

UMR INRA/AGROCAMPUS OUEST Ecologie et Santé des Ecosystèmes
Équipe Écotoxicologie et Qualité des Milieux Aquatiques

N/Réf. :

V/Réf. :

Objet : Avis d'expert dans le cadre de l'instruction des dossiers de demande d'arrêtés préfectoraux encadrant les opérations de lutte contre les moustiques

à : Monsieur le Président
de l'Etablissement Interdépartemental pour
la Démoustication du Littoral Atlantique
1, rue Toufaire
17300 Rochefort

Rennes, le 03 décembre 2012

Monsieur le Président,

Vous avez sollicité mon avis d'expert dans le cadre de l'instruction des dossiers de demande d'arrêtés préfectoraux encadrant les opérations de lutte contre les moustiques dans les secteurs d'intervention de l'Etablissement Interdépartemental pour la Démoustication du Littoral Atlantique. Votre sollicitation concerne plus spécifiquement les suivis environnementaux et l'évaluation d'incidences au titre de Natura 2000.

Vos questionnements en la matière concernent :

1. L'impact de la démoustication sur les réseaux trophiques et notamment l'impact indirect sur les prédateurs d'insectes,
2. le cadre dans lequel peut être généralisé l'absence d'impact mesuré sur les communautés d'invertébrés aquatiques non cibles sur les stations d'études de la façade atlantique,
3. l'intérêt du suivi environnemental *in situ* déployé sur le long terme.

En réponse au premier point, dès le début des années 1990, des études ont été entreprises, de manière approfondie et sur une période de 8 ans, pour évaluer les effets de l'application de *Bti* sur le réseau trophique des zones humides. Mis en place dans 27 sites d'étude du Comté de Wright dans le Minnesota (USA), ces travaux ont pris en compte les relations trophiques potentielles entre les invertébrés aquatiques, les poissons, les amphibiens et les oiseaux. En dépit des effets transitoirement observés (pendant 2 années consécutives) sur les insectes, notamment sur deux sous-familles de *Chironomidae* (*Chironomini* et *Tanytarsini*) (Hershey *et al.*, 1998), aucun effet associé à la présence du *Bti* n'a été mis en évidence chez les consommateurs secondaires, notamment chez les

oiseaux (Niemi *et al.*, 1999). Certes, des différences ont été relevées, dans le temps et/ou entre différents sites, traités ou non, en ce qui concerne l'abondance des quelques dizaines d'espèces d'oiseaux, ou la croissance, le succès reproducteur et le comportement de recherche de nourriture d'une d'entre elles (Carouge à épaulettes - *Agelaius phoeniceus*) mais, en raison du caractère ponctuel et aléatoire de ces variations, les auteurs concluent à l'absence d'effet négatif du *Bti* (Niemi *et al.*, 1999). *In fine*, l'intégration de l'ensemble des travaux menés dans le Minnesota n'a pas montré que les applications de *Bti* pouvaient affecter le réseau trophique des zones humides.

Bien que leur nombre soit effectivement insuffisant, aucune étude n'a donc pour l'instant démontré d'impact, direct ou indirect, de l'application du *Bti* sur les consommateurs secondaires, notamment sur les oiseaux (SPRP 1996; Hanowski *et al.*, 1997 ; US EPA 1998; MMCD 1999; Niemi *et al.*, 1999 ; Boisvert & Boisvert 2000; Boisvert & Lacoursière 2004). Parmi ces travaux, certains, comme par exemple ceux réalisés en Camargue (Poulin *et al.*, 2010), font état de variations au sein de populations d'oiseaux (modification du succès reproducteur, par exemple), sans qu'il soit toutefois possible d'attribuer sans équivoque ces variations à la présence du *Bti* en raison, notamment, de l'hétérogénéité écologique initiale entre les zones témoin et traitée choisies pour cette étude.

Par ailleurs, une analyse de la littérature scientifique disponible sur le régime alimentaire des oiseaux inféodés aux milieux littoraux (vasières, marais salants, etc.) des côtes est-atlantiques a permis de noter que les restes de moustiques (larves ou adultes) ne figurent pas dans les contenus stomacaux ou les fèces, ce qui signifie que ces insectes ne sont pas des proies pour les limicoles. Dans de rares cas, des restes de chironomes ont été retrouvés dans les fèces de certains limicoles (Chépeau & Le Dréan-Quénec'hdu, 1995 ; Le Dréan-Quénec'hdu & Mahéo, 1997 ; Pedro & Ramos, 2009) mais ces insectes sont loin d'être dominants dans le régime alimentaire de ces oiseaux. En effet, la plupart des études montrent que les limicoles, qui ont un comportement alimentaire opportuniste, consomment préférentiellement les proies les plus abondantes dont la taille (donc la biomasse individuelle) permet une collecte facile. Aussi ce sont surtout les annélides polychètes (*Nereis* notamment) et oligochètes, les mollusques bivalves et gastéropodes, et les crustacés (*Corophium* notamment) qui constituent l'essentiel du régime alimentaires des oiseaux des marais littoraux (Hicklin & Smith, 1979 ; Worrall, 1984 ; Le V. Dit Durell & Kelly, 1990 ; Le Dréan-Quénec'hdu & Mahéo, 1997 ; Santos *et al.*, 2005 ; Viain *et al.*, 2011).

Si, parmi les invertébrés non-cibles, les insectes du groupe des chironomes peuvent présenter une certaine sensibilité au *Bti* (très inférieure toutefois à celle des moustiques), les autres groupes (notamment les mollusques, annélides et crustacés) ne sont pas sensibles à ce larvicide. Cette observation est étayée par de nombreuses études, aussi bien en laboratoire (Boisvert & Boisvert 2000; Boisvert & Lacoursière 2004) qu'en milieu naturel (Hershey *et al.*, 1998 ; Niemi *et al.*, 1999 ; Persson Vinnersten *et al.*, 2009 ; Persson Vinnersten *et al.*, 2010 ; Lundström *et al.*, 2010a,b ; Caquet *et al.*, 2011). Par conséquent, le fait (i) que les chironomes, potentiellement sensibles au *Bti*, ne constituent pas des proies dominantes pour les prédateurs (notamment les oiseaux) et (ii) que

l'abondance des mollusques, annélides et crustacés, majoritairement consommées par les oiseaux et autres vertébrés prédateurs, ne soit pas affectée par les traitements au *Bti* explique l'absence d'effets sur les réseaux trophiques.

En ce qui concerne le deuxième point, dans les conditions d'emploi par les opérateurs publics de démoustication, les produits actuellement homologués pour la démoustication présentent des impacts environnementaux très limités. La lutte larvicide est actuellement presque exclusivement basée sur l'utilisation du *Bti* (*Bacillus thuringiensis israelensis*), essentiellement sous forme de VectoBac® dont les formulations WG¹ et G² sont les plus employées.

De nombreuses études ont montré l'innocuité environnementale du *Bti* (cf. synthèse de Lagadic & Caquet, sous presse).

Dans les zones humides, les suivis réalisés *in situ*, y compris à long terme (6 ans ou plus), ne montrent généralement pas d'effets significatifs du *Bti* sur les communautés d'invertébrés aquatiques présentes dans les biotopes où les larves de moustiques se développent (Persson Vinnersten *et al.*, 2009 ; Persson Vinnersten *et al.*, 2010 ; Lundström *et al.*, 2010a,b ; Caquet *et al.*, 2011). Ponctuellement, et de manière transitoire, des effets ont pu être observés sur les larves de diptères nématocères, notamment ceux du groupe des *Chironomidae* (Hershey *et al.*, 1998 ; Niemi *et al.*, 1999). Il semblerait que ces effets soient observés plus fréquemment avec la formulation G du VectoBac, qui n'est pas employée dans les secteurs d'intervention de l'EID-Atlantique. Toutefois, il convient de retenir que, dans les conditions opérationnelles, la très grande majorité des études de terrain n'ont pas montré d'effets significatifs du *Bti* sur les chironomes (Charbonneau *et al.*, 1994 ; Barnes & Chapman, 1998 ; Lagadic *et al.*, 2002 ; Persson Vinnersten *et al.*, 2009 ; Lundström *et al.*, 2010a,b ; Caquet *et al.*, 2011 ; Lagadic *et al.*, 2012). Les études qui ont montré, *in situ*, que le *Bti* pouvait affecter les chironomes doivent donc plutôt être considérées comme des exceptions.

Le suivi réalisé dans le Morbihan est actuellement la seule étude au monde permettant de disposer d'un recul de 7 années consécutives sur l'état des communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles exposées de façon répétée au *Bti*. A cela viennent s'ajouter les 3 années du suivi réalisé sur la période 1999-2001. C'est donc sur la base d'une étude d'une durée de 10 ans que repose la conclusion de l'absence d'effet indésirable du *Bti* sur les communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles des marais littoraux.

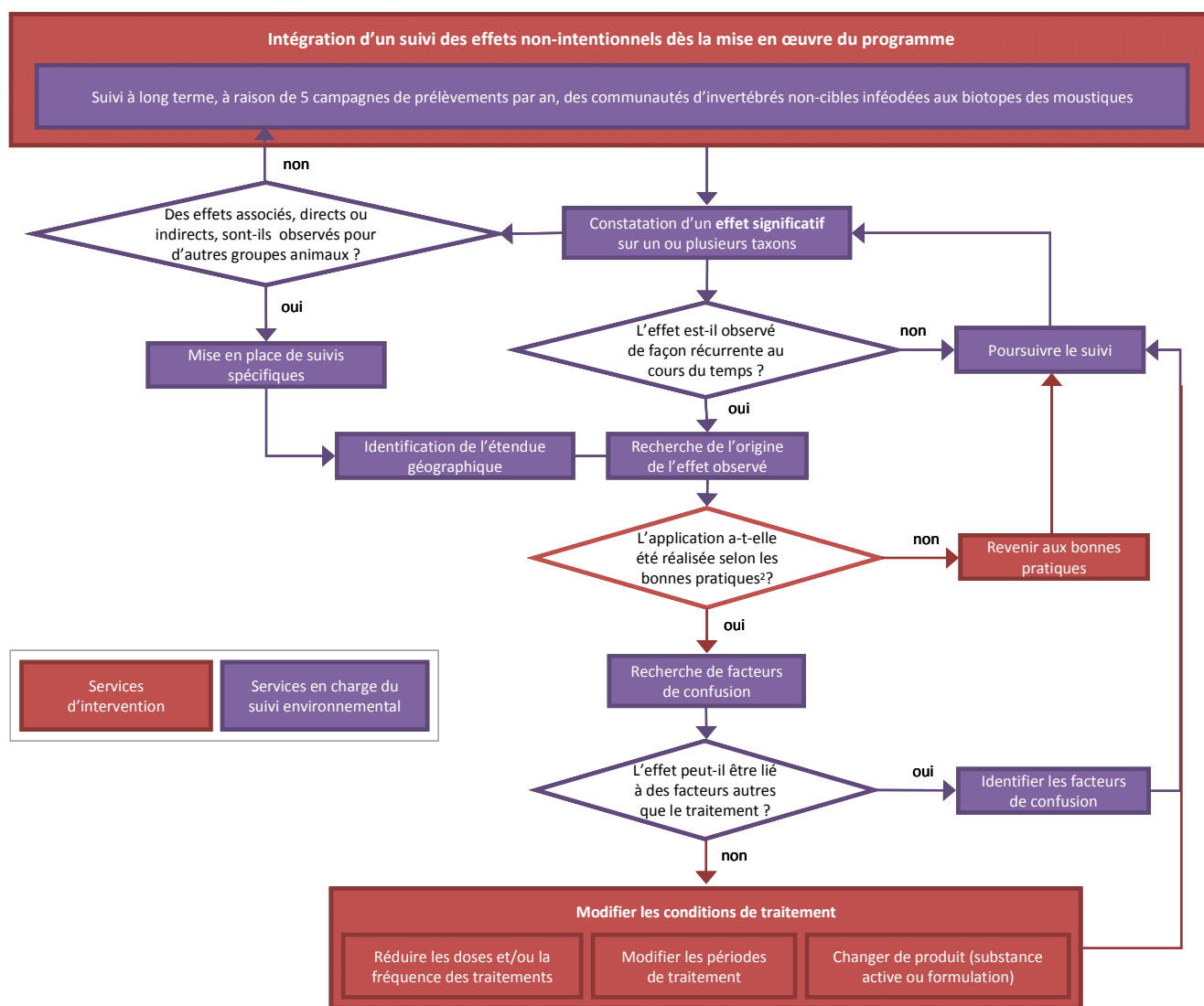
La même méthodologie que celle employée dans le Morbihan a été mise en œuvre depuis février 2011 dans les habitats prioritaires de la façade atlantique majoritairement concernés par les opérations de lutte anti-larvaire. Après deux années de suivi, aucun impact des traitements au *Bti* n'a été relevé (rapport en cours de rédaction pour l'année 2012). Il faut bien évidemment davantage de recul pour se prononcer, dans ces secteurs nouvellement suivis, sur les effets à long terme des applications répétées de VectoBac®.

¹ Wettable Granule (granulés dispersibles dans l'eau)

² Granule (granulés)

Cependant, si la poursuite des suivis doit vivement être encouragée, l'ensemble des résultats obtenus jusqu'à présent ne conduit pas à considérer que les pratiques de démoustication, telles qu'elles sont menées par les agents de l'EID-Atlantique, présentent un risque environnemental.

Pour ce qui est de l'intérêt du suivi environnemental *in situ* déployé sur le long terme (point 3), il est important de rappeler que ce suivi est d'ores et déjà en place pour ce qui est des communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles dans l'ensemble des secteurs d'intervention de l'EID-Atlantique. Puisque ces organismes, qui sont à la base des réseaux trophiques, ne sont pas impactés par les traitements au *Bti*, il n'y a pas lieu de considérer que des impacts majeurs pourraient survenir sur leurs prédateurs (cf. réponse au premier point). Toutefois, l'élaboration de protocoles de suivi, aussi rigoureux et scientifiquement validés que ceux mis en œuvre sur les invertébrés aquatiques, pourraient s'avérer intéressante pour ce qui concerne les vertébrés consommateurs d'invertébrés. En effet, dans l'hypothèse où, dans certaines conditions, des effets seraient observés sur les invertébrés, il serait important de pouvoir en évaluer les conséquences sur leurs prédateurs. En outre, dans pareil cas, une série de mesures correctives devraient être mise en œuvre (cf. logigramme ci-dessous).



Vous trouverez, à la suite de ce courrier, la liste de l'ensemble des références à la littérature scientifique citées précédemment.

Je reste à votre entière disposition pour vous fournir tout renseignement complémentaire dont vous pourriez avoir l'utilité.

En espérant que ces quelques informations apportent des éléments de réponse à vos interrogations, je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes respectueuses salutations.



Dr. Laurent Lagadic

Directeur de Recherche INRA

Responsable de l'équipe *Ecotoxicologie et Qualité des Milieux Aquatiques*

Coordinateur scientifique des programmes de suivi des effets non-intentionnels des traitements de démoustication sur les invertébrés aquatiques des zones humides dans le Morbihan depuis 1998 et dans l'ensemble des secteurs d'intervention des opérateurs publics de démoustication en France métropolitaine et dans les DOM depuis 2010.

Membre du Comité Technique du CNEV - Centre National d'Expertise sur les Vecteurs.

Références bibliographiques

- Barnes PB & Chapman MG, 1998. Effects of the larvicide VectoBac on assemblages of benthic invertebrates in Bicentennial Park. Centre for Research on Ecological Impacts of Coastal Cities, Sydney.
- Boisvert M & Boisvert J, 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocont. Sci. Technol.* 10, 517–561.
- Boisvert J & Lacoursière JO, 2004. Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. Envirodoq No. ENV/2004/0278. Ministère de l'Environnement, Québec.
- Caquet Th, Roucaute M, Le Goff P & Lagadic L, 2011. Effects of repeated field applications of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on non-target saltmarsh invertebrates in Atlantic coastal wetlands. *Ecotox. Environ. Safety* 74, 1122–1130.
- Charbonneau CS, Drobney RD & Rabeni CF, 1994. Effects of *Bacillus thuringiensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environ. Toxicol. Chem.* 13, 267–279.
- Chepeau Y & Le Drean-Quenec'hdu S, 1995.- Caractéristiques des sites d'alimentation nocturne des avocettes élégantes *Recurvirostra avocetta* dans la presqu'île guérandaise. *Alauda* 63, 169-178.
- Hanowski JM, Niemi GJ, Lima AR & Regal RR, 1997. Response of breeding birds to mosquito control treatments of wetlands. *Wetlands* 17, 485-492.
- Hershey AE, Lima AR, Niemi GJ & Regal RR, 1998. Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) and methoprene on non-target macroinvertebrates in Minnesota wetlands. *Ecol. Appl.* 8, 41-60.
- Hicklin PW & Smith PC, 1979. The diets of five species of migrant shorebirds in the Bay of Fundy. *Proc. N.S. Instit. Sci.* 29, 483-488.
- Lagadic L, Caquet T, Fourcy D & Heydorff M, 2002. Evaluation à long terme des effets de la démoustication dans le Morbihan. Suivi de l'impact écotoxicologique des traitements sur les invertébrés aquatiques entre 1998 et 2001. *Scientific Report. April 2002. Research Agreement Conseil Général du Morbihan.* 215p.
- Lagadic L & Caquet Th, 2012. *Bacillus thuringiensis*. In : Wexler P. (ed.) *Encyclopedia of Toxicology* (3^d edition), Elsevier, sous presse.
- Lagadic L, Caquet Th & Roucaute M, 2012. Bti sprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands. *J. Appl. Ecol.* (soumis pour publication).
- Le Drean Quenec'hdu S. & Mahéo R. (1997). Régime alimentaire des limicoles dans les traicts du Croisic et impact sur les populations de mollusques bivalves. *Spatule* 3, 19-24.
- Le V. Dit Durell S E A & Kelly C P, 1990. Diets of Dunlin *Calidris alpina* and Grey Plover *Pluvialis squatarola* on the Wash as determined by dropping analysis. *Bird Study* 37, 44-47.
- Lundström JO, Brodin Y, Schäfer ML, Persson Vinnersten TZ & Östman Ö, 2010a. High species richness of Chironomidae (Diptera) in temporary flooded wetlands associated with high species turn-over rates. *Bull. Entomol. Res.* 100, 433–444.
- Lundström JO, Schäfer ML, Petersson E, Persson Vinnersten TZ, Landin J & Brodin Y, 2010b. Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. *Bull. Entomol. Res.* 100, 117–125.
- MMCD. 1999. Long-term effects of the mosquito control agents Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) and methoprene on non-target macroinvertebrates in wetlands in Wright County, Minnesota (1997-1998). Metropolitan Mosquito Control District. Consulté le 30 mai 2012 et accessible à : http://www.mmcd.org/sprp/Balcer_etal1999_report_pdf/LSRI_98_text.PDF
- Niemi GJ, Hershey AE, Shannon L, Hanowski JM, Lima A, Axler RP & Regal RR, 1999. Ecological effects of mosquito control on zooplankton, insects, and birds. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 549–559.
- Pedro P & Ramos JA, 2009. Diet and prey selection of shorebirds on salt pans in the Mondego estuary, Western Portugal. *Ardeola* 56, 1-11.
- Persson Vinnersten TZ, Lundström JO, Petersson E & Landin J, 2009. Diving beetles assemblages of flooded wetlands in relation to time, wetland type and Bti-based mosquito control. *Hydrobiologia* 635. 189–203.

Persson Vinnersten TZ, Lundström JO, Schäfer ML, Petersson E & Landin J, 2010. A six-year study of insect emergence from temporary flooded wetlands in central Sweden, with and without *Bti*-based mosquito control. *Bull. Entomol. Res.* 100, 715–725.

Poulin B, Lefebvre G & Paz L, 2010. Red flag for green spray: adverse trophic effects of *Bti* on breeding birds. *J. Appl. Ecol.* 47: 884–889.

Santos CD, Granadeiro JP & Palmeirim JM, 2005. Feeding ecology of Dunlin *Calidris alpina* in a Southern European estuary. *Ardeola* 52, 235-252.

FRP. 1996. An assessment of the non-target effects of the mosquito larvicides, *Bti* and methoprene, in metropolitan area wetlands. A report from the scientific peer review panel to the metropolitan mosquito control district. <http://www.mmcd.org/sprp/SPRPFinal.pdf>

US EPA. 1998. *Bacillus thuringiensis* subspecies *israelensis* strain EG2215 (006476) Fact Sheet. http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/ingredients/factsheets/factsheet_006476.htm

Viain A, Corre F, Delaporte P, Joyeux E & Bocher P, 2011. Numbers, diet and feeding methods of Common Shelduck *Tadorna tadorna* wintering in the estuarine bays of Aiguillon and Marennes-Oléron, western France. *Wildfowl* 61, 121–141.

Worrall DH, 1984. Diet of the Dunlin *Calidris alpina* in the Severn Estuary. *Bird Study* 31, 203-212