

1 Introduction

Au cours de l'année 2019, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a élaboré une proposition de plan de surveillance intégrée des virus transmis par les moustiques (c.-à-d. arbovirus¹) au Québec pour la période couvrant 2020 à 2025 (1), dont la mise en œuvre permettrait de suivre la situation épidémiologique et d'informer le public et les professionnels de la santé sur les risques d'acquisition de ces infections au Québec. Le plan de surveillance visait à :

- 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;
- 2) Dresser un portrait épidémiologique des maladies associées aux arbovirus chez l'humain;
- 3) Caractériser les risques d'acquisition des maladies à déclaration obligatoire associées aux arbovirus chez l'humain.

Afin d'atteindre ces objectifs, onze recommandations ont été émises. L'une de ces recommandations était « d'adapter un outil décisionnel pour articuler les activités associées à la surveillance » (1). La mise en œuvre de cette recommandation est le premier mandat découlant de ce plan que le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a confié à l'INSPQ et à son groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques.

Pendant les travaux d'élaboration de l'outil décisionnel, l'INSPQ a reçu du MSSS des questions spécifiques au sujet de la surveillance entomologique du virus du Nil occidental (VNO) afin de lui permettre de se positionner sur les mesures à mettre en place pour les prochaines années. Ce deuxième mandat se lisait comme suit :

« La proposition de plan de surveillance intégrée des virus transmis par les moustiques 2020-2025 précise que la surveillance entomologique permet de :

- Recueillir des données sur les paramètres^[2] de base des populations de moustiques (synonyme du monitoring entomologique);
- Fournir un indicateur de risque spatio-temporel d'acquisition d'un arbovirus pour l'humain;
- 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 interventions notamment du contrôle vectoriel, s'il y a lieu.

Considérant ces objectifs, le MSSS souhaite que le groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques donne son avis sur l'utilité de la surveillance entomologique dans le contexte épidémiologique du VNO au Québec et réponde aux questions suivantes :

- Q1. Est-ce que la surveillance entomologique effectuée au Québec depuis 2000 a permis d'atteindre les objectifs mentionnés ci-haut? Si oui, lesquels?
- Q2. Est-ce que l'analyse des données historiques de surveillance entomologique du VNO au Québec aurait pu nous [MSSS] éclairer et nous aider à prévoir l'augmentation des cas humains de 2018?
- Q3. Est-ce que le groupe d'experts considère qu'il est important de poursuivre les activités de surveillance entomologique du VNO au Québec?
- Q4. Si oui, préciser à quel(s) objectif(s), la surveillance pourrait répondre et dans quelles conditions celle-ci devra être réalisée pour les atteindre. »

^[1] Le terme « arbovirus » provient de la contraction des mots anglais « arthropode-borne virus » soit des virus transmis par des arthropodes dont font partie les moustiques.

^[2] Selon l'European Centers 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 (3).

Le présent document a pour but de présenter : i) le processus d'élaboration de l'outil décisionnel adapté pour le Québec, (ii) l'application de l'outil pour identifier les objectifs associés à chacun des volets de la surveillance intégrée^[3] des arbovirus au Québec, le niveau d'atteinte de chaque objectif et des mesures à mettre en place pour les atteindre, et (iii) la réponse aux questions ministérielles sur la surveillance entomologique du VNO.

2 Méthodologie

2.1 Élaboration de l'algorithme décisionnel

Une revue de la littérature scientifique et grise^[4] à propos des outils employés dans le cadre de la surveillance et du contrôle des arbovirus par les instances de santé publique du Canada, des États-Unis, d'Europe et d'Australie, a été effectuée. La méthodologie employée pour la recherche bibliographique est disponible à l'annexe 1. Suite à une lecture approfondie des 24 manuscrits retenus, sept différents outils décisionnels ont été résumés et présentés au groupe d'experts (3–9). L'algorithme décisionnel présent dans les lignes directrices de l'ECDC a été l'outil retenu, car il était le seul qui permettait d'identifier les différents objectifs de la surveillance des arbovirus à atteindre, notamment ceux des volets animal et entomologique (3). Il a donc été décidé de l'adapter au contexte québécois afin d'arrimer les questions de l'algorithme avec les objectifs qui avaient été préalablement établis au Québec.

Les vingt questions présentes dans l'algorithme de l'ECDC concernant les volets animal et entomologique ont été conservées, mais certaines d'entre elles ont été regroupées (annexe 2) (3). Puis, pour le volet humain, deux nouvelles questions ont été élaborées pour s'arrimer aux objectifs prioritaires de ce volet (annexe 2). Ensuite, chacune de ces questions a été formulée sous forme d'un objectif spécifique à atteindre.

2.2 Analyses préliminaires des données 2003–2018

Une extraction des données issues du Système intégré des données de vigie sanitaire du VNO (SIDVS-VNO) a eu lieu le 14 mai 2019. Plusieurs variables dont le nombre de cas humains et animaux déclarés, les taux d'infection chez les *Culex pipiens-restuans*, les dates du premier signal de circulation viral chez les moustiques, ont été utilisées pour effectuer les analyses préliminaires.

2.3 Niveau d'atteinte des objectifs

Le niveau d'atteinte de chaque objectif est soutenu par des données probantes disponibles dans la littérature scientifique et grise, par des analyses préliminaires des données québécoises de la surveillance intégrée de 2003-2018 ou encore, si inexistantes, par l'opinion du groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques.

Selon l'outil, les objectifs (spécifiques et prioritaires) ainsi que les mesures à mettre en place qui sont associés au volet humain (Bloc 1) de la surveillance doivent être priorités par rapport aux volets animal (Bloc 2) et entomologique (Bloc 3), lesquels bonifient la caractérisation du risque d'acquisition humaine. Les mesures à mettre en place sont celles suggérées par le groupe d'experts.

2.4 Arbovirus priorités

L'algorithme a été employé pour les arbovirus jugés prioritaires pour la santé humaine par le groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques, le VNO, les virus du séro groupe Californie (VSC) notamment de *Jamestown Canyon* (VJC) et de *Snowshoe Hare* (VSSH), les virus de l'encéphalite équine de l'Est (VEEE) et de la *Cache Valley* (VCV) et les arbovirus exotiques^[5] (virus de la dengue - VDEN, Zika - VZIK et Chikungunya - VCHIK). Toutes ces arboviroses sont à déclaration obligatoire au Québec (10).

^[3] Qui intègre des données provenant de la surveillance humaine, animale et entomologique.

^[4] « Ce qui est produit par toutes instances du gouvernement, de l'enseignement et de la recherche publique, du commerce et de l'industrie, sous un format papier ou numérique, et qui n'est pas contrôlé par l'édition » (2).

^[5] « Exotiques » fait référence aux arbovirus qui proviennent de régions éloignées notamment des tropiques.

3 Algorithme décisionnel du Québec

L'algorithme décisionnel québécois résultant, disponible à l'annexe 3, contient six objectifs prioritaires (OP) qui s'articulent autour des trois volets de la surveillance intégrée suivants et sous lesquels on retrouve 18 objectifs spécifiques :

Bloc 1 : Surveillance humaine

- Dresser un portrait épidémiologique des arboviroses et estimer le risque spatio-temporel d'acquisition humaine grâce au volet humain (OP1A);

Bloc 2 : Surveillance animale

- Bonifier l'estimation du risque spatio-temporel d'acquisition humaine grâce au volet animal (OP2A);

Bloc 3 : Surveillance entomologique

- Documenter les paramètres de base des populations de moustiques grâce au monitoring et à la littérature entomologiques (OP3A);
- Bonifier l'estimation du risque spatio-temporel d'acquisition humaine grâce à la surveillance et à la littérature entomologiques (OP3B);
- Soutenir les décisions concernant la pertinence, le calendrier et les lieux des interventions à partir du volet entomologique (OP3C);
- Évaluer l'efficacité des interventions et des mesures de contrôle à partir du volet entomologique (OP3D).

Dans le contexte d'une surveillance intégrée des maladies transmises par les moustiques au Québec, il convient de garder en tête que l'apport de chaque volet de surveillance est maximisé par leur mise en commun et que certains objectifs sont intimement reliés entre eux.

En appliquant l'algorithme décisionnel, il est ensuite possible d'identifier les objectifs spécifiques associés à chacun des objectifs prioritaires et des volets de la surveillance intégrée, de vérifier ceux qui ont déjà été atteints et de suggérer certaines mesures à mettre en place pour les atteindre (se référer à la section 4).

La section suivante identifie les objectifs prioritaires et spécifiques de l'outil décisionnel associés à chacun des volets de la surveillance intégrée des arbovirus. Elle

détermine également si ces objectifs ont été atteints et, le cas échéant, présente les mesures à mettre en œuvre pour les atteindre, **identifiées en gras dans le texte**.

4 Niveau d'atteinte des objectifs et mesures à mettre en place pour les atteindre

4.1 Volet humain de la surveillance (Bloc 1)

L'objectif prioritaire de la surveillance humaine est d'obtenir un portrait épidémiologique des arboviroses prioritaires et d'estimer le risque d'acquisition spatio-temporel à partir des cas humains déclarés et acquis au Québec (OP1A). La surveillance humaine permet d'éclairer la prise de décision clinique et de santé publique ainsi que d'informer la population des risques à la santé.

4.1.1 VIRUS DU NIL OCCIDENTAL

Le premier objectif spécifique (OS1) du volet de surveillance humaine est partiellement atteint par le portrait annuel obtenu à partir du SIDVS-VNO puisqu'il détecte surtout les patients symptomatiques notamment ceux souffrant des formes neurologiques (représentant ~1 % des cas) et non neurologiques (~19 % des cas) au détriment des formes asymptomatiques qui représenteraient ~80 % des infections (1). La sensibilité du volet humain de la surveillance à détecter l'ensemble des infections associées au VNO n'a jamais été estimée, mais est considérée très faible. En échange, la sensibilité du volet à détecter les formes neurologiques est beaucoup plus élevée et s'est grandement améliorée basée sur la sous-estimation des diagnostics calculée entre 2012 (~33 %) et 2018 (6 %) par Héma-Québec (11, 12).

Le volet de surveillance humaine permet aussi de caractériser le risque d'acquisition puisque les dates de début de circulation du VNO chez l'humain demeurent assez stables dans le temps (fin juillet – début août) (13). Au niveau géographique, il permet également d'estimer le risque d'acquisition géographique, c.-à-d. par région sociosanitaire (RSS). Cependant, la sensibilité du volet de surveillance humaine est

possiblement moins élevée dans les RSS où le VNO est en émergence par rapport aux RSS où il est considéré comme endémique depuis plusieurs années (ex. : Montréal, Laval, Montérégie, Laurentides, Lanaudière). Ainsi, l'aspect temporel du deuxième objectif spécifique (OS2) est atteint tandis que le niveau d'atteinte de l'aspect géographique de l'OS2 doit être évalué.

Quelques mesures peuvent être mises en œuvre pour renforcer l'atteinte des objectifs spécifiques du volet humain de la surveillance (OS1 et OS2) :

- **Entreprendre 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 y a présentement une inadéquation entre les définitions nosologiques et le portrait épidémiologique qui est établi;
- **Estimer la sensibilité et la valeur prédictive positive du volet humain de la surveillance intégrée du VNO**, en fonction du portrait épidémiologique recherché;
- **Évaluer la proportion des infections associées au VNO incluses dans les diagnostics différentiels, à partir des requêtes faites au Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ) et renforcer les activités d'information des professionnels de la santé sur la présence de cas d'infection humaine à VNO pour augmenter leur vigilance clinique**, en fonction des résultats (14).

4.1.2 VIRUS DU SÉROGROUPE CALIFORNIE

L'OS1 de la surveillance humaine pour les VSC est partiellement atteint, car on suppose qu'une sous-estimation des cas d'encéphalites virales transmises par les arthropodes (EVTA) associés au VSC a lieu. Entre 2003 et 2020, si on ne considère pas les 32 cas déclarés durant la vigie rehaussée effectuée de juillet à octobre 2017, seulement 42 cas d'EVTA ont été déclarés (15). Tandis que la vigie rehaussée a permis d'estimer une incidence cumulative de séroprévalence associée aux VSC pour le Québec à 91 cas symptomatiques^[6] par 100 000 habitants, pour 2017 seulement (15).

La vigie rehaussée de 2017 a aussi permis de confirmer que le risque d'acquisition humaine des VSC était non négligeable (OS2). Parmi l'échantillon de 620 patients négatifs au VNO, 13 % avaient des anticorps IgM contre les VSC puis parmi les 77 patients^[7] qui ont été enquêtés, 62 % d'entre eux possédaient des anticorps contre le virus de *Jamestown Canyon*, 12 % contre le virus du *Snowshoe Hare* et 26 % avec un virus d'origine inconnue (15). Le risque d'acquisition semble présent dans la majorité des RSS, mais celui-ci a surtout été évalué grâce à la vigie rehaussée de 2017 (15, 16).

L'atteinte des objectifs spécifiques (OS1 et OS2) est donc partielle et pour l'améliorer, plusieurs mesures peuvent être mises en œuvre, notamment :

- **Analyser longitudinalement l'ensemble des données issues de la vigie sanitaire des VSC** afin de permettre à l'INSPQ et au groupe d'experts de fournir des avis éclairés sur les objectifs à atteindre pour la mesure suivante;
- **Estimer la sensibilité et la valeur prédictive positive du volet humain de la surveillance des VSC par l'élaboration d'un projet d'acquisition de connaissance conjointement avec le Laboratoire national de microbiologie (LNM) et le LSPQ, concernant plusieurs arbovirus.** Les données issues de la surveillance intégrée longitudinale 2003–2020 incluant les trois volets (humain, animal et entomologique) et de la littérature guideraient l'implantation de ce projet;
- **Évaluer la proportion des infections aux VSC incluses dans les diagnostics différentiels, à partir des requêtes faites au LSPQ et renforcer les activités d'information des professionnels de la santé sur la présence de cas d'infection humaine aux VSC pour augmenter leur vigilance clinique**, en fonction des résultats (14).

^[6] L'échantillon est composé de patients avec des résultats négatifs pour le VNO qui sont donc suspectés d'être symptomatiques.

^[7] Seulement 32 de ces patients répondaient à la définition d'EVTA suite à l'enquête épidémiologique.

4.1.3 VIRUS DE L'ENCÉPHALITE ÉQUINE DE L'EST ET DE CACHE VALLEY

À ce jour, aucun cas d'infection humaine associée aux VEEE et au VCV n'a été diagnostiqué au Québec. Ainsi, l'atteinte des OS1 et OS2 demeure inconnue, car on ignore si l'absence d'infections humaines est une conséquence d'un sous-diagnostic ou plutôt secondaire à l'absence réelle d'un risque d'acquisition. Certains médecins sont au courant de la circulation du VEEE dans la province puisqu'environ une cinquantaine de demandes diagnostiques sont acheminées annuellement au LSPQ tandis qu'aucune demande n'a été répertoriée pour le VCV, bien qu'il circule chez les moutons (Christian Therrien, communication personnelle).

Pour évaluer le niveau d'atteinte des OS1 et OS2, la mesure suivante pourrait être mise en œuvre :

- **Estimer la sensibilité et la valeur prédictive positive du volet humain de la surveillance des VEEE et VCV, par l'élaboration d'un projet d'acquisition de connaissance conjointement avec le LNM et le LSPQ, couvrant plusieurs arbovirus.** Les données issues de la surveillance intégrée longitudinale 2003–2020 incluant les trois volets (humain, animal et entomologique) et de la littérature guideraient l'implantation de ce projet.

4.1.4 ARBOVIRUS EXOTIQUES

Présentement au Québec, aucun cas d'infection humaine associée aux arbovirus exotiques (VDEN, VZIK et VCHIK) acquis localement n'a jamais été documenté. Les deux évaluations du risque d'émergence et de transmission vectorielle des VZIK (2016) et VCHIK (2014) effectuées par l'INSPQ affirmaient que les risques d'acquisition locale étaient respectivement, faibles et très faibles, sur la prochaine décennie (17, 18). Ces risques avaient été basés sur l'absence des principaux vecteurs (*Aedes albopictus* et *Ae. aegypti*) au Québec et ne tenaient pas compte de la possibilité que des individus, ayant acquis l'infection à l'extérieur de la province, présentent une phase virémique après leur retour et puissent être piqués par des vecteurs locaux possédant la compétence de les transmettre.

Malgré que les OS1 et OS2 du volet de la surveillance humaine des arbovirus exotiques soient atteints, il serait pertinent que la mesure suivante soit mise en œuvre :

- **Que l'INSPQ reçoive l'information sur le nombre et la distribution des cas humains associés aux arbovirus exotiques déclarés au Québec.** Ceci permettrait d'effectuer une revue de la littérature pour examiner les compétences vectorielles des espèces de moustiques circulant dans ces RSS et mieux évaluer le risque d'une acquisition locale, pour le futur (19).

4.2 Volet animal de la surveillance (Bloc 2)

Dans une perspective de santé publique humaine, le but du volet animal de la surveillance est de fournir un indicateur complémentaire qui bonifie le risque d'acquisition pour les humains (OP2A). Les paramètres de la surveillance animale sont déterminés par les instances responsables de la santé animale (le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, l'Agence canadienne d'inspection des aliments et le Centre québécois de santé des animaux sauvages), lesquelles collaborent étroitement avec le MSSS. Selon leur historique de déplacements, les animaux infectés peuvent permettre une géolocalisation complémentaire des risques d'acquisition pour les humains.

4.2.1 VIRUS DU NIL OCCIDENTAL

On ignore présentement si la surveillance passive des cas d'infection animale à VNO acquis localement (c.-à-d. chevaux, faune, etc.) bonifie l'information sur la distribution géographique du risque d'acquisition chez l'humain (OS3), car ceci n'a jamais été évalué. Pour juger du niveau d'atteinte de cet objectif, la mesure suivante peut-être mise en œuvre :

- **Évaluer la capacité prédictive des données issues de la surveillance intégrée :** il s'agit notamment de confirmer si le volet animal bonifie le risque d'acquisition spatio-temporel humain.

4.2.2 VIRUS DU SÉROGROUPE CALIFORNIE

Puisque les infections causées par ces arbovirus chez les animaux ne sont généralement pas associées à des cas cliniques (20), elles sont peu étudiées et ne permettent pas d'atteindre l'objectif prioritaire (OP2A). La caractérisation du risque d'acquisition pour l'humain en passant par la surveillance animale serait peu informative et ne peut se justifier.

4.2.3 VIRUS DE L'ENCÉPHALITE ÉQUINE DE L'EST ET DE CACHE VALLEY

Présentement, vu l'absence de cas déclarés chez les humains, l'estimation du risque d'acquisition humaine associée au VEEE et au VCV passe strictement par le volet animal (OP2A), et ce, malgré que la vaccination des chevaux contre la VEEE limite ce volet de la surveillance. Aucune mesure spécifique à ce volet n'est recommandée pour atteindre cet objectif prioritaire. Les données historiques de la surveillance animale pour le VEEE et le VCV permettront à l'INSPQ et au groupe d'experts de fournir des avis éclairés sur les activités à mettre en place pour caractériser le risque d'acquisition chez l'humain. L'emplacement historique des cas animaux guiderait le projet d'acquisition de connaissances couvrant plusieurs arbovirus (se référer à la section 4.1.3).

4.2.4 ARBOVIRUS EXOTIQUES

Puisque l'être humain et les primates agissent comme principaux réservoirs de ces arbovirus (21) et qu'aucun cas d'acquisition humaine locale n'est documenté au Québec, l'objectif prioritaire (OP2A) n'est présentement pas atteignable. L'INSPQ et son groupe d'experts ne recommandent pas d'établir une surveillance animale spécifique pour les arbovirus exotiques, vu la situation épidémiologique.

4.3 Volet entomologique de la surveillance (Bloc 3)

L'outil décisionnel décline que la surveillance entomologique peut être justifiée par l'atteinte de quatre objectifs prioritaires (OP3A, 3B, 3C et 3D) (annexe 3). Le degré d'atteinte des quinze objectifs spécifiques associés à ce bloc (OS4 à OS18), varie en fonction de la force d'échantillonnage déployée (c.-à-d. du nombre de stations entomologiques) et est souvent limité à certaines zones géographiques ciblées (13). Pour éviter de répéter le niveau d'atteinte des objectifs

pour chaque arbovirus prioritaire, cette section sera plutôt séparée par objectif prioritaire.

4.3.1 DOCUMENTER LES PARAMÈTRES DE BASE DES POPULATIONS DE MOUSTIQUES (OP3A)

L'OS4 est atteint par la mise en évidence de la présence de certaines espèces de moustiques vecteurs des arbovirus présents au Québec (VNO, VSC, VEEE et VCV) (22). Présentement, les principaux vecteurs des arbovirus exotiques sont considérés comme non établis au Québec bien que la translocation sporadique par voie terrestre et aérienne ait été démontrée (1).

L'OS5 est partiellement atteint, car les données d'abondance des vecteurs des arbovirus présents au Québec sont consolidées dans celles du SIDVS-VNO, mais n'ont pas encore été analysées dans une perspective longitudinale.

L'OS6 est atteint par les informations disponibles dans la littérature scientifique sur les comportements piqueurs (préférences trophiques, périodes d'activités, etc.) des vecteurs des arbovirus présents au Québec (23, 24).

Pour augmenter le niveau d'atteinte de l'objectif prioritaire OP3A, les mesures suivantes peuvent être mises en œuvre :

- **Identifier les zones géographiques et climatiques propices à l'établissement des principaux vecteurs des arbovirus exotiques (OS4)** conséquemment à l'étendue du territoire québécois, l'imprévisibilité géographique de leur introduction et le faible risque d'établissement des moustiques invasifs à cause des conditions climatiques;
- **Implanter un projet pilote de monitoring citoyen des espèces de moustiques exotiques au pourtour des zones propices à leur établissement (OS4)** puisque la science citoyenne pourrait être un meilleur outil que la surveillance entomologique effectuée par des professionnels, pour identifier leur introduction (25);
- **Analyser les données d'abondance issues du SIDVS-VNO entre 2003 et 2020** pour déterminer l'abondance relative des vecteurs potentiels d'arbovirus au Québec (OS5).

4.3.2 FOURNIR UN INDICATEUR DU RISQUE D'ACQUISITION SPATIO-TEMPOREL (OP3B)

L'OS7 est atteint par l'identification des principales espèces de moustiques infectées par le VNO (*Culex pipiens-restuans* et *Aedes vexans*), certaines VSC (*Ochlerotatus* spp. et *Aedes* spp.) et le VEEE (*Culiseta melanura*) au Québec (22). La présence du VCV dans les moustiques n'a jamais été confirmée au Québec.

L'OS8 est atteint par la validation de la compétence vectorielle de l'ensemble des vecteurs des arbovirus présents au Québec (VNO, VSC et VEEE) (26–30).

L'OS9 est partiellement atteint puisqu'il permet seulement de déterminer la distribution spatiale du risque d'acquisition à l'échelle des RSS qui ont un historique^[8] de stations entomologiques : Le VNO a été détecté dans la Capitale-Nationale, Mauricie et Centre-du-Québec, Montréal, Outaouais, Laval, Lanaudière, Laurentides et Montérégie; le VSC en Abitibi-Témiscamingue et le VEEE dans Lanaudière. Malgré la présence d'une surveillance entomologique, aucun risque d'acquisition pour le VNO n'a été documenté au Saguenay–Lac-Saint-Jean, en Estrie, en Abitibi-Témiscamingue et dans Chaudière-Appalaches (13).

L'OS10 de déterminer la saisonnalité des vecteurs et des risques d'acquisition est atteinte pour le VNO seulement (SIDVS-VNO).

Pour augmenter le niveau d'atteinte de l'objectif prioritaire (OP3B) et des objectifs spécifiques qui s'y rattachent, les mesures suivantes peuvent être mises en œuvre :

- **Effectuer une revue de la littérature sur les espèces de moustiques circulant au Québec et sur leur compétence vectorielle à transmettre des arbovirus exotiques (OS8) (19); Évaluer la capacité prédictive des données issues de la surveillance intégrée du VNO.** Il s'agit notamment de confirmer si le volet entomologique bonifie le risque d'acquisition spatio-temporel humain du VNO à l'échelle des RSS (OS9).

Puis, avant de proposer une surveillance entomologique en vue d'atteindre les autres objectifs spécifiques associés aux VSC, VEEE et VCV, il est mieux d'avoir davantage d'informations sur l'épidémiologie de ces infections humaines suite au projet d'acquisition de connaissance portant sur ces arbovirus (se référer aux sections 4.1.2 et 4.1.3).

4.3.3 SOUTENIR LES DÉCISIONS CONCERNANT LA NÉCESSITÉ ET LE CALENDRIER DES INTERVENTIONS (OP3C)

L'OS11 est partiellement atteint puisque la température minimale de développement du VNO dans *Culex pipiens-restuans*, le principal vecteur, a été fixée à 18,3 °C en Ontario, mais ce seuil n'a pu être validé par le projet sur l'indicateur degré-jours, effectué avec les données du Québec (31).

Les OS12, OS13 et OS14 sont partiellement atteints, car la littérature scientifique nous renseigne sur un ensemble de facteurs (dont les variables climatiques et environnementales) qui influencent le risque d'acquisition humaine, mais ces facteurs n'ont pas tous été validés comme étant impliqués dans le cycle de transmission du VNO au Québec. Il y a plutôt un degré élevé d'incertitude quant aux impacts des variables climatiques, environnementales et autres sur les risques d'acquisition humaine de plusieurs arbovirus (32, 33).

L'OS15 est atteint par la caractérisation des paramètres de dispersion des vecteurs du VNO, des VSC et du VEEE (34).

L'OS16 est atteint par la caractérisation de leurs lieux de développement et de repos des vecteurs du VNO, des VSC et du VEEE (23, 24).

L'OS17 est atteint puisqu'il existe une documentation importante sur les stratégies de prévention et de contrôle des piqûres de moustiques qui sont porteurs des arbovirus dans la littérature (35).

Pour augmenter le niveau d'atteinte de l'objectif prioritaire (OP3C) et des objectifs spécifiques qui s'y rattachent, les mesures suivantes peuvent être mises en œuvre :

[8] Aucune surveillance entomologique n'a eu lieu au Bas-Saint-Laurent, sur la Côte-Nord, Nord-du-Québec, Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, Nunavik et Terres-Cries-de-la-Baie-James (SIDVS-VNO).

- **Élaborer un projet en laboratoire pour confirmer la température minimale de développement du VNO dans *Culex pipiens-restuans*** si l'indicateur degrés-jours est employé pour soutenir la nécessité et le calendrier des interventions (36);
- **Élaborer un projet de recherche spécifique pour comprendre comment les variables climatiques, environnementales et autres influencent les risques d'acquisition des arbovirus circulant au Québec** (OS12, OS13 et OS14), si un outil de prédiction doit être développé pour soutenir la nécessité et le calendrier des interventions (37, 38);
- **Élaborer un plan de contingence dans l'éventualité d'une éclosion majeure en lien avec les arbovirus et de l'introduction des moustiques exotiques au Québec** (39, 40).

4.3.4 ÉVALUER L'EFFICACITÉ LE DES INTERVENTIONS ET DES MESURES DE CONTRÔLES (OP3D)

L'OS18 a été atteint en 2013 par un projet sur l'efficacité des larvicides contre les espèces vectrices du VNO au Québec. Ce projet documente que l'application des larvicides a occasionné une diminution de l'abondance des moustiques, mais pas leur taux d'infection (proportion des moustiques infectés par le virus) (41). L'efficacité des interventions associées au VNO devrait aussi s'appliquer aux autres arbovirus. Si l'efficacité des interventions doit être à nouveau évaluée, dans le futur, la mesure suivante doit être mise en œuvre :

- **L'élaboration d'un devis d'étude spécifique, avec une méthodologie recommandée** (42). La méthodologie standard de la surveillance entomologique déployée jusqu'à maintenant au Québec ne devrait pas être utilisée pour atteindre cet objectif. Il existe présentement peu d'études considérées de haute qualité méthodologique qui supportent l'efficacité le des interventions à réduire le taux d'infection dans les moustiques et encore moins, à réduire le nombre de cas humains et ce, pour des arbovirus plus largement répandus que ceux circulant au Québec (ex. : les virus de la dengue, de la Fièvre jaune, etc.) (42).

5 Réponses aux questions ministérielles

L'algorithme décisionnel adapté pour le Québec, notamment le Bloc 3 associé à la surveillance entomologique (annexe 3), a été utilisé pour répondre aux quatre questions du MSSS.

5.1 Objectifs atteints par la surveillance entomologique depuis 2000

La première question du MSSS était la suivante : « Est-ce que la surveillance entomologique effectuée au Québec depuis 2000 a permis d'atteindre les objectifs mentionnés ci-haut? Si oui, lesquels? ». Cette phrase réfère aux quatre objectifs prioritaires (OP3A, 3B, 3C et 3D) associés au volet entomologique de la surveillance intégrée du VNO (annexe 3).

À partir des informations contenues au chapitre 4.3 de ce document, la surveillance entomologique a permis d'atteindre deux objectifs prioritaires : documenter les paramètres de base des populations de moustiques (OP3A) et évaluer l'efficacité des interventions et des mesures de contrôles (OP3D).

La surveillance entomologique peut fournir un indicateur du risque d'acquisition humaine des infections associées au VNO (OP3B). Cependant, on ignore si le volet entomologique bonifie le risque d'acquisition spatio-temporel déjà identifié par le volet humain et animal tant que les capacités prédictives de l'ensemble des variables disponibles dans le SIDVS-VNO et provenant du LSPQ ne seront pas évaluées.

Présentement, la surveillance entomologique ne soutient pas les décisions concernant la nécessité et le calendrier des interventions^[9] associés au VNO (OP3C). Le MSSS ne déclenche pas ses activités de communication, basées sur le volet entomologique, bien qu'il publie un communiqué de presse lors du premier lot de moustiques positif, ce qui consolide son message sur les mesures de prévention (Stéphanie Jodoin, Communication personnelle). Par le passé, les données issues de la surveillance entomologique ont permis de localiser les foyers épizootiques aux fins d'interventions préventives ou de contrôle de vecteurs,

^[9] Le terme « intervention » sous-entend les activités de prévention, de surveillance, de contrôle, de communication, planification de ressources, etc.

notamment au début de l'émergence du VNO (43). La priorisation des zones à traiter avec les larvicides, au début des saisons 2013 à 2015, s'est effectuée à partir des zones traitées entre 2003 et 2005 ainsi que de la présence de trois cas humains de VNO ou plus (survenus entre 2002 et 2012) dans un rayon de 2 kilomètres et de la densité de population de plus de 400 personnes par km² (44, 45).

5.2 Capacité prédictive des données

Cette section répond à la deuxième question du MSSS intitulée : « Est-ce que l'analyse des données historiques de surveillance entomologique du VNO au Québec aurait pu nous [MSSS] éclairer et nous aider à prévoir l'augmentation des cas humains de 2018? ».

Bien que le nombre de cas d'infection humaine liée au VNO pour lesquels des données entomologiques étaient simultanément disponibles (c.-à-d. taux d'infection des moustiques) pour la période 2003-2017 était faible (n = 61), la proportion de la variance des cas humains qui aurait été expliquée par les taux d'infection mensuels aurait été de ~50 % (R² = 0,49). On recherche habituellement, un seuil de 70 % pour développer un outil de détection précoce, qui aurait pu anticiper l'augmentation des cas humains de 2018 avec une meilleure précision. Dans les faits, les capacités prédictives des données issues de la surveillance intégrée du VNO au Québec et l'utilité en temps réel d'un outil prédictif n'ont pas encore été évaluées.

À ce jour, trois projets spécifiques se sont limités à évaluer la force des associations statistiques entre certaines variables :

- Aucune association statistiquement significative entre l'indicateur degré-jours^[10] et le début de saison du VNO au Québec n'a été mise en lumière (31). Le faible nombre de lots de moustiques positifs et des températures minimales de développement du VNO différentes pour *Culex pipiens-restuans* peuvent expliquer les résultats non concluants de cette étude (31);
- Une association entre le taux d'infection chez les moustiques et le nombre de cas humains a été identifiée lors de l'analyse longitudinale des données

historiques issues de la surveillance intégrée du VNO 2003-2018 (47). La capacité de cette variable à prédire le nombre de cas humains et son utilité en temps réel demeurent à être validées;

- L'association entre les variables météorologiques (températures et précipitations) et le taux d'infection dans les moustiques est présentement à l'étude grâce à un projet conjoint avec l'Agence de santé publique du Canada. Advenant un résultat concluant, un outil d'alerte précoce (avec les avantages et limitations inhérentes à ces modèles) pourrait être développé afin de permettre de « quantifier l'amplification potentielle du VNO et estimer le risque d'une éclosion » (48).

5.3 Pertinence de poursuivre la surveillance entomologique

La troisième question du MSSS trouve réponse dans le développement de cette section. Elle était ainsi formulée : « Est-ce que le groupe d'experts considère qu'il est important de poursuivre les activités de surveillance entomologique du VNO au Québec? ».

L'INSPQ et son groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques jugent qu'il est important de poursuivre les activités de surveillance entomologique dans le cadre du VNO si le MSSS souhaite **procéder au développement de critères d'aide à la décision ou d'un outil d'alerte ou de détection précoce pour planifier les interventions de santé publique (c.-à-d. le contrôle des moustiques et/ou les activités de communication)**. Le cas échéant, la surveillance entomologique sert à acquérir des connaissances, bien que cette information pourrait servir pour le futur (ex. : détection d'arbovirus émergents dans les moustiques).

Présentement, la majorité des instances de santé publique qui gèrent la surveillance et le contrôle des arbovirus à travers le monde emploient des critères d'aide à la décision pour moduler leurs interventions. L'emploi de niveaux de risque élaborés à partir des données de surveillance intégrée semble être l'approche la plus utilisée (3–9). Le développement d'outils d'alerte précoce ou de détection précoce pour le VNO est un sujet d'actualité, mais ils sont

^[10] Correspond à l'accumulation de chaleur (en degré Celsius) qui sert à estimer la durée du développement biologique du VNO en fonction de la température et pour chaque espèce de moustique (46).

présentement limités à des fins de recherche scientifique, quoique certains outils prédictifs sont employés pour des virus plus largement répandus (49). Ainsi, de nombreux universitaires tentent d'identifier les saisons d'éclosion du VNO chez l'humain pour développer des outils de prédiction (37, 50), mais pour les instances de santé publique, leur utilité en temps réel reste encore à être démontrée (38).

Un outil d'alerte précoce permet de prédire les risques de circulation virale avec un certain préavis (c.-à-d. semaines et mois) sans inclure les données de la surveillance intégrée en cours de saison (annexe 4) (51). Puisque les éclosions de VNO demeurent des événements sporadiques, le maintien de la surveillance entomologique sur de très longues périodes est souvent nécessaire pour combler la forte incertitude associée aux conditions climatiques exceptionnelles (ex. : sécheresse, vagues de chaleur, etc.) (51).

5.4 Conditions nécessaires pour poursuivre la surveillance entomologique

Cette dernière section répond à la quatrième question formulée par le MSSS : « Si oui, préciser à quel(s) objectif(s), la surveillance [entomologique] pourrait-elle répondre et dans quelles conditions celle-ci devra-t-elle être réalisée pour les atteindre ».

La surveillance entomologique pourrait répondre à l'objectif prioritaire de fournir un indicateur du risque d'acquisition humaine des infections associées au VNO (OP3B) seulement si celle-ci bonifie le risque d'acquisition spatio-temporel déjà identifié par le volet humain et animal. Pour atteindre cet objectif, **les capacités prédictives de l'ensemble des variables disponibles dans le SIDVS-VNO et provenant du LSPQ doivent être évaluées.**

Ensuite, la surveillance entomologique pourrait répondre à l'objectif prioritaire de soutenir les décisions concernant la nécessité et le calendrier des interventions (OP3C). Pour atteindre cet objectif, **le développement d'un outil d'alerte ou de détection précoce ou des critères d'aide à la décision pour le VNO doit être exploré.** Il pourrait être pertinent de maintenir la surveillance entomologique pour le VNO dans sa forme actuelle, c.-à-d. doit de conserver les 49 stations entomologiques aux mêmes emplacements,

tant que la capacité prédictive des données québécoises issues des trois volets de la surveillance intégrée n'a pas été complétée. Dans les faits, l'absence de données entomologiques 2007-2012 limite présentement le développement d'un outil d'alerte ou de détection précoce employant le taux d'infection des moustiques comme variable prédictive. Outre ces indicateurs entomologiques, les capacités prédictives des autres variables issues du volet humain et animal doivent aussi être explorées (13, 52).

6 Conclusions

L'INSPQ en collaboration avec le groupe d'experts sur les maladies transmises par les moustiques a adapté un algorithme décisionnel pour structurer la démarche d'identification des objectifs et des mesures à mettre en place pour les atteindre, et ce, pour chacun des volets de surveillance intégrée des arbovirus au Québec. Ceci est une étape importante qui permettra aux autorités de santé publique concernées de prendre des décisions éclairées en fonction des objectifs retenus pour chaque arbovirus. L'algorithme décisionnel québécois a également permis à l'INSPQ et au groupe d'experts de répondre à quatre questions ministérielles en lien avec la surveillance entomologique dans le cadre du VNO.

Concernant le VNO, beaucoup de connaissances ont été acquises depuis son arrivée au Québec, contribuant à l'avancement de la science, mais aussi au raffinement du système de surveillance mis en place. Au Québec, les arboviroses transmises par les moustiques demeurent des infections rares (avec un faible taux d'incidence) comparativement à certains pays où elles peuvent être endémiques comme pour la fièvre jaune ou le virus de la Dengue (49). De ce fait, il demeure difficile de prédire l'évolution de l'activité arbovirale au Québec étant donné la nature épisodique du phénomène qu'on a pu observer jusqu'à maintenant. Nous pouvons toutefois affirmer que le VNO est présent au Québec et devrait y rester tout en élargissant potentiellement sa répartition géographique au cours des prochaines années, sous l'influence des changements climatiques.

Présentement, la priorité demeure d'évaluer la capacité des données issues de la surveillance intégrée du VNO à prédire les éclosions humaines. En attendant de compléter ceci, il demeure important de maintenir la

surveillance intégrée du VNO tant que le MSSS ne clarifie pas son besoin de développer des critères d'aide à la décision ou un outil d'alerte ou de détection précoce concernant la nécessité et le calendrier de ses interventions de santé publique (ex. : communication, contrôle).

Contrairement au VNO, les connaissances sur le risque d'acquisition des autres arbovirus sont assez limitées bien que l'on sache qu'ils circulent au Québec. La présence d'éclosion de cas d'infection associés au VEEE aux États-Unis tandis qu'aucun cas n'a jamais été déclaré au Québec laisse entrevoir qu'il est possible que cette infection humaine soit sous-diagnostiquée, au lieu que le risque d'acquisition soit absent de la province.

La recherche d'un juste équilibre entre la surveillance des arbovirus, l'utilisation optimale des ressources, la facilité de prévenir ces infections et le traitement limité des arboviroses demeurent un enjeu important. Il demeure crucial de gérer de façon proportionnée, le niveau de risque de chacune de ces arboviroses dont on attend une présence accrue dans les prochaines années notamment, en raison des changements climatiques et environnementaux. Puisque ces changements sont caractérisés par des tendances aléatoires et sporadiques, le système de surveillance doit répondre à certains critères de performance (ex. : simplicité, réactivité, représentativité, acceptabilité, flexibilité, utilité, etc.) tout en étant capable de détecter de nouvelles menaces et faire preuve de souplesse afin de permettre des adaptations rapides au niveau des interventions (53).

Références

1. Ducrocq J, Pelletier R, Turcotte M-E. Proposition d'un plan de surveillance intégrée des virus transmis par les moustiques au Québec, 2020-2025 [Internet]. INSPQ; 2019, 22 p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2614_plan_surveillance_virus_moustiques.pdf
2. Schoppfe J, Farace LD. « Grey literature ». In: Encyclopedia of Library and Information Sciences, 3^e éd. CRC Press. In : MJ Bates et MN Maack; 2010.
3. ECDC. Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe [Internet]. Stockholm; 2014 [Cité le 31 mars 2019]. 119 p. Disponible sur : <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/surveillance-of%20native-mosquitoes%20-guidelines.pdf>
4. Government of South Australia. South Australian Arbovirus Coordinated Control and Operations Plan [Internet]. [Cité le 20 février 2020]. Disponible sur : <https://www.coorong.sa.gov.au/webdata/resources/minutesAgendas/21%20April%202015%20-%20SA%20Arbovirus%20Coordinated%20Control%20and%20Operations%20Plan.pdf>
5. CDC. West Nile Virus in the United States: Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control - 4th revision [Internet]. CDC; 2013, 69 p. Disponible sur : https://www.cdc.gov/westnile/resources/pdfs/wnv_guidelines.pdf
6. 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 le 31 mars 2019], p. 49. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1908_Surveillance_Integree_VNO.pdf
7. Association of State and Territorial Health Officials. Public Health Confronts the Mosquito Developing Sustainable State and Local Mosquito Control Programs [Internet]. 2005 [Cité le 10 février 2020]. Disponible sur : <https://www.astho.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=2333>
8. Ministère des affaires sociales, de la santé et des droits des femmes. Plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue [Internet]. 2015 [Cité le 10 février 2020]. Disponible sur : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Instruction_et_Guide_chik_dengue_16_avril_2015.pdf
9. Ontario Ministry of Health. West Nile virus preparedness and prevention plan [Internet]. 2020. Disponible sur : http://www.health.gov.on.ca/en/pro/programs/publichealth/oph_standards/docs/reference/WNV_plan_en.pdf
10. MSSS. Liste des maladies, infections et intoxications à déclaration obligatoire (MADO) [Internet]. [Cité le 4 janvier 2019]. 2 p. Disponible sur : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/preventioncontrole/03-268-05.pdf>
11. Grégoire Y, Delage G. Détermination du taux de sous reconnaissance de la maladie neurologique du Virus du Nil occidental dans la province de Québec en 2012 et 2018. Héma-Québec; 2020, 9 p.
12. 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. 2017;57(5):1294–1298.
13. Ducrocq J, Ouhoumane N, Irace-Cima A. Exploration des variables issues de la surveillance intégrée des arbovirus pour prédire le risque d'acquisition du VNO au Québec. INSPQ, 27 p.
14. Committee on Diagnostic Error in Health Care; Board on Health Care Services; Institute of Medicine; The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The Path to improve diagnosis and reduce diagnostic error. In: Improving Diagnosis in Health Care [Internet]. National Academies Press. Washington (DC); 2015. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK338596/>
15. Leblanc M, Gaulin C, Beudet M, Valiquette L, Ouhoumane N, Turcotte M, et al. Flash Vigie. 12(4): Interventions: spécial zoonoses: Virus séro groupe Californie [Internet]. MSSS, 2017, 5 p. Disponible sur : http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/flashvigie/FlashVigie_vol12_no4.pdf

16. INSPQ. Rapport sur les données sérologiques arbovirus du LSPQ Saison 2016. Laboratoire de santé publique du Québec; 2017, 10 p.
17. 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, 63 p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2148_evaluation_risque_transmission_zika_quebec.pdf
18. 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, 43 p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1971_Evaluation_Emergence_Chikungunya.pdf
19. Dibernardo A, Turell MJ, Lindsay LR, Loomer C, Iranpour M. Vector Competence of Some Mosquito Species From Canada For Zika Virus. *J Am Mosq Control Assoc.* 2017;33(4):276-81.
20. Gouvernement du Canada A de santé publique du C. Virus du séro groupe Californie - Fiche technique santé-sécurité : agents pathogènes [Internet]. 2014 [Cité le 6 février 2017]. Disponible sur : <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/msds27f-fra.php>
21. 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):185.
22. Back C. Espèces de moustiques prioritaires pour la surveillance entomologique du VNO au Québec. 2013, 12 p.
23. Mosquito Taxonomic Inventory [Internet]. [Cité le 30 novembre 2020]. Disponible sur : <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>
24. Centers for Disease Control and Prevention. ArboCat: Arbovirus Catalog [Internet]. [Cité le 30 novembre 2020]. Disponible sur : <https://www.cdc.gov/arbo-cat/>
25. Perna N, Kampen H, Jeschke JM, Werner D. Citizen science versus professional data collection: Comparison of approaches to mosquito monitoring in Germany. *J Appl Ecol* [Internet]. [Cité le 2 nov. 2020]]. Disponible sur : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.13767>
26. Kilpatrick AM, Fonseca DM, Ebel GD, Reddy MR, Kramer LD. Spatial and temporal variation in vector competence of *Culex pipiens* and *Cx. restuans* mosquitoes for West Nile virus. *Am J Trop Med Hyg.* sept 2010;83(3):607-13.
27. Molaei G, Andreadis T, Armstrong P, Thomas M, Deschamps T, Cuevas-Incle E, et al. Vector-Host interactions and epizootiology of Eastern Equine Encephalitis virus in Massachusetts. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2013;13(5):312-23.
28. Anderson JR, Schneider JR, Grimstad PR, Severson DW. Quantitative Genetics of Vector Competence for La Crosse Virus and Body Size in *Ochlerotatus hendersoni* and *Ochlerotatus triseriatus* Interspecific Hybrids. *Genetics.* 2005;169(3):1529-39.
29. Kramer LD, Bowen MD, Hardy JL, Reeves WC, Presser SB, Eldridge BF. Vector competence of alpine, Central Valley, and coastal mosquitoes (Diptera: Culicidae) from California for Jamestown Canyon virus. *J Med Entomol.* 1993;30(2):398-406.
30. Evans AB, Peterson KE. Throw out the Map: Neuropathogenesis of the Globally Expanding California Serogroup of Orthobunyaviruses. *Viruses* [Internet]. 29 août 2019 [cité le 30 novembre 2020];11(9). Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784171/>
31. Ouhoumane N. Validation de l'indicateur degrés-jours pour la prédiction du risque d'exposition au VNO dans le sud du Québec. INSPQ; 2019, 53 p.
32. Beard CB, Eisen RJ. The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. Chapter 5: vector-Borne Diseases [Internet]. U.S. Global Change Research Program; 28 p. Disponible sur : https://health2016.globalchange.gov/low/ClimateHealth2016_05_Vector_small.pdf

33. Hollis-Etter KM, Montgomery RA, Etter DR, Anchor CL, Chelsvig JE, Warner RE, et al. Environmental conditions for Jamestown Canyon virus correlated with population-level resource selection by white-tailed deer in a suburban landscape. *PLOS ONE*. 7 oct 2019;14(10):e0223582.
34. Hamer GL, Anderson TK, Donovan DJ, Brawn JD, Krebs BL, Gardner AM, et al. Dispersal of Adult Culex Mosquitoes in an Urban West Nile Virus Hotspot: A Mark-Capture Study Incorporating Stable Isotope Enrichment of Natural Larval Habitats. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2014 [cité le 5 juill. 2019];8(3). Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3967984/>
35. 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. INSPQ; 2014.
36. 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.
37. 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.
38. DeFelice NB, Birger R, Defelice N, Gagner A, Campbell SR, Romano C, et al. Modeling and Surveillance of Reporting Delays of Mosquitoes and Humans Infected with West Nile Virus and Associations with Accuracy of West Nile Virus Forecasts. *JAMA Netw Open*. 2019;2(4):e193175.
39. ECDC. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe [Internet]. Stockholm; 2012 [Cité le 31 mars 2019], 100 p. Disponible sur : <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/TER-Mosquito-surveillance-guidelines.pdf>
40. U.S Department of Health and Human services, Centers for Diseases and Control prevention. Surveillance and control of Aedes aegypti and Aedes albopictus in the United States [Internet], 21 p. Disponible sur : <https://www.cdc.gov/mosquitoes/pdfs/mosquito-control-508.pdf>
41. Campagna C, Samuel O, Dubé M, Lebel G, Toutant S. Évaluation de l'efficacité de larvicides contre les espèces vectrices du virus du Nil occidental: rapport d'évaluation [Internet]. Montréal: Institut national de santé publique du Québec; 2018, 30 p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2452_efficacite_larvicides_especes_vectrices_virus_nil.pdf
42. Wilson AL, Boelaert M, Kleinschmidt I, Pinder M, Scott TW, Tusting LS, et al. Evidence-based vector control? Improving the quality of vector control trials. *Trends Parasitol*. 2015;31(8):380-90.
43. Gouvernement du Québec. Décret 514-2005, 1er juin 2005 concernant le Plan d'intervention gouvernemental de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental [Internet], 13 p. Disponible sur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=44403.pdf>
44. Gouvernement du Québec. Plan d'intervention gouvernemental pour le contrôle de la transmission du virus du Nil occidental au Québec, 2002. MSSS. 2002; 13 p. Disponible sur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=42546.pdf>
45. Plan d'intervention gouvernemental 2013-2015 pour la protection de la population contre le virus du Nil : Rapport d'activités - saison 2013 [Internet]. Québec: MSSS; 2014, 39 p. Disponible sur : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2013/13-211-03W.pdf>
46. Forest-Bérard K. Utilisation d'indicateurs météorologiques de la présence de vecteurs du virus du Nil occidental (VNO) [Internet]. INSPQ; 2019, 60 p. Disponible sur : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2537_temperature_precipitations_indicateurs_meteorologiques_vecteurs_vno.pdf

47. Ouhoummane N, Ducrocq J. Infection par le virus du Nil occidental : 2003 - 2018. INSPQ; 2021, p. 54.
48. Ducrocq J, Ouhoummane N, Irace-Cima A, Ludwig A. Développement d'indicateurs climatiques pour la prédiction du risque d'acquisition du VNO au Québec. Institut national de santé publique Québec; 2020, 35 p.
49. Cheng Y-C, Lee F-J, Hsu Y-T, Slud EV, Hsiung CA, Chen C-H, et al. Real-time dengue forecast for outbreak alerts in Southern Taiwan. PLoS Negl Trop Dis. 27 juill 2020;14(7): e0008434.
50. Poh KC, Chaves LF, Reyna-Nava M, Roberts CM, Fredregill C, Bueno R, et al. The influence of weather and weather variability on mosquito abundance and infection with West Nile virus in Harris County, Texas, USA. Sci Total Environ. 2019;675:260-72.
51. Barker CM, Reisen W. Models and Surveillance Systems to Detect and Predict West Nile Virus Outbreaks. J Med Entomol. 2019;56(6):1508-15.
52. Rockx B, Godeke G-J, Goehring L, Vennema H, Koopmans M. Syndromic surveillance in the Netherlands for the early detection of West Nile virus epidemics. Vector Borne Zoonotic Dis 2006;6(2):161.
53. Ancelle T, Astagneau P. Surveillance épidémiologique : principes, méthodes et applications en santé publique. Paris: Médecine Sciences Publications : Lavoisier; 2011. 360 p.
54. Roiz D, Wilson AL, Scott TW, Fonseca DM, Jourdain F, Müller P, et al. Integrated Aedes management for the control of Aedes-borne diseases. PLoS Negl Trop Dis. 2018;12(12):e0006845.
55. Willis J. Metro Atlanta responds to West Nile virus: a coordinated public health response. Ethn Dis. 2005;15(Suppl 2):S49-51.
56. Gossner CM, Marrama L, Carson M, Allerberger F, Calistri P, Dilaveris D, et al. West Nile virus surveillance in Europe: moving towards an integrated animal-human-vector approach. Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull. 2017;22(18).
57. Gosselin P, Lebel G, Rivest S, Douville-Fradet M. The Integrated System for Public Health Monitoring of West Nile Virus (ISPHM-WNV): a real-time GIS for surveillance and decision-making. Int J Health Geogr. 2005;4:21.
58. Barker CM, Reisen WK, Kramer VL. California state Mosquito-Borne Virus Surveillance and Response Plan: a retrospective evaluation using conditional simulations. Am J Trop Med Hyg. mai 2003;68(5):508-18.
59. Fouque F, Guidi V, Lazzaro M, Ravasi D, Martinetti-Lucchini G, Merlani G, et al. Emerging Aedes-borne infections in southern Switzerland: Preparedness planning for surveillance and intervention. Travel Med Infect Dis. 2020;37:101748.
60. Public Health England. Human Animal Infections and Risk Surveillance (HAIRS) group Qualitative assessment of the risk that West Nile virus presents to the UK human population [Internet]. London, UK; [Cité le 2 novembre 2020], 16 p. Disponible sur : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/724377/HAIRS_WNV_risk_assessment.pdf
61. Texas Department of State Health Services. West Nile Virus Public Health Preparedness, Surveillance, and Response Guide [Internet], 36 p. Disponible sur : <https://www.dshs.state.tx.us/IDCU/disease/arboviral/westnile/wnvResponseGuide.doc>
62. California Department of Public Health, Mosquito and vector control association of California, University of California. California mosquito-borne virus surveillance and response plan [Internet], 57 p. Disponible sur : http://westnile.ca.gov/downloads.php?download_id=4502&filename=2020_CA_MBVSurveillanceResponsePlan.pdf
63. New York State Department of Health. New York State Department of Health Mosquito Borne Illness Surveillance & Response Plan 2012 [Internet]. 2019, 19p. Disponible sur : https://www.health.ny.gov/diseases/west_nile_virus/docs/2012_mosquito_borne_illness_surveillance_and_response_plan.pdf

64. Agency of agriculture, food and markets, Department of health. State of Vermont Arbovirus Surveillance and Response Plan [Internet]. 2019, 20 p. Disponible sur : https://www.healthvermont.gov/sites/default/files/documents/pdf/HS_ID_VT_Arbovirus_%20Plan_2017.pdf
65. Provincial Health Office. West Nile Virus: Alberta's response plan (2006) [Internet], 7 p. Disponible sur : <https://open.alberta.ca/dataset/a048e046-d0e6-4997-828d-4bafef76c49e/resource/3991a4c9-360b-4542-80df-c6f56693435f/download/2006-west-nile-virus-albertas-response-plan-2006.pdf>
66. State of Oregon. Public Health West Nile Virus Emergency Response Plan [Internet]. 2007 [Cité le 22 mai 2019], 18 p. Disponible sur : https://www.oregon.gov/oha/PH/DISEASESCONDITIONS/DISEASESAZ/WESTNILEVIRUS/Documents/WNV_Response_Plan_Sept07.pdf
67. State of Connecticut. West Nile Virus Surveillance and Response Plan, 2012 [Internet]. 2012 [Cité le 22 mai 2019], 10 p. Disponible sur : <https://portal.ct.gov/-/media/Mosquito/publications/wnvplanpdf.pdf>
68. Department of Health and human services: Maine CDC. Arboviral (Mosquito-Borne) Illness Surveillance, Prevention, and Response Guidance for Maine Communities [Internet]. 2018 [Cité le 22 mai 2019], 22 p. Disponible sur : <https://www.maine.gov/dhhs/mecdc/infectious-disease/epi/vector-borne/documents/2018-Arbo-Plan.pdf>

Annexe 1 Stratégies de recherche et résultats

Sources	Stratégie de recherche (en date du 27 mai 2019)	Nombre de références		
		Par recherche	Après lecture du titre et résumé	Références retenues ⁴
Pubmed ¹	"west Nile virus"[MeSH Terms] OR ("west"[All Fields] AND "Nile"[All Fields] AND "virus"[All Fields]) OR "west Nile virus"[All Fields] OR ("arboviruses"[MeSH Terms] OR "arboviruses"[All Fields] OR "arbovirus"[All Fields])	18860	90	(54–59)
	"Culicidae"[MeSH Terms] OR "Culicidae"[All Fields] OR "mosquito"[All Fields] OR "mosquito"[All Fields] OR "mosquitoes"[All Fields] OR "mosquitos"[All Fields] OR "mosquito s"[All Fields]	60372		
	((("contingences"[All Fields] OR "contingencies"[All Fields] OR "contingency"[All Fields] OR "contingent"[All Fields] OR "contingently"[All Fields] OR "contingents"[All Fields]) AND "plan"[All Fields]) OR ((("controlling"[All Fields] OR "controllability"[All Fields] OR "controllable"[All Fields] OR "controllably"[All Fields] OR "controller"[All Fields] OR "controller s"[All Fields] OR "controllers"[All Fields] OR "controlling"[All Fields] OR "controls"[All Fields] OR "prevention and control"[MeSH Subheading] OR ("prevention"[All Fields] AND "control"[All Fields]) OR "prevention and control"[All Fields] OR "control"[All Fields] OR "control groups"[MeSH Terms] OR ("control"[All Fields] AND "groups"[All Fields]) OR "control groups"[All Fields]) AND "plan"[All Fields]) OR ((("manage"[All Fields] OR "managed"[All Fields] OR "management s"[All Fields] OR "managements"[All Fields] OR "manager"[All Fields] OR "manager s"[All Fields] OR "managers"[All Fields] OR "manages"[All Fields] OR "managing"[All Fields] OR "management"[All Fields] OR "organization and administration"[MeSH Terms] OR ("organization"[All Fields] AND "administration"[All Fields]) OR "organization and administration"[All Fields] OR "management"[All Fields] OR "disease management"[MeSH Terms] OR ("disease"[All Fields] AND "management"[All Fields]) OR "disease management"[All Fields]) AND "plan"[All Fields]) OR "preparedness"[All Fields])	92686		
BDSP ²	"Virus du Nil" ou "arbovirus » et « plan » ou « contingence » ou control » ou « critères »	25	0	–
Google ³	Même termes que la recherche PUBMED, mais en incluant le nom des provinces canadiennes, le CDC américain (dont tous les états américains), l'ECDC et certains pays (UK, Australie)	–	16	(3–5,7–9,39,60–68)
INSPQ	Recherche manuelle parmi les anciennes publications de l'INSPQ	46	1	(6)
INSPQ	Recherche manuelle parmi les documents captés par la veille scientifique et les archives de la coordination des maladies transmises par les moustiques (INSPQ)	–	2	(3,39)

¹ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

² <https://bdsp-ehesp.inist.fr>

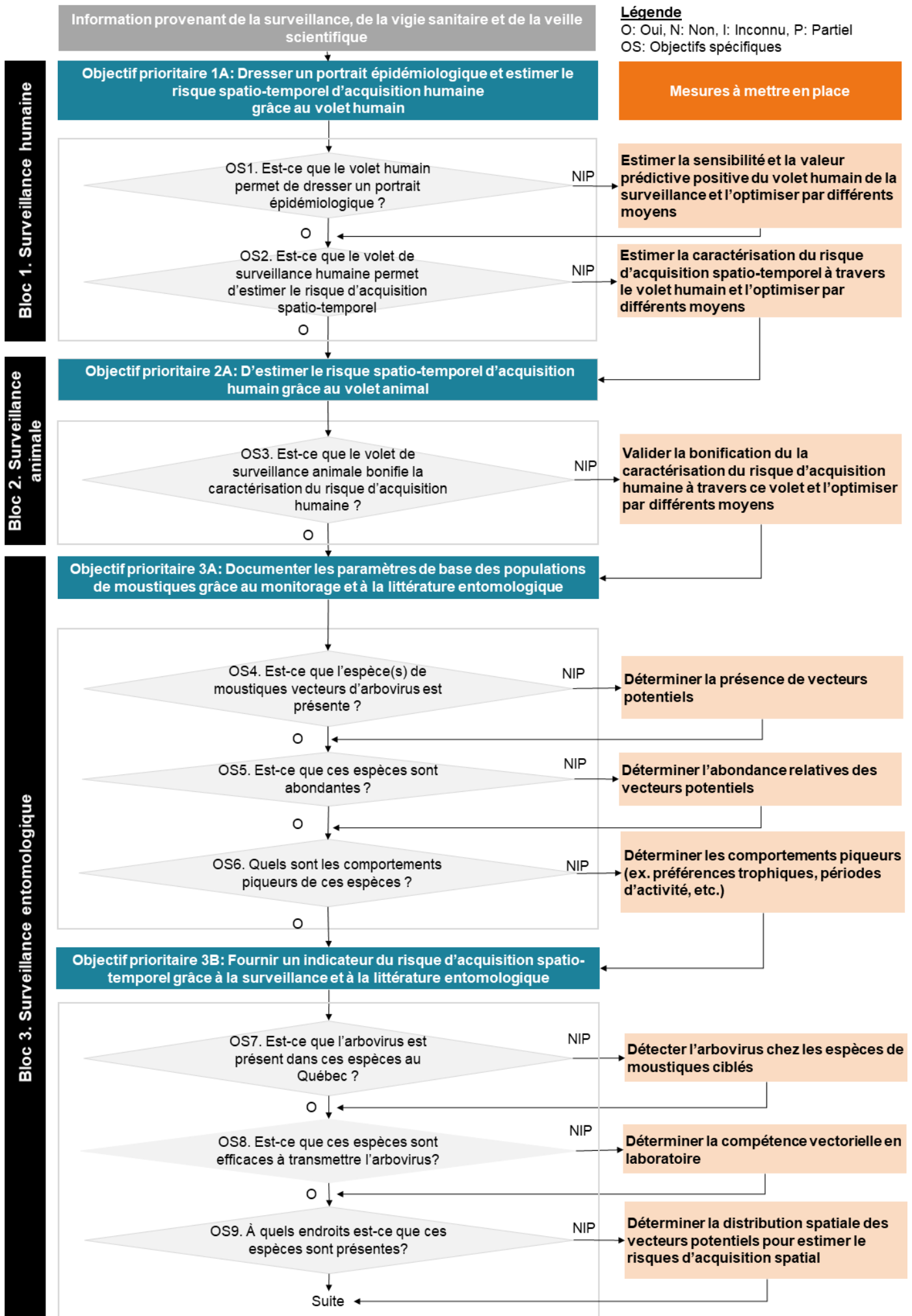
³ www.google.com

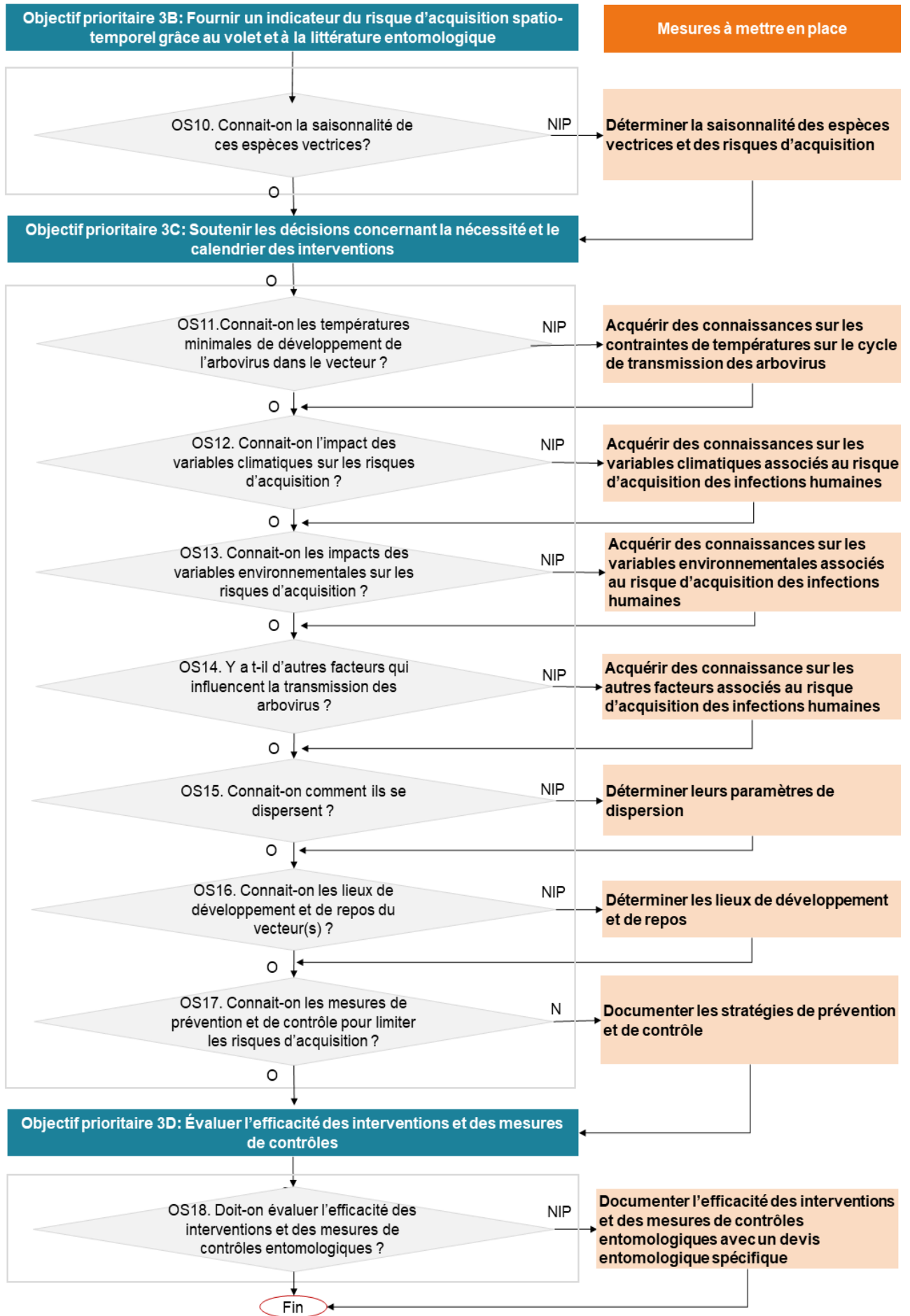
⁴ Les versions les plus récentes des plans de surveillance et de contrôle ont été retenues comme référence pour la bibliographie.

Annexe 2 Adaptation de l'algorithme de l'ECDC pour la surveillance intégrée des arbovirus au Québec

Identification des questions (Q) de l'algorithme québécois en fonction des volets de la surveillance intégrée et des objectifs prioritaires	Identification des questions (Q) issues de l'algorithme de l'ECDC
Bloc 1. Volet humain	
Q1. Est-ce que le volet humain permet de dresser un portrait épidémiologique?	Nouvelle question créée pour identifier le premier objectif de la surveillance humaine au Québec
Q2. Est-ce que le volet de surveillance humaine permet de caractériser le risque d'acquisition?	Nouvelle question créée pour identifier le deuxième objectif de la surveillance humaine au Québec
Bloc 2. Volet animal	
Q3. Est-ce que le volet de surveillance animale permet de caractériser le risque d'acquisition?	Regroupement des questions Q17 ("Are wild animals affected?"), Q18 (« Are domesticated animals affected? ») et Q19 (« Where/When are non-humans hosts involved? »)
Bloc 3. Volet entomologique	
Bloc 3A. Documenter les paramètres de base des populations de moustiques	
Q4. Est-ce que l'espèce(s) de moustiques vecteurs d'arbovirus est présente?	Q1 "Do we have the vector species?"
Q5. Est-ce que ces espèces sont abondantes?	Q4 "Do we have a lot of mosquitos?"
Q6. Quels sont les comportements piqueurs de ces espèces?	Q5 "What do the vector bite and are they a pest?"
Bloc 3B. Fournir un indicateur du risque d'acquisition spatio-temporel	
Q7. Est-ce que l'arbovirus est présent dans ces espèces au Québec?	Q13 "Have they been found infected?"
Q8. Est-ce que ces espèces sont efficaces à transmettre l'arbovirus?	Q14 "Are they efficient to transmit the pathogen?"
Q9. À quels endroits est-ce que ces espèces sont présentes?	Q2 "Where in the country?"
Q10. Connait-on la saisonnalité de ces espèces vectrices?	Regroupement des questions Q3 ("When do they bite during the year?") et Q16 ("When could transmission period start/end?")
Bloc 3C. Soutenir les décisions concernant la nécessité et le calendrier des interventions	
Q11. Connait-on les températures minimales de développement de l'arbovirus dans le vecteur?	Q15. "Is it warm enough for infection in vectors?"
Q12. Connait-on l'impact des variables climatiques sur les risques d'acquisition?	Q11. "Is there an impact of weather on vectors?"
Q13. Connait-on les impacts des variables environnementales sur les risques d'acquisition?	Q12. "Is there an impact of environment on the vectors?"
Q14. Y a-t-il d'autres facteurs qui influencent la transmission des arbovirus?	Q20. "What else could be driving transmission?"
Q15. Connait-on comment ils se dispersent?	Q7. "How do they disperse?"
Q16. Connait-on les lieux de développement et de repos du vecteur(s)?	Q6. "Where do they develop?"
Q17. Connait-on les mesures de prévention et de contrôle pour limiter les risques d'acquisition?	Regroupement des questions Q8. (« How can we control them?») et Q10 ("Can we avoid bites?")
Bloc 3D. Évaluer l'efficacité le des interventions et des mesures de contrôle	
Q18. Doit-on évaluer l'efficacité le des stratégies de contrôles entomologiques?	Q9 "Are the insecticides efficient?"

Annexe 3 Algorithme décisionnel pour la surveillance des arbovirus au Québec





Annexe 4 Cadre conceptuel d'un signal d'alerte ou de détection précoce du VNO (inspiré de Barker et Reisen, 2019)

