



*information*



*formation*



*recherche*



*coopération  
internationale*

VEILLE SCIENTIFIQUE SUR  
LES MOYENS D'INTERVENTION  
CONTRE LE VIRUS DU NIL OCCIDENTAL

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

VEILLE SCIENTIFIQUE SUR  
LES MOYENS D'INTERVENTION  
CONTRE LE VIRUS DU NIL OCCIDENTAL

DIRECTION DES RISQUES BIOLOGIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET OCCUPATIONNELS

JUIN 2007

## **AUTEURS**

Pierre Chevalier, Ph. D.  
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels  
Institut national de santé publique du Québec

Daniel Bolduc, M. Env.  
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels  
Institut national de santé publique du Québec

## **AVEC LA COLLABORATION DE**

Yolaine Labbé, M, Env.  
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels  
Institut national de santé publique du Québec

Mathieu Valcke, M. Env., M. Sc.  
Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels  
Institut national de santé publique du Québec

Ce rapport a été réalisé grâce à la contribution financière du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

*Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : [droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

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

DÉPÔT LÉGAL – 1<sup>e</sup> TRIMESTRE 2008  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA  
ISBN : 978-2-550-52077-1 (VERSION IMPRIMÉE)  
ISBN : 978-2-550-52078-8 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2008)

## TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION ET CONTEXTE.....	1
2	MÉTHODOLOGIE .....	2
3	MOYENS DE PROTECTION PERSONNELLE.....	3
	3.1 Huile de lavande .....	3
	3.2 Huile de citronnelle.....	3
	3.3 p-menthane-3,8-diol (PMD).....	4
	3.4 Produits insectifuges de remplacement .....	4
	3.5 Solutions technologiques .....	5
	3.6 Habitudes de vie.....	6
4	AMÉNAGEMENT DES HABITATS FAVORABLES .....	7
5	LUTTE BIOLOGIQUE .....	8
6	LARVICIDES .....	9
7	ADULTICIDES.....	11
8	CONCLUSION .....	13
9	RÉFÉRENCES.....	14

## 1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

Depuis la découverte du virus du Nil occidental en Amérique du Nord, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) conseille le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) quant aux choix et aux impacts des moyens de prévention et de contrôle servant à protéger la population du Québec contre la transmission de ce virus. En 2003, le MSSS a spécialement mandaté l'INSPQ pour réaliser une étude d'impact ayant trait aux répercussions environnementales du programme de pulvérisations aériennes d'insecticides pour lutter contre le virus du Nil occidental. L'évaluation des mesures de protection personnelle, domestique, communautaire et municipale faisait également partie du mandat confié à l'INSPQ. L'étude d'impact a été réalisée sous la forme d'un rapport principal (Labbé *et al.*, 2006a), accompagné de plusieurs rapports sectoriels. Par ailleurs, l'avis de l'INSPQ portant sur le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier (Bolduc *et al.*, 2006), produit à la suite d'une demande du MSSS en 2006, indiquait notamment la nécessité de maintenir une vigilance en ce qui a trait aux connaissances relatives à l'épidémiologie du virus du Nil occidental, aux vecteurs et à leurs gîtes ainsi qu'aux moyens de protection et d'intervention. Il a donc été convenu, avec le MSSS, que l'Unité santé et environnement de l'INSPQ assurerait un suivi, sous forme de veille scientifique, de l'information relative aux moyens de protection et d'intervention contre le virus du Nil occidental. L'objectif est d'être en mesure, au cours des prochaines années, de soutenir les autorités de santé publique dans leur éventuelle prise de décision visant à limiter le risque de transmission du virus du Nil occidental au Québec.

Le présent rapport de veille scientifique s'inscrit plus particulièrement dans la suite des travaux réalisés par l'INSPQ dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement. En effet, un des rapports sectoriels de cette étude d'impact, le numéro 3, dresse une revue exhaustive des mesures de prévention et de protection contre le virus du Nil occidental (Labbé *et al.*, 2006b). Ce document présente les méthodes employées pour le contrôle vectoriel ailleurs sur le continent nord-américain, en Europe et en Afrique en vue de lutter contre le virus du Nil occidental ou d'autres maladies transmises par des moustiques. Le rapport couvre les moyens de protection personnelle (insectifuges, solutions technologiques, habitudes de vie), l'aménagement des habitats favorables, la lutte biologique ainsi que les insecticides (larvicides et adulticides).

## 2 MÉTHODOLOGIE

Des recherches générales sur Internet ont d'abord été effectuées avec le moteur de recherche Google. Toutefois, l'information présente dans le cyberspace n'est pas toujours fiable, à moins qu'elle ne provienne d'organisations reconnues (agences gouvernementales, ministères, etc.). Dans ce contexte, par exemple, le site Web de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada a été consulté afin d'obtenir de l'information à jour sur l'homologation de certaines substances ayant des propriétés insectifuges et insecticides. Quant à la revue de la littérature scientifique, elle a été effectuée à l'aide de la banque de données *Current Contents* qui recense tous les articles publiés dans environ 8 000 périodiques. Le rapport sectoriel 3 étant à jour jusqu'à la fin de 2004 ou de 2005 (selon les sections), la présente revue a été centrée sur l'information scientifique publiée durant 2006 ainsi qu'au début de 2007, en fait, de février 2006 à avril 2007.

Lors de la recherche de renseignements, l'utilisation de mots-clés appropriés (*West Nile Virus*, *mosquito*, *Culex*, etc.) associés à des termes spécifiques (*Bacillus thuringiensis*, méthoprène, malathion, *insect traps*, etc.) a permis de repérer plus d'une centaine d'articles traitant de sujets apparemment pertinents. Une première sélection a été effectuée sur la base des titres ou des résumés afin de dresser une liste préliminaire d'une quarantaine de textes davantage reliés aux thèmes visés. La liste de ces 40 articles a été présentée dans le rapport intérimaire de veille scientifique remis au MSSS en mars 2007. Une autre liste (d'une dizaine d'articles) a été établie pour les mois de mars et d'avril 2007, soit après la préparation du rapport intérimaire.

Le résumé des 40 textes a été lu afin de mettre en évidence ceux se rapprochant davantage du contexte québécois ou se référant à des situations similaires à celles vécues au Québec. Le présent rapport constitue une synthèse d'une trentaine d'articles dont le texte intégral a été consulté. Seule l'information paraissant pertinente est présentée dans cette veille scientifique; les aspects traités dans certaines sections du rapport sectoriel 3 ne sont donc pas repris ici si aucun article n'y a été associé.

### **3 MOYENS DE PROTECTION PERSONNELLE**

Les moyens de protection personnelle comprennent une variété de mesures et de pratiques comme l'utilisation d'insectifuges personnels, l'emploi d'insecticides domestiques, le recours à des solutions technologiques pour lutter contre la présence de moustiques et la modification des habitudes de vie et du milieu environnant.

#### **3.1 HUILE DE LAVANDE**

Le rapport sectoriel 3 de l'INSPQ (Labbé *et al.*, 2006b) mentionnait que les insectifuges contenant de l'huile de lavande ne seraient plus homologués et seraient retirés du marché avant mars 2007. La consultation récente du registre public de l'ARLA *Information sur les produits* a effectivement permis de constater que l'huile de lavande n'apparaît plus dans la liste des produits homologués (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2007).

#### **3.2 HUILE DE CITRONNELLE**

Pour ce qui des insectifuges personnels, la section 2.1 du rapport sectoriel 3 de l'INSPQ indiquait que l'emploi de certains d'entre eux serait revu à la lumière de nouveaux renseignements scientifiques. Dans ce groupe, l'huile de citronnelle était plus particulièrement visée. En 2004, l'ARLA a annoncé son intention de réévaluer l'homologation des insectifuges à base de citronnelle : si aucune nouvelle donnée probante n'était portée à son attention, l'organisme proposerait de mettre fin à l'homologation des insectifuges contenant cet ingrédient actif. Cette décision était notamment basée sur la présence, dans cette huile, de méthyleugénol, une substance classée comme probablement cancérigène pour l'humain (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2004). Les renseignements connus à ce jour n'indiquaient pas un risque particulier relié à l'huile de citronnelle; c'est plutôt l'absence d'information sur son innocuité qui suscitait un doute. Dans ce contexte, l'ARLA a préféré appliquer le principe de précaution et favoriser le retrait de l'homologation. En 2005, l'Agence précisait donc ne pas posséder suffisamment de données concernant l'innocuité de cette huile et se prétendait, dans ces conditions, incapable de conclure que l'utilisation de l'huile de citronnelle était acceptable. L'ARLA mentionnait aussi son intention de faire appel à un comité de cinq experts scientifiques indépendants ayant comme mandat de réévaluer l'utilisation de l'insectifuge (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2005).

L'essentiel du rapport du comité d'experts a été rendu public en avril 2007 par l'intermédiaire d'un journaliste ayant obtenu une copie en vertu de la Loi sur l'accès à l'information du gouvernement du Canada (Bourgault-Côté, 2007). Les principales conclusions du comité d'experts spécifient que la décision de l'ARLA de bannir les produits à base de citronnelle est prématurée. Le rapport souligne que ce produit est utilisé depuis longtemps sans que des intoxications aient été rapportées; l'analyse de risque de l'ARLA serait par ailleurs basée sur certaines données incomplètes ainsi que sur une étude considérée comme expérimentalement et statistiquement inadéquate. De plus, le rapport mentionne que le facteur de sécurité utilisé (3 000) pour la transposition des résultats obtenus sur les animaux aux humains était trop élevé. Le comité ne propose cependant aucune recommandation

particulière quant au bannissement des produits à base de citronnelle (Munro *et al.*, 2006). En réponse à la publication des conclusions du rapport d'experts, l'ARLA a indiqué qu'une décision serait rendue en 2007 (Bourgault-Côté, 2007).

### 3.3 P-MENTHANE-3,8-DIOL (PMD)

Homologuée par l'ARLA depuis quelques années seulement, cette substance est extraite d'un arbre du genre *Eucalyptus* (*E. maculata*, sous-espèce *Citriodora*, récemment renommée *Corymbia citriodora*). Une étude récente (Carroll et Loye, 2006) indique que ce produit a une efficacité notable contre les piqûres d'insectes des genres *Aedes* sp., *Anopheles* sp. et *Culex* sp., de même que contre les morsures des tiques du genre *Ixoides*. Des essais comparatifs du PMD et du N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET) contre divers insectes (laboratoire et terrain) ont montré que le PMD est presque toujours plus efficace. Les auteurs rappellent que c'est à juste titre que le produit a été approuvé par l'U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA).

### 3.4 PRODUITS INSECTIFUGES DE REMPLACEMENT

Cette catégorie regroupe essentiellement des huiles ou des extraits de végétaux. Le rapport sectoriel 3 en mentionnait quelques-uns, comme des extraits de cannelle. La récente revue de littérature a permis de mettre en évidence quelques articles liés à ce thème; ils ne font toutefois part d'aucune nouveauté particulière.

Chang *et al.*, (2006) ont étudié l'efficacité insectifuge d'extraits d'écorce de *Cinnamomum casia* (aussi connu sous le nom de cannelle de Chine) pour éloigner les moustiques de l'espèce *Aedes aegypti*. Leurs travaux ont montré que le produit peut repousser de 60 à 94 % des moustiques, ce qui est semblable ou supérieur au DEET. Quant à Zhu *et al.* (2006), ils se sont penchés sur l'efficacité d'huiles extraites de cinq plantes : thym, herbe à chat, eucalyptus, cannelle et amyris sur divers moustiques des genres *Aedes* sp. et *Culex* sp. Seules, ou en association, quelques huiles protégeraient davantage contre les piqûres que le DEET, et ce, de cinq à six heures après leur application. Dans tous les cas, les auteurs précisent cependant que l'innocuité de ces produits doit être vérifiée.

Il faut par ailleurs mentionner une information originale qui fait état de l'emploi de substances extraites de la peau de certaines grenouilles, probablement des composés volatils, comme répulsifs contre *Culex annulirostris*. Les essais ont été effectués sur des souris, et l'efficacité de ces substances s'est révélée inférieure à celle du DEET (Williams *et al.*, 2006).

Le rapport sectoriel 3 soulignait l'efficacité d'un nouvel insectifuge, le picaridin<sup>1</sup>, qui serait semblable à celle du DEET. Cette substance a été testée en Australie contre des moustiques vecteurs d'encéphalites virales (espèces appartenant aux genres *Anopheles* et *Culex*) par Frances *et al.* (2005). Ces derniers notent cependant une efficacité moindre, notamment quelques heures après l'application.

---

<sup>1</sup> Substance non homologuée au Canada.

### 3.5 SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Les solutions technologiques sont des procédés, des méthodes ou des appareils assurant une protection contre les moustiques (ou permettant de réduire leurs populations) de trois façons différentes : par leur capture, leur destruction ou leur éloignement des humains. Le recours à des pièges attractifs qui imitent la respiration humaine en émettant de la chaleur et du bioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est une des méthodes les plus courantes. Une autre façon de se protéger des moustiques est l'emploi de brumiseurs personnels émettant une petite quantité d'insecticide (habituellement un adulticide).

En Louisiane, Collier *et al.* (2006) ont étudié l'efficacité de deux pièges attractifs et de deux brumiseurs personnels sur différents insectes en milieu naturel (appartenant notamment aux genres *Aedes* sp. *Culex* sp. et *Ochlerotatus*). Le premier piège attractif émettait du CO<sub>2</sub> et le deuxième, de l'octanol (présent dans l'haleine des ruminants). Quant aux brumiseurs employés ici comme système répulsif, ils émettaient de la *d-trans*-alléthrine, un composé de synthèse appartenant au groupe des pyréthriinoïdes (adulticides). Les problèmes indiqués dans le rapport sectoriel 3, comme une réduction de l'efficacité des produits lorsqu'il y a du vent, sont également soulignés par Collier *et al.* (2006). En Floride, Hoel *et al.* (2007) se sont penchés sur la possibilité d'ajouter certaines substances dans un piège attractif fonctionnant au CO<sub>2</sub> pour accroître le nombre de moustiques capturés. Ainsi, les auteurs ont ajouté à ce piège de l'octanol et de l'acide lactique (présent dans la sueur). Plusieurs espèces de moustiques ont en effet été capturées par ce piège (dont *Aedes* sp., *Anopheles* sp. et *Culex* sp.). Cependant, même si l'ajout d'octanol et d'acide lactique a attiré plus d'insectes, la différence n'était pas significative comparativement à l'emploi du CO<sub>2</sub> seul.

Lucas *et al.* (2007) ont analysé l'emploi d'un nouveau pyréthriinoïde, le métofluthrin<sup>2</sup>. Ce dernier se libère lentement dans l'environnement immédiat après avoir été déposé sur une bandelette de papier positionnée à environ 1,2 mètre d'une personne. Selon les observations des auteurs, l'émission de ce composé permettait de réduire de 91 à 97 % le nombre de moustiques se posant sur la peau de volontaires. De même, ils ont testé, dans une soufflerie, la dispersion potentielle du composé par le vent. Bien que plus de moustiques se fussent posés sur les volontaires, le nombre de piqûres était quand même réduit, probablement à la suite d'une hyperexcitation neurale des insectes provoquée par le pyréthriinoïde en suspension dans l'air.

Le rapport sectoriel 3 mentionnait que les appareils émettant des ultrasons étaient considérés comme inefficaces. Se basant sur une série d'anecdotes, Cabrini et Andrade (2006) se sont intéressés à six appareils pouvant émettre à diverses fréquences (pas nécessairement celles des ultrasons) afin d'évaluer leur capacité à éloigner les moustiques de l'espèce *Aedes aegypti*. Leurs conclusions confirment les données antérieures, soit une inefficacité presque totale des appareils.

---

<sup>2</sup> Produit non homologué au Canada.

### 3.6 HABITUDES DE VIE

Certains comportements ou certaines attitudes des humains sont susceptibles de réduire le risque de piqûres de moustiques. Dans ce contexte, utiliser un insectifuge personnel, porter des vêtements longs, éviter de sortir les heures où les moustiques sont plus actifs (du crépuscule à l'aube) et éliminer les lieux favorisant le développement larvaire (eau stagnante) sont les attitudes les plus notables (Labbé *et al.*, 2006b).

Gujral *et al.* (2007) ont confirmé l'importance d'acquérir des habitudes limitant le risque d'être piqué par des moustiques. Leur étude épidémiologique rétrospective faisait suite à l'apparition d'un nombre élevé d'infections par le virus du Nil occidental, lesquelles ont entraîné plusieurs cas de symptômes neurologiques au Colorado (63 cas en 2003). Elle a établi que l'emploi de DEET et le fait de s'abstenir de sortir lors des périodes où les moustiques sont plus actifs contribuaient à réduire le risque d'être infecté par le virus du Nil occidental. La comparaison entre deux comtés du Colorado a effectivement mis en évidence une proportion deux fois plus élevée de symptômes neurologiques chez les résidents qui utilisaient ces moyens de protection de manière limitée. L'étude a aussi démontré que les citoyens d'une municipalité ayant annoncé avoir pris des mesures communautaires pour lutter contre les moustiques se fiaient à ces mesures et étaient moins disposés à adopter des mesures de protection personnelle. De plus, également en lien avec les habitudes de vie, Désirée-LaBeaud *et al.* (2007) se sont penchés sur les différences comportementales entre les enfants et les adultes quant au risque de transmission du virus du Nil occidental. L'étude révèle, sans surprise, que les enfants sont plus souvent et plus longtemps dehors, qu'ils portent moins de vêtements protecteurs (longs) et qu'ils sont conséquemment plus souvent piqués. Les auteurs mentionnent aussi que la crainte liée au virus du Nil occidental est plus importante que celle liée aux pesticides; 41 % des adultes et des enfants affirmaient craindre le virus du Nil occidental comparativement à 3 % des deux mêmes groupes qui disaient craindre les pesticides.

## 4 AMÉNAGEMENT DES HABITATS FAVORABLES

Certains habitats naturels sont favorables au développement des populations de moustiques, notamment les marais, les mares d'eau stagnante, les dépressions en zone de débordement des cours d'eau, etc. Les interventions majeures pour les détruire ou les assécher sont maintenant interdites; conséquemment, ces secteurs naturels demeureront des zones propices à la reproduction des moustiques.

Schafer *et al.* (2006) ont étudié l'impact de divers types de milieux naturels, aménagés ou non aménagés, sur les populations de culicidés (*Culicidae*) et de certains de leurs prédateurs, plus particulièrement des coléoptères. Les culicidés préfèrent les étangs temporaires et peu profonds, situés en milieu forestier ou constitués d'herbes aquatiques. Gingrich *et al.* (2006) mentionnent des renseignements similaires à l'égard de bassins de traitement des eaux usées; cette dernière observation n'est cependant pas transposable au Québec où les larves de moustiques sont absentes de tels milieux, compte tenu du mode de gestion de ces bassins (Labbé *et al.*, 2006b).

Anderson *et al.* (2007) ont observé la variation des populations de moustiques avant et après l'aménagement d'une zone marécageuse pour pallier à des problèmes de drainage d'une petite municipalité de Caroline du Nord. L'analyse a montré que le nombre de moustiques avait augmenté légèrement après la création de ces zones, mais cette augmentation n'était pas significative. Par ailleurs, toutes les principales espèces réputées pour véhiculer le virus du Nil occidental en Amérique du Nord (*Aedes vexans*, *Culex pipiens*, *Culex restuans* et *Culex salinarius*) ont été repérées dans cet aménagement.

Lawler *et al.* (2007) rappellent que la restauration de zones marécageuses et de marais peut favoriser l'émergence de populations de moustiques. Ils ont donc étudié, en Californie, les conséquences de la destruction, par un herbicide, d'une plante herbacée servant de niche aux *Culex* sp. Une diminution de 85 à 95 % de la présence de moustiques immatures a été observée dans les zones traitées. Les auteurs précisent cependant que les insectes peuvent aisément utiliser les secteurs adjacents non traités pour se reproduire, ce qui limite l'intérêt d'une telle intervention. À cet égard, il faut signaler qu'au Québec les moustiques potentiellement vecteurs du virus du Nil occidental nichent plus spécifiquement dans des gîtes artificiels comme les puisards, les réseaux d'égout pluviaux et les sites de dépôt de neige qui sont situés près des lieux densément peuplés (Labbé *et al.*, 2006b).

Dans le rapport sectoriel 3, des gîtes artificiels ont aussi été décrits (bassins de traitement des eaux, puisards, terrains vagues, etc.) comme étant favorables à la colonisation par des moustiques; la liste incluait notamment les cimetières. Vezzani (2007) a spécifiquement observé la croissance des moustiques dans ces lieux, notamment à l'égard de la présence de sources d'eau stagnante dans les vases contenant des fleurs fraîches. Pour cet auteur, l'omniprésence de ces vases remplis d'eau favoriserait l'émergence de larves de moustiques; la seule solution, radicale, serait de les interdire, ce qui semble impossible pour des raisons culturelles. Toutefois, il n'apporte aucune donnée précise en ce qui concerne l'accroissement du risque d'être infecté par le virus du Nil occidental en raison de la présence de cimetières en milieu urbain.

## 5 LUTTE BIOLOGIQUE

Sous ce vocable, on retrouve notamment l'emploi de prédateurs naturels des moustiques pour lutter contre ces derniers, comme les oiseaux, les chauves-souris, les poissons et certains insectes. À ce propos, Kumar et Hwang (2006) ont élaboré une revue de littérature des moyens de lutte biologique ayant recours à des amphibiens, des poissons, des petits crustacés aquatiques (comme les copépodes) ainsi que des insectes. Cette revue présente des éléments semblables à ceux du rapport sectoriel 3 et ne permet pas de recenser de nouveaux faits. Chatterjee *et al.* (2007) mentionnent que la libellule *Brachytron pratense* peut dévorer une grande quantité de larves de moustiques, toutefois les auteurs ne démontrent pas que l'usage de cet insecte pour réduire le nombre de moustiques aurait plus de chance de réussir que l'emploi d'une autre méthode de lutte biologique.

En ce qui concerne la mise au point d'un vaccin, il semble y avoir peu de progrès depuis la rédaction du rapport sectoriel 3; il n'existe pas encore de vaccin utilisable chez les humains. De récents essais d'un vaccin ont cependant été réalisés chez le singe, puis de manière expérimentale, chez quelques humains; lesquels, selon les observations, auraient développé une bonne réponse immunitaire. Il reste cependant de nombreuses étapes de validations cliniques à franchir (Monath *et al.*, 2006).

## 6 LARVICIDES

Au Québec, les larvicides biologiques composés de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) sont utilisés depuis une vingtaine d'années en forêt, notamment pour lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ce type de larvicides ainsi que ceux composés de la bactérie de l'espèce *Bacillus sphaericus* sont également employés pour lutter contre les moustiques. Parmi les substances chimiques de synthèse pouvant être utilisées contre les larves de moustiques, il faut particulièrement noter le méthoprène. Ce dernier a été employé au Québec au cours des dernières années alors que les autres larvicides de synthèse ont été considérés comme trop toxiques envers les espèces non ciblées et n'ont pas été utilisés.

La revue de la littérature effectuée dans le cadre de la présente veille n'a rien révélé de notable à l'égard des larvicides bactériens à base de *Bt*, cette approche étant connue et appliquée depuis plusieurs années, entre autres, en milieu forestier. À mentionner, l'étude de Hurst *et al.* (2006) qui souligne un essai de lutte intégrée contre une espèce de moustiques (*Culex* sp.) responsable de la transmission d'un vecteur d'une encéphalite en Australie. La présence de deux espèces de poissons insectivores (indigènes au milieu) et l'ajout d'une formulation commerciale de larvicide à base de *Bacillus sphaericus* ont entraîné la disparition rapide des insectes (effet à court terme du larvicide) tout en empêchant l'apparition ultérieure d'une nouvelle population de moustiques jusqu'à 30 jours après le traitement (durée de l'expérimentation); la présence des poissons insectivores ayant permis de compléter le travail d'éradication des larves de moustiques. Les auteurs affirment qu'un programme de lutte intégrée est plus efficace que l'emploi de moyens isolés.

En ce qui concerne le méthoprène, DesLauriers *et al.* (2006) font état de l'emploi de boulettes contenant diverses concentrations de cet insecticide pour lutter contre la présence de moustiques dans le réseau pluvial de la ville de Toronto. Les auteurs ont observé plus particulièrement que la dose de contrôle recommandée (0,7 g/bassin) faisait rapidement diminuer la concentration du méthoprène en deçà de celle requise pour une action létale et qu'une partie du produit était lessivée lors de pluies. Les auteurs estiment que, outre le méthoprène, la présence de chlore résiduel dans les bassins pouvait avoir un effet inhibiteur sur le développement des larves. Par ailleurs, les résultats présentés par Butler *et al.* (2006), à la suite du traitement de puisards par du méthoprène pour lutter contre *Culex pipiens*, confirment ce qui est indiqué dans le rapport sectoriel 3, soit un pourcentage d'émergence inférieur à 20 %.

Kawada *et al.* (2006) mentionnent l'emploi d'un régulateur de croissance comme larvicide, le pyriproxyfen<sup>3</sup>, une substance similaire au méthoprène. Les auteurs ont incorporé l'insecticide dans un bloc de roche volcanique poreuse afin qu'il soit diffusé graduellement dans l'environnement. Une petite quantité de *Bacillus subtilis* a aussi été incluse dans la roche volcanique, mais les auteurs ne fournissent aucun détail concernant l'origine ou la fonction de cette bactérie qui n'appartient pas à une espèce habituellement utilisée à titre de larvicide. Après que le produit a été immergé de 8 à 17 jours dans l'eau, ils ont obtenu une inhibition de l'émergence d'insectes adultes d'*Aedes albopictus* de 100 %, inhibition qui s'est

---

<sup>3</sup> Homologué au Canada seulement pour être vaporisé en milieu intérieur et sur les tapis.

maintenue jusqu'au 117<sup>e</sup> jour. Aucun renseignement concernant la toxicité du produit envers les humains ou les organismes aquatiques n'est présenté, mais les auteurs précisent que le pyriproxifen peut affecter divers organismes aquatiques non visés.

Zhu *et al.* (2006) se sont penchés sur l'efficacité insectifuge de plusieurs huiles d'origine végétale (voir précédemment à la section 3.4), mais aussi sur leur capacité à titre de larvicides. Les résultats montrent, qu'à des concentrations supérieures à 80 mg/l, ces huiles sont efficaces contre les moustiques de genre *Aedes albopictus* et *Culex pipiens*, provoquant une mortalité larvaire de près de 100 % de 4 à 24 heures après leur application. Des auteurs font aussi état de la préparation de nouveaux larvicides à partir de substances naturelles. Champakaew *et al.* (2007) ont ainsi testé l'effet larvicide d'une plante tropicale, le zéodaïre, une espèce proche de la plante qui produit le curcuma. À fortes doses, l'emploi d'extraits de ce végétal (imprégnés dans des granules) entraîne la mort de 100 % des larves d'*Aedes aegypti*. Cependant, son efficacité est moindre que celle des produits commerciaux existants, ce qui ne permet pas d'envisager son utilisation dans un avenir prévisible.

Reisen et Brault (2007) soutiennent que l'utilisation de larvicides est considérée comme une approche de type proactive parce qu'elle vise à prévenir l'émergence de moustiques. Selon ces auteurs, dans les États américains qui ont planifié et mis en place des programmes employant des larvicides, l'incidence des infections humaines reliées au virus du Nil occidental a été plus faible que dans ceux n'ayant pas instauré un tel programme ou ayant eu recours à une approche de type réactive en employant, par exemple des adulticides.

## 7 ADULTICIDES

Dans le rapport sectoriel 3, les insecticides les moins toxiques pour l'environnement et la santé humaine ont été retenus : le malathion, des pyréthrinoïdes (naturelles ou de synthèse) ainsi que des produits appelés synergistes, qui visent notamment à accroître l'efficacité des pyréthrinoïdes (le butoxyde de pipéronyle et le N-octyl bicycloheptène dicarboximide) (Labbé *et al.*, 2006b). La présente revue de littérature n'a permis de mettre en relief que quelques renseignements complémentaires non pertinents sur l'efficacité des produits.

Peterson *et al.* (2006) ont tenté de quantifier le risque découlant des effets secondaires consécutifs à l'exposition à des adulticides et ils ont cherché à le comparer au risque d'une d'infection par le virus du Nil occidental. Pour ce faire, ils ont utilisé divers modèles d'exposition et d'estimation du risque, liés au profil toxicologique de quatre pyréthrinoïdes (perméthrine, pyréthrine, resméthrine et phénothrine), de deux organophosphorés (malathion et naled) ainsi que d'un synergiste, le butoxyde de pipéronyle (PBO). Les auteurs soulignent que le risque d'une exposition au virus du Nil occidental pour un humain (0,6 %, soit une probabilité de 3 % d'être infecté à la suite d'une piqûre de moustique; subséquemment, 20 % de probabilité de présenter des signes cliniques après une telle infection) est supérieur au risque toxicologique des adulticides testés. Dans leur étude, les auteurs représentent le risque toxicologique par l'exposition aiguë de la population, qui a été estimée comme équivalent à 0,0004 à 0,1576 % de la dose de référence (RfD). Dans ce contexte, les auteurs concluent que le risque d'une exposition non professionnelle aux adulticides employés pour lutter contre le virus du Nil occidental est plus faible que le risque relié au virus et ne doit donc pas soulever des inquiétudes lorsqu'il est nécessaire d'y recourir pour protéger la population. Il faut noter que la conclusion de cet article est critiquable, puisque les auteurs ont sous-estimé la voie d'exposition cutanée, notamment en ce qui concerne l'exposition aux résidus d'insecticides sur les pelouses, en ne suivant pas les procédures recommandées par l'U.S. Environmental Protection Agency pour évaluer l'exposition résidentielle aux pesticides. De plus, le raisonnement des auteurs est erroné puisqu'ils comparent une probabilité de développer des symptômes à une exposition déterminée par scénario, et qui correspond à une fraction d'une dose de référence toxicologique; or, cette dernière n'est pas une probabilité qu'un effet toxique se produise, mais elle est plutôt une estimation de l'exposition qui peut survenir dans une population sans un risque notable d'effets toxiques. Pour effectuer la comparaison tentée, les auteurs auraient dû minimalement estimer la probabilité d'occurrence, dans la population à l'étude, du scénario d'exposition qu'ils ont défini lors d'épandages d'adulticides. Dans ce contexte, le risque d'exposition aux pesticides ne devrait pas être minimisé comme le font les auteurs de cette étude (communication personnelle, Mathieu Valcke, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, INSPQ).

La pulvérisation des adulticides à ultra bas volume (UBV), notamment à partir de camions circulant sur des routes ou sur des chemins carrossables, est un mode d'épandage privilégié à plusieurs endroits, compte tenu du fait qu'il limite la dispersion environnementale des pesticides. Reddy *et al.* (2006) ont évalué l'efficacité de l'application de resméthrine à UBV dans la région de Boston pour contrer le développement de populations de *Culex* sp. Ce

type d'application, effectuée à partir de camions circulant sur des chemins, s'est cependant révélé relativement inefficace, entre autres, pour contrer le développement de deux espèces de moustiques potentiellement vecteurs du virus du Nil occidental (*Culex pipiens* et *C. restitans*). Plusieurs raisons entraîneraient cette observation, notamment le fait que des moustiques, non présents dans la zone d'épandage, pourraient s'y trouver une ou deux journées plus tard et que plusieurs insectes seraient hors de portée des insecticides puisqu'ils pourraient vivre, entre autres, dans la canopée forestière, lorsque cette dernière est présente. Les auteurs mentionnent cependant que l'efficacité de telles applications dépend de plusieurs conditions locales, comme la topographie et la nature du couvert végétal.

Sinha *et al.* (2006) ont étudié les effets neurologiques de l'alléthrine (un pyréthrianoïde) sur le développement de jeunes rats, en exposant, à cet insecticide, des femelles durant leur gestation, puis les rats nouveau-nés. L'alléthrine serait capable d'induire des changements neurochimiques découlant notamment de la peroxydation des lipides, à l'échelle cellulaire, dans le cerveau des rats exposés.

Weston *et al.* (2006) ont évalué les conséquences environnementales de l'effet synergique du butoxyde de pipéronyle sur des pyréthrines, à Sacramento (Californie), pour lutter contre le virus du Nil occidental. Les concentrations mesurées dans l'eau et les sédiments aquatiques permettent aux auteurs d'affirmer que la toxicité des pyréthroïdes, synergisée par le butoxyde de pipéronyle, peut entraîner des effets négatifs potentiels sur la microfaune aquatique. Le caractère potentiellement cancérigène du butoxyde de pipéronyle a été vérifié par Muguruma *et al.* (2006) sur des souris. Les auteurs mentionnent la production de composés réactifs d'oxydation capables de causer des dommages à l'ADN, pouvant se traduire par des hépatocarcinomes. Cependant, ils indiquent que l'état actuel des recherches ne permet pas de classer cette substance dans le groupe des cancérigènes potentiels.

Finalement, une révision de l'information fournie par l'ARLA n'a pas permis de mettre en évidence la commercialisation ou l'homologation de nouveaux adulticides pour lutter contre les moustiques au Canada (communication personnelle, Onil Samuel, Direction de la toxicologie humaine, INSPQ).

## 8 CONCLUSION

Malgré le fait que plusieurs articles scientifiques traitant du contrôle des moustiques vecteurs ou de la protection contre la transmission de maladies vectorielles soient publiés annuellement, peu de publications, reliées directement ou indirectement au contrôle du virus du Nil occidental, ont paru au cours de cette veille scientifique, quelques-unes seulement concernant chaque type de moyen d'intervention.

En ce qui concerne les moyens de protection personnelle, l'information additionnelle confirme qu'il faut notamment maintenir les efforts visant à informer la population afin de modifier les comportements de manière à réduire le risque de piqûres par des moustiques. L'efficacité de l'utilisation de certains moyens de protection personnelle semble se confirmer. Il a aussi été observé que l'intérêt se maintient à l'égard de la mise au point d'autres insectifuges aussi efficaces que ceux contenant l'ingrédient actif DEET, d'où l'importance de ne pas limiter l'information transmise au public à un seul ingrédient actif. Pour ce qui est des habitats favorables, la récente revue de littérature n'a pas permis de mettre en évidence des renseignements nouveaux ou probants, ce qui n'incite pas à élaborer un programme de mesures particulières pour l'instant au Québec. En ce qui concerne la lutte biologique ainsi que l'usage des larvicides et des adulticides, la lecture des publications scientifiques n'a permis de relever aucun élément remettant en question l'appréciation des impacts, des risques et de l'efficacité de ces moyens d'intervention. Il faut noter toutefois, qu'à l'instar des activités de lutte contre les insectes en milieu agricole, une tendance à la lutte intégrée semble apparaître et pourrait être privilégiée si le recours à ce type d'intervention devenait nécessaire au Québec.

La documentation scientifique examinée, de février 2006 à avril 2007, ne remet pas en question l'avis de l'INSPQ, publié en 2006, ayant trait aux moyens d'intervention à privilégier afin de prévenir les infections par le virus du Nil occidental ni les conclusions de l'étude d'impact stratégique réalisée par l'INSPQ pour le MSSS.

## 9 RÉFÉRENCES

- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). (2007). Registre public – Information sur les produits. In *Site de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire*. [En ligne]. < <http://www.pmra-arla.gc.ca/francais/pubreg/productinformation-f.html> >. (Consulté le 30 mars 2007).
- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). (2005). *Mise à jour sur la réévaluation de l'huile de citronnelle et des composés apparentés pour utilisation comme insectifuge personnel - Note de réévaluation REV2005-05*. Santé Canada, 2 p.
- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). (2004). *Réévaluation de l'huile de citronnelle et des composés apparentés pour utilisation comme insectifuge personnel - Projet d'acceptabilité d'homologation continue PACR2004-36*. Santé Canada, 38 p.
- Anderson, A.L., O'Brian, K. et Hartwell, M. (2007). Comparisons of mosquito populations before and after construction of a wetland for water quality improvement in Pitt County, North Carolina, and data-reliant vectorborne disease management. *Journal of Environmental Health*. 69 (8) : 26-33.
- Bolduc, D., Côté, R., Douville-Fradet, M., Lambert, L., et Pinsonneault, L. (2006). *Le risque relié au virus du Nil occidental au Québec et les interventions à privilégier*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec, 25 p.
- Bourgault-Côté, G. (2007). Citronnelle : Santé Canada s'est inquiété trop vite. *Le Devoir*, 25 avril.
- Butler, M., Lebrun, R.A., Ginsberg, H. S. et Gettman, A.D. (2006). Efficacy of methoprene for mosquito control in storm water catch basins. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 22 (2) : 333-338.
- Cabrini, I., et Andrade, C.F.S. (2006). Evaluation of seven new electronic mosquito repellents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 121 : 185-188.
- Carroll, S.P. et Loye, J. (2006). PMD, a registered botanical mosquito repellent with deet-like efficacy. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 22 (3) : 507-514.
- Chang, K.S., Tak, J.H., Kim, S.I., Lee, W.J. et Ahn, Y.J. (2006). Repellency of *Cinnamomum cassia* bark compounds and cream containing cassia oil to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under laboratory and indoor conditions. *Pest Management Science*. 62 (11) : 1032-1038.
- Chatterjee, S.N., Ghosh, A. et Chandra, G. (2007). Eco-friendly control of mosquito larvae by *Brachytron pratense* nymph. *Journal of Environmental Health*. 69 (8) : 44-48.
- Collier, B.W., Perich, M.J., Boquin, G.J., Harrington, S.R. et Francis, M.J. (2006). Field evaluation of mosquito control devices in southern Louisiana. *Journal of American Mosquito Control Association*. 22 (3) : 444-450.

- Désirée-LaBeaud, A., Kile, J.R., Kippes, C., King, C.H. et Mandalakas, A.M. (2007). Exposure to West Nile virus during the 2002 epidemic in Cuyahoga County, Ohio: a comparison of paediatric and adult behaviours. *Public Health Reports*. 122 : 356-361.
- DesLauriers, A., Li, J., Sze, K., Baker, S.L., Gris, G. et Chan, J. (2006). A field study of the use of methoprene for West Nile virus mosquito control. *J Environ Eng Sci*. 5 : 517-527.
- Frances, S.P., Waterson, D.G., Beebe, N.W. et Cooper, R.D. (2005). Field evaluation of commercial repellent formulations against mosquitoes (*Diptera: Culicidae*) in Northern Territory, Australia. *Journal of American Mosquito Control Association*. 21 (4) : 480-482.
- Gingrich, J. B., Anderson, R.D., Williams, G.M., O'Connor, L., et Harkins, K. (2006) Stormwater ponds, constructed wetlands, and others best management practices as potential breeding sites for West Nile virus vectors in Delaware during 2004. *Journal of American Mosquito Control Association*. 22 (2) : 282-291.
- Gujral, I. B., Zielinski-Gutierrez, E.C., LeBailly, A. et Nasci, R. (2007). Behavioral risks for West Nile virus disease, northern Colorado, 2003. *Emerging Infectious Diseases*, 13 (3) : 419-425.
- Hoel, D.F., Kline, D.L., Allan, A. et Grant, A. (2007). Evaluation of carbon dioxide, 1-octen-3-ol, and lactic acid as baits in mosquito Magnet Pro™ traps for *Aedes Albopictus* in north central Florida. *Journal of American Mosquito Control Association*. 23 (1) : 11-17.
- Hurst, T.P., Brown, M.D., Kay, B.H. et Ryan, P.A. (2006). Evaluation of *Melanotaenia duboulayi* (Atheriniformes: Melanotaeniidae), *Hypseleotris galli* (Perciformes: Eleotridae), and larvicide VectoLex WG (*Bacillus sphaericus*) for integrated control of *Culex annulirostris*. *Journal of American Mosquito Control Association*. 22 (3) : 418-425.
- Kawada, H., Saita, S., Shimabukuro, K., Hirano, M., Koga, M. et al. (2006) Mosquito larvicidal effectiveness of EcoBio-Block S: a novel integrated water-purifying concrete block formulation containing insect growth regulator pyriproxyfen. *Journal of American Mosquito Control Association*. 22 (3) : 451-456.
- Kumar, R. et Hwang, J.S. (2006). Larvical efficiency of aquatic predators: a perspective for mosquito biocontrol. *Zoological Studies*. 45 (4) : 447-466.
- Labbé, Y., Bolduc, D. et Chaussé, K. (2006a), *Étude d'impact stratégique du Plan d'intervention gouvernemental de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental* - Rapport principal. Institut national de santé publique du Québec.
- Labbé, Y., Aubé-Maurice, B., Vézina, A., Boisvert, J. et Gingras, D. (2006b). *Revue des mesures de prévention et de protection contre le virus du Nil occidental – Rapport sectoriel 3. Rapport réalisé dans le cadre de l'Étude d'impact stratégique du Plan d'intervention gouvernemental de protection de la santé publique contre le virus du Nil occidental*. Institut national de santé publique du Québec, 150 p.

- Lawler, S.P., Reimer, L., Thiemann, T., Fritz, J., Parise, K., Feliz, D. et Elnaiem, D.E. (2007). Effects of vegetation control on mosquitoes in seasonal freshwater wetlands. *Journal of American Mosquito Control Association*. 23 (1) : 66-70.
- Lucas, J.R., Shono, Y., Iwasaki, T., Ishiwatari, T., Spero, N. et Benzon, G. (2007). U.S. Laboratory and field trials of metofluthrin (SUMiOne™) emanators for reducing mosquito biting outdoors. *Journal of American Mosquito Control Association*. 23 (1) : 47-54.
- Monath, T.P., Liu, J., Kanesa-Thanan, N., Myers, G.A., Nichols, R. *et al.* (2006). A live, attenuated recombinant West Nile virus vaccine. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 103 (17) : 6694-6699.
- Muguruma, M., Nishimura, J., Jin, M., Kashida, Y., Moto, M. *et al.* (2006) Molecular pathological analysis for determining the possible mechanism of piperonyl butoxide-induced hepatocarcinogenesis in mice. *Toxicology*. 228 (2-3) : 178-187.
- Munro, I., Saunders, P., Kacew, S., Bouchard, M. et Arnason, J. (2006), *Report of an independent science panel on citronella oil used as an insect repellent, final*. Document préparé pour l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Gouvernement du Canada, 12 p. Peterson, R.K., Macedo, P.A. et Davis, R.S. (2006). A human-health risk assessment for West Nile virus and insecticides used in mosquito management. *Environmental Health Perspective*. 114 (3) :366-372.
- Reddy, M.R., Spielman, A., Lepore, T.J., Henley, D., Kiszewski, A. E. et Reiter, P. (2006). Efficacy of resmethrin aerosols applied from the road for suppressing *Culex* vectors of West Nile virus. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.). 6 (2) :117-127.
- Reisen, W. et Brault, A.C. (2007). West Nile virus in North America: perspective on epidemiology and intervention. *Pest Management Science*, 63 : 641-646.
- Schafer, M.L., Lundkvist, E., Landin, J., Persson, T.Z. et Lundstrom, J.O. (2006). Influence of landscape structure on mosquitoes (*Diptera: Culicidae*) and dytiscids (*Coleoptera: Dytiscidae*) at five spatial scales in Swedish wetlands. *Wetlands*. 26 (1) : 57-68.
- Sinha, C., Seth, K., Islam, F., Chaturvedi, R.K., Shukla, S. *et al.* (2006) Behavioral and neurochemical effects induced by pyrethroid-based mosquito repellent exposure in rat offsprings during prenatal and early postnatal period. *Neurotoxicology & Teratology*. 28 (4) : 472-481.
- Weston, D.P., Amweg, E.L., Mekebri, A., Ogle, R.S. et Lydy, M.J. (2006). Aquatic effects of aerial spraying for mosquito control over an urban area. *Environ Science & Technology*. 40 (18) : 5817-5822.
- Williams, C.R., Smith, B.P., Best, S.M. et Tyler, M.J. (2006). Mosquito repellents in frog skin. *Biology Letters*. 2 (2) : 242-245.
- Zhu, J., Zeng, X., Liu, T., Qian, K., Han, Y. *et al.* (2006). Adult repellency and larvicidal activity of five plant essential oils against mosquitoes. *Journal of American Mosquito Control Association*. 22 (2) : 515-522.

