

Proposition d'un plan de surveillance intégrée des virus transmis par les moustiques au Québec, 2020-2025

AVIS SCIENTIFIQUE

AUTEURES

Julie Ducrocq, D.M.V., M. Sc.

Roxane Pelletier, D.M.V., M. Sc.

Marie-Ève Turcotte, D.M.V., M. Sc.

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

SOUS LA COORDINATION DE

Alejandra Irace-Cima, M.D., F.R.C.P.C.

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

AVEC LA COLLABORATION DU

Groupe d'experts sur les maladies infectieuses transmises par les moustiques composé de :

Guy Charpentier, Ph. D.

Université du Québec à Trois-Rivières

Alejandra Irace-Cima, M.D., F.R.C.P.C.

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

Gilles Delage, M.D.

Héma-Québec

Isabelle Dusfour, Ph. D.

Unité Contrôle et Adaptation des Vecteurs de l'Institut Pasteur de la Guyane et INRS-Institut Armand-Frappier

Louise Lambert, M.D. M. Sc.

Secteur Maladies infectieuses et gestion des menaces, Direction de santé publique de la Montérégie

Marie-Andrée Leblanc, B. Sc. Inf.

Direction de la vigilance sanitaire, Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec

Antoinette Ludwig, DMV, Ph. D.

Agence de la santé publique du Canada

Najwa Ouhoumane, Ph. D.

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

Isabelle Picard, D.M.V.

Direction de la santé animale, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Jean-Philippe Rocheleau, D.M.V., Ph. D.

Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal

Christian Therrien, Ph. D.

Laboratoire de santé publique du Québec, Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGE

Judith Degla, agente administrative

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

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier Karl Forest-Bérard et Geneviève Germain (Institut national de santé publique du Québec), Hugues Charest (Laboratoire de santé publique du Québec) et Stéphane Lair (Centre québécois sur la santé des animaux sauvages) pour leur contribution au présent document.

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.

Dépôt légal – 4^e trimestre 2019

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-550-85486-9 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2019)

Table des matières

Liste des acronymes.....	II
Sommaire.....	1
1 Contexte.....	2
2 Portrait de la surveillance des arbovirus au Québec	3
2.1 Surveillance du virus du Nil occidental (VNO)	3
2.1.1 Surveillance humaine	3
2.1.2 Surveillance animale.....	4
2.1.3 Surveillance entomologique.....	4
2.1.4 Suivi météorologique	5
2.1.5 Intégration des données	5
2.2 Surveillance des autres arbovirus transmis par les moustiques circulant au Québec.....	6
2.2.1 Surveillance humaine	6
2.2.2 Surveillance animale.....	6
2.2.3 Surveillance entomologique.....	7
2.2.4 Intégration des données	7
2.3 Surveillance de l'émergence d'arbovirus exotiques.....	7
2.3.1 Surveillance humaine	7
2.3.2 Surveillance animale.....	7
2.3.3 Monitoring entomologique.....	7
2.4 Acquisition des connaissances en cours pour améliorer la surveillance	8
3 Proposition d'un plan de surveillance intégrée	8
3.1 Mandat ministériel.....	8
3.2 Objectifs spécifiques de la surveillance et recommandations	8
4 Conclusion.....	11
5 Références.....	13

Liste des acronymes

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
DNSP	Directeur national de la santé publique
DSPublique	Direction de santé publique
ETA	Encéphalites transmises par les arthropodes
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
RSS	Régions sociosanitaires
LSPQ	Laboratoire de santé publique du Québec
MADO	Maladies à déclaration obligatoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
PIE	Période d'incubation extrinsèque
SIDVS–VNO	Système intégré des données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental
VCHIK	Virus du Chikungunya
VDEN	Virus de la Dengue
VEEE	Virus de l'encéphalite de l'Est
VEEO	Virus de l'encéphalite de l'Ouest
VEEV	Virus de l'encéphalite Venezuela
VESL	Virus de l'encéphalite St–Louis
VLAC	Virus de La Crosse
VNO	Virus du Nil occidental
VJC	Virus de Jamestown Canyon
VSC	Virus du séro groupe Californie
VSSH	Virus du Snowshoe Hare
VZIK	Virus du Zika
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control

Sommaire

Plus d'une centaine d'arbovirus ayant le potentiel d'infecter les humains a été identifiée à l'échelle internationale. Les autorités de santé publique doivent donc cibler les arbovirus causant des infections les plus à risque de complications afin de déterminer lesquels devraient faire l'objet d'une surveillance. Au Québec, tout comme ailleurs en Amérique du Nord, les infections cliniques les plus fréquentes et les plus à risque de complication sont associées au virus du Nil occidental (VNO), suivies de celles liées aux virus du sérotype Californie. La province effectue également un « monitoring entomologique » les principales espèces de moustiques qui véhiculent des arbovirus exotiques tels que les virus du Chikungunya, du Zika et de la Dengue.

Le ministère de la Santé et des Services sociaux a mandaté l'Institut national de santé publique du Québec afin « d'élaborer un Plan de surveillance intégrée des arbovirus 2020-2025 » dont la mise en œuvre permettrait de suivre l'épidémiologie des arbovirus transmis par les moustiques au Québec et d'informer le public et les professionnels de la santé sur les risques d'acquisition de ces infections au Québec.

La présente proposition de plan contient onze recommandations qui se rattachent aux trois objectifs spécifiques de la surveillance suivants :

Objectif 1 : Maximiser l'apport de chaque composante du système de surveillance des arbovirus en intégrant les données issues de la surveillance humaine, animale et entomologique :

- Recenser un portrait des méthodes existantes de caractérisation du risque et adapter le meilleur outil décisionnel disponible pour articuler les activités de surveillance au Québec;
- Dresser un portrait des différentes espèces de moustiques circulant au Québec;
- Articuler les activités associées à la surveillance animale et entomologique en fonction des risques, une fois l'outil décisionnel sélectionné et adapté au Québec;
- Évaluer la performance du système de surveillance intégrée du VNO en vue d'optimiser ses composantes avant l'intégration des autres arbovirus;

- Intégrer et centraliser les données provenant de l'ensemble des volets de la surveillance des arbovirus, suite à l'évaluation de la performance.

Objectif 2 : Dresser un portrait épidémiologique des maladies associées aux arbovirus chez l'humain :

- Maintenir la surveillance humaine des cas d'infections associées au VNO, aux ETA et aux arbovirus exotiques, à travers le mécanisme des MADO et l'optimiser suite à l'évaluation de la performance;
- Initier une réflexion sur l'harmonisation des définitions nosologiques au sujet des infections associées aux arbovirus et sur la pertinence et l'apport de la surveillance des cas d'infections asymptomatiques;
- Renforcer la capacité des acteurs impliqués dans le volet humain de la surveillance des arbovirus, suite à l'évaluation et à l'optimisation du système.

Objectif 3 : Caractériser les risques d'acquisition des maladies à déclaration obligatoire d'origine infectieuse associées aux arbovirus chez l'humain :

- Maintenir et optimiser la surveillance animale en fonction des objectifs établis par le MSSS;
- Adapter la surveillance et le monitoring entomologique, en fonction des objectifs établis par le MSSS;
- Optimiser la collecte d'informations sur le lieu d'acquisition probable des cas humains et animaux afin d'explorer et de soutenir le développement d'une cartographie du risque.

Cette proposition de plan de surveillance intégrée des arbovirus se démarque par l'acquisition de nouvelles connaissances, l'utilisation d'un outil décisionnel et par l'évaluation de la performance du système de surveillance intégrée du VNO. Ces propositions permettront au Québec d'articuler les activités de surveillance en fonction des risques et du caractère évolutif des arbovirus ainsi que d'optimiser chacune de ses composantes selon les objectifs visés et les interventions disponibles pour diminuer le fardeau des infections associées aux arbovirus, sur l'horizon 2020-2025.

1 Contexte

À ce jour, plus d'une centaine d'arbovirus infectant les humains a été identifiée, à l'échelle internationale⁽¹⁾. Le terme arbovirus résulte d'une contraction du terme anglais « Arthropod-borne virus » et englobe l'ensemble des virus transmis par les arthropodes hématophages¹ (tiques, moustiques, etc.)⁽²⁾. Cependant, ce document s'attarde seulement aux arbovirus transmis par les moustiques, soit les insectes de la famille de Culicidés⁽³⁾.

Parmi les arbovirus répertoriés, les autorités de santé publique ciblent ceux causant des infections à risque de complications. Au Québec, les infections humaines associées au virus du Nil occidental (VNO) demeurent les plus fréquemment rapportées, suivies de celles causées par les virus du séro groupe Californie (VSC)⁽⁴⁻⁷⁾.

Bien que les connaissances épidémiologiques associées au VNO aient largement progressé, la prédiction de l'émergence et des éclosions des cas d'infection humaine demeure extrêmement complexe⁽⁸⁾. La transmission des arbovirus dépend d'une série d'interactions entre les hôtes (animaux et humains), les vecteurs (moustiques) et les écosystèmes favorables à leur transmission⁽⁹⁾. Chaque arbovirus possède son propre cycle de transmission avec une gamme d'hôtes et de vecteurs spécifiques pouvant différer d'un système écologique à l'autre⁽¹⁰⁾. De nombreux facteurs biotiques et abiotiques, notamment environnementaux et climatiques, exercent eux aussi une influence importante sur la transmission virale à l'humain⁽¹¹⁾.

Enfin, pour complexifier davantage le portrait épidémiologique, la transmission des arbovirus est également évolutive et dynamique⁽¹²⁾. En effet, les adaptations génétiques dont les arbovirus sont capables et les nouveaux phénotypes associés leur permettent de s'ajuster à de nouveaux hôtes ou vecteurs⁽¹³⁾. Les conditions climatiques influencent la dispersion de certaines espèces de moustiques et modifient leur distribution géographique sur le territoire, entraînant également une variation de la distribution des arbovirus⁽¹⁴⁾. La distribution des hôtes animaux et humains sur le territoire est également appelée à changer suivant notamment l'étalement urbain et le réaménagement de l'utilisation des sols (facteurs

anthropogéniques)⁽¹⁶⁾. Finalement, l'environnement et les écosystèmes se modifient eux aussi, notamment en regard des changements climatiques, des hausses des températures environnantes et des niveaux de précipitations⁽¹⁵⁾.

Au cours de la dernière décennie, nous avons assisté à l'émergence d'arbovirus exotiques d'importance mondiale tels que les virus du Chikungunya (VCHIK) dans les Caraïbes en 2013 et du Zika (VZIK) au Brésil en 2015⁽¹⁶⁻¹⁷⁾. En présence de vecteurs locaux capables de transmettre ces arbovirus exotiques, l'intensification des déplacements contribue au mouvement d'humains infectés servant comme source d'infection pour d'autres⁽¹⁸⁾. Les déplacements terrestres, maritimes et aériens permettent également la translocation d'espèces de moustiques vecteurs d'arbovirus exotiques, telles qu'*Aedes albopictus* et *Ae. aegypti* tandis que la présence de conditions climatiques propices à leur établissement contribue à leur expansion territoriale⁽¹⁹⁻²²⁾.

De nos jours, il est donc important de garder en tête que les systèmes de surveillance des arbovirus doivent s'adapter à un monde en constant changement⁽²³⁾.

¹ Un embranchement taxonomique du règne animal qui réfère aux invertébrés avec un corps segmenté articulé et qui s'alimente grâce à un repas de sang⁽²¹⁾.

2 Portrait de la surveillance des arbovirus au Québec

À travers le monde, les systèmes de surveillance épidémiologique (collecte, analyse et interprétation des données) répondent, parfois simultanément, à deux objectifs, soit celui de la détection précoce (communément appelée la « vigie sanitaire ») et celui de la description d'un phénomène ayant un impact sur la santé (communément appelée la « surveillance »)⁽²⁴⁾.

Au Québec, la responsabilité légale de la vigie sanitaire et de la surveillance appartient aux autorités de santé publique, soit la ministre de la Santé et des Services sociaux, avec son directeur national de santé publique (DNSP) et les directeurs de santé publique des 18 régions sociosanitaires (RSS) du Québec. La vigie sanitaire vise à détecter précocement les menaces à la santé humaine, pouvant conduire à des évaluations rapides du risque ou à des interventions afin de les contrôler⁽²⁵⁾.

Depuis 2003, la surveillance des arbovirus au Québec est un système de type descriptif, basé sur un « processus continu et systématique d'appréciation de l'état de santé [de la population] et de ses déterminants qui, rappelons-le, a globalement pour finalités d'éclairer la prise de décision dans le domaine sociosanitaire, ainsi que d'informer la population » des risques à la santé⁽²⁶⁾.

2.1 Surveillance du virus du Nil occidental (VNO)

2.1.1 SURVEILLANCE HUMAINE

Au Québec, la surveillance humaine du VNO a débuté en 2000 suivant la détection des premiers cas humains en Amérique du Nord, dans l'État de New York, en 1999⁽²⁷⁾. À cette époque, les médecins étaient particulièrement encouragés à demander une analyse de détection du VNO, pour les cas d'infection avec atteinte neurologique⁽²⁸⁾. Initialement, cette surveillance s'appuyait sur le mécanisme de maladie à déclaration obligatoire (MADO) sous la définition des encéphalites à virus transmises par les arthropodes⁽²⁹⁾. Il s'agissait d'un mélange de surveillance accrue (passive et active) ainsi que de vigie sanitaire⁽²⁸⁾.

Puis en 2003, à la suite des premiers cas d'acquisition locale du VNO survenus en 2002, les infections symptomatiques et asymptomatiques associées au VNO sont officiellement devenues une MADO^(28, 30). Depuis, tout médecin et dirigeant d'un laboratoire ou d'un département de biologie médicale suspectant une infection au VNO est tenu de la déclarer au directeur de santé publique de son territoire⁽³¹⁾. La surveillance humaine grâce au mécanisme des MADO s'est poursuivie jusqu'à ce jour⁽³²⁾.

En 2003, Héma-Québec initiait aussi le début de la surveillance humaine active afin de réduire les risques liés de transmission du VNO à la transfusion sanguine⁽³³⁾. Le dépistage moléculaire d'une infection active au VNO s'effectue systématiquement chez tous les donneurs de sang entre le 1^{er} juin et le 30 novembre (saison à risque) et chez ceux ayant voyagé à l'extérieur du pays au cours des 56 jours précédant le don (période de surveillance du 1^{er} décembre au 31 mai)⁽³³⁾. Les donneurs virémiques sont asymptomatiques au moment du don de sang. Toutefois, certains peuvent développer des symptômes compatibles avec une infection à VNO, dans les jours suivants⁽³⁴⁾.

Tous les cas d'infections au VNO déclarés font l'objet d'une enquête épidémiologique par les directions de santé publique (DSPublique)⁽³⁵⁾. Ces enquêtes permettent de classer les cas selon les définitions nosologiques en vigueur⁽²⁹⁾, de documenter les manifestations cliniques et la sévérité de la maladie ainsi que de déterminer le mode et le lieu le plus probable d'acquisition⁽³⁵⁾. Ensuite, ces informations sont validées et saisies par la DSPublique au fichier MADO d'origine infectieuse et au système intégré des données de vigie sanitaire du virus du Nil occidental (SIDVS-VNO)⁽²⁶⁾.

Depuis 2002, des infections associées au VNO acquises localement ont été répertoriées annuellement⁽³⁶⁾, confirmant la présence, dans la région probable d'acquisition, d'un vecteur capable de transmettre le virus aux humains⁽³⁷⁾.

La sensibilité de la surveillance humaine passive dépend du degré de connaissance du risque d'acquisition d'une infection associée au VNO par le médecin traitant, de l'obtention d'un résultat de laboratoire diagnostique approprié et de la déclaration des cas aux autorités de santé publique⁽³⁸⁾. La sous-estimation de l'incidence des infections au VNO est un enjeu qui concerne davantage

les cas asymptomatiques et, dans une moindre mesure, les infections symptomatiques non neurologiques suivis des cas neurologiques⁽³⁴⁾.

2.1.2 SURVEILLANCE ANIMALE

Les oiseaux sont un important réservoir du VNO. Certaines espèces peuvent servir de « sentinelles » pour confirmer la circulation virale⁽³⁹⁾.

En 2000, une surveillance active basée sur la séroconversion de poulets domestiques a été instaurée le long de la frontière américaine⁽⁴⁰⁾. Cependant, ce volet de surveillance a été délaissé par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) à la suite de son incapacité à fournir une alerte précoce de circulation du VNO dans la plupart des juridictions américaines employant cette approche⁽⁴⁰⁾.

Cette même année, la surveillance animale a également ciblé la détection d'infection chez les oiseaux morts (notamment des corvidés), en encourageant la population québécoise à les signaler par l'entremise d'une centrale téléphonique gouvernementale⁽⁴¹⁾. En 2002, ce type de surveillance animale rehaussée a permis la détection précoce du VNO sur le territoire québécois, quelques semaines avant la survenue de premiers cas humains⁽⁴²⁾. Depuis 2006, cette surveillance se limite à la détection du VNO chez les oiseaux récoltés dans le cadre des programmes de surveillance de l'influenza aviaire et des causes de mortalité de la faune⁽⁴³⁾.

Depuis mai 2003, le VNO chez les animaux domestiques fait partie de la liste des maladies animales à notification immédiate sous la responsabilité de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)⁽⁴⁴⁾. Le VNO est également sur la liste des maladies animales désignées par règlement du MAPAQ depuis avril 2015⁽⁴⁴⁾, ce qui complète la surveillance basée sur la collaboration des médecins vétérinaires praticiens dans le cadre du Réseau d'alerte et d'information zoonitaire du MAPAQ. Cependant, seuls les laboratoires de santé animale sont légalement tenus de déclarer tout soupçon ou confirmation diagnostique d'infection causée par le VNO au MAPAQ et à l'ACIA⁽⁴⁵⁾.

Les informations en lien avec les cas d'infection chez les animaux domestiques sont partagées entre le MAPAQ, le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), le DNSP, les DSPubliques et l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) grâce à « l'Entente de collaboration et communication de renseignements concernant la prévention, la vigie, la surveillance et le contrôle des zoonoses »⁽⁴⁶⁾. Cette entente permet une rétroaction utile à la surveillance des arbovirus en fonction des risques présents dans la province.

À ce jour, la surveillance animale du VNO a permis de confirmer des infections chez les oiseaux sauvages et domestiques, ainsi que chez les mammifères terrestres sauvages et domestiques^(47, 48). Au Québec, les équins sont considérés comme une espèce animale sentinelle puisqu'ils sont particulièrement susceptibles au VNO⁽⁴⁹⁾.

D'un point de vue de santé publique, la surveillance des animaux sensibles au VNO permet de confirmer la présence du virus dans une région géographique donnée, lorsque l'animal infecté ne s'est pas déplacé en dehors de cette région⁽⁵⁰⁾. Cependant, la vaccination des chevaux contre le VNO, les coûts associés aux tests diagnostiques et les déplacements hors RSS représentent les principales limites de ce volet de surveillance^(51, 52).

2.1.3 SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE

Selon le *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), la surveillance entomologique peut être utilisée pour répondre à l'un des quatre objectifs suivants⁽⁵³⁾ :

- Recueillir des données sur les paramètres² de base des populations de moustiques (synonyme du monitoring entomologique);
- Fournir un indicateur de risque géographique d'acquisition d'un arbovirus pour l'humain (proportion des moustiques infectés);
- Soutenir les décisions concernant la nécessité et le calendrier des activités de lutte contre les vecteurs et les programmes d'éducation du public;
- Surveiller l'efficacité des efforts de lutte anti-moustiques.

² Selon l'*European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC), les paramètres de base à établir sont la présence/absence, l'abondance, la dynamique des populations, la longévité, les comportements piqueurs et la dispersion des moustiques potentiellement vecteurs d'arbovirus d'importance médicale⁽⁵⁴⁾.

Au Québec, la surveillance entomologique active des vecteurs compétents du VNO a débuté en 2000, a été interrompue de 2007 à 2012 et a été reprise en 2013^(28, 46). Cette surveillance a été adaptée à l'évolution du contexte, des besoins, des objectifs et des connaissances^(35, 55-57). Elle a débuté généralement en juin-juillet et s'est terminée vers la fin du mois de septembre. Le nombre de stations entomologiques et leur répartition géographique ont varié au cours des années.

La firme mandatée par le MSSS, à la suite des appels d'offres réalisés, fait la collecte des moustiques ainsi que l'identification et le dénombrement des espèces collectées. Sélectionnés à partir des espèces prioritaires ciblées, les moustiques de la même espèce sont soumis par lots, au Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ) pour une analyse moléculaire de détection du VNO⁽⁵⁸⁾. Les données entomologiques obtenues de la firme mandatée par le MSSS ainsi que les résultats des analyses moléculaires des lots de moustiques envoyés au LSPQ, sont intégrés au SIDVS-VNO⁽⁵⁸⁾.

Depuis 2017, la surveillance entomologique pour le VNO s'est effectuée à l'aide de stations entomologiques fixes, sélectionnées annuellement sur la base d'un indice de pertinence⁽⁵⁹⁾. Celui-ci est basé sur la proportion des pools de moustiques positifs, le nombre d'années d'exploitation de la station, le total des cas humains dans un rayon de 2 km² et la densité humaine dans ce rayon⁽⁵⁹⁾.

La sensibilité de la surveillance entomologique déployée jusqu'à maintenant pose d'importantes limites à l'interprétation de ces résultats⁽⁶⁰⁾.

2.1.4 SUIVI MÉTÉOROLOGIQUE

Plusieurs études scientifiques supportent que les conditions climatiques influencent l'épidémiologie du VNO. Parmi l'ensemble des données météorologiques disponibles, la température et les précipitations demeurent celles qui prédisent le mieux l'abondance des vecteurs et l'activité virale⁽⁶¹⁾.

Le suivi des données météorologiques journalières a donc été instauré en parallèle de la surveillance entomologique, entre 2003 et 2006 ainsi que 2013 et 2018⁽⁵⁸⁾, afin d'évaluer les périodes propices à l'amplification du virus dans les vecteurs⁽⁵⁵⁾. Chaque semaine, des données sur la température quotidienne et

les précipitations de pluie sont incluses au rapport envoyé au MSSS, par la firme mandatée de la surveillance entomologique⁽⁵⁸⁾. Cependant, c'est seulement à partir de 2013 qu'un graphique représentant la courbe de la période d'incubation extrinsèque (PIE) est aussi inclus. La courbe PIE représente la somme des degrés-jours supérieurs à 14,3 C de température moyenne pour les 14 jours précédents (représentant la longévité moyenne d'un moustique). Avant 2017, seules les données météorologiques provenant de la station McTavish (Montréal) étaient collectées tandis que depuis 2017, les données météorologiques proviennent de chacune des régions où on effectue la surveillance entomologique⁽⁶²⁾.

L'indicateur degré-jours est une mesure empirique utilisée pour calculer l'accumulation de chaleur, et sert à estimer la durée du développement viral en fonction de la température. Une température plus chaude raccourcit aussi les périodes de développement du moustique⁽⁶³⁾. Actuellement, une accumulation de 109 degrés-jours avec un seuil minimal de 14,3 C est utilisée comme PIE, mais celles-ci proviennent d'une étude effectuée avec *Culex tarsalis* en Californie⁽⁶⁴⁾ et cet indicateur n'a jamais été validé au Québec. Selon cette théorie, l'atteinte du seuil de la PIE serait un indicateur du risque potentiel de transmission du VNO par les moustiques.

2.1.5 INTÉGRATION DES DONNÉES

Depuis 2003, des données issues des volets de la surveillance humaine, animale et entomologique sont intégrées dans une plateforme informatique conçue spécifiquement pour héberger cette information (SIDVS-VNO), sous la responsabilité du MSSS⁽⁶²⁾. L'intégration de ces données a permis de broser un meilleur portrait de la situation épidémiologique au Québec.

2.2 Surveillance des autres arbovirus transmis par les moustiques circulant au Québec

Outre le VNO, les principaux arbovirus transmis localement par les moustiques et confirmés comme circulant au Québec sont les virus de :

- Séro groupe de Californie (VSC) incluant les virus Jamestown Canyon (VJC) et du Snowshoe Hare (VSSH);
- L'encéphalite équine de l'Est (VEEE);
- La Cache Valley (VCV).

Cependant, en présence de changements climatiques, d'intensification des échanges et des déplacements ainsi que pour des raisons de proximité géographique avec le Québec, il demeure important de lister les autres arbovirus circulant ailleurs en Amérique du Nord. Il s'agit des virus de La Crosse (VLAC) et des encéphalites de l'Ouest (VEEO), du Venezuela (VEEV) et de St-Louis (VESL)⁽⁶⁵⁾.

2.2.1 SURVEILLANCE HUMAINE

Contrairement aux infections associées au VNO dont toutes les formes sont à déclaration obligatoire (c.-à-d.) symptomatique ou non), seules les encéphalites transmises par les arthropodes (ETA) sont actuellement à déclaration obligatoire (soit seules les formes symptomatiques neurologiques associées aux autres arbovirus)⁽²⁹⁾. Ainsi, tout médecin et dirigeant d'un laboratoire ou d'un département de biologie médicale suspectant une ETA est tenu de la déclarer au directeur de santé publique de sa région⁽³¹⁾.

Les ETA ont été surveillées au moins depuis 1974, grâce à la Loi sur la santé publique⁽²⁹⁾. Depuis, cette surveillance a permis de détecter des cas d'infections acquises localement et associés aux VJC, VSSH et des VSC non identifiés à l'espèce virale⁽⁷⁾. Aucun cas d'infection acquis localement et associée aux autres arbovirus n'a été déclaré, à ce jour.

De juillet à octobre 2017, le MSSS a effectué une vigie exploratoire des cas humains d'infections par les VSC compte tenu du fait que certains indicateurs lui permettaient de suspecter que les ETA causées par le VJC et VSSH étaient sous diagnostiquées⁽⁵⁸⁾. Ainsi pendant cette période, tous les échantillons soumis pour

la recherche d'anticorps pour le VNO au LSPQ ont également été soumis à un test sérologique pour la recherche d'anticorps pour les VJC et VSSH⁽⁷⁾. Cette vigie a permis de confirmer qu'une proportion non négligeable de patients possédait des anticorps contre ces deux arbovirus⁽⁷⁾.

2.2.2 SURVEILLANCE ANIMALE

Les infections animales par le VEEE et le VEEO sont des maladies à notification immédiate au niveau fédéral et doivent être déclarées sans délai au MAPAQ et à l'ACIA par les laboratoires seulement⁽⁶⁶⁾. Le VEEV est une MADO et doit être rapporté par les propriétaires d'animaux, les médecins vétérinaires et les laboratoires de santé animale au MAPAQ et à l'ACIA^(44, 66).

Depuis 2015, toutes les arboviroses autres que le VNO et celles mentionnées précédemment doivent également être déclarées sans délai au MAPAQ, c'est-à-dire au gouvernement provincial seulement, par les laboratoires de santé animale lorsque des analyses confirmer la présence de l'agent pathogène en question⁽⁴⁵⁾. Cette surveillance animale est peu efficace pour les arbovirus qui n'affectent pas ou rarement les animaux domestiques tels que les VJC, VSSH, VLAC et VESL⁽⁴⁹⁾.

Le MAPAQ avise la DSPublique concernée et la Direction de la vigie sanitaire du MSSS lorsqu'un arbovirus est identifié et enquête les cas d'infections animales, au besoin⁽⁶⁷⁾.

À ce jour, la surveillance animale passive a permis de détecter le VEEE chez des chevaux ainsi que le VCV chez des moutons⁽⁶⁸⁾.

Les données sur les cas d'infection animale sont conservées par le MAPAQ dans une banque de données informatique⁽⁶⁷⁾. Le MSSS, l'INSPQ et la DSPublique concernée, reçoivent un avis au sujet de ces cas de la part du MAPAQ, dans le cadre de « l'Entente de collaboration et communication de renseignements concernant la prévention, la vigie, la surveillance et le contrôle des zoonoses » signée en 2007⁽⁶⁷⁾.

Ce système de surveillance passif possède également une sensibilité réduite notamment en lien avec la vaccination des chevaux contre le VEEE et avec les coûts des tests diagnostiques à assumer par les propriétaires^(60,67). De plus, les cas de VCV sont identifiés plusieurs mois après la période d'exposition, soit lors de

la mise bas des brebis infectées en début de parturition⁽⁶⁷⁾.

2.2.3 SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE

Pendant la saison estivale de 2016, la surveillance entomologique mise en place par le MSSS avait été élargie, pour y inclure celle des vecteurs potentiels des VSC et du VEEE⁽⁶⁶⁾. Au total, quatre lots de moustiques ont été testés positifs pour le VEEE dans Lanaudière et deux lots de moustiques ont été positifs pour les VSC en Abitibi-Témiscamingue⁽⁶⁹⁾. Puis, pendant les saisons estivales de 2017 et de 2018, la surveillance des VSC et du VEEE s'est interrompue, dans l'attente du présent avis scientifique.

2.2.4 INTÉGRATION DES DONNÉES

Les données issues de la surveillance des autres arboviroses ne sont pas intégrées dans une plateforme centralisée, laquelle avait été conçue pour la surveillance intégrée du VNO uniquement.

2.3 Surveillance de l'émergence d'arbovirus exotiques

2.3.1 SURVEILLANCE HUMAINE

Le Québec participe aux initiatives internationales visant à documenter les infections relatives à certains arbovirus importants pour la santé publique mondiale⁽⁷⁰⁾.

Ainsi, le MSSS a désigné trois arbovirus exotiques d'intérêt dans un contexte de changements climatiques et qui sont en émergence en Amérique du Nord ou ailleurs (VZIK, VCHIK et le virus de la Dengue – VDEN)⁽⁷⁰⁾. Le terme « exotiques » leur est attribué puisqu'ils circulent à l'extérieur de nos frontières et ils se distinguent des autres arbovirus présents au Québec, étant donné que l'être humain demeure leur principal réservoir⁽¹⁸⁾.

Le Québec s'intéresse aux arbovirus exotiques pour suivre les risques de transmission locale, notamment du VZIK et du VCHIK par des vecteurs tels qu'*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus*.

Présentement, les infections causées par ces virus ne sont pas à déclaration obligatoire⁽⁶⁹⁾. Toutefois, le VCHIK a fait l'objet d'une vigie par le MSSS en 2014 tandis que

le VZIK l'est toujours depuis 2016. Ainsi, à l'exception d'un cas de transmission maternelle documenté pour le VZIK, tous les cas d'infections humaines associées aux arbovirus exotiques ont été acquis à l'extérieur du pays⁽⁷⁰⁾.

Depuis 2016, Héma-Québec demande que les voyageurs ayant séjourné dans certains pays à l'extérieur du Canada attendent 21 jours après leur date de retour avant d'effectuer un don de sang⁽⁷¹⁾. Ceci permet de réduire les risques de transmission par transfusion de virus exotiques acquis à l'extérieur du pays comme les VZIK, VDEN et VCHIK⁽⁷¹⁾.

2.3.2 SURVEILLANCE ANIMALE

Aucune surveillance animale en lien avec les arbovirus exotiques n'a lieu présentement au Québec. La surveillance animale n'est pas utile pour ces arbovirus puisque les primates servent d'hôte réservoir principal⁽¹⁸⁾.

2.3.3 MONITORAGE ENTOMOLOGIQUE

À l'instar de la surveillance, le monitoring entomologique se limite à l'acquisition et à la compilation des données sur les populations de moustiques, sans détection d'arbovirus⁽⁷²⁾.

De 2016 à 2018, un monitoring de l'introduction mécanique de moustiques exotiques (*Ae. albopictus* et *Ae. aegypti*) et agissant comme vecteurs de certains virus d'intérêts (VCHIK et VZIK) a eu lieu dans les endroits à risque, soit les régions voisines du nord-est des États-Unis⁽⁷³⁾. Ce monitoring a permis la détection d'un seul œuf d'*Ae. aegypti* au poste frontalier de Saint-Armand en 2017 et aucun moustique d'*Ae. aegypti* ni *Ae. albopictus* entre 2016 et 2018 inclusivement⁽⁷³⁾.

Selon les températures estivales actuellement atteintes au Québec, le risque de transmission des virus exotiques par *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* demeure négligeable pour la prochaine décennie^(74, 75). Cependant, avec les changements climatiques, l'aire de distribution de ces populations pourrait s'étendre géographiquement jusqu'à nos latitudes. En 2018, plusieurs *Ae. albopictus* ont été recensées dans certaines juridictions limitrophes au Québec (Ontario et États-Unis), suggérant l'établissement potentiel de colonies.

La principale limite associée au monitoring de moustiques est l'impossibilité de surveiller l'ensemble de la frontière. Les moustiques exotiques capturés au Québec l'ont été de façon ponctuelle et en très faible nombre, documentant le phénomène d'introduction mécanique accidentelle (synonyme de translocation). Cependant, à ce jour, aucune information ne laisse croire à leur établissement au Québec.

2.4 Acquisition des connaissances en cours pour améliorer la surveillance

Quatre projets d'acquisition de connaissances associées aux arbovirus sont soit terminés ou en cours. Nous les soulignons dans le présent document puisque leurs résultats peuvent potentiellement influencer ou alimenter certaines recommandations de la présente proposition de plan de surveillance.

Premièrement, le LSPQ a initié un projet de caractérisation et d'analyse spatio-temporelle de la distribution génomique des arbovirus circulant au Québec pour la période 2003-2016 et dont les résultats seront rendus publics sous peu.

Ensuite, l'INSPQ et l'Agence de la santé publique du Canada mènent présentement un projet pour valider l'indicateur degrés-jour chez le principal vecteur du VNO au Québec (*Culex pipiens/restuans*). Cet indicateur permettrait d'identifier le moment de l'atteinte des conditions optimales de réplication virale chez cette espèce et donc de l'augmentation « théorique » du risque d'exposition à des moustiques infectés. L'utilisation de cet indicateur pour identifier le début et la fin de la saison de transmission du VNO, à partir des données météorologiques sera également validée. L'INSPQ procède présentement à l'analyse des données issues de sa surveillance intégrée de 2003 à 2018 afin de mieux comprendre les grandes dynamiques et les variabilités interannuelles dans le nombre de cas d'infections associées au VNO. Il est prévu d'effectuer ces analyses aux cinq ans, mais ceci dépendra de l'épidémiologie et de l'ampleur des saisons à venir.

Finalement, les moustiques récoltés dans le cadre de la surveillance de l'introduction mécanique de moustiques exotiques ont été conservés et la détection de certains arbovirus dans les espèces de moustiques reconnues comme vecteurs aura lieu en 2019.

3 Proposition d'un plan de surveillance intégrée

3.1 Mandat ministériel

À la lumière de tous ces faits, le MSSS a mandaté l'INSPQ d'élaborer un plan de surveillance intégrée des arboviroses transmises par les moustiques 2020-2025. La mise en œuvre de ce plan permettra de suivre l'épidémiologie des arboviroses transmises par les moustiques au Québec afin d'informer le public et les professionnels de la santé sur les risques associés. Le terme « plan de surveillance intégrée » sera employé ci-après afin d'alléger le texte.

3.2 Objectifs spécifiques de la surveillance et recommandations

Cette proposition de plan de surveillance intégrée est soutenue par le groupe d'experts sur les maladies infectieuses transmises par les moustiques et a été rédigée au meilleur de la connaissance des membres. Tout au long du processus d'élaboration des recommandations, le groupe d'experts a tenu compte des aspects importants de la surveillance épidémiologique et a exclu les activités de vigie sanitaire.

La proposition propose onze recommandations autour des trois objectifs spécifiques visés par le système de surveillance intégrée des arbovirus au Québec :

OBJECTIF 1

Maximiser l'apport de chaque composante du système de surveillance des arbovirus en intégrant les données issues de la surveillance humaine, animale et entomologique

Afin d'atteindre cet objectif, le groupe d'experts juge primordial d'acquiescer des connaissances essentielles afin d'améliorer la surveillance intégrée. En vue d'outiller le groupe d'experts avec une méthode standardisée pour la prise de décision, l'INSPQ émet les recommandations suivantes :

RECOMMANDATION 1.1

Recenser un portrait des méthodes existantes de caractérisation du risque et adapter le meilleur outil décisionnel disponible pour articuler les activités de surveillance au Québec

Ce portrait de la situation permettra de choisir le meilleur outil décisionnel à adapter au contexte québécois. Cet outil devrait être assez flexible pour s'articuler à la détection de tout nouvel arbovirus circulant sur le territoire québécois ainsi qu'à l'introduction mécanique de moustiques exotiques^(76, 77). Il pourra faire l'objet de modifications et d'optimisation selon les résultats issus des différents projets d'acquisition de connaissances en cours et des besoins associés à la surveillance. Il devra être arrimé aux différentes stratégies disponibles pour diminuer le fardeau des infections associées aux arbovirus.

RECOMMANDATION 1.2

Dresser un portrait des différentes espèces de moustiques circulant au Québec

Les données issues de la surveillance entomologique effectuée par le MSSS depuis 2003 regorgent d'informations sur la présence et l'abondance des espèces de moustiques établies au Québec. De plus, il serait pertinent d'obtenir les données issues du monitoring entomologique effectué par le compte de certaines municipalités et organisations pour compléter ce portrait.

RECOMMANDATION 1.3

Articuler les activités associées à la surveillance animale et entomologique en fonction des risques, une fois l'outil décisionnel sélectionné et adapté au Québec

L'obtention du portrait des moustiques circulant au Québec permettra l'adaptation du meilleur outil décisionnel identifié, au contexte québécois afin d'articuler les activités de surveillance entomologique en fonction des objectifs visés.

RECOMMANDATION 1.4

Évaluer la performance du système de surveillance intégrée du VNO en vue d'optimiser ses composantes avant l'intégration des autres arbovirus

Tout système de surveillance épidémiologique de maladies transmissibles doit être évalué afin de s'assurer qu'il continue de refléter les enjeux prioritaires, garde un bon niveau d'efficacité et maximise l'intégration des activités⁽⁷⁸⁾. Il est attendu qu'une évaluation de la performance décrive chacune des composantes du système de surveillance épidémiologique, autant les produits (détection de cas, collecte, transmission, analyse et interprétation des données, retour d'information) que l'organisation (coordination et communication) et les acteurs⁽⁷⁹⁾. Dans le processus d'évaluation, des objectifs prioritaires à atteindre (ex. : flexibilité, sensibilité) et des indicateurs de gestion qui leur seront associés devront être identifiés⁽⁷⁹⁾. L'ultime but de cette recommandation est d'optimiser certaines composantes en fonction des objectifs prioritaires, et ce, avant l'intégration des autres arbovirus.

RECOMMANDATION 1.5

Intégrer et centraliser les données provenant de l'ensemble des volets de la surveillance des arbovirus, suite à l'évaluation de la performance

L'un des piliers centraux de l'évaluation de la performance du système de surveillance sera l'évaluation de la composante associée à « la collecte et la transmission des données ». Ce processus devra être fait avec l'objectif de l'optimiser en vue d'intégrer et de centraliser les données provenant des autres arbovirus.

OBJECTIF 2

Dresser un portrait épidémiologique des infections humaines MADO associées aux arbovirus

Afin de dresser le portrait épidémiologique des infections humaines associées aux arbovirus, le plus juste possible, l'INSPQ émet les recommandations suivantes :

RECOMMANDATION 2.1

Maintenir la surveillance humaine des cas d'infections associées au VNO, aux ETA et aux arbovirus exotiques, à travers le mécanisme des MADO et l'optimiser suite à l'évaluation de la performance

Les indicateurs à privilégier pour remplir les objectifs de ce volet du plan de surveillance intégrée sont décrits au tableau 1.

RECOMMANDATION 2.2

Initier une réflexion sur l'harmonisation des définitions nosologiques au sujet des infections associées aux arbovirus et sur la pertinence et l'apport de la surveillance des cas d'infections asymptomatiques

Il serait pertinent d'explorer l'élaboration de définitions nosologiques communes qui permettraient d'inclure l'ensemble des arbovirus ainsi que l'harmonisation des formes d'infections couvertes par le mécanisme des MADO⁽²⁹⁾. Présentement, les formes symptomatiques et asymptomatiques du VNO sont couvertes tandis que seulement les formes symptomatiques des autres arbovirus sont couvertes par ces définitions.

RECOMMANDATION 2.3

Renforcer la capacité des acteurs impliqués dans le volet humain de la surveillance des arbovirus, suite à l'évaluation et à l'optimisation du système

L'évaluation de la performance du système de surveillance va identifier certaines de ces composantes qui pourront être optimisées. Celles impliquant les différents acteurs du volet humain de la surveillance des arbovirus (MSSS, LSPQ, DSPubliques, etc.) devront s'arrimer avec un renforcement de leurs capacités à répondre aux objectifs de la surveillance intégrée des arbovirus. Le renforcement des capacités peut se définir par « le processus par lequel les particuliers, les organisations et les sociétés acquièrent, développent et entretiennent les aptitudes dont ils ont besoin pour définir et réaliser leurs propres objectifs »⁽⁸⁰⁾.

OBJECTIF 3

Caractériser les risques d'acquisition des MADO d'origines infectieuses associées aux arbovirus chez l'humain

Les données issues de la surveillance intégrée fournissent des indicateurs de risque d'acquisition d'une MADO associée aux arbovirus chez l'humain. Présentement, certaines limitations dans l'état de nos connaissances nous empêchent d'établir la distribution spatio-temporelle de cas d'infections humaines, à des échelles régionales et locales⁽⁸¹⁾. Grâce à l'outil décisionnel retenu et adapté, l'INSPQ émet les recommandations suivantes :

RECOMMANDATION 3.1

Maintenir et optimiser la surveillance animale en fonction des objectifs établis par le MSSS

Pour la période 2020-2025, il est recommandé de maintenir les indicateurs (tableau 1) qui permettent de remplir l'objectif du volet de la surveillance animale, mais de l'optimiser grâce à l'outil décisionnel retenu et adapté au Québec.

RECOMMANDATION 3.2

Adapter la surveillance et le monitoring entomologique, en fonction des objectifs établis par le MSSS

Pour la période 2020-2025, il est recommandé de maintenir les indicateurs (tableau 1) qui permettent de remplir l'objectif du volet de la surveillance entomologique, mais de l'optimiser grâce à l'outil décisionnel retenu et adapté au Québec.

RECOMMANDATION 3.3

Optimiser la collecte d'informations sur le lieu d'acquisition probable des cas humains et animaux afin d'explorer et de soutenir le développement d'une cartographie du risque

Cette recommandation est effectuée dans le but d'évaluer la possibilité de caractériser la distribution géographique du risque d'acquisition d'une infection MADO associée aux arbovirus.

4 Conclusion

Le Québec est riche de seize années d'expérience de surveillance intégrée du VNO dont il est important de tirer profit pour une surveillance optimale des autres arbovirus. Tout en maintenant les volets de la surveillance humaine, animale et entomologique, l'évaluation de la performance de la surveillance intégrée du VNO permettra d'assurer qu'elle continue de refléter les enjeux prioritaires en santé publique au Québec et qu'elle conserve un bon niveau d'efficacité. Il est attendu que d'autres recommandations découleront de cet exercice.

Le contexte de changements climatiques ainsi que de celui d'intensification des échanges commerciaux et des déplacements humains, incitent les gouvernements à travers le monde à se doter d'outils flexibles qui permettront d'adapter la surveillance en fonction des menaces.

Cette proposition de plan de surveillance intégrée des arbovirus sur l'horizon 2020-2025 se démarque à trois niveaux. Premièrement, elle identifie des connaissances essentielles à acquérir pour la mise en œuvre optimale de certaines des recommandations. Deuxièmement, l'adaptation d'un outil décisionnel au contexte québécois permettra d'articuler les activités de surveillance des arboviroses en fonction des risques et du caractère évolutif associés aux arbovirus. Finalement, l'évaluation de la performance de la surveillance intégrée du VNO permettra d'optimiser certaines composantes du système avant d'y inclure les autres arbovirus.

Tableau 1 Variables provenant de la surveillance intégrée des arbovirus et indicateurs recommandés pour dresser un portrait épidémiologique

Volets	Source des données	Variable(s)	Type d'indicateur
Surveillance humaine passive			
SIDVS–VNO et Institut de la statistique du Québec		Nombre de cas humains d'infection	Mesure descriptive de la morbidité annuelle
		Nombre de cas humains d'infection / estimé de projection de la population québécoise	Mesure descriptive du risque d'acquisition d'une infection au Québec (taux d'incidence/100 000)
		Nombre de cas humains d'infection par croisement avec la RSS d'acquisition locale	Mesure descriptive de la morbidité géographique
		Nombre de cas humains d'infection / le nombre d'habitants par RSS d'acquisition locale	Indicateur du risque d'acquisition géographique d'une infection en fonction de la population de la RSS (taux d'incidence/100 000 par RSS)
		Nombre de cas humains d'infection symptomatique par croisement avec la semaine CDC	Indicateur descriptif de la morbidité symptomatique saisonnière
		Nombre de cas humains d'infection avec croisement par groupe d'âge et sexe	Indicateur descriptif de la morbidité des groupes à risque
		Nombre de cas humains d'infection par groupe d'âge et sexe / Projection de la population québécoise par groupe d'âge et sexe	Indicateur de risque d'acquisition d'une infection par groupe d'âge et sexe (Taux d'incidence/100 000 par groupe d'âge et sexe)
	Nombre de cas humains d'infection selon la présentation clinique (atteinte neurologique, non-neurologique et asymptomatiques)	Indicateur descriptif du type de morbidité	
		Patient décédé, décès lié aux arbovirus	Indicateur descriptif de la mortalité (nombre de décès associés aux arbovirus) et létalité
Surveillance animale passive			
	MAPAQ et du CQSAS	Nombre de cas d'infection animale et lieu probable d'acquisition (Région administrative)	Indicateur descriptif géographique de circulation d'un arbovirus
Surveillance entomologique active			
SIDVS–VNO, LSPQ et compagnie mandatée		Nombre de lots de moustiques positifs par semaine CDC de capture par RSS et par espèce	Indicateur descriptif servant au calcul du taux d'infection
		Abondance des femelles moustiques par espèce par semaine CDC de capture et par RSS	Indicateur descriptif de l'abondance des femelles moustiques par espèces qui se retrouvent dans les pièges
		Taux d'infection par semaine CDC de capture par espèces et par RSS	Indicateur descriptif de la proportion des femelles de moustiques infectées par l'arbovirus par rapport au total des femelles testées, pour une espèce donnée
		Indice vectoriel par semaine CDC de capture par espèces et par RSS	Indicateur descriptif du nombre de femelles moustiques d'une espèce, infecté par l'arbovirus par effort de capture

Références

1. Musso D, Rodriguez-Morales AJ, Levi JE, Cao-Lorreau V-M, Gubler DJ. Unexpected outbreaks of arbovirus infections: lessons learned from the Pacific and tropical America. *Lancet Infect Dis*. 2018; 18(11):e355–e361.
2. Mayer SV, Tesh RB, Vasilakis N. The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on Dengue, Chikungunya and Zika fevers. *Acta Trop*. 2017; 166:155–163.
3. Duvallet G, Fontenille D, Robert V. *Entomologie médicale et vétérinaire*. Marseille: IRD Éditions; 2017. 687p.
4. MSSS. Virus du Nil occidental (VNO): Tableau des cas humains - Archives 2002 à 2017 [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/zoonoses/virus-du-nil-occidental-vno/tableau-des-cas-humains-archives/>
5. MSSS. Virus du Nil occidental (VNO): Tableau des cas humains – Bilan 2018 [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/zoonoses/virus-du-nil-occidental-vno/tableau-des-cas-humains-archives/>
6. Nash D, Mostashari F, Fine A, Miller J, O'Leary D, Murray K, et al. The Outbreak of West Nile virus Infection in the New York City Area in 1999. *N Engl J Med*. 14 juin 2001; 344(24):1807–1814.
7. Leblanc M, Mercier M, Markowski F, Gaulin C, Valiquette L, Lambert L, et al. *Flash Vigie*. 13(6): Interventions, Virus séro-groupe Californie. [Internet]. 2018. Disponible sur: http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/flashvignie/FlashVigie_vol13_no6.pdf
8. DeFelice NB, Little E, Campbell SR, Shaman J. Ensemble forecast of human West Nile virus cases and mosquito infection rates. *Nat Commun*. 2017; 8:e14592.
9. Kramer LD. Complexity of virus - vector interactions. *Curr Opin Virol*. 2016; 21:81–86.
10. Liang G, Gao X, Gould EA. Factors responsible for the emergence of arboviruses; strategies, challenges and limitations for their control. *Emerg Microbes Infect*. 2015; 4(3):e18.
11. Tran A, Sudre B, Paz S, Rossi M, Desbrosse A, Chevalier V, et al. Environmental predictors of West Nile fever risk in Europe. *Int J Health Geogr*. 2014; 13(1):e26.
12. Blitvich BJ. Transmission dynamics and changing epidemiology of West Nile virus. *Anim Health Res Rev*. 2008; 9(1):71–86.
13. Weaver S, Reisen W. Present and future arboviral threats. *Antiviral Res*. févr 2010;85(2):328.
14. Reinhold JM, Lazzari CR, Lahondère C. Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: A review. *Insects*. 2018; 9(4):e158.
15. Tabachnick WJ. Climate change and the arboviruses: Lessons from the evolution of the Dengue and Yellow Fever viruses. *Annu Rev Virol*. 2016; 3(1):125–145.
16. Pyke AT, Moore PR, McMahon J. New insights into Chikungunya virus emergence and spread from Southeast Asia. *Emerg Microbes Infect*. 2018; 7(26):e3.
17. Gubler DJ, Vasilakis N, Musso D. History and Emergence of Zika virus. *J Infect Dis*. 2017; 216(suppl. 10):S860–S867.
18. Kuno G, Mackenzie JS, Junglen S, Hubálek Z, Plyusnin A, Gubler DJ. Vertebrate reservoirs of arboviruses: Myth, synonym of amplifier, or reality? *Viruses*. 2017; 9(7):e28.
19. Kraemer MUG, Reiner RC, Brady OJ, Messina JP, Gilbert M, Pigott DM, et al. Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nat Microbiol*. 2019; 4(5):854–863.
20. Rochlin I, Ninivaggi DV, Hutchinson ML, Farajollahi A, Oliveira PL. Climate change and range expansion of the Asian Tiger Mosquito (*Aedes albopictus*) in Northeastern USA: Implications for public health practitioners. *PLoS ONE*. 2013; 8(4):e9.
21. Hawley W, Reiter P, Copeland R, Pumpuni C, Craig G. *Aedes albopictus* in North America: probable introduction in used tires from northern Asia. *Science*. 1987; 236(4805):1114–1116.
22. Smith M, Dixon D, Bibbs C, Autry D, Xue R-D. Diel patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: *Culicidae*) after resurgence in St. Augustine, Florida as collected by a mechanical rotator trap. *J Vector Ecol J Soc Vector Ecol*. 2018; 43(1): 201–204.
23. Dente MG, Riccardo F, Nacca G, Ranghiasi A, Escadafal C, Gaayeb L, et al. Strengthening preparedness for arbovirus infections in Mediterranean and Black Sea countries: A conceptual framework to assess integrated surveillance in the context of the One Health strategy. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(3):e489.
24. Ancelle T, Astagneau P. *Surveillance épidémiologique : principes, méthodes et applications en santé publique*. Paris: Médecine Sciences Publications : Lavoisier; 2011. 360 p.

25. Adib G, Martin R, Tissot F, Laliberté D. Pour une compréhension commune de la surveillance en santé au travail au Québec [Internet]. INSPQ; 2018 [cité 9 septembre 2019] 14p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2353_comprehension_commune_surveillance_sante_travail.pdf
26. MSSS. Programme national de santé publique 2015 – 2025: Pour améliorer la santé de la population du Québec [Internet]. 2015 [cité 9 septembre 2019] 88p. Disponible sur: <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2015/15-216-01W.pdf>
27. Murray KO, Mertens E, Despres P. West Nile virus and its emergence in the United States of America. *Vet Res*. 2010;41(6):e67.
28. MSSS. Flash VNO: Bilan - Le VNO, une actualité à suivre. *Flash VNO*. 2001;2(13).
29. Chartrand A, Dion R, Joncas D, Fiset M, Levac E. Surveillance des maladies à déclaration obligatoire au Québec, définitions nosologiques, maladies d'origine infectieuse [Internet]. MSSS; 2018 [cité 9 septembre 2019] 123p. Disponible sur: <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-000480/>
30. Règlement ministériel d'application de la Loi sur la santé publique. *GAZETTE OFFICIELLE DU QUÉBEC* du 30 avril 2003, 135e année, N.18 [Internet]. Gouvernement du Québec [cité 9 septembre 2019] 5p. Disponible sur: <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=2003F%2F40518.PDF>
31. Gouvernement du Québec. Règlement ministériel d'application de la Loi sur la santé publique [Internet]. Chapitre S-2.2, r.1. Sect. Chapitre 1.1 & 1.2 2003 p. 8. Disponible sur: <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.2,%20r.%201>
32. Alain L, Bolduc D, Couillard M, Deschênes L, Douville-Fradet M, Lacoursière D, et al. Groupe de travail sur la prévention de l'encéphalite causée par le virus du Nil occidental - Secteur santé - Rapport des activités - année 2000. MSSS; 2001.
33. Héma-Québec. Virus du Nil Occidental: Questions et réponses [Internet]. 2004 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur : <https://www.hema-quebec.qc.ca/publications/communiqués/archives/2004/2004-06-28comvirusnil.fr.html>
34. Delage G, Dubuc S, Grégoire Y, Lowe A, Bernier F, Germain M. Determining the rate of underrecognition of West Nile virus neurologic disease in the province of Quebec in 2012. *Transfusion (Paris)*. 2017; 57(5):1294–1298.
35. Lowe A-M, Milord F, Lair S, Back C, Ouhoumane N, Lebel G, et al. Surveillance intégrée du virus du Nil occidental: plan d'analyse de la saison 2013 à 2015 [Internet]. INSPQ; 2014 [cité 9 septembre 2019] 49p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1908_Surveillance_Integree_VNO.pdf
36. MSSS. Virus du Nil occidental (VNO) [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <http://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/zooses/virus-du-nil-occidental-vno/>
37. Vogels CB, Göertz GP, Pijlman GP, Koenraadt CJ. Vector competence of European mosquitoes for West Nile virus. *Emerg Microbes Infect*. 2017; 6(11):e96.
38. German RR. Sensitivity and predictive value positive measurements for public health surveillance systems. *Epidemiol Camb Mass*. 2000; 11(6):720–727.
39. Malkinson M, Banet C. The role of birds in the ecology of West Nile virus in Europe and Africa. *Curr Top Microbiol Immunol*. 2002; 267:309–322.
40. Drebot MA, Lindsay R, Barker IK, Buck PA, Fearon M, Hunter F, et al. West Nile virus surveillance and diagnostics: A Canadian perspective. *Can J Infect Dis*. 2003; 14(2):105–114.
41. Dallaire A, Sareault V. Rapport d'activités du Centre québécois sur la santé des animaux sauvages du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2000. Saint-Hyacinthe: Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal; 12p.
42. Koné P, Lambert L, Milord F, Gariépy C. Épidémiologie et effets de l'infection par le virus du Nil occidental sur la santé humaine: mise à jour 2003 [Internet]. Montréal: INSPQ; 2003 [cité 9 septembre 2019] 71p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/265-Epidemiologie_Effets_VNO_Mise-a-jour.pdf
43. Lair S. Communication personnelle. 2019.
44. MAPAQ. Maladies animales sous surveillance [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur : <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/maladies/soussurveillance/Pages/Maladiesanimales.aspx>

45. Gouvernement du Québec. Règlement sur la désignation des maladies contagieuses ou parasitaires, des agents infectieux et des syndromes : Loi sur la protection sanitaire des animaux (chapitre P-42, a. 3). [Internet]. [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/P-42.%20r.%204.2>
46. Ferrouillet C, Troesch M, Fortin A, Therrien C, Back C. Surveillance de l'infection par le virus du Nil occidental au Québec: Saison 2012 [Internet]. Québec: INSPQ; 2013 [cité 9 septembre 2019] 51p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1747_surinfectvnoqc_saison2012.pdf
47. MAPAQ. Virus du Nil: Nombre de cas de chevaux infectés par le VNO signalés au MAPAQ [Internet]. [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/maladies/transmissibleshumain/Pages/VNO.aspx>
48. CWHC. Surveillance data: West Nile virus: Summary by province and year [Internet]. [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: http://www.cwhc-rcsf.ca/surveillance_data_wnv.php
49. Bouchard C, Lowe A-M, Picard I, Ravel A, Rouquet P, Rocheleau JP, et al. Quel est le rôle des animaux dans l'émergence des arboviroses zoonotiques d'intérêt pour la santé publique au Québec? Bulletin de l'Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques. 2016; 2(2):7p.
50. Halliday JEB, Meredith AL, Knobel DL, Shaw DJ, Bronsvoort BM, Cleaveland S. A framework for evaluating animals as sentinels for infectious disease surveillance. J R Soc Interface. 2007; 4(16):973–984.
51. Engler O, Savini G, Papa A, Figuerola J, Groschup MH, Kampen H, et al. European surveillance for West Nile virus in mosquito populations. Int J Environ Res Public Health. 2013; 10(10):4869–4895.
52. Kolodziejek J, Jungbauer C, Aberle SW, Allerberger F, Bagó Z, Camp JV, et al. Integrated analysis of human-animal-vector surveillance: West Nile virus infections in Austria, 2015–2016. Emerg Microbes Infect. 2018; 7(1):e25.
53. CDC. West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control - 4th revision [Internet]. CDC; 2013 [cité 9 septembre 2019] 69p. Disponible sur: <https://www.cdc.gov/westnile/resources/pdfs/wnvguidelines.pdf>
54. ECDC. Guidelines for mosquito surveillance [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur : <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/surveillance-and-disease-data/guidelines-mosquito>
55. Ouhoummane N, Lowe A-M, Back C, Lebel G, Milord F, Therrien C, et al. Surveillance de l'infection par le virus du Nil occidental au Québec - Rapport annuel de surveillance - Saison 2013 [Internet]. INSPQ; 2014 [cité 9 septembre 2019] 51p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1904_surveillance_infection_vno_2013.pdf
56. Ouhoummane N, Turcotte M-E, Irace-Cima A, Therrien C, Pelletier R. Rapport de surveillance du virus du Nil occidental et autres arbovirus au Québec: saison 2016 [Internet]. INSPQ; 2017 [cité 9 septembre 2019] 12p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2294_surveillance_vno_arbovirus_2016.pdf
57. Normandin L, Therrien C. Surveillance de l'infection par le virus du Nil occidental au Québec : saison 2015 [Internet]. INSPQ; 2016 [cité 9 septembre 2017] 45p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2240_surveillance_infection_virus_nil_occidental_2015.pdf
58. Stéphanie Moreau, GDG Environnement. Communication personnelle.
59. Morgan C. Proposition d'un programme de surveillance entomologique du virus du Nil occidental au Québec: avis scientifique [Internet]. INSPQ; 2016 [cité 9 septembre 2019] 51p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2087_proposition_surveillance_virus_nil_occidental.pdf
60. Ouhoummane N, Turcotte M-E, Irace-Cima A, Pelletier R, Therrien C. Rapport de surveillance du virus du Nil occidental et autres arbovirus transmis par les moustiques au Québec : saison 2017 [Internet]. INSPQ; 2018 [cité 9 septembre 2019] 12p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2455_surveillance_virus_nil_occidental_arbovirus.pdf
61. Forest-Bédard K. Utilisation d'indicateurs météorologiques de la présence de vecteurs du virus du Nil occidental (VNO) [Internet]. INSPQ; 2019 [cité 9 septembre 2019] 60p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2537_temperature_precipitations_indicateurs_meteorologiques_vecteurs_vno.pdf
62. GDG Environnement Ltée. Compte-rendu -Activités de surveillance entomologique au Québec. 2018.
63. Andreadis S, Dimotisiou O, Savopoulou-Soultani M. Variation in adult longevity of *Culex pipiens f. pipiens*, vector of the West Nile virus. Parasitol Res. 2014; 113(11):4315–4319.

64. 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; 43(2):309–317.
65. Davis L, Beckham J, Tyler K. North American encephalitic arboviruses. *Neurol Clin*. 2008;26(3):727-ix.
66. ACIA. Maladies à notification immédiate [Internet]. 2018 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <http://www.inspection.qc.ca/animaux/animaux-terrestres/maladies/notification-immEDIATE/fra/1305670991321/1305671848331>
67. Picard I. Communication personnelle.
68. MAPAQ. Encéphalomyélite équine de l'Est [Internet]. [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur: <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/maladies/transmissibleshumain/Pages/encephalomyeliteequinedelest.aspx>
69. Leblanc M, Gaulin C, Beaudet M, Valiquette L, Ouhoumane N, Turcotte M, et al. Flash Vigie. 12(4): Interventions: Spécial Zoonoses: Virus séro-groupe Californie [Internet]. 2017 [cité 9 septembre 2019] 5p. Disponible sur: http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/flashvigue/FlashVigie_vol12_no4.pdf
70. MSSS. Bulletin québécois de vigie, de surveillance et d'intervention en protection de la santé publique Flash-Vigie - Octobre 2016. Volume 11, No. 8 [Internet]. 2016 [cité 9 septembre 2019] 2p. Disponible sur : http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/flashvigue/FlashVigie_vol11_no8.pdf
71. Héma-Québec. Virus Zika et autres virus similaires – Héma-Québec implante une nouvelle mesure pour assurer la sécurité des produits sanguins. [Internet]. 2016 [cité 9 septembre 2019]. Disponible sur : <https://www.hema-quebec.qc.ca/publications/communiqués/archives/2016/communiqués/zika-critere.fr.html>
72. Robert V. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation: Spécial vigilance vis-à-vis des maladies exotiques: surveillance entomologique des vecteurs [Internet]. Montpellier, France: Institut de recherche pour le développement. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; 2014 [cité 9 septembre 2019] 4p. Disponible sur: https://be.anses.fr/sites/default/files/BEP-mg-BE66-art8_0.pdf
73. Forest-Bédard K. Monitoring de l'introduction mécanique accidentelle d'espèces de moustiques du genre *Aedes* en zone d'établissement potentiel dans le sud du Québec – Rapport 2018. INSPQ.
74. Lowe A-M, Fortin A, Trudel R, Renaud C, Normandin L, Therrien C. Évaluation du risque d'émergence et de transmission vectorielle du virus Zika au Québec [Internet]. INSPQ; 2016 [cité 9 septembre 2019] 79p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2148_evaluation_risque_transmission_zika_quebec.pdf
75. Morgan C, Back C, Therrien C, Samuel O. Évaluation de l'émergence possible du virus Chikungunya et du risque de transmission vectorielle au Québec [Internet]. INSPQ; 2014 2016 [cité 9 septembre 2019] 57p. Disponible sur: https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1971_Evaluation_Emergence_Chikungunya.pdf
76. ECDC. Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe [Internet]. Stockholm; 2014 [cité 9 septembre 2019] 119p. Disponible sur: <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/surveillance-of%20native-mosquitoes%20-guidelines.pdf>
77. ECDC. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe [Internet]. Stockholm; 2012 [cité 9 septembre 2019] 100p. Disponible sur: <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/TER-Mosquito-surveillance-guidelines.pdf>
78. Calba C, Goutard FL, Hoinville L, Hendriks P, Lindberg A, Saegerman C, et al. Surveillance systems evaluation: a systematic review of the existing approaches. *BMC Public Health*. 2015; 15:e448.
79. Dufour B, Hendriks P, Thonnat J. Surveillance épidémiologique en santé animale. 3ème édition. Versailles: Éditions Quae; 2011. 341p.
80. Programme des Nations Unies pour le développement. L'évaluation des capacités : Note pratique [Internet]. New York; 2008 [cité 9 septembre 2019] 36p. Disponible sur : <https://europa.eu/capacity4dev/file/25592/download?token=W36ixPab>
81. Weaver SC. Prediction and prevention of urban arbovirus epidemics: A challenge for the global virology community. *Antiviral Res*. 2018; 156:80–84.

www.inspq.qc.ca