaire-Virus du Nil occidental; 2014.

11. Environnement Canada [En ligne]. Environnement Canada. Rapport de données quotidiennes; 31 oct 2011 [cité le 6 mai 2015]. Disponible : http://climat.meteo.gc.ca/climateData/dailydata_f.html?timeframe=2&Prov=&StationID=10761&dlyRange=1994-07-26%7C2015-04-26&Year=2015&Month=5&cmdB1=Allez#.

12. European Center for Disease Prevention and Control [En ligne]. Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe; 2014. Disponible : http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/surveillance-of%20native-mosquitoes%20-guidelines.pdf.

13. Centers for Disease Control and Prevention [En ligne]. West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control; 2013. Disponible : http://www.cdc.gov/westnile/resources/pdfs/wnvGuidelines.pdf.

14. Ministry of Health and Long-Term Care (MOHLTC), Government of Ontario [En ligne]. West Nile Virus Preparedness and Prevention Plan 2008; 2008. Disponible : http://www.health.gov.on.ca/en/common/ministry/publications/reports/wnv_plan_2008/wnv_plan_full.pdf.

15. City of Toronto [En ligne]. Surveillance & Reporting - West Nile Virus; 2014 [cité le 8 mai 2015]. Disponible : http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=1eee66e622b51410VgnVCM10000071d60f89RCRD.

16. CTV News Ottawa [En ligne]. Ottawa wages war against West Nile virus; juin 2014 [cité le 8 mai 2015]. Disponible: http://ottawa.ctvnews.ca/ottawa-wages-war-against-west-nile-virus-1.1860341.

17. New York State Department of Health Mosquito Borne Illness Surveillance & Response Plan 2012 [En ligne]. Albany: New York State Department of Health; 2012. Disponible : https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=https%3A%2F%2Fwww.health.ny.gov%2Fdiseases%2Fwest_nile_virus%2Fdocs%2F2012_mosquito_borne_illness_surveillance_and_response_plan.pdf&ei=zAJMVenXNqrgsAS9uYHIDg&usg=AFQjCNEr-UKBd-RNYHTkZJbG_Gt6AuATWA&sig2=m0t5GG5cEYcpunOIDWml1Q&bvm=bv.92765956,d.cWc.

18. Comprehensive Mosquito Surveillance and Control Plan [En ligne]. New York: The City of New York Department of Health and Mental Hygiene; 2014. Disponible : http://www.nyc.gov/html/doh/downloads/pdf/wnv/2014/wnvplan2014.pdf.

19. State of Vermont Arbovirus Surveillance and Response Plan [En ligne]. Vermont Department of Health; 2014. Disponible : https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=https%3A%2F%2Fwww.health.ny.gov%2Fdiseases%2Fwest_nile_virus%2Fdocs%2F2012_mosquito_borne_illness_surveillance_and_response_plan.pdf&ei=zAJMVenXNqrgsAS9uYHIDg&usg=AFQjCNEr-UKBd-RNYHTkZJbG_Gt6AuATWA&sig2=m0t5GG5cEYcpunOIDWml1Q&bvm=bv.92765956,d.cWc.

20. United States Census Bureau [En ligne]. State & County QuickFacts; 2014 [cité le 19 mai 2015]. Disponible : http://quickfacts.census.gov/qfd/states/36/3651000.html.

21. Initial Report on Public Health, 2014 Update [En ligne]. Government of Ontario Ministry of Health and Long-term Care. Health Unit Profiles; 2015 [cité le 9 juin 2015]. Disponible : http://www.health.gov.on.ca/en/public/publications/pubhealth/init_report/huprofiles.html.

22. [En ligne]. Gouvernement du Canada A de la santé publique du C. Virus du Nil Occidental et autre maladie transmise par les moustiques – Rapport National de Surveillance; 16 mars 2015 [cité le 19 mai 2015]. Disponible : http://www.phac-aspc.gc.ca/wnv-vwn/nsr-rns_2014/final/index-fra.php.

23. Surveillance de l'infection par le virus du Nil occidental au Québec - Saison 2013 [En ligne]. Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2014. Rapport no 1904. Disponible : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1904_Surveillance_Infection_VNO_2013.pdf.

24. Institut de la statistique du Québec [En ligne]. Région administrative de Montréal; 2015 [cité le 19 juin 2015]. Disponible : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_06/region_06_00.htm.

25. Gu W, Unnasch TR, Katholi CR, Lampman R, Novak RJ. Fundamental issues in mosquito surveillance for arboviral transmission. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. août 2008;102(8):817-22.

26. Ryan PA, Lyons SA, Alsemgeest D, Thomas P, Kay BH. Spatial statistical analysis of adult mosquito (Diptera: Culicidae) counts: an example using light trap data, in Redland Shire, Southeastern Queensland, Australia. J Med Entomol. nov 2004;41(6):1143-56.

27. DiMenna MA, Bueno R, Parmenter RR, Norris DE, Sheyka JM, Molina JL, *et al.* Urban habitat evaluation for West Nile virus surveillance in mosquitoes in Albuquerque, New Mexico. J Am Mosq Control Assoc. juin 2007;23(2):153-60.

28. Gu W, Lampman R, Krasavin N, Berry R, Novak R. Spatio-temporal analyses of West Nile virus transmission in Culex mosquitoes in northern Illinois, USA, 2004. Vector Borne Zoonotic Dis. 2006;6(1):91-8.

29. Nasci RS, Savage HM, White DJ, Miller JR, Cropp BC, Godsey MS, *et al.* West Nile virus in overwintering Culex mosquitoes, New York City, 2000. Emerging Infect Dis. août 2001;7(4):742-4.

30. NELMS BM, MACEDO PA, KOTHERA L, SAVAGE HM, REISEN WK. Overwintering Biology of Culex (Diptera: Culicidae) Mosquitoes in the Sacramento Valley of California. J Med Entomol. juill 2013;50(4):773-90.

31. Bugbee LM, Forte LR. The discovery of West Nile virus in overwintering Culex pipiens (Diptera: Culicidae) mosquitoes in Lehigh County, Pennsylvania. J Am Mosq Control Assoc. sept 2004;20(3):326-7.

32. Gu W, Novak RJ. Short Report: Detection Probability of Arbovirus Infection in Mosquito Populations. Am J Trop Med Hyg. 1 nov 2004;71(5):636-8.

33. Stärk KD, Regula G, Hernandez J, Knopf L, Fuchs K, Morris RS, *et al.* Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. BMC Health Serv Res. 28 févr 2006;6:20.

34. Doherr MG, Heim D, Fatzer R, Cohen CH, Vandevelde M, Zurbriggen A. Targeted screening of high-risk cattle populations for BSE to augment mandatory reporting of clinical suspects. Preventive Veterinary Medicine. 20 sept 2001;51(1–2):3-16.

35. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2e edition. Hillsdale, New Jersey: Routledge; 1988. 590 p.

36. Ginsberg HS, Rochlin I, Campbell SR. The use of early summer mosquito surveillance to predict late summer West Nile virus activity. J Vector Ecol. juin 2010;35(1):35-42.

37. Burkhalter KL, Lindsay R, Anderson R, Dibernardo A, Fong W, Nasci RS. Evaluation of commercial assays for detecting West Nile virus antigen. J Am Mosq Control Assoc. mars 2006;22(1):64-9.

38. Speybroecks N, Williams CJ, Lafia KB, Devleesschauwerd B, Berkvens D. Estimating the prevalence of infections in vector populations using pools of samples. MVE Medical and Veterinary Entomology. 2012;26(4):361-71.

39. Bustamante DM, Lord CC. Sources of Error in the Estimation of Mosquito Infection Rates Used to Assess Risk of Arbovirus Transmission. Am J Trop Med Hyg. juin 2010;82(6):1172-84.

40. Hayes EB, Komar N, Nasci RS, Montgomery SP, O'Leary DR, Campbell GL. Epidemiology and Transmission Dynamics of West Nile Virus Disease. Emerging Infectious Diseases [En ligne]. août 2005; Disponible : http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/11/8/pdfs/05-0289a.pdf.

41. Hamer GL, Anderson TK, Donovan DJ, Brawn JD, Krebs BL, Gardner AM, *et al.* Dispersal of Adult Culex Mosquitoes in an Urban West Nile Virus Hotspot: A Mark-Capture Study Incorporating Stable Isotope Enrichment of Natural Larval Habitats. PLoS Negl Trop Dis [En ligne]. 27 mars 2014 [cité le 9 mai 2015];8(3). Disponible : http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3967984/.

42. Canadian Wildlife Health Cooperative [En ligne]. Data Products - West Nile Virus; 2015 [cité le 19 mai 2015]. Disponible : http://www.cwhc-rcsf.ca/data_products_wnv.php.

43. Ministère de l'agriculture, pêcheries et alimentation du Québec [En ligne]. MAPAQ. Virus du Nil occidental; 15 mai 2015 [cité le 16 mai 2015]. Disponible : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/maladies/transmissibleshumain/Pages/VNO.aspx.

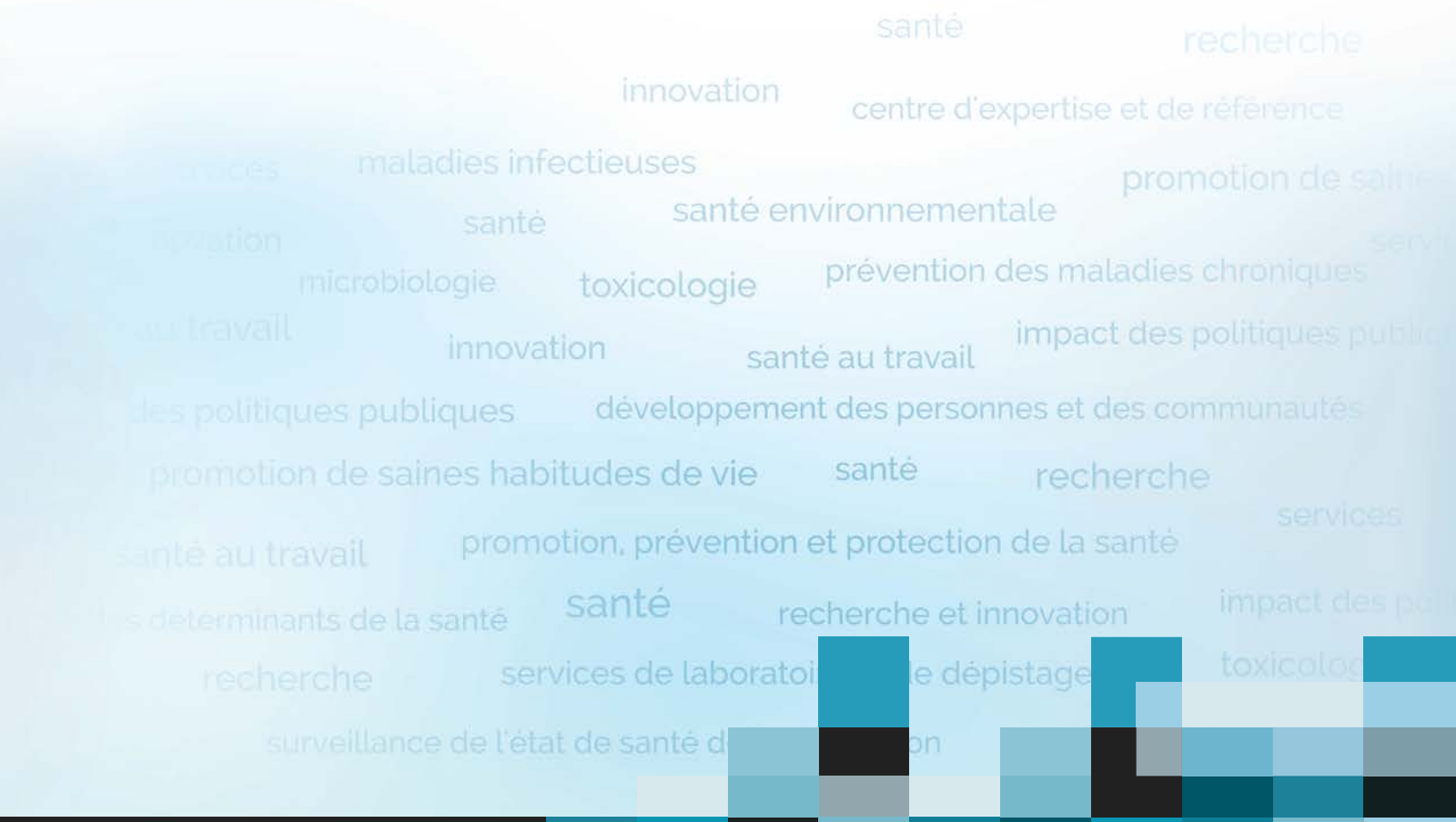
44. Reisen WK, Fang Y, Martinez VM. Effects of Temperature on the Transmission of West Nile Virus by Culex tarsalis (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology. 1 mars 2006;43(2):309-17.

45. Konrad SK, Miller SN. Application of a degree-day model of West Nile virus transmission risk to the East Coast of the United States of America. Geospat Health. nov 2012;7(1):15-20.

46. Lowe A-M, Ouhoummane N, Back C, Lebel G, Milord F, Therrien C, *et al.* Surveillance intégrée du virus du Nil occidental. Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2014.

N° de publication : 2087

Centre d'expertise
et de référence



www.inspq.qc.ca

Institut national
de santé publique
Québec