

Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2015

AVIS SCIENTIFIQUE

Direction des risques biologiques et de la santé au travail
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Laboratoire de santé publique du Québec

Mars 2015

AUTEUR

Groupe scientifique sur le VNO

RÉDACTEURS

Chardé Morgan, M. Sc.

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Onil Samuel, M. Sc.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Céline Campagna, Ph. D.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, 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

Christian Back, M. Sc., consultant en entomologie médicale

SOUS LA COORDINATION DE

Anne Fortin, M.D.

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGE

Murielle St-Onge, agente administrative

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

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 – 2^e TRIMESTRE 2015
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-73037-8 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2015)

Groupe scientifique sur le VNO

Membres experts (présentés en ordre alphabétique)

Christian Back, M. Sc., consultant en entomologie médicale

Céline Campagna, Ph. D.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Gilles Delage, M.D.

Affaires médicales en microbiologie, Héma-Québec

Nathalie Desrosiers, M. Sc.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

Stéphane Lair, D.M.V.

Centre québécois pour la santé des animaux sauvages, Université de Montréal

François Milord, M.D.

Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie

Isabelle Picard, D.M.V.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

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

Terry-Nan Tannenbaum, M.D.

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

Jean-Pierre Trépanier, M.D.

Agence de la santé et des services sociaux de Lanaudière

Anne Vibien, M.D.

Centre de santé et de services sociaux Richelieu-Yamaska

Membres de liaison (présentés en ordre alphabétique)

Anne Fortin, M.D.

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Colette Gaulin, M.D.

Direction de la protection de la santé publique, ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Stéphanie Jodoin, M. Sc.

Direction de la protection de la santé publique, ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Marie-Andrée Leblanc, Inf. B. Sc.

Direction de la protection de la santé publique, ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Anne-Marie Lowe, M. Sc.

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

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

Mirna Panic, M. Sc.

Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

Table des matières

Liste des tableaux.....	V
Liste des sigles et acronymes	VII
Glossaire.....	IX
Résumé	1
Contexte.....	3
1 Introduction	5
1.1 Brève histoire du VNO au Québec.....	5
2 Méthodologie.....	7
3 Mise à jour des connaissances scientifiques et opérationnelles : résultats préliminaires des projets d'évaluation en 2014	9
3.1 L'évaluation de l'efficacité des larvicides contre les espèces vectrices du VNO	9
3.2 Fardeau de l'infection par le VNO au Québec : cohortes 2012 et 2013	10
4 Données épidémiologiques de surveillance en 2014	13
5 Recommandations	15
5.1 Sur la surveillance pour 2015	15
5.1.1 Humaine	15
5.1.2 Entomologique.....	16
5.1.3 Animale	18
5.1.4 Suivi météorologique	20
5.1.5 Surveillance intégrée : évaluation du risque au cours de la saison.....	21
5.2 Sur les interventions pour 2015.....	22
5.2.1 Contrôle des moustiques.....	22
5.2.2 Communication destinée à la population	28
5.2.3 Formation et l'information aux intervenants cliniques et de santé publique.....	29
5.3 Sur une approche intégrée et holistique pour les saisons suivantes	30
5.3.1 Logiciel SIDVS-VNO.....	30
5.3.2 Surveillance entomologique.....	31
5.3.3 Campagne d'information	32
5.3.4 Intégration des interventions dans une perspective de lutte contre les zoonoses et les changements climatiques.....	32
5.4 Sur la recherche et le développement des connaissances.....	33
6 Conclusion	37
Références	39
Annexe 1 Tableaux sommaires d'études clés	47

Liste des tableaux

Tableau 1	Nombre de cas humains, d'animaux et de lots de moustiques positifs pour le VNO au Canada, saison 2014 (du 1 ^{er} janvier au 1 ^{er} novembre 2014).....	14
Tableau 2	Études documentant la réduction du nombre de cas humains du VNO en lien avec les interventions de contrôle des moustiques	49
Tableau 3	Études documentant l'efficacité des larvicides à réduire l'abondance des moustiques.....	51
Tableau 4	Études documentant l'association entre l'abondance des moustiques, l'indice vectoriel et le nombre de cas humain du VNO	53

Liste des sigles et acronymes

AIRC	Agence internationale de recherche sur le cancer
ARLA	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
ASPC	Agence de la santé publique du Canada
Bti	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
CDC	Centers for disease control and prevention
CQSAS	Centre québécois sur la santé des animaux sauvages
DATI	Direction adjointe des technologies de l'information
DSP	Directions régionales de santé publique
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LSPQ	Laboratoire de santé publique du Québec
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
OMS	Organisation mondiale de la Santé
RSS	Région sociosanitaire
SIDVS-VNO	Système intégré de données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental
SOPFIM	Société de protection des forêts contre les insectes et les maladies
TCNSP	Table de coordination nationale en santé publique
VNO	Virus du Nil occidental

Glossaire

Abondance : Le nombre de femelles moustiques de différentes espèces d'un échantillon. Cet échantillon provient d'une nuit de capture standardisée en un lieu (station entomologique) et à une date donnée.

Adulticide : Un insecticide ayant la propriété de tuer les moustiques au stade adulte.

Compétence vectorielle : La capacité d'un insecte à devenir infecté et à transmettre un agent pathogène.

Hiverner : Une période d'activité ralentie durant la saison hivernale.

Indice vectoriel : Nombre estimé de femelles moustiques d'une espèce infectée par le virus du Nil occidental par effort de capture. L'indice vectoriel (IV) est obtenu en multipliant le nombre moyen de femelles moustiques capturées par le taux d'infection de ces mêmes femelles, pour une espèce et pour un échantillon (une nuit de capture, une station) ou pour plusieurs échantillons.

Larvicide : Un insecticide ayant la propriété de tuer les moustiques au stade larvaire.

Période d'incubation : Le temps qui s'écoule entre l'infection par un agent pathogène et l'apparition des premiers symptômes.

Taux d'infection : Le taux d'infection des femelles de moustiques est l'estimé, exprimé en millièmes, de la proportion des femelles de moustiques infectées par le virus du Nil occidental par rapport au total des femelles testées, pour une espèce donnée. Le taux d'infection par le VNO est calculé pour une espèce ou un groupe d'espèces (ex. *Culex pipiens/restuans*).

Virémie : La présence du virus dans le sang.

Résumé

Suite à la recrudescence de cas d'infection par le virus du Nil occidental (VNO) lors des saisons 2011 et 2012 au Québec, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) s'est vu confier en 2012 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 cette infection au cours de l'été 2013. Un addenda de l'avis a été rendu public en avril 2014 pour mettre à jour les connaissances et pour soutenir la gestion du risque en 2014.

Au courant de la saison VNO 2014, des questions ont été adressées au groupe d'experts scientifiques sur le VNO par le MSSS. De plus, l'INSPQ a réalisé deux projets d'évaluation sur le fardeau clinique et économique de la maladie et sur l'efficacité des interventions par larvicides à réduire l'abondance du vecteur et son taux d'infection.

À la lumière des nouvelles connaissances, un avis scientifique a été produit afin de préciser l'état des connaissances scientifiques et de mettre à jour des sujets pour lesquels des connaissances pourraient influencer la prise de décision du MSSS pour les interventions de 2015 et pour les saisons suivantes. Cet avis apporte un changement de paradigme pour intégrer la gestion du VNO dans une perspective plus large de surveillance et gestion des maladies à transmission vectorielle au Québec.

Les recommandations sont les suivantes :

Sur la surveillance pour 2015 :

1. Maintenir la surveillance des cas humains;
2. Maintenir la surveillance entomologique active;
3. Maintenir la surveillance passive des chevaux;
4. Maintenir la surveillance aviaire passive et ne pas reprendre la surveillance aviaire active;
5. Maintenir le suivi météorologique;
6. Effectuer une surveillance intégrée du VNO.

Sur les interventions pour 2015 :

7. Maintenir l'application préventive de larvicides;
8. Ne pas utiliser d'adulticides;
9. Mettre en place une approche de gestion intégrée de lutte contre les moustiques;
10. Renforcer et actualiser les campagnes d'information;
11. Réitérer les informations relatives au VNO auprès des cliniciens;
12. Initier l'élaboration d'un programme de formation sur les atteintes neurologiques pouvant être associées à une infection par le VNO.

Sur l'approche intégrée et holistique pour les saisons suivantes :

13. Mettre à jour le logiciel SIDVS-VNO;
14. Optimiser la surveillance entomologique pour la détection d'autres maladies émergentes et des vecteurs invasifs;

15. Utiliser une approche holistique pour la communication des mesures de prévention et de protection personnelle;
16. Intégrer la stratégie de lutte contre le VNO dans une perspective globale de lutte contre les zoonoses et d'adaptation aux changements climatiques.

Sur la recherche et le développement des connaissances :

17. Soutenir des projets d'évaluation et de recherche.

Contexte

Suite à la recrudescence de cas d'infection par le VNO lors des saisons 2011 et 2012 au Québec, l'INSPQ s'est vu confier en 2012 le mandat de fournir un avis scientifique au MSSS sur les interventions à privilégier pour lutter contre cette infection au cours de l'été 2013.

À cette fin, l'INSPQ a constitué un comité consultatif d'experts dont le mandat consistait à recommander les modalités de surveillance et les interventions pour la lutte contre le VNO pour l'été 2013. Un rapport préliminaire a été déposé au MSSS le 14 décembre 2012. L'avis scientifique intitulé *Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2013* a été rendu public en mai 2013[1].

Un plan d'intervention gouvernemental 2013-2015 pour la protection de la population contre le VNO a été élaboré, financé et mis en place en 2013 par le MSSS, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT)¹ et le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP)²[2]. La structure de gouvernance prévoyait la constitution d'un groupe d'experts scientifiques sur le VNO, coordonné par l'INSPQ.

Les activités préconisées par le plan d'intervention portaient sur la surveillance (humaine, animale et entomologique) et sur l'application d'interventions de santé publique. Les mesures comprenaient l'épandage préventif de larvicides dans une perspective de contrôle du vecteur et une stratégie de communication destinée à la population, visant la sensibilisation aux mesures de protection personnelle. Ces activités ont été mises en place pour la saison estivale en 2013 et 2014.

Un addenda de l'avis de mai 2013 a été déposé au MSSS en décembre 2013 et a été rendu public en avril 2014 pour soutenir la gestion du risque en 2014[3].

Au courant de la saison VNO 2014, des questions ont été adressées au groupe d'experts scientifiques sur le VNO par le MSSS (précisées dans la méthodologie). Il a été proposé de modifier l'addenda afin de préciser les incertitudes scientifiques et de mettre à jour des sujets pour lesquels de nouvelles connaissances pourraient influencer la prise de décision du MSSS pour les interventions de 2015 et pour les saisons suivantes.

De plus, en 2014, afin de soutenir les orientations du gouvernement, le MSSS a financé deux projets d'évaluation à l'INSPQ sur le fardeau clinique et économique de la maladie et sur l'efficacité des interventions par larvicides à réduire l'abondance du vecteur et son taux d'infection. Les résultats préliminaires de ces deux études sont présentés dans la section 3 de cet avis. Les résultats finaux seront disponibles en 2015 et appuieront les travaux du groupe d'expert sur le VNO afin de formuler des recommandations sur les interventions à prendre pour les années à venir.

Pareillement, à la lumière des nouvelles connaissances disponibles depuis la publication de l'avis scientifique et l'addenda d'avril 2014[1,3], et des résultats obtenus grâce à la mise en place d'un plan d'intervention gouvernemental de protection de la population contre le VNO en 2013[2,4], l'INSPQ

¹ En 2014, le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire est devenu le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT).

² En 2014, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs a été divisé en deux ministères distincts : le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

soumet au MSSS des recommandations pour éclairer la prise de décision sur la gestion du risque de transmission du VNO pour 2015.

Cet avis apporte un changement de paradigme pour intégrer la gestion du VNO dans une perspective plus large de surveillance et gestion des maladies à transmission vectorielle au Québec.

Les facteurs liés à l'émergence et à la dissémination des maladies à transmission vectorielle sont multiples et interreliés[5]. Dans ce contexte, les facteurs liés à la surveillance et à la prévention de ces maladies sont souvent semblables et même identiques, tels que la surveillance entomologique et les mesures de protection personnelle. Il est d'avis de l'INSPQ que les stratégies de surveillance et de prévention doivent être d'une approche holistique et non centrée sur un seul agent pathogène, de façon à optimiser les travaux et minimiser les coûts. Les détails de cette approche sont précisés dans les recommandations.

Il est important de noter que le présent avis considère les risques pour l'ensemble de la population, sans considération particulière pour des sous-groupes spécifiques qui pourraient être potentiellement à risque.

L'INSPQ reconnaît que la gestion du risque est du ressort du MSSS. Ce dernier pourra déterminer les actions à mettre en œuvre pour protéger la population contre le VNO en fonction de la faisabilité technique et économique des opérations, ainsi que de sa propre priorisation des risques en santé publique pour 2015.

1 Introduction

1.1 Brève histoire du VNO au Québec

Introduction du virus et le début des interventions, 2002 à 2005

Le VNO a été introduit sur le continent nord-américain à New York en 1999. En 2002, le VNO a atteint le Québec et les activités de surveillance humaine, animale et entomologique ainsi que de contrôle des moustiques avec des larvicides ont été introduites au cours de cette même année.

Retrait des interventions, 2006-2010

Face à une faible activité épidémiologique humaine au Québec de 2004 à 2006, la Table de coordination nationale en santé publique (TCNSP) et le MSSS ont mis en application en 2006 les recommandations de l'INSPQ : le maintien de la surveillance humaine, de la promotion et de l'information aux populations ciblées sur les mesures de protection personnelle, le retrait de la surveillance aviaire et entomologique ainsi que l'arrêt de l'application de larvicides[6].

Recrudescence, 2011-2012

Après quelques années d'accalmie, le VNO a connu une recrudescence en 2011 et 2012, atteignant respectivement 42 et 133 cas humains au Québec.

De plus, à l'été 2012, une publication scientifique a rapporté des complications rénales possibles à long terme associées à l'infection par le VNO, même chez les cas asymptomatiques[7,8]. Ces nouvelles évidences scientifiques ont soulevé l'inquiétude des autorités de santé publique puisqu'elles mettaient en lumière la survenue de conséquences à l'infection par le VNO jusqu'à ce jour insoupçonnées³.

Reprise des interventions, 2013

L'éclosion de 2012 a motivé le MSSS, suite à l'avis du groupe scientifique sur le VNO de l'INSPQ, à remettre sur pied un plan d'intervention gouvernemental pour contrôler le VNO pour la saison estivale 2013[2]. Ainsi, en 2013, une stratégie de communication, des activités de surveillance (humaine, animale et entomologique) ainsi qu'un programme d'application de larvicides ont été mise en place afin de mieux anticiper, localiser et quantifier le risque pour l'humain, et ainsi mieux guider les interventions visant à protéger la santé du public.

Des interventions d'application de larvicides ont été effectuées dans les secteurs définis des RSS où l'activité du VNO avait été documentée de 2002 à 2012. Le MSSS a défini les zones devant être traitées pour la saison VNO 2013 en se basant sur deux critères : la survenue de 3 cas humains ou plus entre 2002 à 2012 dans un rayon de 2 km et une densité de population égale ou supérieure à 400 personnes par km². Le contrôle de la qualité des applications de larvicides a été réalisé par l'organisme mandaté pour coordonner les travaux de contrôle vectoriel, soit la Société de protection des forêts contre les insectes et les maladies (SOPFIM)[9].

Comparativement à l'an 2012, le nombre de cas a diminué à 30 en 2013, ce qui en faisait néanmoins la 3^e année en importance depuis 2002.

³ Toutefois, jusqu'à présent, aucun résultat similaire n'a pu être reproduit par d'autres groupes de recherche. Ce constat soulève donc des doutes sur le lien entre l'infection par le VNO et les complications rénales à long terme.

Mise en place d'activités de contrôle à caractère expérimental, 2014

Considérant l'importance de la saison épidémique de 2012 et la possibilité que des activités de contrôle larvaire puissent être nécessaires à l'avenir dans certains secteurs ciblés, le MSSS a souhaité évaluer l'efficacité de ce type d'intervention inscrit au plan d'intervention gouvernemental sur le contrôle du VNO, notamment en raison des coûts reliés à ce type d'intervention.

En 2014, à la demande du MSSS, l'INSPQ a réalisé des études d'évaluation du fardeau clinique et économique de la maladie ainsi que de l'efficacité des opérations de contrôle des moustiques avec des larvicides à réduire l'abondance des moustiques et leur taux d'infection pour les principaux vecteurs du VNO au Québec. Un résumé des approches méthodologiques et les résultats préliminaires de ces deux études sont présentés à la section 3.

La structure de gouvernance ainsi que les activités de surveillance humaine et animale prévues dans le *Plan d'intervention gouvernementale 2013-2015 pour la protection de la population contre le virus du Nil occidental* du MSSS n'ont pas été modifiées pour la saison 2014[4]. De plus, une campagne d'information ciblant la population des régions à risque de transmission du VNO a été mise en place par le MSSS. Toutefois, les protocoles pour la surveillance entomologique et l'épandage des larvicides ont été modifiés pour répondre aux besoins de l'étude d'évaluation de l'efficacité des larvicides.

2 Méthodologie

La structure de gouvernance du plan d'intervention prévoyait la constitution d'un groupe d'experts scientifiques sur le VNO, coordonné par l'INSPQ, en vue de soutenir le comité consultatif. En 2014, le groupe d'experts a tenu sept rencontres et une dernière réunion a eu lieu en janvier 2015.

Le comité de gestion VNO du MSSS avait demandé à l'INSPQ, dans sa lettre datée de 30 avril 2014, que le groupe scientifique sur le VNO puisse faire des propositions sur les éléments suivants :

- poursuivre les travaux sur le potentiel d'amplification virale chez les moustiques;
- identifier les facteurs prédictifs pour estimer l'activité VNO au cours d'une saison de VNO (afin de pouvoir un jour mettre en place un système d'alerte pour les messages ou les interventions de santé publique et aussi permettre de nuancer les messages); et
- poursuivre les travaux sur la cartographie du risque.

De même, le MSSS a demandé à l'INSPQ d'effectuer une veille scientifique sur le VNO et de signaler les nouveaux développements ou enjeux en matière scientifique au comité de gestion et au comité consultatif.

Pour répondre à ces questions, le groupe d'experts scientifiques sur le VNO de l'INSPQ a formé trois groupes de travail se concentrant sur i) la surveillance, ii) les interventions et iii) le transfert de connaissances et la gestion du risque. Chaque groupe de travail a évalué l'état des connaissances scientifiques en lien avec une thématique ciblée. Le travail sur ces questions se poursuit durant l'année 2015. Les résultats préliminaires de cet exercice ont permis de corroborer les recommandations présentées. La révision du dossier par le comité d'experts n'a pas permis de mettre en lumière l'existence de nouvelles données probantes qui auraient permis de faire une analyse différente de la problématique du VNO et de faire des changements majeurs dans les recommandations, mis à part les résultats de l'étude sur l'efficacité des larvicides qui vient soutenir davantage la recommandation de maintenir l'application préventive de larvicides.

L'avis scientifique sur le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2013 a été revu par le groupe d'experts scientifiques sur le VNO.

Pour maintenir à jour les connaissances scientifiques à propos du VNO, une veille scientifique a été effectuée à l'aide des mots clés « West Nile virus ». La base de données PubMed et la littérature grise ont été utilisées, incluant des sites Web tels ceux des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) américains et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

Le Système intégré de données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental (SIDVS-VNO) a été consulté tout au long de la saison 2014 afin d'extraire les données de surveillance permettant de dresser le portrait de l'épidémiologie du VNO au Québec et contribuer aux réflexions du groupe d'experts scientifiques.

À la lumière des nouvelles connaissances, de nouvelles recommandations ont été élaborées par le groupe d'experts scientifiques sur le VNO. Les recommandations de l'INSPQ sont présentées à la section 5 du présent avis. Toutes les recommandations incluant celles qui n'ont pas été modifiées depuis la publication de l'avis scientifique de 2013 se retrouvent dans le présent document.

3 Mise à jour des connaissances scientifiques et opérationnelles : résultats préliminaires des projets d'évaluation en 2014

À la demande du MSSS, l'INSPQ a réalisé deux études de l'efficacité des opérations de contrôle des moustiques avec des larvicides à réduire l'abondance des moustiques et leur taux d'infection pour les principaux vecteurs du VNO au Québec ainsi que d'évaluation du fardeau clinique et économique de la maladie. La première étant complétée et le rapport déposé au MSSS et la seconde étant toujours en cours. Voici les résultats de ces études qui ont influencé l'évaluation du risque associé au VNO et soutenant les recommandations du présent. Les versions intégrales de ces rapports seront publiées sur le site Web de l'INSPQ au cours de l'année 2015.

3.1 L'évaluation de l'efficacité des larvicides contre les espèces vectrices du VNO

Contexte

L'efficacité des opérations de contrôle des moustiques a été documentée lors de l'application conjointe de larvicides et d'adulticides dans des études écologiques. L'efficacité des opérations basées sur l'utilisation des larvicides seuls (sans adulticides) à diminuer le nombre de cas humains d'infection par le VNO est peu documentée. Dans le but de soutenir la prise de décision et l'application du plan d'intervention gouvernemental contre le virus du Nil occidental (VNO) 2013-2015, le MSSS a mandaté une équipe de l'INSPQ pour évaluer l'efficacité de l'application préventive de larvicides à réduire l'abondance des moustiques, infectés ou non (mesurée par l'indice vectoriel et l'abondance moyenne) chez les principaux vecteurs du VNO au Québec, soit : le groupe d'espèces *Culex pipiens/restuans* (cible principale des opérations) et *Aedes vexans* (cible secondaire).

Objectif

Évaluer l'efficacité de l'application préventive de larvicides dans le cadre de l'intervention gouvernementale à réduire l'abondance des moustiques principaux vecteurs du VNO au Québec, ainsi que sur leur taux d'infection.

Méthodologie

L'étude a été effectuée entre juin et octobre 2014 sur le territoire des villes de Laval, Montréal, Longueuil et Saint-Jean-sur-Richelieu, où la présence de moustiques infectés par le VNO a été confirmée au cours des dernières années. La zone d'intervention par application de larvicides été déterminée conjointement avec le MSSS selon les critères suivants : la présence de 5 cas humains ou plus entre 2002 à 2013 dans un cercle d'un rayon de 2 km et une densité de population égale ou supérieure à 400 personnes par kilomètre². Cette zone a été traitée en conformité avec les protocoles établis pour les années passées; à savoir la réalisation de trois traitements de méthoprène dans les puisards et le traitement des gîtes naturels avec l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* (Bti). La zone non traitée (contrôle) présentait des caractéristiques environnementales similaires à la zone d'intervention. Chaque zone d'étude était composée de 50 parcelles de 2 x 2 km catégorisées en considérant certaines caractéristiques environnementales (densité de puisards et densité d'îlots de chaleur).

Deux stations entomologiques ont été positionnées dans chaque parcelle, pour un total de 200 stations. Les moustiques appartenant au groupe d'espèces *Culex pipiens/restuans* ou à l'espèce *Aedes vexans* étaient regroupés en pools puis analysés pour leur statut d'infection au VNO. Des analyses statistiques temporelles sur l'abondance (nombre de moustiques par parcelle par semaine) et sur l'indice vectoriel (nombre de moustiques infectés au VNO par parcelle par semaine) ou sur les statuts infectieux (présence de pools positifs au VNO par parcelle par semaine) ont été réalisées.

Résultats

Les résultats démontrent que lors de l'intervention gouvernementale contre le VNO en 2014, des opérations de contrôle avec des larvicides ont significativement réduit l'abondance des moustiques du genre *Culex* d'environ 23 % lorsque l'on considère les semaines CDC 27 à 37, et d'environ 30 % lorsque l'on considère les semaines CDC 33 à 37 (une période critique pour la transmission du VNO à l'humain), après exclusion des valeurs extrêmes. Le traitement n'a pas influencé l'indice vectoriel de *Culex* (soit l'abondance des *Culex* infectés par le VNO).

L'été 2014 fut une saison relativement calme quant à l'abondance et l'infection des moustiques vecteurs du VNO. Ainsi, les résultats de cette étude ne peuvent pas être extrapolés pour prédire l'efficacité des larvicides lors d'une saison à plus forte activité zoonotique du VNO. Ainsi, il est recommandé de poursuivre l'étude sur une deuxième année afin d'augmenter la robustesse des résultats, et de documenter l'efficacité des larvicides sur plusieurs saisons. Les résultats de cette étude ont été transmis au MSSS à la fin du mois de janvier 2015 et seront publiés en 2015.

3.2 Fardeau de l'infection par le VNO au Québec : cohortes 2012 et 2013

Contexte

Suite à la mise en place d'un plan d'intervention gouvernemental 2013-2015 pour la protection de la population contre le VNO, les autorités de santé publique ont demandé à l'INSPQ une évaluation du fardeau clinique et économique par le VNO au Québec, afin de documenter les complications et les coûts potentiellement associés à la maladie.

Objectif

Cette étude vise à documenter la morbidité et la mortalité, les complications physiques, psychocognitives et fonctionnelles chez les individus déclarés infectés par le VNO au cours des saisons 2012 et 2013 et d'estimer les coûts directs et indirects engendrés par cette infection.

Méthodologie

Au cours des saisons 2012 et 2013, un total de 166 cas d'infection par le VNO déclarés au Québec ont fait l'objet du présent projet. La collecte des données à partir d'une entrevue téléphonique, une analyse de dossiers médicaux et une revue des fichiers MADO pour chaque patient est en cours. Les analyses statistiques des données continueront au cours de l'année 2015.

Résultats préliminaires

La méthodologie de l'étude et les résultats préliminaires descriptifs ont été présentés lors de la rencontre du groupe scientifique sur le VNO du 3 décembre 2014. Le rapport final sera soumis au MSSS en 2015.

Sur un total de 166 cas d'infection par le VNO déclarés au Québec au cours des saisons 2012 et 2013, 108 (65 %) ont accepté de participer à l'étude. Une analyse préliminaire a été effectuée auprès de 87 patients. Sur l'ensemble des participants, 68/87 (78 %) ont été hospitalisés suite à leur infection par le VNO, dont 25/87 (29 %) ont été admis en soins intensifs et 5/87 (6 %) en sont décédés. Parmi les séquelles majeures rapportées par les patients, 3/87 (3 %) ont rapporté une paralysie permanente, dont 2 ont dû être admis dans un CHSLD. Un patient (1 %) a rapporté une perte de 80 % de la fonction des membres supérieurs, quatre autres cas (5 %) n'ont rapporté la perte de la fonction de leurs membres supérieurs ou inférieurs qu'après pendant plusieurs mois après leur infection. Deux patients ont rapporté une perte de mémoire.

4 Données épidémiologiques de surveillance en 2014

Surveillance humaine

En date du 11 février 2015, 7 cas humains (6 confirmés et 1 probable) ont été déclarés au Québec pour la saison 2014, soit 2 à Montréal (RSS-06), 3 en Montérégie (RSS-16), 1 dans Lanaudière (RSS-14) et 1 dont la région de résidence n'est pas encore rapportée au SIDVS-VNO[11]. Parmi ces 7 cas, 5 (83 %) ont manifesté une atteinte neurologique avec un taux d'incidence de 0,06/100 000 personne-année (figure 1). En Ontario, 11 cas d'infection par le VNO ont été rapportés au cours de cette même saison, dont 3 (27 %) ont manifesté une atteinte neurologique; le taux d'incidence a été de 0,02/100 000.

La figure 1 présente l'évolution temporelle dans le taux d'incidence des cas neurologique au Québec et en Ontario. Seuls les cas neurologiques sont présentés étant donné les cas les plus probables à être diagnostiqués et donc pour qui une comparaison peut être effectuée. Après une première vague de VNO en 2002 et 2003, le taux d'incidence des cas neurologiques d'infection par VNO a été relativement faible au Québec entre 2004 et 2010. Le pic (sur la période observée) a été noté en 2012. On note aussi une évolution dans le taux d'incidence similaire en Ontario. Ces données semblent indiquer une évolution cyclique de l'infection par le VNO chez l'humain, dont la périodicité et l'amplitude restent difficiles à prévoir.

Malgré une évolution similaire (en termes d'incidence) dans les deux provinces, le taux d'incidence des cas neurologiques en 2002 a été 9 fois plus élevé en Ontario comparativement au Québec, alors que le deuxième pic observé en 2012 a été plus élevé au Québec qu'en Ontario. En 2012, l'incidence des cas avec atteinte neurologique au Québec a été 1,5 fois plus élevée qu'en Ontario en ajustant pour l'âge (IC95 % = [1,1-2,0] (rapport de surveillance 2012). Il est à noter que l'Ontario a mis en place un programme intégré de lutte contre le VNO depuis 2003.

Figure 1 Taux brut d'incidence des cas neurologiques d'infection par le VNO, Québec et Ontario, 2002-2014

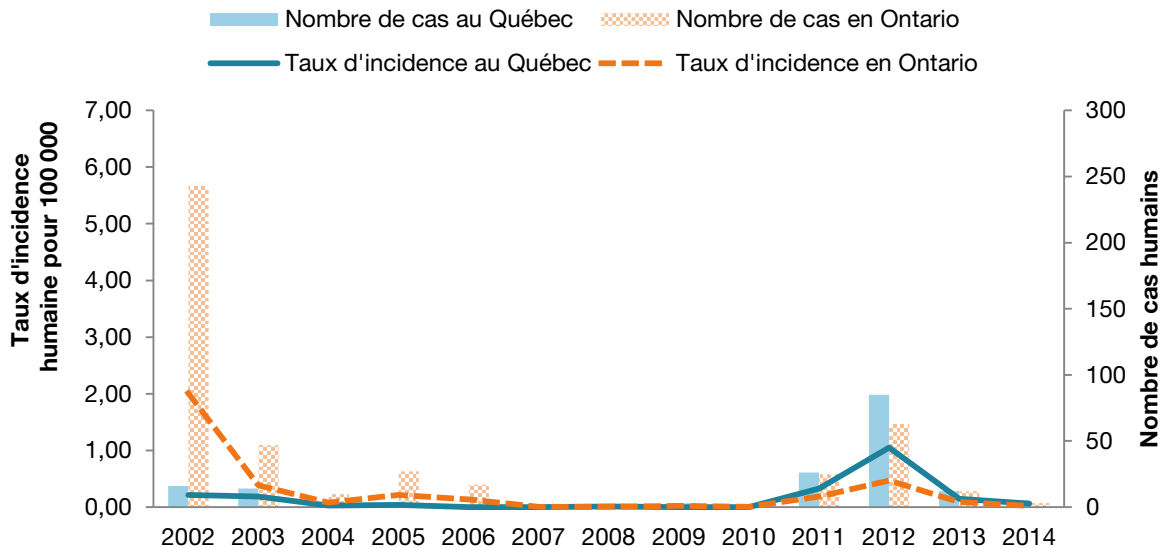


Figure mise à jour avec les données du 11 février 2015.

Source des données : Québec - SIDVS-VNO (2015)[10] et MSSS (2013)[4], Ontario - ASPC (2013)[11] et ASPC (2014)[12].

Surveillance entomologique

Au cours de la saison 2014, la surveillance entomologique a été effectuée dans 200 stations réparties dans trois RSS, soit Montréal (RSS-06, n = 120 stations), Laval (RSS-13, n = 30) et Montérégie (RSS-16, n = 50). Au total, approximativement 38 % (76/200) des stations ont été trouvées positives pour le VNO, dont 46 à Montréal, 19 en Montérégie et 11 à Laval. Cette proportion variait peu selon les régions, ce qui peut probablement être expliqué en partie par le devis expérimental mis en place à l'été 2014. En effet, les groupes de parcelles retenues pour l'étude d'efficacité présentaient des caractéristiques environnementales assez similaires afin d'atténuer les limites méthodologiques d'études précédentes. En 2014, deux stations entomologiques ont été placées dans chacune des parcelles de 4 km².

Au total, 11 413 lots de moustiques ont été testés pour le VNO au cours de la saison 2014. Parmi eux, 119 (1 %) étaient positifs pour le VNO. En Ontario, l'activité virale chez les moustiques semble plus faible par comparaison au Québec. En effet, sur un total de 14 116 lots de moustiques testés pour le VNO en Ontario en 2014, seulement 56 (0,4 %) ont été positifs pour le VNO, soit une proportion 50 % plus faible par comparaison au Québec (tableau 1).

Tableau 1 Nombre de cas humains, d'animaux et de lots de moustiques positifs pour le VNO au Canada, saison 2014 (du 1^{er} janvier au 1^{er} novembre 2014)

Province	Cas humains	Cas avec atteinte neurologique	Populations de moustique testées	Lots de moustiques positifs (%)	Oiseaux morts	Chevaux
Ontario	11	3 (27 %)	14 116	56 (0,4 %)	6	1
Québec	6	5 (83 %)	11 413	119 (1,0 %)	8	4
Reste du Canada	5	1 (20 %)	2 565	44 (1,7 %)	2	16

Source des données : ASPC, Rapport national de surveillance - semaines de surveillance 43 et 44 (2014)[12].

Surveillance animale

Le MAPAQ a confirmé 4 chevaux positifs et le Centre québécois sur la santé des animaux sauvages (CQSAS) a confirmé 11 oiseaux positifs⁴ pour le VNO en 2014.

⁴ Nombre d'oiseaux rapporté différent du tableau 1 à cause de sources de données différentes.

5 Recommandations

Dans l'avis original de 2013, l'INSPQ avait émis 14 recommandations incluant la surveillance, la lutte contre les moustiques, la formation et l'information des intervenants cliniques et de santé publique, le processus décisionnel et de gouvernance, la recherche et l'intégration dans une perspective de lutte contre les zoonoses et les changements climatiques.

Puisqu'il n'existe actuellement aucun traitement spécifique pour lutter contre le VNO, ni de vaccin mis en marché pour prévenir l'infection chez l'humain, l'intervention préconisée dans l'avis scientifique de 2013 était axée sur la prévention et la surveillance entomologique, animale et humaine, ainsi que la mise en place d'un programme d'application de larvicides en début d'été, dans un but de réduire le nombre de moustiques et diminuer la possibilité d'être piqué par des moustiques infectés par le VNO.

L'INSPQ a intégré les recommandations de l'avis 2013 et celles de l'addenda 2014. De plus, de nouvelles recommandations ont été émises alors que d'autres ont été enrichies. Comme par le passé et selon les orientations du MSSS, l'INSPQ soutiendrait le MSSS dans le nombre d'applications et l'étendue pour les larvicides et dans le nombre et les vecteurs et recherche des micro-organismes pour la surveillance entomologique.

Les bases de l'avis scientifique originales n'ont pas changé depuis sa publication et les recommandations originales s'appliquent toujours. Toutefois, ce nouvel avis scientifique vise à fournir des précisions pour aider la prise de décision concernant le choix de stratégie dans la gestion du risque de transmission du VNO pour 2015 et pour les années subséquentes. Il pourra être révisé avec l'évolution des connaissances scientifiques.

Il est à noter que ces recommandations n'interpellent pas seulement le MSSS, mais également d'autres instances, dont l'INSPQ, les directions régionales de santé publique (DSP), MAPAQ et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC).

5.1 Sur la surveillance pour 2015

5.1.1 HUMAINE

R1) Recommandation : maintenir la surveillance des cas humains

L'INSPQ recommande le maintien de la surveillance des cas humains par le biais des maladies à déclaration obligatoire et d'intégrer les données de surveillance dans le SIDVS-VNO.

Objectif

Documenter l'épidémiologie de la maladie au Québec et de suivre les tendances temporelles et spatiales, afin d'évaluer le fardeau médical de la maladie et identifier des tendances saisonnières, ainsi que la distribution géographique de la maladie.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

L'infection chez l'humain est le plus souvent asymptomatique (70 à 80 %)[13,14]. Les infections symptomatiques s'apparentent, pour la majorité, au syndrome d'allure grippale : fièvre, myalgies, céphalées, problèmes gastro-intestinaux et un rash maculo-papulaire[15]. Dans moins de 1 % des cas, une maladie grave avec une atteinte neurologique (encéphalite,

méningite aseptique ou paralysie flasque aiguë) peut se développer. La proportion de cas graves augmente proportionnellement avec l'âge et le risque pourrait être aussi élevé qu'une personne sur cinquante parmi ceux âgés de 65 ans et plus[16]. Ces manifestations peuvent se chevaucher et peuvent entraîner des séquelles à long terme, incluant la dépression, la fatigue chronique, des problèmes cognitifs, d'incapacité motrice ou de paralysie[17]. Aux États-Unis, la létalité se situe à 10 % pour les cas d'infection neurologique et ce taux serait supérieur parmi les personnes âgées de plus de 70 ans[18]. En raison de cette morbidité et de mortalité importante, il apparaît plus que justifié de continuer à surveiller l'évolution de cette maladie au Québec. La surveillance humaine permet en effet de dresser un portrait épidémiologique de la maladie permettant d'orienter les interventions en santé publique.

Limites de la connaissance

On possède toutefois très peu de données qui permettent d'évaluer le sous-diagnostic des cas et le fardeau de la maladie chez l'humain au Québec. De plus, à ce jour, il n'existe pas d'outils pour prédire le nombre de cas, l'évolution, ni les conséquences à moyen et à long terme de cette maladie.

5.1.2 ENTOMOLOGIQUE

R2) Recommandation : maintenir la surveillance entomologique active

L'INSPQ recommande le maintien de la surveillance entomologique avec des stations de référence fixes de la première semaine de juin à la dernière semaine de septembre chaque année. La surveillance entomologique consiste en une collecte de moustiques, une identification et un comptage, et un dépistage subséquent du VNO. La présence d'un lot de moustiques femelles positifs pour le VNO indique un foyer localisé de transmission potentielle du VNO. Les indicateurs fournis par la surveillance entomologique sont l'abondance des espèces, leurs taux d'infection et leurs indices vectoriels.

La surveillance entomologique devrait cibler prioritairement les moustiques du groupe *Culex pipiens/restuans*, suspectés de contribuer principalement à la transmission du VNO. Les stations ayant un historique de surveillance (2000-2006, 2013-2014) devraient être choisies de préférence.

La surveillance entomologique du VNO est un mode de surveillance active. Actuellement, la surveillance entomologique se fait via l'installation de pièges à moustiques de type « CDC Miniature Light Trap », composés d'une trappe contenant une lampe à ultraviolet et de la glace sèche (CO₂), qui attirent les femelles de moustiques en quête de repas de sang. La capture s'effectue selon un protocole standardisé : installation des pièges en après-midi et collecte des moustiques l'avant-midi suivant. Les spécimens de moustiques sont identifiés à l'espèce ou au groupe d'espèces (selon l'état des spécimens) à la loupe binoculaire et comptés.

Le réseau des stations entomologiques doit être établi de façon à être représentatif de l'ensemble d'un territoire. La localisation d'une station doit être déterminée afin qu'elle soit représentative d'un secteur. Un secteur est une zone géographique relativement homogène selon des considérations environnementales (paysage, infrastructures, milieux naturels, habitats larvaires de moustiques), démographiques (densité de population humaine) ou opérationnelles (zone traitée/non traitée). L'emplacement du piège à une station entomologique doit être choisi selon de multiples critères, notamment la performance de capture (ex. absence de compétition lumineuse, abri du vent), de la sécurité (ex. vol, vandalisme, danger de la glace sèche) et de l'accès (permission des propriétaires).

L'extrapolation des données (ponctuelles) d'une station entomologique au secteur environnant doit être faite avec prudence.

La surveillance entomologique devrait être maintenue, indépendamment des décisions relatives à la stratégie de gestion des populations de vecteurs.

Objectif

Le but de la surveillance entomologique est de documenter la présence du vecteur et du virus dans un secteur géographique donné, afin d'estimer le risque de transmission à l'humain. Le but est également de suivre l'évolution de l'activité VNO selon les années, puisqu'il s'agit d'une surveillance active standardisée.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

La surveillance entomologique est utile pour déterminer les changements dans la répartition géographique et la densité des espèces vectrices, elle sert à identifier les zones d'infestation de haute densité ou des périodes d'augmentation des populations vectrices, obtenir des mesures relatives de la population de vecteurs dans le temps, faciliter les décisions appropriées et opportunes concernant les interventions et permettre l'évaluation des programmes de contrôle[19]. Cette surveillance peut également contribuer à l'évaluation du risque de transmission du VNO afin d'identifier les secteurs où des interventions préventives sont nécessaires[20].

En Amérique du Nord, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan et la majorité des états aux États-Unis conduisent des activités de surveillance entomologique chaque année[21,22].

Au Québec, le VNO est principalement transmis à l'humain par l'intermédiaire des moustiques du genre *Culex*. Il a été estimé que les espèces *Culex pipiens* et *Culex restuans* représentent environ 80 % du risque de transmission du VNO aux humains dans le nord-est de l'Amérique du Nord[23].

À court terme, la surveillance entomologique effectuée en temps réel constitue l'indicateur précoce de l'activité virale dans une zone géographique donnée, permettant d'identifier un risque potentiel de transmission à l'humain. Elle permet également de moduler en cours de saison les activités de communication populationnelle et auprès des professionnels de la santé afin de diminuer le risque pour l'humain.

À long terme, la surveillance entomologique continue permet de dresser un portrait entomologique couvrant plusieurs années et maintenir les capacités techniques et scientifiques, afin de mieux comprendre le phénomène du VNO et l'écologie des espèces vectrices, étant donné la grande variabilité interannuelle.

Au Québec, la surveillance entomologique des moustiques n'a pas été réalisée sur une base régulière depuis l'apparition du VNO et dans ce contexte, les données ne permettent pas une analyse efficace du phénomène d'autant plus qu'une grande variabilité annuelle de la présence du virus est observée. Le maintien d'un certain nombre de stations entomologiques permettrait certainement de mieux comprendre le phénomène du VNO et l'écologie du virus ainsi que la contribution des différentes espèces de moustiques dans le processus de transmission. Par ailleurs, dans un contexte où des changements climatiques importants sont à prévoir au cours des prochaines années, il apparaît nécessaire de déceler rapidement les changements potentiels dans le cycle de transmission du virus.

Limites de la connaissance

La surveillance entomologique est la seule méthode permettant de quantifier la présence du vecteur et le taux d'infection des moustiques dans un secteur géographique donné. Par contre, la surveillance entomologique est réalisée principalement dans les zones où l'activité du VNO a été documentée par le passé. Cela pourrait biaiser la surveillance entomologique, étant donné que la présence de moustiques positifs dans d'autres zones que les zones de surveillance n'est pas identifiée. Toutefois, il est peu probable que ce biais soit significatif. En effet, le nombre de cas humains dans une région est étroitement lié à la présence de moustiques infectés. Il est possible que des moustiques infectés circulent dans des régions en périphérie des régions historiquement affectées, mais l'abondance de ceux-ci est probablement faible.

Un programme de surveillance entomologique de référence (avec des stations fixes) ciblé sur les zones où le VNO a été le plus actif dans le passé ne permet pas la prévision ou la surveillance efficace de la maladie dans les zones de faible endémicité ou en émergence[5].

La surveillance entomologique doit être maintenue chaque année pour être utile dans la prévision des cas humains. Par exemple, à partir des données de surveillance entomologique du Colorado aux États-Unis entre 2003 à 2007, une étude a montré que l'indice vectoriel a été fortement corrélé avec la variation temporelle et spatiale des cas humains du VNO de la même année[20]. Cependant, en considérant un scénario qui simulait un arrêt de la surveillance entomologique au cours d'une année, en raison d'un manque de moyens financiers, les données disponibles pour les autres années n'ont pas permis de prédire les cas humains pour l'année sans financement.

5.1.3 ANIMALE

R3) Recommandation : maintenir la surveillance passive des chevaux

L'INSPQ recommande la poursuite de la surveillance passive des chevaux par le biais du programme de surveillance des maladies à transmission vectorielle du MAPAQ, ainsi que de la saisie des données de surveillance dans le SIDVS-VNO.

Objectif

Le but de la surveillance des chevaux est d'identifier les régions où l'on retrouve une transmission active du VNO chez les mammifères. Cela permet de recueillir de l'information sur l'activité du virus dans les différentes régions du Québec relativement aux zones à risque, afin de prévenir les risques associés au VNO pour les humains et les chevaux.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Comme les humains, les chevaux sont les hôtes accidentels de l'infection par le VNO. La présence d'un animal infecté dans une région, lorsqu'il n'a pas voyagé, confirme une transmission active du VNO dans le secteur visé.

Limites de la connaissance

La vaccination des chevaux peut être associée à une diminution du nombre de cas déclarés. Il se peut également que les cas ne soient pas systématiquement signalés par les médecins vétérinaires.

R4) Recommandation : maintenir la surveillance aviaire passive et ne pas reprendre la surveillance aviaire active

L'INSPQ recommande la poursuite d'une surveillance aviaire passive par le biais de la surveillance de l'influenza par le CQSAS. L'INSPQ ne recommande pas la reprise de la surveillance aviaire active.

Objectif

Le but de la surveillance aviaire est de recueillir de l'information sur le début d'activité du VNO dans les différentes régions du Québec. Le CQSAS réalise une surveillance passive des oiseaux morts dans le cadre du programme de surveillance sur l'influenza aviaire dont le but est d'identifier la cause du décès des oiseaux. Il est aussi recommandé de continuer la surveillance aviaire passive afin d'avoir un portrait épidémiologique couvrant plusieurs années et de maintenir les capacités techniques et scientifiques, afin de mieux comprendre le phénomène du VNO et l'écologie de la maladie chez les oiseaux.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

La surveillance aviaire passive complète la surveillance entomologique, signale le début de la saison et documente l'épidémiologie de la maladie. La présence d'un oiseau positif pour le VNO n'est pas un indicateur local de la transmission active dans la région où l'oiseau est retrouvé, étant donné que les oiseaux peuvent parcourir de larges distances une fois infectés. Cependant, la survenue des cas chez les oiseaux précède généralement d'une à deux semaines la déclaration des premiers cas chez les humains[24-28].

L'utilisation des données de mortalité aviaire complète la surveillance entomologique afin de quantifier localement l'activité épizootique[29]. Toutefois, l'utilisation des données de surveillance aviaire ne permettrait pas de cibler les interventions préventives en matière de protection personnelle, communautaire ou environnementale pendant la saison estivale. L'INSPQ est d'avis qu'utilisées à la fin d'une saison, ces données permettent de documenter l'épidémiologie de la maladie (ex. établir un lien entre un nombre inhabituel de signalements d'oiseaux morts ou moribonds et une saison de VNO importante chez l'humain) et d'orienter les interventions des prochaines années (ex. faire un bilan des lieux de signalement démontrant la dispersion de l'activité VNO).

Limites de la connaissance

Il réside des incertitudes quant à l'utilisation des données de mortalité aviaire dans le but d'avoir une indication d'une saison au cours de laquelle le risque de transmission du VNO serait important pour les humains.

Lors de situation exceptionnelle et en présence de données de surveillance aviaire des années précédentes, une augmentation de la mortalité des corvidés tôt en saison pourrait être une indication d'une saison posant un risque important pour les humains. Une telle situation a été documentée au Texas (États-Unis) lors de la saison 2012, année au cours de laquelle le nombre de cas de VNO a atteint des niveaux d'une grande magnitude. À la mi-septembre 2012, Nature News avait alors sorti un article intitulé *Birds sound the alarm on WNV*[30]. On y lisait que le nombre élevé de corneilles et geais bleus morts dénombrés à Houston avait servi d'alerte précoce de l'éclosion, dès le mois de juin. Cette situation anormale a pu être mise en évidence par les services de santé publique de Houston puisque, depuis 2005, ils font la surveillance active du VNO chez les oiseaux vivants. De plus, leur capacité de dénoter une mortalité inhabituelle chez des oiseaux en 2012 était basée sur une comparaison

avec des données de surveillance d'années antérieures. Toutefois, la mortalité chez les oiseaux n'a pas été un bon indicateur d'éclosion partout aux États-Unis en 2012. En Californie, où le nombre de cas humains a augmenté au cours du même été, les oiseaux semblaient mieux survivre qu'avant[31].

5.1.4 SUIVI MÉTÉOROLOGIQUE

R5) Recommandation : maintenir le suivi météorologique

L'INSPQ recommande le maintien du suivi météorologique en lien avec le VNO.

Objectif

L'objectif du suivi météorologique est d'estimer le potentiel d'amplification du VNO chez les moustiques infectés en déterminant si les conditions météorologiques sont favorables au développement de la virémie du VNO.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Le développement des moustiques et le taux d'amplification du VNO chez les moustiques sont influencés par une température élevée[32,33]. La période d'incubation est similaire à la durée de vie moyenne des moustiques, la température affecte fortement la proportion de moustiques qui vivent assez longtemps pour transmettre la maladie[33,34].

Le temps médian entre un repas de sang infectieux et la capacité de la femelle à transmettre le VNO est appelé la période d'incubation extrinsèque (PEI). Le seuil arbitraire dans cet indicateur (109 degrés-jours >14 °C) est basé sur le fait qu'une virémie maximale du VNO est atteinte chez les moustiques californiens après l'accumulation de 109 degrés-jours au-dessus de 14 °C[32,33].

Le suivi météorologique fait partie de certains systèmes de surveillance intégrée du VNO, en complément à la surveillance entomologique, tel que recommandé par les CDC des États-Unis[29], le département de la santé publique de l'État de la Californie[35] et d'autres États américains, ainsi qu'en Ontario[31].

Au Québec, la station météorologique McTavish, au centre-ville de Montréal, a été choisie pour faire le suivi météorologique au cours des saisons 2012 et 2013. Cette station est représentative de l'environnement urbain, près de « l'épicentre » du VNO et présente peu de données météo manquantes. Par contre, une seule station n'est pas représentative des variations de température dans l'ensemble du Québec. Toutefois, le choix d'une seule station permet de suivre l'évolution des degrés-jours en cours de saison et permet la comparaison aux années précédentes. De plus, il est entendu que les facteurs météorologiques varient localement (ex. microaverses), mais leur cartographie fine sur une base quotidienne nécessiterait la mise en place d'un système d'analyse complexe dont le coût-efficacité n'a pas été évalué.

Limites de la connaissance

La méthodologie utilisée pour déterminer le seuil de l'indicateur du suivi météorologique est une adaptation d'une étude réalisée en Californie[32], où le vecteur principal du VNO (*Culex tarsalis*) est une espèce différente de celle observée au Québec (*Culex pipiens/restuans*). L'environnement climatique de ces deux territoires est aussi différent. Ainsi, le suivi

météorologique a été utilisé seulement à titre exploratoire puisque cette méthode n'a pas été validée spécifiquement pour le Québec.

Des études sur l'influence de la température sur l'infection de *Culex pipiens* par le VNO au nord-est des États-Unis et au Canada révèlent que le lien ne serait pas aussi linéaire que le prédit le modèle californien et qu'il n'y aurait pas de seuil prédictif d'une augmentation de l'infection (en fait, plus les degrés-jours augmentent, plus le risque augmente)[34,36]. Certains auteurs indiquent aussi que le calcul des degrés-jours devrait s'effectuer avec 9 ou 10 degrés Celsius pour *Culex pipiens*[37-39].

5.1.5 SURVEILLANCE INTÉGRÉE : ÉVALUATION DU RISQUE AU COURS DE LA SAISON

R6) **Recommandation : effectuer une surveillance intégrée du VNO**

L'INSPQ recommande d'effectuer une surveillance intégrée du VNO, soit d'utiliser les données de surveillance humaine, entomologique et animale, pour évaluer l'activité du VNO et le risque de transmission du VNO à l'humain en cours de saison et à la fin d'une saison.

Objectif

Les données de surveillance du VNO permettent de documenter l'épidémiologie de cette maladie au Québec. Elles permettent de cibler les interventions préventives en matière de protection personnelle, communautaire ou environnementale et d'orienter les interventions préventives à mettre en place dans les prochaines années. Les objectifs de la surveillance intégrée du VNO sont les suivants :

- Pour la surveillance humaine : évaluer le fardeau médical de la maladie et identifier des tendances saisonnières, ainsi que la distribution géographique de la maladie;
- Pour la surveillance entomologique et animale : documenter la transmission virale dans les RSS (prédéterminées dans le cas de la surveillance entomologique), afin d'estimer le risque d'infection chez l'humain.

La diffusion des données de surveillance intégrée du VNO devrait se faire par des communications périodiques déposées sur Internet et destinées aux décideurs du MSSS, aux directions régionales de santé publique, aux autres partenaires et à la population.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

La surveillance intégrée du VNO donne un portrait global de l'activité du VNO au cours d'une saison par la présentation de l'ensemble des données de surveillance (humaines, entomologique et animales). Elle renseigne sur le début et la fin de la saison, la présence d'une corrélation temporelle entre l'augmentation des cas humains et l'augmentation des indicateurs de la surveillance entomologique (en particulier, l'indice vectoriel). Elle permet également de soutenir l'analyse de risque de transmission à l'humain par la détection de changements géographiques et temporels de l'activité virale du VNO et d'orienter les interventions préventives à mettre en place pour lutter contre cette maladie.

5.2 Sur les interventions pour 2015

5.2.1 CONTRÔLE DES MOUSTIQUES

R7) **Recommandation : maintenir l'application préventive de larvicides**

L'INSPQ recommande l'application préventive de larvicides, débutée avant la confirmation de l'activité virale pour l'année en cours et avant que l'abondance des moustiques infectés au VNO ne soit trop élevée. Il est démontré que l'efficacité du contrôle larvaire dépend entre autres de la capacité à effectuer les traitements tôt en saison.

Un monitoring des gîtes à cette période est crucial afin d'identifier le meilleur moment pour commencer les épandages. En ce qui concerne le premier traitement estival, des efforts doivent être faits pour que l'ensemble du territoire ciblé soit traité dans un délai relativement court afin d'assurer une efficacité plus homogène de l'intervention.

Au minimum, deux autres applications sont nécessaires en cours de saison, idéalement en juillet et en août, avant la diapause des moustiques. Une application de larvicides est reconnue peu utile à partir de la mi-août en raison de la diapause des moustiques. Il pourrait être par contre nécessaire de reprendre des applications préventives si les conditions météorologiques nuisaient à l'efficacité des applications initiales (ex. lessivage des puisards).

L'INSPQ ne recommande pas d'emblée l'application corrective de larvicides.

Objectif

Réduire les populations de larves de moustiques impliqués dans la transmission du virus avant la confirmation de l'activité virale pour l'année en cours de façon à réduire les populations adultes et à limiter très tôt le potentiel d'amplification du virus et de transmission à l'humain.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Deux espèces du genre *Culex* sont identifiées comme cibles prioritaires de lutte au Québec (*Culex pipiens* et *Culex restuans*). Une application préventive de larvicides doit être effectuée au début de la saison (juin) dès l'apparition de la première génération de larves de moustiques appartenant à l'espèce *Culex pipiens/restuans* et avant que ne surviennent les premiers cas humains d'infection par le VNO.

La littérature scientifique est unanime sur les deux grandes approches de contrôle des moustiques à mettre en place pour réduire les risques d'infection au VNO par une réduction de l'abondance des moustiques infectés par ce virus[40-42]. La première approche consiste à appliquer des larvicides dès le début de la saison afin de diminuer de façon significative les populations de larves et par extension, de réduire le développement subséquent de la population de moustiques adultes. La seconde approche consiste à appliquer des adulticides afin d'agir directement sur la population de moustiques adultes. Certains auteurs notent que ces deux approches de contrôle constituent probablement les seules options de protection de la santé publique à l'exception peut-être de la protection personnelle faisant appel à l'utilisation d'insectifuges[41]. Selon leurs particularités (ex. importance du nombre de cas, environnement, climat, acceptabilité sociale, etc.), les gestionnaires de la santé ont décidé d'appliquer une des deux approches ou les deux à la fois.

Le contrôle larvaire est une approche proactive et certains auteurs[29,31,40-42] sont d'accord pour dire que c'est l'approche principale à privilégier dans le contrôle des moustiques. Les programmes de contrôle proactifs visent la prévention des cas humains par la réduction des populations de moustiques sous le seuil où le risque de transmission découlant du cycle d'amplification moustiques oiseaux à l'humain sera minimal. Il est démontré que l'efficacité du contrôle larvaire réside dans la capacité à effectuer les traitements tôt en saison[41,42]. En effet, les programmes proactifs agissent plus tôt dans la saison et semblent plus efficaces sur le nombre de cas humain, puisque leurs effets persistent en cours de saison. Les programmes réactifs d'urgence (qui sont mis en place seulement suite à l'apparition de cas humain), semblent moins efficaces pour contrôler les éclosions que les programmes réactifs d'urgence suite à l'apparition de cas humains. Dans ce sens, l'INSPQ ne recommande pas d'emblée l'application corrective de larvicides. Une des principales faiblesses des programmes correctifs est que lors de leur mise en œuvre, le virus est déjà amplifié à un niveau épidémique et que la transmission à l'humain est déjà débutée[41].

Il est difficile de préciser le niveau d'efficacité de l'utilisation de larvicides seuls (sur les moustiques ou sur les cas humains), car la majorité des études, principalement américaines, ont utilisé en complémentarité des approches de contrôle proactives avec des larvicides et réactives avec des adulticides[40-45]. Par ailleurs, il s'agit d'études écologiques dont les résultats ont été influencés par une multitude de facteurs et il est généralement impossible de connaître la contribution de chacune des approches à la réduction des cas humains. Par contre, la plupart des auteurs s'entendent sur l'importance des applications de larvicides pour briser le cycle d'amplification du virus et favoriser la réduction des cas humains.

En utilisant l'incidence de cas humains comme mesure d'efficacité, Reisen et Brault[41] ont observé que les programmes proactifs avaient été plus efficaces que les approches réactives pour protéger le public. Pour appuyer leur constat, les auteurs donnent en exemple les différences observées entre la Californie et le Colorado, deux régions avec des approches de contrôle très différentes. La Californie qui possède un programme de contrôle des moustiques relativement bien structuré a mesuré des niveaux d'incidences pour 100 personnes variant entre 2,34 et 2,64 pour les saisons 2004 et 2005. En contrepartie, un taux d'incidence de 63,24 pour 100 personnes a été mesuré au Colorado pour lequel les programmes de contrôle sont beaucoup moins organisés. D'autres études ont démontré que les programmes de contrôle (proactifs et réactifs) pouvaient contribuer à la réduction des cas humains, mais sans qu'on puisse en déduire la contribution de l'une ou l'autre approche[46].

Tedesco *et al.*[42] ont comparé le nombre de cas humains dans différents quartiers de Chicago avec des pratiques de contrôles des moustiques très différentes. Dans les quartiers de Plaines Valley et Northwest qui pouvaient compter sur une politique bien structurée et vigoureuse de contrôle des moustiques, peu de cas humains ont été identifiés pour l'année de référence 2002 (14 et 37 respectivement). Par contre, dans les quartiers de South Cook et North Shore qui possédaient plutôt un programme de contrôle plus limité et moins organisé, en plus de ne pas avoir reconnu l'efficacité et l'importance du contrôle des moustiques pour réduire les cas humains, 192 et 241 cas ont respectivement été comptabilisés pour la même année.

Palmisano *et al.*[40] ont aussi noté qu'en intensifiant de façon substantielle les traitements avec des adulticides et des larvicides en plus de débiter les applications de ces derniers plus tôt en début de saison 2002, ils avaient observé une diminution par un facteur de presque 10 de la quantité de moustiques capturés entre les mois de mai et août comparativement à la moyenne des cinq années précédentes ou les quantités mesurées dans les pièges avaient diminué

seulement d'un facteur 2. La population de larves de *Culex pipiens quinquefasciatus* a été diminuée par un facteur 8 pour les mêmes périodes mensuelles et années de comparaison. Ces données, qui font référence à des applications de larvicides dans des fossés en bordure de routes en Louisiane, soutiennent le besoin de traiter les gîtes artificiels pour réduire les populations de moustiques et démontrent que ces traitements peuvent permettre de diminuer significativement les populations de larves et par extension les populations de moustiques adultes.

Schäfter et Lundström[47] ont aussi démontré que l'application intensive de Bti dans des zones humides permettait de réduire les moustiques de façon significative. Cette étude a aussi démontré qu'une couverture d'au moins 90 % de l'habitat ciblé était nécessaire pour obtenir une diminution significative des moustiques. Ces données soulèvent l'importance de pouvoir traiter l'ensemble des gîtes naturels et artificiels dans un secteur visé. Ces données sont d'ailleurs cohérentes avec les pratiques en matière de contrôle de la nuisance. L'étude a aussi démontré une mortalité de presque 100 % de l'abondance des larves ce qui est concordant avec d'autres études ayant évalué l'efficacité du Bti. L'étude de Hribar *et al.*[48] a par ailleurs démontré une diminution significative des populations de moustiques suite à l'utilisation intensive de Bti dans des refuges sur des îles au large des Keys de la Floride. Ces applications ont aussi permis de réduire de façon considérable les applications aériennes sur ces sites entre 1999 et 2010 où on est passé de superficies traitées de 64 211 hectares à 6 334 respectivement.

À l'été 2014, l'INSPQ a réalisé une étude visant à évaluer l'efficacité de l'application préventive de larvicides à réduire l'abondance des moustiques *Culex pipiens/restuans* et *Aedes vexans*[49]. Les données de contrôle de qualité effectuées par la SOPFIM ont démontré un taux de mortalité des larves de près de 100 % dans les puisards de rue traités avec du méthoprène au Québec en 2014[50]. Tout comme ce fut fait dans de nombreuses études, l'efficacité des larvicides à tuer les larves a très bien été démontrée. En ce qui concerne l'efficacité des traitements pour diminuer l'abondance de moustiques adultes, infectés ou non, l'étude a démontré une diminution significative moyenne de 23 % des *Culex* après exclusion des valeurs aberrantes. Lorsque les semaines précédant habituellement la déclaration des premiers cas humains sont considérées (semaines 33 à 37, 10 août au 13 septembre 2014), la réduction de l'abondance de *Culex* est de 30 %. Le traitement par larvicide a aussi permis de diminuer d'environ 60 % l'abondance des moustiques *Aedes vexans* dans les zones où leur reproduction est plus importante (faible proportion d'îlots de chaleur).

Plusieurs facteurs nous amènent à croire que l'efficacité des traitements en conditions opérationnelles pourrait être plus importante. Tout d'abord, il est important de préciser qu'en raison d'une redéfinition de la zone à risque, le devis initial a dû être modifié et la zone d'étude a été réduite de façon significative. Ainsi, la couverture des traitements dans la zone à risque a été moins importante et la répartition des parcelles traitées et non traitées a dû être faite sur une zone plus réduite. En conséquence, il est probable que les taux d'efficacité mesurés sous-estimaient l'efficacité réelle des traitements en raison d'une couverture moins importante. De plus, comme discuté précédemment, la date des premiers traitements a une influence considérable sur l'efficacité à réduire l'abondance des moustiques. Or, au cours de l'été 2014, un intervalle de presque un mois a été observé entre la date de début et la date de fin du premier traitement dans certaines zones. Les retards observés dans ces zones ont potentiellement pu influencer nos résultats. On a aussi déjà indiqué que pour être efficace de façon optimale, l'application de larvicides dans les gîtes artificiels ou naturels devait couvrir une grande superficie des habitats ciblés. Au cours de l'étude de 2014, certaines zones ont été

considérées comme étant des artéfacts en raison de la grande difficulté à réduire le nombre de moustiques dans ces zones. Il a été conclu que des gîtes non traités en raison du caractère privé des propriétés auraient pu contribuer à cette situation. Ce fait soulève l'importance de ces gîtes dans la prolifération des moustiques et la nécessité de pouvoir les traiter pour accroître l'efficacité globale des activités de contrôle.

Il faut se questionner sur la signification et l'importance d'une réduction minimale de 20 % à 26 % de l'abondance des *Culex*. Reisen et Brault[41] indiquent que plusieurs études ont démontré une réduction moyenne de 30 % des moustiques adultes suite à l'utilisation d'adulticides. Certains de ces résultats ont été contestés par les intervenants du milieu du fait que ces études à caractère expérimental n'étaient pas représentatives de situations réelles sur le terrain et qu'on surestimait probablement l'efficacité des adulticides. Les valeurs mesurées dans l'étude de l'INSPQ se rapprochent assez des valeurs moyennes d'efficacité pour le contrôle avec des adulticides tel que rapporté par Reisen et Brault[41] et il y a lieu de croire que les traitements avec des larvicides seuls, s'ils sont réalisés de façon optimale, contribuent à la réduction des populations de moustiques adultes et devraient contribuer à réduire très tôt le cycle d'amplification du virus. Par ailleurs, il est bien établi qu'une réduction de l'abondance des populations de moustiques, sans faire référence à une technique de contrôle en particulier, a pour effet de réduire le nombre de cas du VNO chez l'homme[20,39,51-53].

Cette recommandation s'appuie sur l'ensemble des données actuellement disponibles dans la littérature (voir un résumé aux tableaux 2 à 4 de l'annexe 1)[20,39-42,47,48,51-53] ainsi que sur les résultats 2014 de l'étude d'efficacité des larvicides de l'INSPQ, qui démontre une réduction de la population de *Culex pipiens/restuans* et d'*Aedes vexans* dans les zones traitées par les larvicides[49]. L'absence d'un traitement médical spécifique pour le VNO et le fait qu'il n'existe actuellement pas de vaccin disponible pour prévenir l'infection chez l'humain obligent à considérer la lutte anti-vectorielle comme la meilleure option pour lutter contre le VNO. Cette recommandation s'appuie également sur les connaissances des experts du groupe scientifique sur le VNO de l'INSPQ, ainsi que les lignes directrices des bonnes pratiques de gestion intégrée de santé publique contre le VNO de l'Ontario, des États-Unis et de l'Europe, régions également aux prises avec le VNO[54-57]. Selon une enquête réalisée par l'INSPQ dans le contexte du développement d'une approche multicritères de priorisation des interventions, plusieurs acteurs québécois impliqués dans ce dossier à différents niveaux considèrent que l'application de larvicides est encore la méthode la plus appropriée et la plus socialement acceptable[58]. Les recommandations futures prendront en considération les données de recherche internationale et scientifique les plus à jour, incluant les résultats finaux de l'étude d'évaluation de l'efficacité des larvicides réalisée par l'INSPQ en 2014.

Limites de la connaissance

La principale limite en matière de connaissances sur l'efficacité des larvicides est liée à la difficulté à déterminer la contribution relative des larvicides à diminuer les populations de moustiques adultes et par extension, le nombre de cas humains de VNO dans un contexte où des adulticides ont généralement été utilisés en complémentarité. S'il est acquis que l'utilisation de larvicides contribue à réduire de façon très significative les larves de moustiques impliqués dans la transmission du VNO tout en contribuant à réduire les populations adultes et à limiter très tôt le cycle d'amplification du virus, la majorité des études étaient de type écologique et portaient sur l'utilisation en complémentarité des approches de contrôle proactive avec des larvicides et réactive avec des adulticides.

R8) Recommandation : ne pas utiliser d'adulticides

Dans l'état actuel des connaissances et du contexte épidémiologique du VNO au Québec, l'INSPQ recommande de ne pas utiliser d'adulticides.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

L'application d'adulticides est une approche réactive et complémentaire à l'application de larvicides souvent mise en place lors de l'apparition des premiers cas humains, quoique les pratiques peuvent différer pour diverses considérations. S'il a bien été démontré que l'utilisation de ces produits pouvait contribuer à la réduction de l'ordre de 25 à 40 % de l'abondance des moustiques et[43,44], dans une moindre mesure des cas humains[45,59], cette approche semble peut appropriée à la situation du Québec, du moins dans le contexte actuel.

Cette recommandation n'exclut pas le recours éventuel à des approches complémentaires comme l'application à des adulticides si la situation épidémique l'exigeait, mais dans le contexte québécois actuel, l'utilisation de larvicides demeure l'outil privilégié par le Comité d'experts. Plusieurs facteurs militent en faveur de la non-utilisation des adulticides. En contrepartie, l'efficacité des larvicides est acquise par les experts du domaine et plusieurs provinces ou pays ont recours à l'utilisation des larvicides seuls pour contrôler les moustiques (tout en étant conscient que le niveau d'efficacité varie selon plusieurs conditions). Selon une enquête réalisée par l'INSPQ dans le contexte du développement d'une approche multicritères de priorisation des interventions, plusieurs acteurs québécois impliqués dans ce dossier à différents niveaux considèrent encore que l'application de larvicides est la plus appropriée et la plus socialement acceptable[58].

Par ailleurs, le seul adulticide actuellement homologué au Canada par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada pour le contrôle des moustiques présente un risque de toxicité non négligeable pour la population et pour l'environnement[60,61]. Le malathion a d'ailleurs été récemment classé comme cancérigène probable par l'Agence internationale de recherche sur le cancer (AIRC)[62]. De plus, le Québec ne détient ni les équipements optimaux ou l'expertise technique, ni l'expertise dans l'utilisation des adulticides, contrairement aux États-Unis ou autres pays qui les utilisent tant pour réduire la nuisance que pour le contrôle vectoriel. Les coûts d'une mise en service d'un contrôle aérien et terrestre des moustiques adultes avec ces produits pourraient être très élevés.

Enfin, l'acceptabilité sociale des pesticides chimiques est relativement faible au Québec. La perception du risque lié aux adulticides par rapport au risque d'infections graves par le VNO est en faveur du rejet de ce type de traitement[63,64]. En effet, l'acceptabilité sociale des applications de larvicides et d'adulticides a été documentée en 2004 et 2005 auprès d'une vingtaine de personnes issues notamment du milieu municipal, de groupes environnementaux et de la santé publique québécoise. Les participants ont jugé l'application d'adulticides inacceptable et la perception du risque lié aux adulticides par rapport au risque d'infections graves par le VNO était en faveur du rejet de ce type de traitement.

Limites de la connaissance

La principale limite en matière de connaissances sur l'efficacité des adulticides est liée à la difficulté à déterminer la contribution relative des larvicides à diminuer les populations de moustiques adultes et par extension, le nombre de cas humains de VNO. Par ailleurs, des

incertitudes persistent sur les risques sanitaires et environnementaux de l'utilisation de ces produits.

R9) Recommandation : mettre en place une approche de gestion intégrée de lutte contre les moustiques

L'INSPQ recommande une approche de gestion intégrée de lutte contre les moustiques incluant la collaboration intersectorielle entre les instances gouvernementales et non gouvernementales. Par exemple, les municipalités devraient être approchées afin d'évaluer les changements à considérer dans la gestion des eaux, dans le but de limiter le développement des moustiques.

Objectif

La gestion intégrée de lutte contre les moustiques est un processus de prise de décision pour l'utilisation optimale des ressources pour le contrôle des vecteurs, avec l'objectif de prévenir et contrôler les maladies à transmission vectorielle[65].

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Certains vecteurs sont responsables de plusieurs maladies (tel que le VNO et le virus de l'encéphalite équine de l'Est), qui sont transmises par les moustiques, et certaines interventions sont efficaces contre plusieurs vecteurs (tel que les mesures de protection personnelle[66]. Il est donc logique de coordonner des activités d'intervention afin d'optimiser et de rationaliser la charge de travail et les coûts associés à la gestion des maladies à transmission vectorielle.

L'approche de gestion intégrée est soutenue par l'Organisation mondiale de la Santé et l'Organisation panaméricaine de la santé[65-67]. De plus, cette approche est utilisée ailleurs au Canada[68], notamment en Ontario[69], ainsi qu'aux États-Unis[70] et en Europe[71]. Un bon aperçu des méthodes de gestion intégrée de lutte contre les moustiques vecteurs du VNO en Amérique du Nord est fourni dans un article scientifique publié en 2014 par Bellini, Zeller et Bortel[72].

À cette fin, la prévention et la gestion du VNO devraient être incorporées dans un plan intégré prenant en considération les stratégies de gestion des maladies à transmission vectorielle dans le contexte québécois. Ce plan devrait préciser les activités de surveillance, la communication auprès de la population, les activités de lutte contre les moustiques, la collaboration intersectorielle entre les instances gouvernementales et non gouvernementales et l'évaluation de ces programmes.

Limites de la connaissance

Comme c'est le cas pour d'autres maladies à transmission vectorielle, la mise en œuvre d'une approche de gestion intégrée de lutte contre les moustiques est souvent entravée par la complexité du cycle de transmission, les difficultés à estimer la grandeur de la prochaine épidémie en temps opportun et de l'évaluation des risques associés, ainsi que le manque des données pour effectuer une évaluation du coût-efficacité de certaines interventions[72].

5.2.2 COMMUNICATION DESTINÉE À LA POPULATION

R10) Recommandation : renforcer et actualiser les campagnes d'information

L'INSPQ recommande de renforcer et actualiser en temps opportun une campagne d'information sur la protection personnelle et sur l'élimination des gîtes domestiques en temps opportun et dans les secteurs à risques, c'est-à-dire aux endroits et durant les périodes où le moustique et le virus circulent.

Des messages qui insistent sur le risque à la santé devraient s'adresser à la population générale, en ciblant de façon plus intensive les groupes à risque de complications neurologiques pour l'infection par le VNO (ex. personnes âgées, personnes atteintes d'un système immunitaire affaibli).

Les messages à la population devraient être mis à jour en fonction des nouvelles données de la littérature. À cet effet, nous référons le lecteur à la déclaration relative aux mesures de protection individuelle contre les piqûres de l'Agence de la santé publique du Canada[73].

Il est aussi recommandé de faire des évaluations basées sur une méthodologie structurée, qui devrait permettre d'évaluer :

- les connaissances de la population sur les mesures de protection personnelle, et ce, préférablement avant et après une campagne de communication;
- l'application des mesures de protection personnelle, de façon à évaluer l'efficacité de l'intervention communicationnelle;
- la visibilité des campagnes et la clarté des messages de communication afin de s'assurer que la population visée par l'intervention est atteinte.

Une révision des modes et des messages de communication devrait être faite suite à chaque évaluation pour tenter d'en maximiser l'efficacité.

Objectif

Sensibiliser la population générale ainsi que les personnes vulnérables aux complications neurologiques au risque d'infection par le VNO afin de contribuer à réduire le risque de transmission du VNO par les piqûres des moustiques.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Malgré les connaissances scientifiques actuellement disponibles sur le VNO et l'expérience acquise au Québec et ailleurs, il demeure très difficile de prédire l'ampleur de l'activité virale pour une saison, étant donné la nature épisodique du phénomène observé jusqu'à maintenant en Amérique du Nord. En l'absence de vaccin pour protéger l'humain et de traitement particulier pour soigner les infections causées par le VNO, les experts recommandent la poursuite des mesures de prévention, soit : réduire la population du principal vecteur par l'épandage préventif de larvicides et de communiquer auprès de la population les mesures de protection personnelle et sur l'élimination des gîtes domestiques.

Limites de la connaissance

Même si les notions de porter les vêtements longs, d'utiliser les insectifuges et d'éviter les régions infestées de moustiques pour atténuer le risque de contracter le VNO satisfont autant l'intuition que la logique, il y a peu de données scientifiques pour soutenir ces

hypothèses[14,73,74]. Toutefois, un sondage effectué en Ontario a montré que l'utilisation de deux mesures de protection personnelle ou plus a réduit de moitié le risque de devenir infecté par le VNO[74]. Malgré ces lacunes, le groupe d'experts scientifiques sur le VNO estime que les mesures de prévention et de protection personnelle sont utiles et qu'elles devraient être promues par les autorités, en ciblant particulièrement les groupes vulnérables, tels que les personnes âgées. Cette recommandation est également appuyée par les recommandations de l'ASPC, du CDC, de l'OMS et d'autres régions[35,54,57,68,73,75].

5.2.3 FORMATION ET L'INFORMATION AUX INTERVENANTS CLINIQUES ET DE SANTÉ PUBLIQUE

R11) **Recommandation : réitérer les informations relatives au VNO auprès des cliniciens**

L'INSPQ recommande de réitérer les informations relatives à la maladie auprès des cliniciens. On suggère de viser les urgentologues, neurologues, médecins intensivistes, microbiologistes-infectiologues, ainsi que d'utiliser les plateformes de communication des différentes associations.

Objectif

Obtenir une meilleure connaissance, un meilleur diagnostic et une meilleure déclaration des cas d'infection par le VNO.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Étant donné que des cas légers du VNO présentent des symptômes qui ressemblent à ceux de la grippe, et que les symptômes plus graves se confondent souvent avec ceux d'autres maladies virales, les professionnels de la santé devraient être informés pour améliorer le diagnostic du VNO dans le cadre de la surveillance humaine durant la saison à risque (juin à octobre).

Une étude portant sur le dépistage des donneurs de sang pour le VNO aux États-Unis a montré que 53 % sont devenus symptomatiques avec au moins un symptôme et 26 % sont devenues symptomatiques avec au moins trois symptômes[13]. Par ailleurs, seulement 5 % de ceux qui ont cherché des soins médicaux ont reçu un diagnostic d'infection par le VNO[13]. Des résultats semblables ont été rapportés dans d'autres études[76,77]. Bien qu'il n'y ait aucune étude complétée sur la séroprévalence et l'apparition de symptômes du VNO au Québec, ces résultats soulignent la nécessité de rappeler aux cliniciens l'information relative à la maladie.

Il est important à noter qu'au Québec, on recommande la recherche sérologique pour le VNO seulement pour les cas graves qui consultent dans les urgences et les cas avec atteintes neurologiques. La recherche du VNO n'est pas recommandée pour les cas légers.

En outre, bien qu'il n'existe aucun traitement pour le VNO ni ses manifestations particulièrement graves (tel que les atteints neurologiques), l'identification du VNO est important pour le pronostic du patient afin d'éviter les complications, le suivi à long terme, les consultations avec les patients et leur famille, et la planification des interventions en santé publique.

Limites de la connaissance

Il n'existe pas de données sur les connaissances des cliniciens par rapport au VNO. De plus, il existe très peu de données sur le sous-diagnostic du VNO en Amérique du Nord, particulièrement au Québec.

R12) Recommandation : initier l'élaboration d'un programme de formation sur les atteintes neurologiques pouvant être associées à une infection par le VNO

L'élaboration d'un programme de formation sur les atteintes neurologiques associées au VNO s'inscrit dans une perspective d'amélioration de la capacité du réseau de santé et de santé publique. L'INSPQ recommande l'élaboration d'un programme de formation pour sensibiliser des cliniciens spécialistes aux symptômes neurologiques pouvant être associés à une infection par le VNO, telle que la méningite, l'encéphalite et la paralysie flasque aiguë. Un complément d'information sur les maladies à transmission vectorielle en émergence est à considérer.

La formation devrait être basée sur les données probantes et devrait cibler les spécialistes, tels que les urgentologues, neurologues, médecins intensivistes et microbiologistes-infectiologues. Des travaux à ce sujet sont en cours au sein du groupe d'experts scientifiques sur le VNO et des activités de formation pourraient être offertes par l'INSPQ.

Objectif

Obtenir un meilleur diagnostic microbiologique des encéphalites, afin de réduire les complications liées à l'infection par le VNO et la mortalité.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Malgré que les atteintes neurologiques représentent moins de 1 % des cas du VNO, elles constituent un problème de santé publique important à cause de la morbidité et la mortalité importantes qu'elles peuvent engendrer. Au Québec, le taux de diagnostic étiologique des atteintes neurologiques d'allure virale reste très faible. Bien qu'il n'existe aucun traitement pour les atteintes neurologiques virales ni pour le VNO, l'identification de l'étiologie est importante pour le pronostic du patient afin d'éviter les complications, le traitement prophylactique, le suivi à long terme, les consultations avec les patients et leur famille. Elle permet également une amélioration de la surveillance du VNO et la planification des interventions en santé publique.

Limites de la connaissance

Le diagnostic étiologique des encéphalites et des méningites d'origine virale demeure inexplicé dans plus de la moitié des cas à cause, en partie, de l'absence d'une définition de cas et d'une approche diagnostique standardisées. Les médecins sont aussi moins sensibilisés aux infections par le VNO ou autres infections arbovirales.

5.3 Sur une approche intégrée et holistique pour les saisons suivantes

5.3.1 LOGICIEL SIDVS-VNO

R13) Recommandation : mettre à jour le logiciel SIDVS-VNO

L'INSPQ recommande la mise à jour du SIDVS-VNO ou le développement d'un nouvel outil pour intégrer les données de surveillance humaine, animale et entomologique. L'accès aux données historiques devrait être facilité.

Les outils de surveillance intégrée du VNO devraient être développés dans une perspective plus large de surveillance et de gestion des maladies à transmission vectorielle au Québec : ils devraient être polyvalents et facilement adaptables pour la surveillance d'autres maladies au besoin.

Objectif

Permettre une meilleure intégration des données de surveillance humaine, animale et entomologique permettant de répondre aux besoins actuels et futurs.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Le SIDVS-VNO permet l'intégration des données de surveillance humaine, animale et entomologique du VNO. Il permet également de générer une représentation cartographique de l'ensemble des données.

Le SIDVS-VNO devrait intégrer l'ensemble des données nécessaires pour répondre aux besoins de la surveillance intégrée. Les données disponibles actuellement ne permettent pas de répondre à l'ensemble des objectifs de la surveillance humaine établis par le groupe d'experts sur le VNO, par exemple de documenter les facteurs de risque associé aux formes graves d'infection par le VNO. Les données de la surveillance aviaire et des animaux domestiques, les données de la fraction d'échantillonnage et d'échantillonnage enrichi, nécessaires pour estimer les indicateurs de la surveillance entomologique devraient être intégrés au SIDVS-VNO. De plus, afin de documenter les évolutions temporelles dans les données de surveillance, il est important d'avoir accès aux données historiques.

5.3.2 SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE

R14) Recommandation : optimiser la surveillance entomologique pour la détection d'autres maladies émergentes et des vecteurs invasifs

L'INSPQ recommande d'étendre les objectifs de la surveillance entomologique afin de permettre non seulement la détection du VNO, mais aussi celle d'autres maladies émergentes et des vecteurs invasifs[78].

Cette surveillance devrait intégrer les vecteurs invasifs et émergents (tels qu'*Aedes albopictus* et *Ochlerotatus japonicus japonicus*), qui font partie des espèces suspectées de contribuer à la transmission du VNO et de plusieurs autres maladies à transmission vectorielle aux États-Unis, telles que le virus du Chikungunya. Le maintien d'un petit nombre de stations dans les secteurs à haut risque (tels que les aéroports) devrait être considéré.

Objectif

Détecter d'autres maladies émergentes et des vecteurs invasifs.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

L'optimisation de la surveillance entomologique pour la détection d'autres maladies émergentes transmises par les moustiques et le maintien des stations dans les secteurs à haut risque d'introduction des nouveaux vecteurs permettraient d'informer les décideurs en cours de saison sur la circulation virale de maladies d'intérêt et sur l'introduction des vecteurs. Il permettrait, par exemple, de documenter la transmission virale et les vecteurs de l'encéphalomyélite équine de l'Est, si des foyers de transmission animale sont déclarés.

Limites de la connaissance

Il existe des données sur l'introduction des vecteurs invasifs au Québec et leur capacité de survivre et de s'adapter au climat québécois. Ainsi *Ochlerotatus japonicus japonicus* a été découvert pour la première fois au Canada en 2000, dans le cadre d'une surveillance pour le VNO. Cette espèce est originaire de l'est de l'Asie, où elle transmet le virus de l'encéphalite japonaise. Elle s'est depuis répandue au Québec (jusque dans la zone des Hautes-Laurentides), et en Ontario, alors que son aire de distribution continue de s'étendre aux États-Unis et qu'elle est en train d'envahir l'Europe[79-81]. C'est maintenant une espèce commune du sud du Québec et de l'Ontario et on vient de la détecter à Terre-Neuve. On a aussi capturé en 2005 quatre spécimens de femelles adultes du moustique invasif *Aedes albopictus* à une station de surveillance située près de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau, à Montréal, toujours dans le cadre de la surveillance du VNO[82]. La découverte de moustiques d'une espèce invasive près d'un aéroport à Montréal soutient l'hypothèse que l'importation de vecteurs étrangers au Québec est fréquente et devrait être ciblée par la surveillance entomologique. Le risque devrait être évalué selon les prévisions des changements climatiques au Québec à long terme.

5.3.3 CAMPAGNE D'INFORMATION

R15) Recommandation : utiliser une approche holistique pour la communication des mesures de prévention et protection personnelle

L'INSPQ recommande une approche holistique pour la communication des mesures de prévention et protection personnelle et non centrée sur un agent pathogène unique.

Objectif

Réduire le risque associé avec des maladies à transmission vectorielle à la population québécoise.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Considérant que les mesures de prévention et protection personnelle sont semblables pour la grande majorité des maladies à transmission vectorielle (ex. porter des vêtements longs, utiliser un insectifuge), il est logique de combiner les activités de communication sur les mesures de prévention et protection personnelle afin d'optimiser et rationaliser la charge de travail et les coûts associés. Elle permet aussi d'éviter la confusion auprès du public et d'échapper l'envoi des messages contradictoires.

Limites de la connaissance

Cette recommandation a les mêmes limites de la connaissance que celles décrites dans la recommandation 10 sur les campagnes d'information.

5.3.4 INTÉGRATION DES INTERVENTIONS DANS UNE PERSPECTIVE DE LUTTE CONTRE LES ZONOSSES ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

R16) Recommandation : intégrer la stratégie de lutte contre le VNO dans une perspective globale de lutte contre les zoonoses et adaptation aux changements climatiques

L'INSPQ recommande l'intégration de la stratégie de lutte contre le VNO dans une perspective globale de lutte contre les zoonoses et adaptation aux changements climatiques. On recommande l'optimisation des activités de surveillance, d'évaluation du risque et de planification des interventions.

Objectif

Surveiller et planifier des interventions dans le contexte des maladies à transmission vectorielle émergentes afin de comprendre et de diminuer les risques posés par des maladies à transmission vectorielle à long terme et d'optimiser les ressources consacrées à ces maladies.

Critères utilisés pour en arriver à la recommandation proposée

Actuellement, le Québec n'a pas de plan pour l'intégration de la stratégie de lutte contre le VNO dans une perspective globale de lutte contre les zoonoses et adaptation aux changements climatiques. Il ne fait aucun doute que les changements climatiques auront un effet sur la distribution, abondance, émergence et transmission des zoonoses et des maladies à transmission vectorielle[5,83]. Les efforts de planification pour la gestion intégrée de cette réalité éventuelle sont nécessaires.

Limites de la connaissance

Présentement, nous avons un bon nombre de modèles prévisionnels sur le changement climatique au Québec. Par contre, il existe très peu d'information sur des interactions complexes entre les variables climatiques et de l'agent pathogène, vecteur, et l'hôte; donc, l'influence potentielle des changements climatiques sur les maladies à transmission vectorielle et les zoonoses est mal comprise et difficile à prévoir. De plus, les impacts des maladies à transmission vectorielle émergentes sont, à ce jour, difficilement prévisibles d'année en année[5,78]. Il faut donc faire davantage de recherches pour établir les conséquences des changements climatiques sur les zoonoses et les maladies à transmission vectorielle au Québec.

5.4 Sur la recherche et le développement des connaissances

R17) Recommandation : soutenir des projets d'évaluation et de recherche

L'INSPQ recommande le soutien de projets d'évaluation sur les aspects cliniques, épidémiologiques et d'intervention. Cela pourrait inclure notamment des études sur le diagnostic de l'infection chez l'humain, sur son impact sur la santé publique, sur les souches de VNO en circulation, sur les changements de comportements et l'utilisation des mesures de protection personnelle dans la population et chez les personnes à risque d'infection grave.

Objectif

Mettre en place et de maintenir une capacité d'évaluation scientifique dans le domaine des maladies à transmission vectorielle.

Projets recommandés :

- **Évaluation des méthodes de surveillance entomologique alternatives pour les zones en émergence**

L'INSPQ recommande l'exploration des méthodes de surveillance entomologique alternatives pouvant être efficaces pour le suivi des zones en émergence (ex. l'exploration d'autres types de pièges et de substances attractives, ou de nouveaux protocoles de surveillance). La composition des espèces de moustiques, leur abondance et leur potentiel de transmission varient avec les mesures de lutte contre les moustiques et selon la géographie et la saison. De nouveaux principes de surveillance, de nouveaux modèles de pièges, et de nouveaux attractants sont proposés chaque année pour la surveillance des

moustiques vecteurs[84-91]. Nous ne savons pas quelles nouvelles méthodes sont applicables pour les vecteurs ciblés au Québec. De plus, le coût du déploiement de la surveillance entomologique dans les zones en émergence avec des moyens classiques peut être prohibitif, principalement pour des raisons de logistique. L'objectif de cette évaluation est de documenter les méthodes et protocoles de surveillance alternatifs pouvant être moins complexes du point de vue opérationnel, ainsi de documenter leur faisabilité au Québec et en évaluer les coûts-bénéfices pour la surveillance des zones endémiques et en émergence. L'adoption de nouvelles méthodes et de nouveaux protocoles pourra permettre de réduire les coûts du réseau de référence tout en conservant la qualité et la continuité des données. Elle permettra également d'envisager une surveillance *ad hoc* (stations mobiles) de moindre coût lorsque de nouveaux foyers d'activité VNO se manifesteront.

■ **Projet de développement et évaluation de méthode pour orienter la prise de décision**

Des travaux sont actuellement en cours à l'Université de Montréal pour étudier la corrélation entre les différentes stations afin de dégager un nombre de stations minimales pour surveiller adéquatement le territoire couvert. Ces travaux, qui incluent également l'identification de zones géographiques plus à risque (en terme entomologique), seront disponibles en juillet 2015. L'INSPQ suit attentivement les résultats de ces travaux et en discutera avec le MSSS dès qu'ils seront disponibles.

■ **Étude phylogénétique des génomes des souches du virus du Nil occidental isolées au Québec de 2002 à 2013**

L'INSPQ recommande de poursuivre une étude phylogénétique des génomes des souches du virus du Nil occidental au Québec. L'objectif de ce projet est d'obtenir les séquences génomiques par séquençage de 2^e génération des souches du virus du Nil occidental isolées au Québec chez les moustiques, animaux et humains. L'intégration de la génomique dans un programme de surveillance permettrait de vérifier l'origine géographique des souches de VNO, de vérifier l'effet du climat québécois sur la plasticité des génomes VNO et de détecter en temps réel la circulation de mutants plus virulents. Cette technologie peut également contribuer à détecter la propagation d'arbovirus dans une région et dans de nouveaux vecteurs. Dans un contexte de changement climatique, l'application de ces outils moléculaires pour mesurer la progression de maladie vectorielle en émergence au Québec sera pertinente et requise pour soutenir les interventions en santé publique.

■ **Évaluation du risque de transmission du VNO**

L'INSPQ recommande que l'approche à préconiser pour les années à venir soit basée sur une méthode standardisée d'évaluation du risque de transmission du VNO. Dans ce contexte, l'INSPQ recommande le développement d'un outil prédictif de caractérisation du risque associé au VNO en se basant sur les données de surveillance. Cette démarche inclura la détermination des niveaux de risque, l'identification des zones de risque, et la cartographie du risque. La caractérisation du risque de transmission du VNO devrait être mise à jour annuellement. Il est aussi recommandé de développer un plan d'intervention à long terme basé sur les niveaux de risque identifiés.

- **Développement et évaluation d'une méthode standardisée permettant d'orienter la prise de décision au sujet des interventions**

L'INSPQ recommande de développer une méthode standardisée permettant d'orienter la prise de décision au sujet des interventions, en fonction de l'évaluation du risque de transmission du VNO. L'INSPQ a commencé cette démarche en 2014 avec le projet d'évaluation d'un cadre d'analyse à critères multiples en appui à la prise de décision[58]. Les résultats de cette évaluation seront présentés en 2015. Le deuxième volet de ce projet, concernant l'élaboration d'un guide d'intervention selon les niveaux de risque du VNO, est à réaliser en 2015.

- **Projet d'évaluation des indicateurs météorologiques du VNO**

L'INSPQ recommande un recensement de la littérature grise et des données scientifiques sur les indicateurs météorologiques du VNO. Comme décrit dans la recommandation sur le suivi météorologique, la température influe sur la transmission du VNO par les moustiques[32,33]. L'utilisation des modèles des degrés-jours avec les données sur la longévité des moustiques vecteurs pourrait être utilisée pour explorer le risque de la maladie[33,34]. Bien que la méthodologie n'ait pas été validée pour le Québec, un suivi météorologique a été fait à titre exploratoire au cours de la saison 2013 afin d'enrichir la surveillance du VNO au Québec[92]. Une synthèse des évidences scientifiques disponibles dans la littérature devrait permettre de raffiner le suivi météorologique pour les saisons à venir. Des travaux en ce sens seront développés par le groupe d'experts scientifiques sur le VNO.

- **Projet d'évaluation sur l'efficacité des larvicides**

L'INSPQ recommande de poursuivre l'étude d'évaluation de l'efficacité des larvicides sur une deuxième année afin d'augmenter la robustesse des résultats et de permettre l'analyse de la réduction de l'infection des moustiques par VNO[49]. L'efficacité des applications de larvicides semble s'accroître dans le temps[48]. Le cycle de développement des moustiques est étroitement lié aux conditions météorologiques[93,94] et dans ce contexte, l'historique des dernières années laisse supposer que l'été 2014 correspond à la période la moins active d'un cycle interannuel.

6 Conclusion

Les choix de stratégies pour réduire la morbidité et la mortalité liées à l'infection par le VNO devraient être guidés par un processus de gestion intégrée, comprenant l'évaluation du risque de transmission du VNO, et l'évaluation des interventions et les processus de communication et d'information. Ces choix devraient favoriser le maintien d'une structure facilement adaptable, permettant la surveillance intégrée des maladies à transmission vectorielle ainsi que la gestion d'un niveau de risque variant d'année en année.

Les recommandations émises par l'INSPQ sont soutenues par le groupe d'experts scientifiques sur le VNO et ont été rédigées au meilleur de la connaissance des membres, malgré les incertitudes scientifiques. Au fur et à mesure que de nouvelles données probantes seront disponibles, les recommandations devront être révisées et, le cas échéant, réorientées.

Références

- (1) Anne Fortin, Anne Vibien, Christian Therrien, Daniel Bolduc, François Milord, Germain Lebel, *et al.* Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2013. Québec : Institut national de santé publique du Québec; 2013.
- (2) Plan d'intervention gouvernemental 2013-2015 pour la protection de la population contre le virus du Nil occidental. Ministère de la Santé et des Services sociaux 2013. Disponible à partir de : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2013/13-211-01W.pdf>.
- (3) Anne-Marie Lowe. Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier en 2013 : Addenda pour soutenir la gestion du risque en 2014. Québec : Institut national de santé publique du Québec; 2014.
- (4) Plan d'intervention gouvernemental 2013-2015 pour la protection de la population contre le virus du Nil occidental : Rapport d'activités - Saison 2013. Ministère de la Santé et des Services sociaux 2014. Disponible à partir de : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2013/13-211-03W.pdf>.
- (5) Cécile Ferrouillet, Louise Lambert, François Milord. Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologiques. Québec : Institut national de santé publique du Québec; 2012.
- (6) Plan d'intervention de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental, Juin 2006. Ministère de la Santé et des Services sociaux 2006. Disponible à partir de : http://catalogue.cssslaval.qc.ca/GEIDFile/06_211_03W.PDF?Archive=191431391961&File=43733_PDF.
- (7) Nolan MS, Podoll AS, Hause AM, Akers KM, Finkel KW, Murray KO. Prevalence of Chronic Kidney Disease and Progression of Disease Over Time among Patients Enrolled in the Houston West Nile Virus Cohort. PLoS ONE 2012 Jul 6;7(7):e40374.
- (8) Murray KO, Garcia MN, Rahbar MH, Martinez D, Khuwaja SA, Arafat RR, *et al.* Survival Analysis, Long-Term Outcomes, and Percentage of Recovery up to 8 Years Post-Infection among the Houston West Nile Virus Cohort. PLoS ONE 2014 Jul 23;9(7):e102953.
- (9) Trudel R, Leclerc L, Souto-Neveu M. Rapport des travaux d'application de larvicides en prévention (saison 2013) : volet contrôle vectoriel du plan d'intervention gouvernemental contre le virus du Nil occidental. 2013.
- (10) Système intégré des données de vigie sanitaire-Virus du Nil occidental. Ministère de la Santé et des Services sociaux. 2014.
- (11) Virus du Nil occidental Moniteur : Surveillance chez l'humain. Agence de la santé publique du Canada 2013. Disponible à partir de : <http://www.phac-aspc.gc.ca/wnv-vwn/mon-hmnsurv-archive-fra.php>.
- (12) Virus du Nil occidental et autre maladie transmise par les moustiques. Rapport national de surveillance. Semaines de surveillance 43 et 44. Agence de la santé publique du Canada 2014. Disponible à partir de : http://www.phac-aspc.gc.ca/wnv-vwn/nsr-rns_2014/w43-44/index-fra.php.

- (13) Zou S, Foster GA, Dodd RY, Petersen LR, Stramer SL. West Nile fever characteristics among viremic persons identified through blood donor screening. *Journal of Infectious Diseases* 2010 Nov 1;202(9):1354-61.
- (14) Mostashari F, Bunning ML, Kitsutani PT, Singer DA, Nash D, Cooper MJ, *et al.* Epidemic West Nile encephalitis, New York, 1999: results of a household-based seroepidemiological survey. *Lancet* 2001 Jul 28;358(9278):261-4.
- (15) Sejvar JJ. Clinical manifestations and outcomes of West Nile virus infection. *Viruses* 2014 Feb;6(2):606-23.
- (16) Lindsey NP, Staples JE, Lehman JA, Fischer M. Medical risk factors for severe West Nile Virus disease, United States, 2008-2010. *American Journal of Tropical Hygiene* 2012 Jul;87(1):179-84.
- (17) Petersen LR, Brault AC, Nasci RS. West Nile virus: review of the literature. *Journal of the American Medical Association* 2013 Jul 17;310(3):308-15.
- (18) Lindsey NP, Staples JE, Lehman JA, Fischer M. Surveillance for human West Nile virus disease. *MMWR Surveillance Summaries* 2010;59(2):1-17.
- (19) Organisation mondiale de la santé. Vector surveillance and control. Dengue haemorrhagic fever: diagnosis, treatment, prevention and control. 2^e ed. Geneva: Organisation mondiale de la Santé; 1997. p. 48-59.
- (20) Kilpatrick AM, Pape WJ. Predicting human West Nile virus infections with mosquito surveillance data. *American Journal of Epidemiology* 2013 Sep 1;178(5):829-35.
- (21) Agence de la santé publique du Canada. Virus du Nil occidental Moniteur. Agence de la santé publique du Canada 2014. Disponible à partir de : <http://www.phac-aspc.gc.ca/wnv-vwn/nsr-rns2014-fra.php>.
- (22) US Geological Survey. West Nile Virus Mosquito Surveillance. US Geological Survey 2014. Disponible à partir de : http://diseasemaps.usgs.gov/wnv_us_mosquito.html.
- (23) Kilpatrick AM, Kramer LD, Campbell SR, Alleyne EO, Dobson AP, Daszak P. West Nile virus risk assessment and the bridge vector paradigm. *Emerg Infect Dis* 2005 Mar;11(3):425-9.
- (24) Johnson GD, Eidson M, Schmit K, Ellis A, Kulldorff M. Geographic prediction of human onset of West Nile virus using dead crow clusters: an evaluation of year 2002 data in New York State. *American Journal of Epidemiology* 2006 Jan 15;163(2):171-80.
- (25) Mostashari F, Kulldorff M, Hartman JJ, Miller JR, Kulasekera V. Dead bird clusters as an early warning system for West Nile virus activity. *Emerg Infect Dis* 2003 Jun;9(6):641-6.
- (26) Eidson M, Schmit K, Hagiwara Y, Anand M, Backenson PB, Gotham I, *et al.* Dead crow density and West Nile virus monitoring, New York. *Emerg Infect Dis* 2005 Sep;11(9):1370-5.
- (27) Halliday JE, Meredith AL, Knobel DL, Shaw DJ, Bronsvoort BM, Cleaveland S. A framework for evaluating animals as sentinels for infectious disease surveillance. *Journal of The Royal Society Interface* 2007 Oct 22;4(16):973-84.
- (28) Veksler A, Eidson M, Zurbenko I. Assessment of methods for prediction of human West Nile virus (WNV) disease from WNV-infected dead birds. *Emerging Themes in Epidemiology* 2009;6:4.

- (29) Centers for Disease Control and Prevention. West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases 2013.
- (30) Maxmen A. Birds Sound the Alarm on West Nile Virus. Nature News 2012.
- (31) Public Health Onta, o. Guide for public health units: Considerations for adult mosquito control. Toronto, Ontario: Queen's Printer for Ontario.; 2013.
- (32) Reisen WK, Fang Y, Martinez VM. Effects of Temperature on the Transmission of West Nile Virus by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol 2006 Mar 1;43(2):309-17.
- (33) Chen S, Blanford JI, Fleischer SJ, Hutchinson M, Saunders MC, Thomas MB. Estimating West Nile Virus Transmission Period in Pennsylvania Using an Optimized Degree-Day Model. Vector Borne Zoonotic Dis 2013 Jul;13(7):489-97.
- (34) 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 Jun;4(6):e1000092.
- (35) Brown EG. California Mosquito-borne virus surveillance and response plan. California Department of Public Health Mosquito & Vector Control Association of California University of California 2012. Disponible à partir de : <http://www.cdph.ca.gov/HealthInfo/discond/Documents/CAResponsePlanMay2012.pdf>.
- (36) Dohm DJ, O'Guinn ML, Turell MJ. Effect of environmental temperature on the ability of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. J Med Entomol 2002 Jan;39(1):221-5.
- (37) Wang X, Wang J, Russell C, Proctor P, Bello R, Higuchi K, *et al.* Clustering of the abundance of West Nile virus vector mosquitoes in Peel Region, Ontario, Canada. Environmental and Ecological Statistics 2014;21(4):651-66.
- (38) Wang J, Ogden NH, Zhu H. The impact of weather conditions on *Culex pipiens* and *Culex restuans* (Diptera: Culicidae) abundance: a case study in Peel Region. Journal of the American Mosquito Control Association 2011 Mar;48(2):468-75.
- (39) 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. Int J Health Geogr 2009 Nov 27;8:67.
- (40) Palmisano CT, Taylor V, Caillouet K, Byrd B, Wesson DM. Impact of west nile virus outbreak upon St. Tammany parish mosquito abatement district. Journal of the American Mosquito Control Association 2005 Mar 1;21(1):33-8.
- (41) Reisen W, Brault AC. West Nile virus in North America: perspectives on epidemiology and intervention. Pest Management Science 2007 Jul;63(7):641-6.
- (42) Tedesco C, Ruiz M, McLafferty S. Mosquito politics: local vector control policies and the spread of West Nile Virus in the Chicago region. Health Place 2010 Nov;16(6):1188-95.
- (43) Elnaiem DE, Kelley K, Wright S, Laffey R, Yoshimura G, Reed M, *et al.* Impact of aerial spraying of pyrethrin insecticide on *Culex pipiens* and *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) abundance and West Nile virus infection rates in an urban/suburban area of Sacramento County, California. J Med Entomol 2008 Jul;45(4):751-7.

- (44) Macedo PA, Schleier JJ, Reed M, Kelley K, Goodman GW, Brown DA, *et al.* Evaluation of Efficacy and Human Health Risk of Aerial Ultra-Low Volume Applications of Pyrethrins and Piperonyl Butoxide for Adult Mosquito Management in Response to West Nile Virus Activity in Sacramento County, California. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2010 Mar 1;26(1):57-66.
- (45) Ruktanonchai DJ, Stonecipher S, Lindsey N, McAllister J, Pillai SK, Horiuchi K, *et al.* Effect of aerial insecticide spraying on West Nile virus disease--north-central Texas, 2012. *American Journal of Tropical Hygiene* 2014 Aug;91(2):240-5.
- (46) Ruiz MO, Tedesco C, McTighe TJ, Austin C, Kitron U. Environmental and social determinants of human risk during a West Nile virus outbreak in the greater Chicago area, 2002. *Int J Health Geogr* 2004 Apr 20;3:8.
- (47) Schafter M, Lundstrom JO. Efficiency of Bti-based floodwater mosquito control in Sweden – four examples. *Journal of the European Mosquito Control Association* 2014;32:1-8.
- (48) Hribar LJ, Fussell EM, Leal AL. Larviciding Offshore Islands Reduces Adulticidal Treatment of Populated Areas Adjacent To National Wildlife Refuges. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2011 Dec 1;27(4):408-13.
- (49) Campagna C, Samuel O, Dubé M, Lebel G, Toutant S. Évaluation de l'efficacité des larvicides contre les espèces vectrices du VNO (sous presse). Institut national de santé publique du Québec; 2015.
- (50) Richard Trudel, Louise Leclerc, Maria-Luisa Souto-Neveu, Michel Raymond, Raynald Rioux, Kevin D'Astous, *et al.* Rapport des travaux d'application de larvicides - Saison 2014. Société de protection des forêts contre les insectes et maladies; 2015.
- (51) 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. *J Med Entomol* 2009 Nov;46(6):1519-31.
- (52) 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.
- (53) 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* 2013 Jun;29(2):123-32.
- (54) West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control. Centers for Disease Control and Prevention 2013. Disponible à partir de : <http://www.cdc.gov/westnile/resources/pdfs/wnvGuidelines.pdf>.
- (55) Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe. European Center for Disease Prevention and Control 2014. Disponible à partir de : <http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/surveillance-of%20native-mosquitoes%20-guidelines.pdf>.
- (56) Luthy P, Becker N, Edjov M, Velayudhan R. Guidelines for the Control of Mosquitoes of Public Health Importance in Europe. World Health Organization: Regional Office for Europe 2011. Disponible à partir de : http://www.emca-online.eu/documents/visitors/EMCA_guidelines_Speyer_2011.pdf.

- (57) Ministry of Health and Long-Term Care (MOHLTC). West Nile Virus Preparedness and Prevention Plan 2008. Government of Ontario 2008. Disponible à partir de : http://www.health.gov.on.ca/en/common/ministry/publications/reports/wnv_plan_2008/wnv_plan_full.pdf.
- (58) Campagna C, Hongoh V, Samuel O, Panic M. Recherche sur les outils de décisions relatives aux méthodes de contrôle des maladies à transmission vectorielle, en appui à l'adaptation des risques d'émergence de maladies à transmission vectorielle et de zoonoses aux changements climatiques. Rapport final. Québec : Institut national de santé publique du Québec; 2014.
- (59) Lothrop HD, Lothrop BB, Goms DE, Reisen WK. Intensive early season adulticide applications decrease arbovirus transmission throughout the Coachella Valley, Riverside County, California. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2008 Aug;8(4):475-89.
- (60) Mathieu Valcke, Nathalie Gosselin, Denis Belleville, Anne Vézina. Évaluation du risque toxicologique associé à l'utilisation d'adulticides - Mise à jour de nouvelles données et approche raffinée d'évaluation. Institut nationale de santé publique du Québec; 2014.
- (61) Mathieu Valcke, Denis Belleville. Évaluation des risques toxicologiques associés à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du virus du nil occidental, rapport final. Institut national de santé publique du Québec; 2002.
- (62) Organisation mondiale de la Santé. Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. France : Organisation mondiale de la Santé; 2015. Report No.: 112.
- (63) André Delisle, Nadine Davignon, Stéphanie Sinairé. Étude d'impacte stratégique du plan d'intervention gouvernemental de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental : Profil social. Institut national de santé publique du Québec; 2005.
- (64) Jacques Grondin, Raymond Corriveau, Daniel Bolduc, Myriam Brunel. Virus du Nil occidental: Évaluation des attitudes, comportements et des connaissances populaires. Institut national de santé publique du Québec; 2003.
- (65) Organisation mondiale de la Santé. WHO position statement on integrated vector management. Organisation mondiale de la Santé 2008. Disponible à partir de : http://www.who.int/malaria/publications/atoz/who_htm_ntd_vem_2008_2/en/.
- (66) Organisation Panaméricaine de la Santé. Integrated Vector Management (IVM). Organisation Panaméricaine de la Santé 2014. Disponible à partir de : http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2640&Itemid=259&lang=pt.
- (67) Organisation mondiale de la Santé. Handbook for Integrated Vector Management. Geneva: Organisation mondiale de la Santé; 2012.
- (68) Ellis RA. Core Public Health Functions for BC: Evidence Review - Communicable Disease (Vector-borne Disease Management). Population and Public Health, British Columbia Ministry of Healthy Living and Sport 2010. Disponible à partir de : http://www.bccdc.ca/NR/rdonlyres/B6EC0915-0A58-4DB8-8E24-904E178FC536/0/MOH10Communicable_Disease_Vectorborne_Disease_ManagementEvidence_Review.pdf.
- (69) Vector-Borne Disease Prevention Plan 2013. Region of Peel 2013. Disponible à partir de : <https://www.peelregion.ca/health/vbd/pdfs/2013/vbd-2013.pdf>.

- (70) Public Health Confronts the Mosquito: Developing Sustainable State and Local Mosquito Control Programs. Mosquito Control Collaborative 2005. Disponible à partir de : <http://www.astho.org/programs/environmental-health/natural-environment/confrontsmosquito/>.
- (71) Henk van den Berg, Raman Velayudhan, Mikhail Ejov. Regional framework for surveillance and control of invasive mosquito vectors and re-emerging vector-borne diseases, 2014-2020. World Health Organisation Regional Office for Europe; 2013.
- (72) 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;7:323.
- (73) Comité consultatif de la médecine tropicale et de la médecine des voyages. Déclaration relative aux mesures de protection individuelle pour prévenir les piqûres ou morsures d'arthropodes. Agence de la santé publique du Canada 201238 (DCC-3). Disponible à partir de : <http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/12vol38/acs-dcc-3/index-fra.php>.
- (74) Loeb M, Elliott SJ, Gibson B, Fearon M, Nosal R, Drebot M, *et al.* Protective Behavior and West Nile Virus Risk. *Emerg Infect Dis* 2005 Sep;11(9):1433-6.
- (75) Virus du Nil occidental, Aide-memoire N354. Organisation mondiale de la Santé 2011. Disponible à partir de : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs354/fr/>.
- (76) Custer B, Kamel H, Kiely NE, Murphy EL, Busch MP. Associations between West Nile virus infection and symptoms reported by blood donors identified through nucleic acid test screening. *Transfusion* 2009 Feb;49(2):278-88.
- (77) Brown JA, Factor DL, Tkachenko N, Templeton SM, Crall ND, Pape WJ, *et al.* West Nile viremic blood donors and risk factors for subsequent West Nile fever. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2007;7(4):479-88.
- (78) Ferrouillet C, Panic M, Ravel A, Back C, Therrien C, Milord F. Modèles pratiques de surveillance des maladies à transmission vectorielle dans le cadre des changements climatiques et écologiques. Institut national de santé publique du Québec (sous presse); 2015.
- (79) Fielden MA, Chaulk AC, Bassett K, Wiersma YF, Erbland M, Whitney H, *et al.* *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) arrives at the most easterly point in North America. *The Canadian Entomologist* 2015;FirstView:1-4.
- (80) Thielman A, Hunter FF. Establishment of *Ochlerotatus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Ontario, Canada. *J Med Entomol* 2006 Mar;43(2):138-42.
- (81) Zielke DE, Ibanez-Justicia A, Kalan K, Merdi E, Kampen H, Werner D. Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing population. *Parasites & Vectors* 2015 Jan 22;8(1):40.
- (82) GDG Environnement. Compte-rendu des activités de la saison 2005. 2005.
- (83) Mills JN, Gage KL, Khan AS. Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: a review and proposed research plan. *Environmental Health Perspectives* 2010 Nov;118(11):1507-14.

- (84) Luhken R, Pfitzner WP, Borstler J, Garms R, Huber K, Schork N, *et al.* Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. *Parasit Vectors* 2014;7:268.
- (85) Qualls WA, Muller GC, Revay EE, Allan SA, Arheart KL, Beier JC, *et al.* Evaluation of attractive toxic sugar bait (ATSB)-Barrier for control of vector and nuisance mosquitoes and its effect on non-target organisms in sub-tropical environments in Florida. *Acta Trop* 2014 Mar;131:104-10.
- (86) Barrera R, Mackay AJ, Amador M. An improved trap to capture adult container-inhabiting mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2013 Dec;29(4):358-68.
- (87) Tchouassi DP, Sang R, Sole CL, Bastos AD, Teal PE, Borgemeister C, *et al.* Common host-derived chemicals increase catches of disease-transmitting mosquitoes and can improve early warning systems for Rift Valley fever virus. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2013;7(1):e2007.
- (88) Ritchie SA, Cortis G, Paton C, Townsend M, Shroyer D, Zborowski P, *et al.* A simple non-powered passive trap for the collection of mosquitoes for arbovirus surveillance. *J Med Entomol* 2013 Jan;50(1):185-94.
- (89) Crepeau TN, Unlu I, Healy SP, Farajollahi A, Fonseca DM. Experiences with the large-scale operation of the Biogents Sentinel trap. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2013 Jun;29(2):177-80.
- (90) Barrera R, Mackay AJ, Amador M. A novel autocidal ovitrap for the surveillance and control of *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2013 Sep;29(3):293-6.
- (91) Irish SR, Moore SJ, Bruce J, Cameron MM. Preliminary evaluation of a nonanal lure for collection of gravid *Culex quinquefasciatus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2014 Mar;30(1):37-41.
- (92) Lowe A-M, Jodoin S, Trudeau M, Back C. Bulletin de surveillance du virus du Nil occidental. Semaine de surveillance 44 (27 octobre au 2 novembre 2013). Institut national de santé publique du Québec 2013. Disponible à partir de : http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/vno/Bulletinsurveillance_VNO_vol1no14.pdf.
- (93) El Adlouni S, Beaulieu C, Ouarda TB, Gosselin PL, Saint-Hilaire A. Effects of climate on West Nile Virus transmission risk used for public health decision-making in Quebec. *International Journal of Health Geography* 2007 Sep 20;6:40.
- (94) El Adlouni S, Gosselin PL. Analyse de la corrélation entre les conditions climatiques et les risques d'éclosion du virus du Nil occidental (VNO). Projet de recherche en santé-climat. Rapport de recherche. Institut national de santé publique; 2015.

Annexe 1

Tableaux sommaires d'études clés

Tableau 2 Études documentant la réduction du nombre de cas humains du VNO en lien avec les interventions de contrôle des moustiques

Titre, auteur et année	Question/Objectif	Population à l'étude	Méthodologie	Résultats	Limites
<p>« Mosquito politics: Local vector control policies and the spread of West Nile Virus in the Chicago region ».</p> <p>Tedesco et collaborateurs, 2010[42]</p>	<p>Examiner comment les politiques de quatre districts distincts peuvent contribuer à une différence géographique à l'échelle locale de l'incidence du VNO.</p>	<p>Population humaine des régions de Plaines Valley et Northwest en comparaison aux régions de South Cook et North Shore (Chicago, Illinois, États-Unis).</p>	<p>Les auteurs ont comparé les politiques de contrôle des moustiques dans quatre régions de la région métropolitaine de Chicago en 2002.</p>	<p>Un programme de contrôle intensif des moustiques (utilisation de larvicides tôt dans la saison et d'adulticides à l'apparition des cas humains en plus d'un programme de surveillance bien structuré) a permis aux régions de Plaines Valley et Northwest d'obtenir un taux d'incidence de cas humains de VNO plus faible que dans les régions de South Cook et North Shore qui étaient moins bien organisées et ne disposaient pas d'un programme de contrôle bien structuré.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences méthodes dans la réduction des moustiques et des cas humains.</p>
<p>« West Nile virus in North America: perspectives on epidemiology and intervention ».</p> <p>Reisen et Brault, 2007[41]</p>	<p>Revue synthèse avec l'objectif d'examiner l'épidémiologie et les interventions contre le VNO.</p>	<p>Population humaine dans l'ouest des États-Unis (Arizona, Californie, Colorado).</p>	<p>Les auteurs ont comparé l'utilité des programmes de contrôle des moustiques proactifs et réactifs sur l'incidence des cas humains du VNO dans l'État de Californie, en 2004 et 2005, comparé aux populations des États limitrophes de l'Arizona et du Colorado.</p>	<p>Les interventions intégrant les actions proactives (l'utilisation des larvicides tôt dans la saison) ont été plus efficaces à protéger la population contre le VNO, résultant d'un taux d'incidence inférieur. La Californie qui possède un programme de contrôle des moustiques relativement bien structuré a mesuré des niveaux d'incidences variant entre 2,34 et 2,64 pour les saisons 2004 et 2005. En contrepartie, un taux d'incidence de 63,24 a été mesuré au Colorado pour lequel les programmes de contrôle sont organisés.</p>	<p>Études écologiques ne permettant pas de connaître la contribution des différences méthodes dans la réduction des moustiques et des cas humains.</p>

Tableau 2 Études documentant la réduction du nombre de cas humains du VNO en lien avec les interventions de contrôle des moustiques (suite)

Titre, auteur et année	Question/Objectif	Population à l'étude	Méthodologie	Résultats	Limites
<p>« Impact of West Nile Virus outbreak upon St. Tammany Parish mosquito abatement district ».</p> <p>Palmisano et collaborateurs, 2005[40]</p>	<p>Évaluer l'impact des mesures de contrôle des moustiques durant une flambée du VNO sur la population de St. Tammany Parish.</p>	<p>Population humaine de St. Tammany Parish, Louisiane, États-Unis.</p>	<p>La région a effectué l'épandage de larvicides et d'adulticides dans le cadre d'un plan d'intervention sur le VNO. Ils ont évalué l'efficacité de leurs interventions avec la surveillance entomologique, animale et humaine.</p>	<p>Les auteurs ont noté qu'en intensifiant de façon substantielle les traitements avec des adulticides et des larvicides en plus de débiter les applications de ces derniers plus tôt en début de saison 2002, ils avaient observé une diminution par un facteur de presque 10 de la quantité de moustiques capturés entre les mois de mai et août comparativement à la moyenne des cinq années précédentes ou les quantités mesurées dans les pièges avaient diminué seulement d'un facteur 2 entre mai et août. Cette diminution drastique des moustiques de mai à août a probablement contribué à la réduction des cas de transmission aux humains.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences méthodes dans la réduction des moustiques et des cas humains.</p>

Tableau 3 Études documentant l'efficacité des larvicides à réduire l'abondance des moustiques

Auteur et année	Objectif	Population à l'étude	Méthodologie	Résultats	Limites
<p>« Évaluation de l'efficacité des larvicides contre les espèces vectrices du VNO ».</p> <p>Campagna et collaborateurs, 2015 (à paraître)[49].</p>	<p>Évaluer l'efficacité de l'application préventive de larvicides à réduire l'abondance des moustiques, infectés ou non.</p>	<p>Population de moustiques (<i>Culex pipiens/restuans</i> et <i>Aedes vexans</i>) dans les régions de Montréal, Laval et Montérégie au Québec.</p>	<p>Les auteurs ont comparé l'abondance et l'indice vectoriel des moustiques entre les zones traitées et non traitées, dans le cadre d'une intervention gouvernementale contre le VNO.</p>	<p>Les données de contrôle de qualité effectué par la SOPFIM ont démontré un taux de mortalité des larves de près de 100 % dans les puisards de rue traités avec du méthoprène. L'étude a démontré une diminution significative moyenne de 23 % de <i>Culex</i> après exclusion des valeurs aberrantes. Pour les semaines 33 à 37 (10 août au 13 septembre), la réduction de l'abondance de <i>Culex</i> était de 30 %. Le traitement par larvicide a aussi permis de diminuer d'environ 60 % l'abondance de moustiques <i>Aedes vexans</i> dans les zones où leur reproduction est plus importante (faible proportion d'îlots de chaleur).</p> <p>L'utilisation de larvicide n'a pas affecté l'indice vectoriel de <i>Culex</i>. L'indice vectoriel d'<i>Aedes vexans</i> n'a pas été calculé.</p>	<p>L'activité VNO a plutôt été faible au cours de la période de l'étude. Par ailleurs certains facteurs opérationnels et méthodologiques ont pu favoriser une sous-estimation de l'efficacité des larvicides.</p>

Tableau 3 Études documentant l'efficacité des larvicides à réduire l'abondance des moustiques (suite)

Auteur et année	Objectif	Population à l'étude	Méthodologie	Résultats	Limites
<p>« Efficiency of Bti-based floodwater mosquito control in Sweden – four examples ».</p> <p>Schafter et Lundstrom, 2014[47]</p>	<p>Évaluer l'effet du traitement avec le larvicide <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> sur le nombre de larves dans les zones humides temporaires traitées et sur l'abondance conséquente de moustiques adultes.</p>	<p>Population de moustiques (principalement <i>Aedes sticticus</i>) en Suède.</p>	<p>Les auteurs ont examiné des données de surveillance et d'intervention avec des larvicides dans quatre régions de Suède entre 2002 et 2012.</p>	<p>Le traitement a fortement et significativement réduit l'abondance des moustiques adultes. L'évaluation a montré que la couverture d'au moins 95 % de l'habitat des moustiques est nécessaire pour accomplir une diminution du nombre de moustiques cohérente avec le traitement. L'étude a aussi démontré une mortalité de presque 100 % de l'abondance des larves ce qui est concordant avec d'autres études ayant évalué l'efficacité du <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>.</p>	<p>Des problèmes économiques et l'absence de financement à long terme à parfois donna lieu aux traitements incomplets et inadéquats. Par conséquent, la couverture du traitement a varié entre les régions et les années.</p>
<p>« Larviciding offshore islands reduces adulticidal treatment of populated areas adjacent to national wildlife refuges ».</p> <p>Hribar et collaborateurs, 2011[48]</p>	<p>Évaluer l'effet de l'utilisation intensive de larvicide <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> sur le nombre et les modalités de traitement aérien par adulticides.</p>	<p>Population de moustiques (<i>Aedes taeniorhynchus</i>) dans les refuges National Key Deer et Great White Heron du National Keys en Floride.</p>	<p>Les auteurs ont évalué les données de surveillance entomologique d'<i>Aedes taeniorhynchus</i> et les missions aériennes (nombre et superficie de traitement) entre 2003 et 2010.</p>	<p>L'utilisation intensive de larvicides (<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>) a réduit de façon significative la population de moustiques. Ces applications ont aussi permis de réduire de façon considérable les applications aériennes sur ces sites entre 1999 et 2010 où on est passé de superficies traitées de 64 211 hectares à 6 334 respectivement.</p>	<p>Les auteurs ne possédaient pas toutes les données nécessaires (avant 2003) pour réaliser une évaluation comparative entre les années non traitées et les années traitées.</p>

Tableau 4 Études documentant l'association entre l'abondance des moustiques, l'indice vectoriel et le nombre de cas humain du VNO

Auteur et année	Objectif	Méthodologie	Population à l'étude	Résultats	Limites
<p>« West Nile Virus Outbreak in Phoenix, Arizona - 2010: Entomological Observations and Epidemiological Correlations ».</p> <p>Colborn et collaborateurs, 2013[53]</p>	<p>Comprendre les paramètres entomologiques associés à l'éclosion VNO 2010 à Phoenix, Arizona.</p>	<p>Population humaine et de moustiques (<i>Culex quinquefasciatus</i> et <i>Culex tarsalis</i>) à Phoenix, Arizona.</p>	<p>Les auteurs ont comparé deux régions (une zone contrôlée et une affectée, incluant deux secteurs plus touchés – districts de conservation des eaux : Gilbert et Roosevelt).</p> <p>Analyse rétrospective des cas humains et des données entomologiques de surveillance (303 stations/semaine : abondance, taux d'infection, indice vectoriel).</p>	<p>Pour toutes zones affectées par le VNO, les données d'indice vectoriel et du taux d'infection pour toutes les espèces de <i>Culex</i> étaient statistiquement corrélées avec le nombre de cas humain : l'augmentation de l'indice vectoriel reflète l'augmentation des cas humains, tant à un, deux ou trois semaines avant le début des symptômes.</p> <p>Les auteurs ont aussi observé une abondance plus importante des moustiques vecteurs dans la zone affectée et les deux secteurs que dans la zone contrôlée, suggérant une association entre l'abondance élevée de moustiques dans la zone affectée et l'éclosion humaine de VNO. Cependant, aucun test statistique n'a été présenté sur ce paramètre.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences méthodes dans la distribution des moustiques ou de cas humains.</p> <p>Nous ne savons pas si des mesures de contrôle des moustiques ou d'interventions de la santé publique ont été appliquées durant la période d'étude : aucune information n'est discutée dans le texte.</p>

Tableau 4 Études documentant l'association entre l'abondance des moustiques, l'indice vectoriel et le nombre de cas humain du VNO (suite)

Auteur et année	Objectif	Méthodologie	Population à l'étude	Résultats	Limites
<p>« Predicting Human West Nile Virus Infections With Mosquito Surveillance Data ».</p> <p>Kilpatrick et Pape, 2013[20]</p>	<p>Fournir une validation pour l'utilisation des données de surveillance des moustiques pour prédire le nombre de cas humains du VNO.</p>	<p>Population de moustiques du genre <i>Culex</i> et une population de 3 727 cas humains de VNO au Colorado.</p>	<p>Les auteurs ont quantifié les liens entre les données de surveillance des moustiques et les caractéristiques spatiotemporelles de cas de VNO humain signalés entre 2003 et 2007.</p>	<p>Les données entomologiques étaient fortement prédictives du nombre de cas humains du VNO plusieurs semaines avant le début des symptômes. L'étude fournit une grande confiance à l'utilisation de l'indice vectoriel comme indicateur pour des actions de contrôle des moustiques.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences méthodes dans la distribution des moustiques ou de cas humains.</p> <p>Nous ne savons pas si des mesures de contrôle des moustiques ou d'interventions de la santé publique ont été appliquées durant la période d'étude : aucune information n'est discutée dans le texte.</p>
<p>« Risk factors for human infection with West Nile Virus in Connecticut: a multi-year analysis ».</p> <p>Liu et collaborateurs, 2009[39]</p>	<p>Élaborer une méthode optimale pour la prédiction précoce du risque d'infection du VNO chez l'homme.</p>	<p>Les populations de cas humain du VNO, des moustiques et des oiseaux au Connecticut.</p>	<p>Les auteurs ont analysé l'utilité prédictive des données de surveillance sur les facteurs de risque d'infection chez l'humain entre 2000 et 2005.</p>	<p>Une corrélation positive a été notée entre l'abondance de moustiques (particulièrement <i>Culex Pipiens</i>) et le risque d'infection humaine.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences facteurs de risque dans la distribution de cas humains.</p> <p>De plus, l'activité VNO a été faible au cours de la période de l'étude, l'intensité de la surveillance des oiseaux a changé durant la période de l'étude, et l'information sur les mesures de contrôle des moustiques n'a pas été incorporée dans le modèle.</p>

Tableau 4 Études documentant l'association entre l'abondance des moustiques, l'indice vectoriel et le nombre de cas humain du VNO (suite)

Auteur et année	Objectif	Méthodologie	Population à l'étude	Résultats	Limites
<p>« 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 ».</p> <p>Bolling et collaborateurs, 2009[51]</p>	<p>Modéliser l'impact des variations saisonnières des données entomologiques sur le nombre de cas humains du VNO.</p>	<p>Population des moustiques (<i>Culex tarsalis</i>, <i>Aedes vexans</i> et <i>Culex pipiens</i>) et les cas humains du VNO au Colorado.</p>	<p>Les auteurs ont analysé les données provenant de cinq districts du nord-est du Colorado entre 2006 et 2007 selon les tendances saisonnières pour les mesures entomologiques par rapport aux cas humains.</p>	<p>L'abondance et l'indice vectoriel des moustiques infectés ont été fortement associés à l'apparition subséquente de cas humains du VNO quelques semaines plus tard.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences facteurs de risque dans la distribution de cas humains.</p> <p>De plus, tous les sites n'ont pas fait l'objet d'un échantillonnage chaque année, et les auteurs n'ont pas pris en compte la variabilité météorologique, les dynamiques des populations des moustiques, l'intensité de transmission du VNO, ni l'influence des mesures de contrôle des populations de moustiques.</p>
<p>« The 2012 West Nile Encephalitis Epidemic in Dallas, Texas ».</p> <p>Chung et collaborateurs, 2013[52]</p>	<p>Examiner les facteurs (épidémiologiques, météorologiques et géospatiales) influant l'épidémie de VNO au Dallas, Texas.</p>	<p>Les populations humaines du VNO avec des atteintes neurologiques et des moustiques (<i>Culex quinquefasciatus</i>) au Dallas, Texas.</p>	<p>Les auteurs ont examiné l'utilité prédictive des données de surveillance entomologiques (l'indice vectoriel) pour prédire le risque chez les humains. Ils ont comparé des données de surveillance entomologique et humaine sur plusieurs années.</p>	<p>Une corrélation positive a été notée entre l'indice vectoriel et le nombre de cas humain.</p>	<p>Étude écologique ne permettant pas de connaître la contribution des différences facteurs de risque dans la distribution de cas humains.</p>

services maladies infectieuses
santé services
et innovation microbiologie toxicologie prévention des maladies chroniques
santé au travail innovation santé au travail impact des politiques publiques
impact des politiques publiques développement des personnes et des communautés
promotion de saines habitudes de vie recherche services
santé au travail promotion, prévention et protection de la santé impact des politiques
sur les déterminants de la santé recherche et innovation services de laboratoire et diagnostic
recherche surveillance de l'état de santé de la population

www.inspq.qc.ca