



**Rapport final sur le suivi scientifique annuel  
mené en 2015 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti*  
sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue**

**Rapport présenté au Parc naturel régional de Camargue**

**1er avril 2016**

**Par Brigitte Poulin**



## Sommaire

Présentation de l'équipe responsable de la réalisation des suivis.....	3
Introduction.....	4
1. Suivi des Diptères Chironomidés.....	5
2. Suivi des odonates.....	8
3. Suivi des disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles.....	14
4. Suivi des colonies d'hirondelles.....	23
5. Suivi des chiroptères.....	30
6. Suivi sur la persistance du <i>Bti</i> dans l'environnement.....	41
7. Suivis sur le domaine de la Palissade.....	52
8. Test de méthodes alternatives au Bti: les pièges à moustiques.....	68
9. Suivi sociologique.....	79
Synthèse.....	114
Conclusions.....	116
Remerciements.....	117

## Présentation de l'équipe responsable de la réalisation des suivis

### Prestataire responsable de la mission :

Poulin, Brigitte, Dr  
Chef Département Ecosystèmes  
Centre de Recherche Tour du Valat  
Le Sambuc  
13200 Arles  
Téléphone/télécopie : 04 90 97 29 75/04 90 97 20 19  
[poulin@tourduvalat.org](mailto:poulin@tourduvalat.org)

### Composition de l'équipe (Groupement conjoint avec mandataires solidaires)

**Dr Brigitte Poulin**, Chef Département  
Centre de Recherche Tour du Valat (fondation privée à but non lucratif)  
Responsable des suivis sur les chironomes, les passereaux paludicoles, les hirondelles des fenêtres, la persistance du *Bti*, le Domaine de la Palissade et les méthodes alternatives à l'usage du *Bti*.

**Dr Christiane Jakob**, Ingénieur de Recherche  
Libelo, auto-entrepreneur  
Responsable du suivi Odonates.

**Fanny Albalat**, Chargée de mission  
Groupe Chiroptères de Provence, Association Loi 1901  
Responsable du suivi Chiroptères.

**Dr Laurence Nicolas**, Chargée de recherches  
RESSOURCE, laboratoire indépendant  
(Recherche en Sciences Sociales sur les Organisations, Usages, Représentations et Concertations liés à l'Environnement)  
Responsable du suivi sociologique réalisé en partenariat avec le bureau d'études C2PSY.



## Introduction

Les suivis présentés dans ce rapport font suite à une première phase de démoustication expérimentale, accompagnée d'un suivi environnemental et sociologique, qui fut mise en œuvre sur la période 2006-2011, puis annuellement depuis 2012 sur les secteurs de Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis-du-Rhône et Brasinvert (commune des Saintes Maries de la Mer). Ils ont été réalisés en réponse à un appel à propositions lancé par le Parc naturel régional de Camargue en juin 2015, suite à la décision de reconduire la démoustication. Ils couvrent néanmoins la période d'avril 2015 à mars 2016 pour la plupart des suivis.

### Résumé de la proposition

Le suivi scientifique proposé répond à trois principaux objectifs : (1) **quantifier les effets du Bti sur les populations animales non cibles** potentiellement impactées par les opérations de démoustication ; (2) **tester l'efficacité de moyens alternatifs pour réduire la nuisance** causée par les moustiques en Camargue ; et (3) **mener des enquêtes sociologique sur la perception de la nuisance et des différents moyens de la réduire.**

Les groupes d'espèces considérés pour le premier objectif sont les **chironomes**, les **odonates**, les **passereaux paludicoles**, les **hirondelles de fenêtres** et les **chiroptères**. A l'exception du premier groupe qui est potentiellement affecté directement par le *Bti*, les effets attendus résultent d'un impact indirect à travers le réseau trophique. Ces suivis s'appuient systématiquement sur la **comparaison de sites traités et témoins** avec un **effort d'échantillonnage** conséquent en termes de taille d'échantillon et de nombre de réplicas, afin d'assurer la puissance des **tests statistiques**. Capitalisant sur la poursuite des suivis entrepris lors de la précédente campagne d'échantillonnage, ces études permettront notamment de :

- **vérifier l'hypothèse d'un lien entre la mortalité des chironomes et la prolifération du *Bti* dans l'environnement ;**
- **renforcer les tendances observées** concernant l'abondance des **odonates**, des **invertébrés paludicoles** et des **hirondelles** ;
- **évaluer les taux de colonisation des nichoirs par les pipistrelles, voire leur succès de reproduction sur les sites témoins et traités ;**
- **poursuivre et élargir le volet sur la persistance du *Bti*, en étudiant les facteurs environnementaux potentiellement impliqués.**

Le second objectif visera à quantifier l'efficacité de modes collectifs et individuels de réduction de la nuisance et plus particulièrement à :

- **comparer l'efficacité de trois dispositifs de pièges à moustiques en fonction des taux de captures des différentes espèces nuisantes ;**
- **estimer l'efficacité d'un dispositif de 10 prototypes BAM pour réduire la nuisance ressentie et perçue par les habitants d'une collectivité (Sambuc).**

Le troisième objectif permettra, selon une approche sociologique de :

- **accompagner les populations exposées vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement ;**
- **estimer les formes d'acceptation de méthodes de protection alternatives**, en complément ou remplacement des actuels traitements au *Bti* ;
- **alimenter la réflexion sur l'amélioration de la diminution « naturelle » des moustiques dans les activités de mises en eau volontaires.**

## **VOLET I**

### **Diptères Chironomidés**

**Brigitte Poulin, Samuel Hilaire & Gaëtan Lefebvre**  
Tour du Valat



## 1. Suivi des Diptères Chironomidés

### Etat de l'art

Avec leur physiologie proche de celle des moustiques, les chironomes sont le principal taxon non cible affecté directement par le *Bti* (Boisvert & Boisvert 2000; Lacey & Merritt 2004, Lundstrom et al. 2010). Ce groupe a fait l'objet de divers suivis depuis 2006 : échantillonnage des larves dans des milieux très temporaires par carottage (2006-2011), capture du plancton aérien à proximité des colonies d'hirondelles de fenêtres (2010-2011), capture d'adultes à l'aide de cuvettes jaunes dans les roselières et les sansouires (2012) et captures par pièges de couleur dans les roselières et les rizières (2013). Ces études ont révélé une baisse d'abondance significative chez les chironomes adultes de l'ordre de 24 à 78% selon les types de milieux (Poulin et al 2011, Poulin et al. 2013, Poulin 2014). Ces impacts sont cohérents avec une persistance avérée du *Bti*, notamment dans les milieux à longue hydropériode riches en matière organique (Guidi *et al.* 2011, Tétreau *et al.* 2012). Les résultats sur la persistance du *Bti* suggèrent que les chironomes, principalement benthiques, pourraient contribuer à la prolifération du *Bti* s'accumulant au fond des marais (Poulin 2015). Pour 2015, il apparaît utile de poursuivre les efforts engagés en 2014 pour vérifier cette hypothèse. Ce suivi, peu coûteux car réalisé de façon opportuniste, consiste en une surveillance des marais traités pour détecter les mortalités de chironomes qui feront ensuite l'objet d'analyses microbiologiques pour vérifier la présence de *Bti* dans leur système digestif. Aucun résultat n'est cependant garanti, les probabilités de détection des cadavres de chironomes étant faibles, puisque ces derniers sont susceptibles d'être consommés ou décomposés très rapidement dans l'environnement.

### Sites d'étude

- Tous les sites traités en Camargue et plus particulièrement ceux à inondation prolongée.

### Méthodologie

- Surveillance des marais traités pour y déceler des mortalités de chironomes avant émergence
- Analyse microbiologique des cadavres de chironomes afin de déterminer si le *Bti* est la cause de la mortalité.

### Résultats

Les observations ponctuelles n'ont pas permis de détecter des mortalités de chironomes au cours de la saison 2015.

### Références

- Boisvert M, Boisvert J. 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Sci. Techn.* 10, 517-561.
- Guidi, V., Patocchi, N., Lüthy, P. Tonolla, M. 2011. Distribution of *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* in soil of a Swiss wetland reserve after 22 years of mosquito control. *Applied and Environmental Microbiology* 77: 3663–3668.

- Lacey LA, Merritt DL. 2004. The safety of bacterial microbial agents used for black fly and mosquito control in aquatic environments, in: Environmental Impacts of Microbial Insecticides: Need and methods for risk assessment, Hokkanen HMT, Hajek AE (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 151-168.
- Lundstrom JO, Schafer ML, Petersson E, Vinnersten TZP, Landin J. & Brodin Y. 2010. Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. Bulletin of Entomological Research 100:117-125.
- Poulin B, Albalat F, Claeys C, Després L, Jakob C, Tétrel C. 2013. Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2012 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 108 pp.
- Poulin B. 2015. Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 126 pp.
- Poulin B, Lefebvre G, Duborper E, Chabot M-H. 2011. Effets des traitements au *Bti* sur les invertébrés paludicoles et les hirondelles des fenêtres pour les cinq années de démoustication expérimentale en Camargue (2006-2011). Rapport Tour du Valat, 24 pp.
- Tétreau G, Alessi M, Veyrenc S, Pérignon S, David J-P, Reynaud S, Després L. 2012. Fate of *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* in the field: Evidence for spore recycling and differential persistence of toxins in leaf litter. Applied Environmental Microbiology 78:8362-8367.



## VOLET II

# Odonates

**Christiane Jakob<sup>1</sup> & Brigitte Poulin<sup>2</sup>**



*(c) Kate Lessells*

<sup>1</sup> Libelo

<sup>2</sup> Tour du Valat

## 2. Suivi des Odonates

### Etat de l'art

Les Odonates possèdent un cycle de vie complexe, comprenant un stade larvaire aquatique et un stade adulte aérien, durant lesquels ils sont prédateurs de Nématocères. Reconnus pour leur importance dans la chaîne trophique des écosystèmes camarguais (Aguesse, 1955), ils sont donc doublement exposés à d'éventuels changements dans le niveau d'abondance de leurs proies qui sont particulièrement sensibles au *Bti*. Certaines des libellules inventoriées bénéficient de **statuts de protection nationaux** (MNHN, 1993), figurent dans la liste rouge méditerranéenne (Riservato et al, 2009) ou sont visées par le Plan National d'Actions en faveur des odonates (PNAO, DUPONT, 2010-2014 ; déclinaison régionale PRAO).

Le suivi des odonates, initié en 2008 (stade larvaire) et 2009 (stade adulte), a donc pour objectif d'évaluer si les traitements au *Bti* ont un effet indirect sur l'abondance de ces insectes qui sont à la fois prédateurs des diptères sensibles au *Bti* et proies de nombreux vertébrés associés aux zones humides. L'étude réalisée sur la période 2009-2014 a permis de démontrer un impact négatif, significatif et plutôt croissant du *Bti* sur la richesse spécifique et l'abondance cumulée des odonates adultes échantillonnées par transect d'observation sur 3-4 sites témoins et 2-3 sites traités représentant divers habitats en Camargue (Jakob & Béchet 2015). Ce résultat est d'autant plus important qu'actuellement, peu d'études sont disponibles sur le suivi à long terme des effets du *Bti* sur les odonates non-cibles dans un contexte deltaïque (Hershey, et al, 1998 ; Niemi et al. 1999).

Aucune des méthodes testées pour le suivi des larves n'offrant des résultats satisfaisants et comparables entre sites et périodes (ex: troubleau en 2012, pièges à émergence en 2013), les suivis réalisés en 2015 ont à nouveau porté exclusivement sur la méthode des transects qui permet d'estimer les abondances relatives des adultes. Suite aux analyses réalisées en 2014 sur les probabilités de détection, il ne sera cependant pas possible d'évaluer l'impact du *Bti* sur les espèces rares comme le *Lestes macrostigma* sans fortement augmenter l'effort d'échantillonnage.

### Sites d'étude

Les stations ont été déterminées en fonction du recouvrement de la végétation dominante et dans l'objectif de maintenir la série d'échantillonnage en cours depuis 2009. Le suivi par transect d'observation s'appuie sur les mêmes sites témoins et traités d'année en année. Le transect de la Belugue, abandonné en 2011 suite à l'arrêt partiel de la démoustication sur ce site en 2012 a été ré-intégré au suivi comme site témoin cette année. Le transect du They de Roustan, qui avait été abandonné en 2014 pour cause de modification de gestion, a de nouveau été échantillonné en 2015 (Fig. 1).

**Sites traités** : They du Roustan, Boutard et Clos d'Armand (Palissade)

**Sites témoins** : Boutardièrre (ADMV), Rousty (PNRC), Fangouse et Cerisières des Relongues (TdV), Bélugue (PNRC).

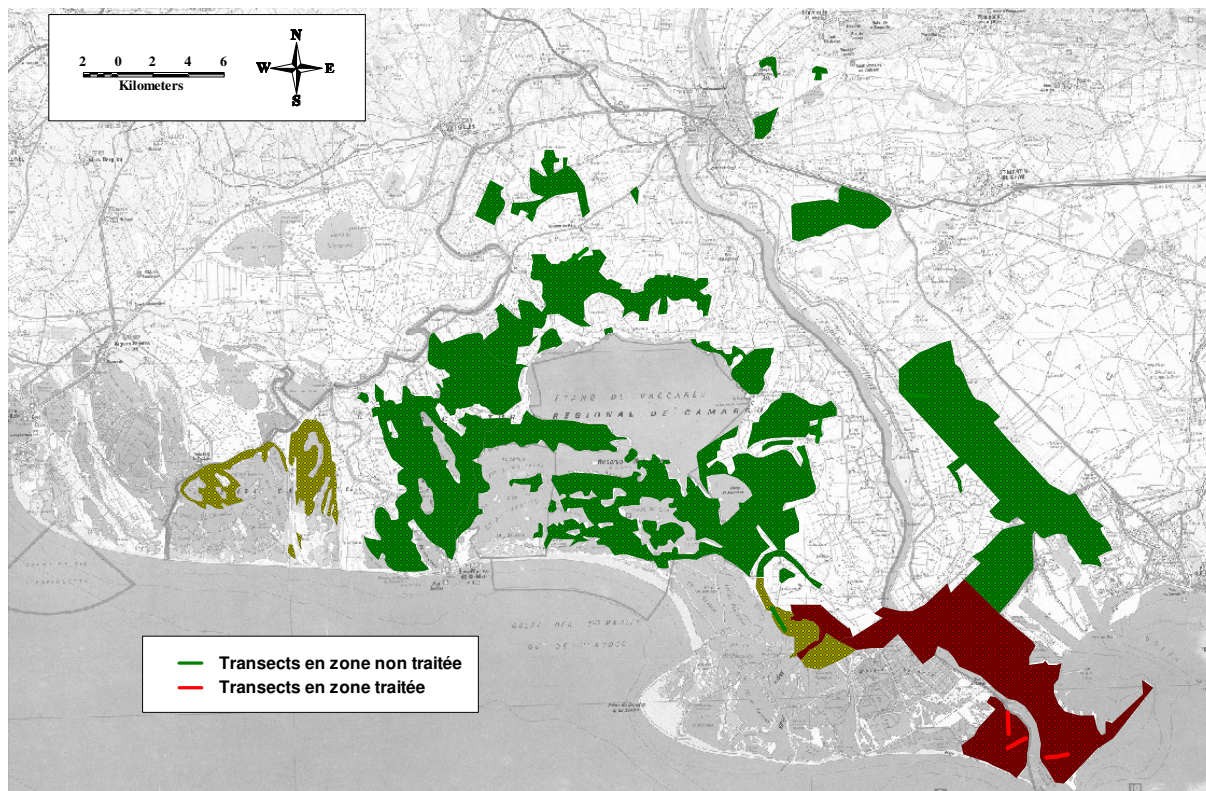


Fig. 1. Localisation des transects d'échantillonnage en 2015 par rapport aux biotopes larvaires potentiels jamais traités (vert), non traités depuis 2012 (jaune) et traités au Bti (rouge).

## Méthodologie

La méthode a été choisie de façon à offrir un bon rapport coûts-bénéfices, procurant des données relatives mais robustes dans une perspective de suivi à long-terme. Les **transects, à emplacement fixe** d'année en année, sont **typiquement situés à proximité de divers habitats aquatiques** (canal d'eau douce, mare permanente) qui, sans nécessairement correspondre au lieu de naissance, sont **utilisés pour l'alimentation et la ponte des libellules adultes**. L'abondance relative des adultes est déterminée par le **nombre d'individus observés en vol ou posés sur la végétation jusqu'à deux mètres de part et d'autre d'un transect de 100 mètres de long parcouru en 30-45 minutes** en milieu de journée. Ce protocole permet donc à l'observateur d'évaluer l'abondance de chaque espèce (ou le genre dans certains cas) et de la convertir éventuellement en densité. Les campagnes de terrain de mai à octobre couvrent les trois principales périodes d'activité (printemps, été, automne). Pour chacune des saisons, les six sites sont échantillonnés à l'intérieur d'une période maximale de 8 jours.

## Résultats

Quelques **3760 odonates ont été inventoriés depuis 2009** sur les transects, incluant **884 individus, dont 831 déterminés à l'espèce, en 2015**. Cette valeur est nettement supérieure à la moyenne des années précédentes ( $x = 479$ ), l'échantillonnage ayant porté sur 8 sites plutôt que 5 ou 6 comme par les années passées. Ces données sont analysées en termes de richesse (nombre d'espèces) et d'abondance (nombre d'individus observés). Cette année encore, les taxons tels que les *Aeshnides* ainsi que les *Lestes* sont faiblement représentés.

### A) Richesse spécifique

Un total de 17 espèces différentes a été détecté sur l'ensemble des transects en 2015. Le nombre d'espèces observées par transect suit les mêmes tendances que celles des années précédentes, à savoir une **richesse supérieure sur les sites témoins** par rapport aux sites traités (Fig. 2).

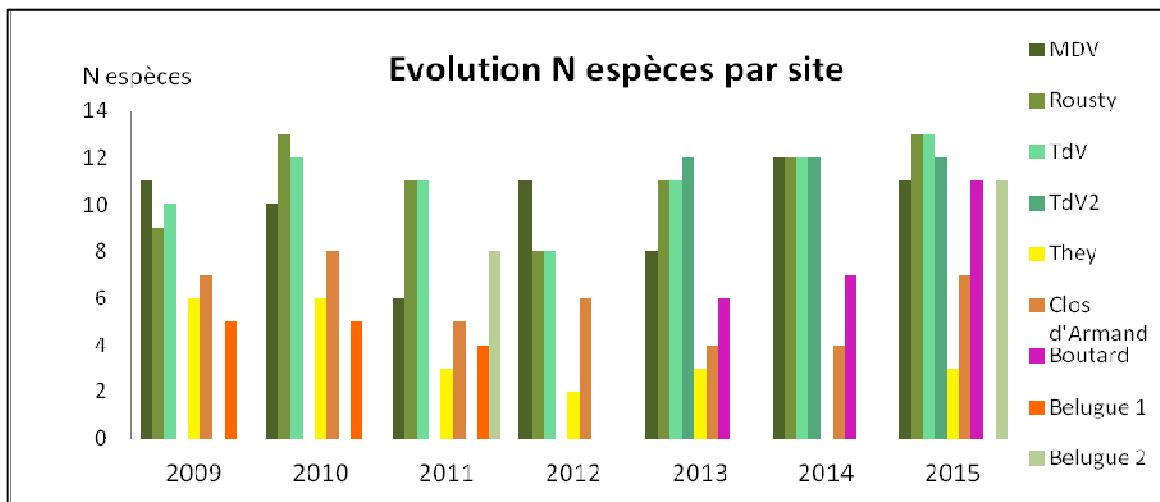


Fig. 2. Nombre d'espèces d'odonates observées annuellement sur chaque transect depuis 2009. **Sites non-traités** (dégradés vert): MDV= Boutardière, MdV, Rousty=Marais de Rousty, PNRC, TDV= Fangouse et TdV2 = Cerisières des Relongues; Tour du Valat. **Sites traités** (dégradés jaunes): They=They du Roustan, Plan du Bourg ; Clos d'Armand et Boutard = Palissade ; **Sites où traitements interrompus**: Belugue 1, Belugue 2 = Marais de la Belugue, PNRC.

Ces données ont été soumises à une analyse de variance avec l'année, le site et la salinité de l'eau de surface comme facteurs imbriqués afin d'isoler l'effet des traitements au Bti (Fig. 3).

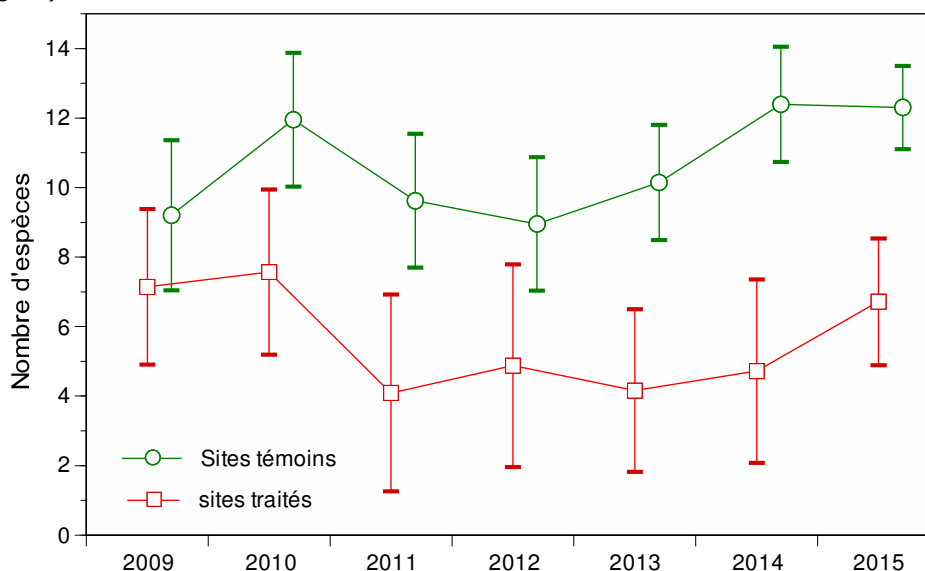


Fig. 3. Effet des traitements au Bti sur la richesse moyenne ( $\pm$  IC 95%) en odonates pour chaque année d'échantillonnage selon une ANOVA à facteurs imbriqués.

Il ressort de ces analyses, un **effet significatif des traitements sur le nombre d'espèces d'odonates observées** ( $F_{(21,1)} = 82.6$ ;  $P < 0.000001$ ), la démontstration contribuant à 88% de la variance observée, contre 1% pour la salinité, 6% pour l'année et 5% pour le site.

## B) Abondance

Le nombre cumulé d'individus dénombrés sur chaque transect a également été soumis à une analyse de variance avec l'année, le site et la salinité comme facteurs imbriqués afin d'isoler l'effet des traitements au *Bti* (Fig. 4). Ce dernier a un **effet significatif sur les abondances moyennes d'odonates** ( $F_{(21,1)} = 10.53$ ;  $P = 0.003$ ), la démontstration contribuant à 83% de la variance observée, contre 0,07% pour la salinité 5 ‰ pour le site et 11 ‰ pour l'année.

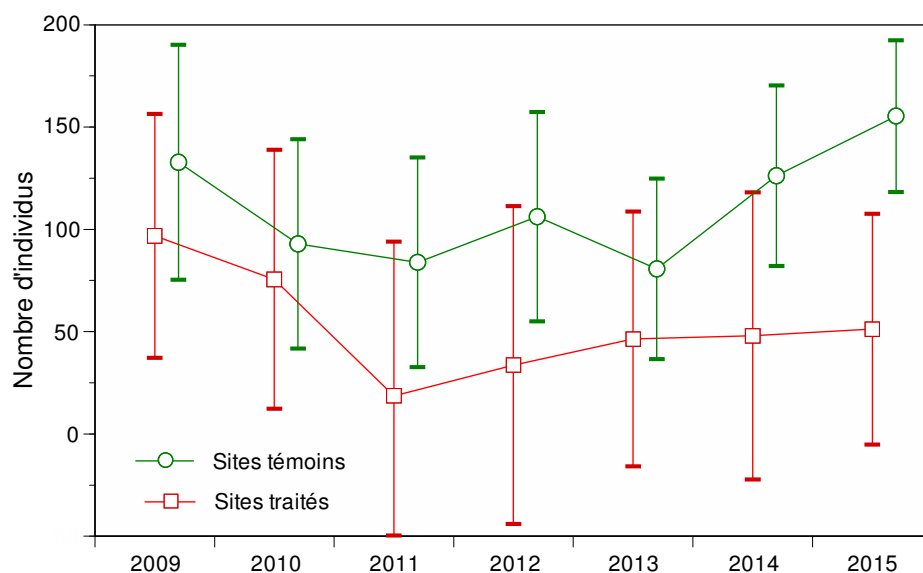


Fig. 4. Effet des traitements au *Bti* sur l'abondance cumulée ( $\pm$  IC 95%) des odonates pour chaque année d'échantillonnage selon une ANOVA à facteurs imbriqués.

Des **différences significatives** se dégagent également lorsque l'on teste séparément le groupe des **Anisoptères (libellules)** et des **Zygoptères (demoiselles)**. L'effet traitement au *Bti* est hautement significatif ( $F_{(20,2)} = 4.9$  ;  $P = 0.02$ ), contribuant à expliquer 59 ‰ de la variance observée pour ces deux groupes (Fig. 5).

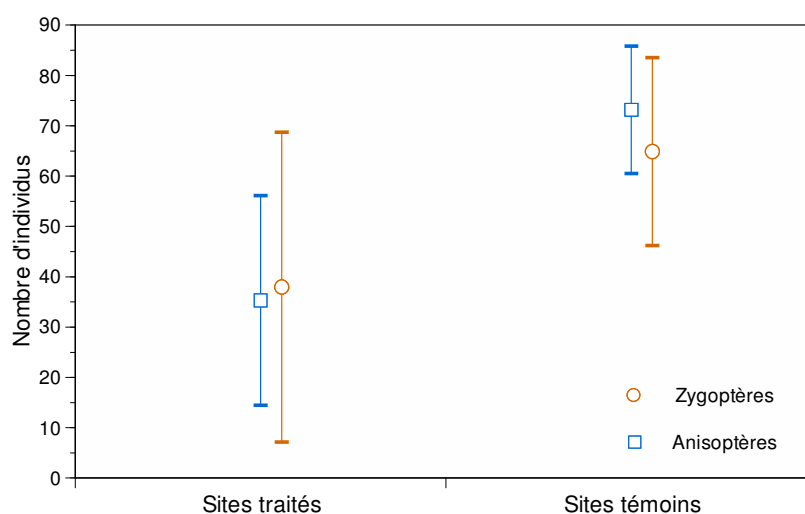


Fig.5. Effet des traitements au *Bti* sur les abondances annuelles moyenne des Zygoptères et Anisoptères ( $\pm$  IC 95%) sur les sites traités et témoins de 2009 à 2015.

## Discussion

**Cette étude, réalisée sur 8 transects en 2015, conforte les résultats des années précédentes : la richesse spécifique et l'abondance cumulée des odonates sont significativement inférieures sur les sites traités par rapport aux sites témoins. S'il s'agit d'une année particulièrement favorable pour les odonates, tant en terme de richesse que d'abondance, les écarts observés entre sites traités et témoins pour ces deux paramètres sont particulièrement marqués en 2015,** tel que démontré par la diminution dans le chevauchement des intervalles de confiance (Figs. 3-4). En l'absence d'importants phénomènes d'immigration, la structure et l'abondance du peuplement d'odonates de l'année en cours sont susceptibles d'être affectées par les événements des années antérieures. Un tel effet retard, à 2-3 ans d'intervalle, a également été observé chez d'autres macro-invertébrés non-cibles (Hershey et al, 1998 ; Niemi et al. 1999) suite à des épandages de *Bti*.

Les analyses réalisées en distinguant les Anisoptères (libellules) des Zygoptères (demoiselles) révèlent des **différences significatives, plus marquées chez les Anisoptères en dépit de leur capacité à se déplacer sur de plus grandes distances** (Corbet 1999), suggérant que le périmètre traité englobe la zone de dispersion de ce groupe d'Odonates.

Globalement, on pourrait s'attendre à ce que l'intensité de l'impact du traitement soit inversement proportionnelle à la complexité de l'écosystème où il s'exerce. En effet, si l'écosystème est simplifié et si les moustiques y sont très abondants, celui-ci peut être très affecté dans son fonctionnement par la disparition de ces derniers (Borrvall et al. 2001). Les écosystèmes saumâtres de Camargue qui abritent peu d'espèces abondantes sont donc susceptibles d'être particulièrement impactés, suite aux fortes densités d'espèces pionnières ou inféodées aux milieux saumâtres, observées sur ces sites.

## Perspectives

Au delà de la poursuite de ce **suivi des adultes par transects d'observation**, il serait intéressant de refaire le recensement réalisé en 1992 par Michel Papazian qui incluait des sites traités et témoins afin d'obtenir des informations quand à l'abondance des odonates plusieurs années avant et après la mise en œuvre de la démoustication en Camargue.

## Références

- Aguesse P. 1955. Note préliminaire sur les Odonates de Camargue. *Terre et Vie* 9 : 287-309
- Doucet G. (2010). Clé de détermination des exuvies des Odonates de France. Société française d'odonatologie, 64 pp.
- Gerken B. & Sternberg K. 1999. Die Exuvien europäischer Libellen (The exuviae of European Dragonflies). Huxaria Druckerei GmbH, 354 p.
- Jakob C. & Béchet A. 2015 Volet II - Odonates. Pp. 8-16, *In* Poulin B (ed.), Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport Tour du Valat présenté au PNRC, 126 pp.

## **VOLET III**

# **Disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles**

**Brigitte Poulin, Samuel Hilaire & Gaëtan Lefebvre**  
Tour du Valat



*(c) Marc Thibault*

### 3. Suivi des disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles

#### Etat de l'art

Les roselières subissant des variations de niveaux d'eaux sont l'un des habitats ciblés par la démoustication au *Bti* en Camargue. Ces milieux abritent cinq espèces de passereaux paludicoles nicheurs d'intérêt patrimonial dont deux espèces résidentes, la lusciniole à moustaches et le bruant des roseaux. Il s'avère que l'abondance des passereaux paludicoles nichant sur le littoral méditerranéen français est fortement corrélée à celle des invertébrés-proies échantillonnés au filet-fauchoir, dont l'abondance peut être modélisée et prédite en fonction de la durée de l'assec au cours des mois précédents (Poulin et al. 2002). La mesure simultanée des arthropodes et de l'hydrologie dans 5 roselières traitées et 10 roselières témoins de 2007 à 2011, a révélé un effet significatif des traitements au *Bti* sur les disponibilités alimentaires et en particulier sur les araignées et les coléoptères, qui se traduirait par une baisse de 39% dans l'abondance des passereaux paludicoles (Poulin et al. 2011). Ce suivi a été réduit en 2012 à trois sites traités, un site où les traitements furent interrompus et 5 sites témoins. Les résultats ont confirmé les tendances précédemment observées sur les sites traités, tout en démontrant un délai dans la récupération de l'entomofaune sur le site où la démoustication fut interrompue depuis 2012 (Poulin et al. 2015). Il est donc proposé de maintenir ce suivi allégé qui permet notamment de vérifier le taux de récupération des communautés d'invertébrés après interruption des traitements.

#### Sites d'étude

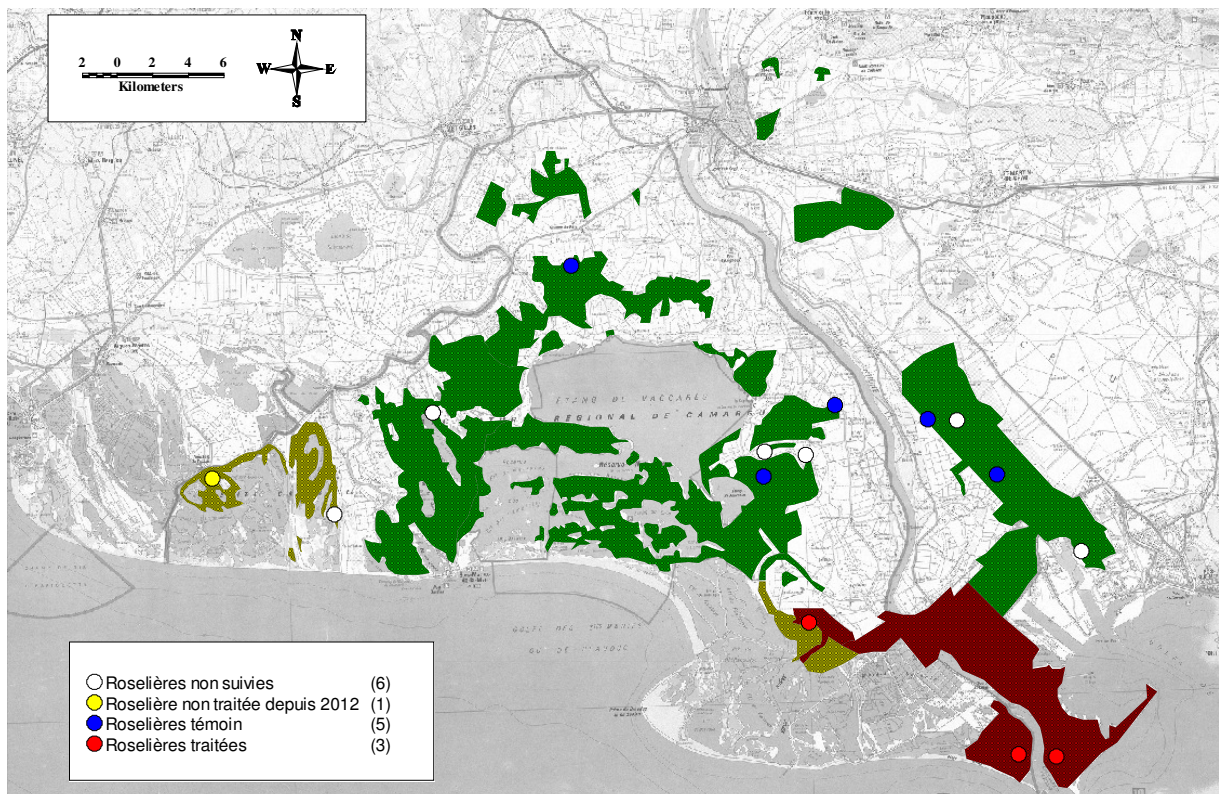


Fig. 6. Localisation des sites d'échantillonnage pour les invertébrés paludicoles en 2015 par rapport aux biotopes larvaires potentiels jamais traités (vert), non traités depuis 2012 (jaune) et traités au *Bti* (rouge).

**Sites traités** : Palissade, Bélugue, They de Roustan

**Sites où traitements interrompus** (depuis 2012): Mourgues

**Sites témoins** : Verdier (TdV), Baisse Salée (TdV), Canisson (MdV), Pisci sud (MdV), Marais de Rousty.

Neuf roselières ont été échantillonnées entre le 6 et le 11 juin 2015, incluant **3 sites traités** (Bélugue, Palissade, They Roustan), **un site précédemment démoustiqué mais non traité depuis 2012** (Mourgues) et **5 des 10 sites témoins suivis sur la période 2007-2011** (Fig. 6). Ainsi, le site de Pin de Fourcat, n'a pu faire l'objet de suivi à nouveau en 2015 suite au refus d'accès par le propriétaire.

**Méthodologie** (similaire à la précédente campagne)

Les **invertébrés ont été capturés à chaque site en balayant la végétation de 500 coups au filet fauchoir** en bordure de la roselière une fois pendant la période de reproduction des passereaux lorsque la végétation était sèche et le vent faible ou absent. Les **niveaux d'eau et la salinité ont également été mesurés une fois par mois** afin de prédire l'abondance des invertébrés-proies en fonction du régime hydrologique.



Les **invertébrés** capturés ont été **identifiés à l'ordre, mesurés et comptés**. L'indice de disponibilités alimentaires fut calculé **en pondérant les taxons et les tailles en fonction de leur représentation dans le régime alimentaire des passereaux adultes** (Poulin et Lefebvre 1997, Poulin *et al.* 2002) selon l'équation:

$$\sum_{i=1}^n p_i \frac{x_{ij}}{y_i}$$

où  $P$  = proportion d'items appartenant à la proie du taxon $_i$  dans le régime alimentaire des passereaux paludicoles (régurgitats),  $x$  = nombre de captures appartenant au taxon $_i$  dans le filet fauchoir au site $_j$  et  $y$  = nombre de captures du taxon $_i$  sur l'ensemble des sites.

Un indice théorique de disponibilités alimentaires sur la base de l'hydrologie du site a été déterminé selon l'équation :  $611 - 65n$ , où  $n$  = nombre de mois d'assec entre juin et décembre de l'année précédente.

La relation entre l'abondance des passereaux et l'indice de disponibilité alimentaire (IDA) correspond à l'équation:  $16.4 + 0.063 * IDA$ . Ces modèles ont été développés à partir d'un échantillon de 24 roselières étudiées en 1998-1999 (Poulin *et al.* 2002).

## Résultats

Les caractéristiques des neuf échantillons récoltés en juin 2015 sont détaillées au tableau 1. A noter que la **remontée des communautés d'invertébrés observée en 2014 sur le site de Mourgues où la démoustication avait été interrompue depuis 2012 s'est pourvue en 2015**.

Tableau 1. Date d'échantillonnage, nombre de captures, richesse en invertébrés, indices de disponibilités alimentaires observé et théorique avec la durée de l'assèchement entre juin et décembre 2014 pour les roselières témoins (vert), non traitées (bleu) et traitées (rouge) en 2015.

Sites	Date échantillonnage	Nombre d'invertébrés capturés	Nombre catégories proies	Indice disponibilités alimentaires	Mois d' assec juin à déc 2014	Disponibilités alimentaires théorique	Écart indices observé et théorique
Verdier (TdV)	10/06/2015	168	15	253	5	287	-34
Baisse salée (TdV)	10/06/2015	198	19	160	5	287	-127
Rousty (PNRC)	10/06/2015	730	33	423	4	352	71
Pisci Sud (MdV)	11/06/2015	529	24	370	5	287	83
Canisson (MdV)	11/06/2015	413	25	153	4	352	-198
Mourgues	06/06/2015	1367	29	870	0	611	259
Bélugue	06/06/2015	92	12	36	4	352	-316
Palissade	11/06/2015	100	13	93	0	611	-518
They Roustan	11/06/2015	203	22	156	3	417	-261

La figure 7 illustre les différentes valeurs de disponibilités alimentaires corrigées en fonction de la durée d'inondation au cours de l'année précédant l'échantillonnage. Globalement, les indices obtenus sur les sites témoins ne diffèrent pas de la valeur 0 attribuée à l'indice de référence, contrairement aux **sites traités qui montrent des valeurs significativement inférieures** à 0 pour chacune des années d'échantillonnage. L'écart entre les sites traités et témoins est particulièrement marqué en 2015.

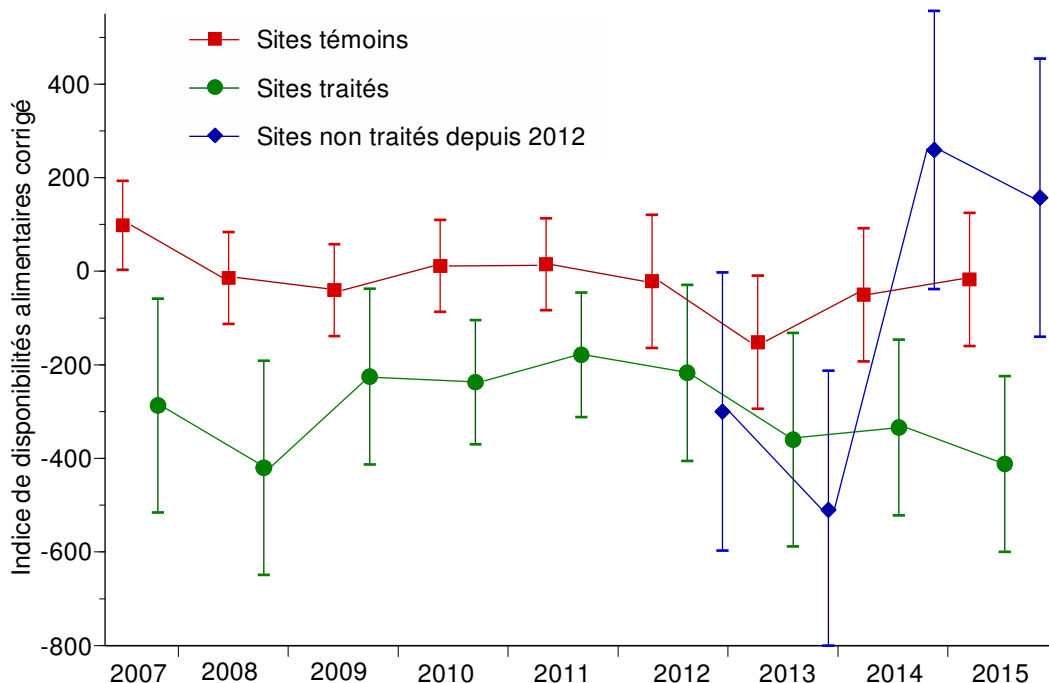


Fig.7. Ecart entre l'indice moyen ( $\pm$ IC95%) de disponibilités alimentaires observé et prédit selon l'hydrologie pour les sites témoins, les sites traités au Bti et non traité de 2012 à 2015 lorsque l'indice moyen des sites de référence (1998-1999) est étalonné à 0.

Les données issues des sites traités et témoins suivis entre 2007 et 2015 ont été analysées afin d'identifier quelle est la part de variation de l'indice des disponibilités alimentaires imputable aux facteurs sites, années et traitement (démoustication ou non). Il en ressort un **impact significatif de la démoustication** ( $F_{(3, 66)} = 16.4, P < 0.000001$ ) qui contribue à 82% de la variance expliquée par le design expérimental, par rapport à 5% pour les années et 12% pour les sites (Fig. 8).

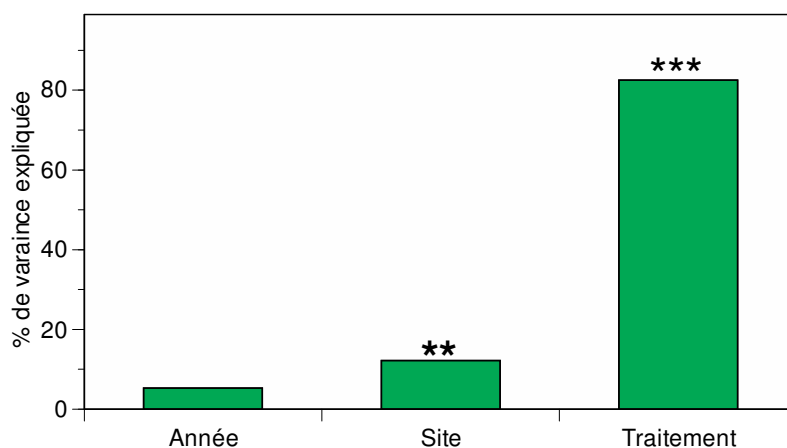


Fig.8. Effet des variables année, site et traitement au Bti sur les disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles estimées de 2007 à 2015 selon une ANOVA à facteurs imbriqués.

La valeur moyenne de l'indice obtenue pour le site de Mourgues (Fig. 9) en 2012-2013 alors qu'il n'était plus traité était significativement inférieure à celles des sites témoins (test Post-Hoc de Scheffé  $P = 0.007$ ), ne différant pas des sites traités (test Post-Hoc de Scheffé  $P = 0.84$ ). En 2014-2015, l'indice pour le site de Mourgues est significativement différent des sites traités (test Post-Hoc de Scheffé  $P = 0.002$ ), mais non des sites témoins (test Post-Hoc de Scheffé  $P = 0.22$ )

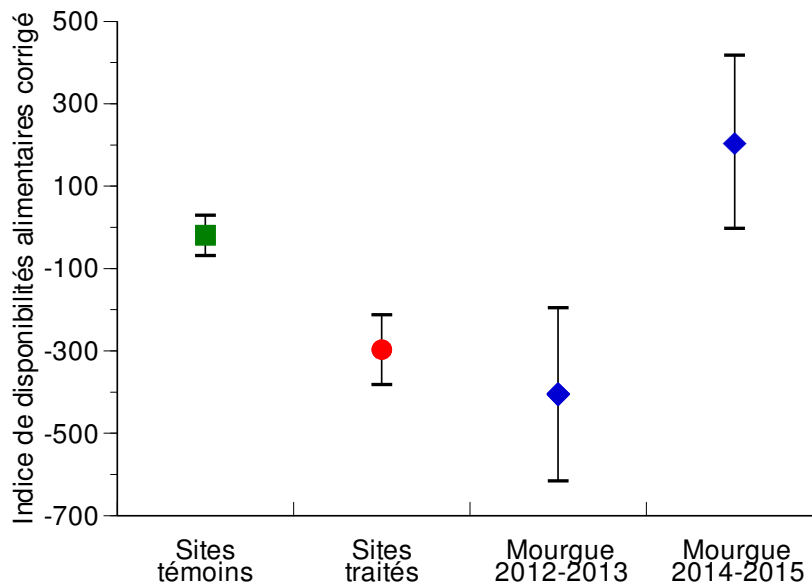


Fig. 9. Ecart entre l'indice moyen ( $\pm$ IC95%) de disponibilités alimentaires observé et théorique pour les sites traités (2007-2015), témoins (2007-2015) et non traités (2012-2013 et 2014-2015).

Globalement, depuis le début des opérations de déoustication, les sites témoins affichent un indice de disponibilités alimentaires moyen de -19 par rapport à la valeur prédite selon l'hydrologie contre -281 pour les sites traités (Fig. 9). Cet écart correspondrait à une **baisse de 34% dans l'abondance des passereaux paludicoles sur les sites traités** par rapport aux sites témoins.

Les échantillons récoltés au filet fauchoir ont également été analysés pour chacun des ordres taxinomiques capturés (Tableau 2). L'abondance des taxons a été corrigée en fonction de l'hydrologie selon la même approche que celle utilisée précédemment. À l'exception des neuroptères qui ont une abondance marginale, **tous les taxons ont une abondance relative plus faible dans les sites traités** par rapport aux sites témoins, ce qui est bien en accord avec un indice de disponibilités alimentaires inférieur pour les passereaux. Même si les écarts observés représentent souvent une diminution de l'ordre de 50%, peu de différences sont significatives du fait de la forte variabilité dans le nombre de captures de ces taxons d'un site à l'autre (valeur élevée des intervalles de confiance à 95%). Deux taxons, les **araignées** et les **coléoptères** montrent une **abondance moyenne significativement inférieure sur les sites traités** lorsque les valeurs de probabilités sont corrigées pour tenir compte de la multitude des tests (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre moyen ( $\pm$  Intervalle de Confiance à 95%) d'individus capturés pour chaque taxon échantillonné au filet fauchoir sur l'ensemble des sites traités et témoins depuis 2007 avec les résultats de l'analyse de variance et leur taux d'occurrence dans les échantillons. Les valeurs de probabilités corrigées selon la méthode Bonferroni correspondent à \* =  $P < 0.05$ .

<i>Taxons</i>	Sites témoins Moyenne $\pm$ IC95%	Sites traités Moyenne $\pm$ IC95%	$F_{(1,89)}$	$P$	$P$ corrigé	% Présence
Diptères	201.3 $\pm$ 48.6	85.4 $\pm$ 75.3	7.66	0.006		99
Homoptères	88.26 $\pm$ 25.7	41.3 $\pm$ 39.8	3.86	0.052		97
Hyménoptères (guêpes)	64.9 $\pm$ 14.3	31.0 $\pm$ 22.2	6.45	0.012		98
<b>Coléoptères</b>	<b>38.9 <math>\pm</math> 7.93</b>	<b>14.1 <math>\pm</math> 12.3</b>	<b>11.2</b>	<b>0.001</b>	*	<b>96</b>
Thysanoptères	33.4 $\pm$ 11.2	14.9 $\pm$ 17.4	3.13	0.079		<b>83</b>
<b>Araignées</b>	<b>26.5 <math>\pm</math> 5.0</b>	<b>11.0 <math>\pm</math> 7.7</b>	<b>11.1</b>	<b>0.001</b>	*	<b>96</b>
Pseudoscorpions	15.6 $\pm$ 8.4	2.3 $\pm$ 12.6	3.07	0.083		27
Hétéroptères	7.4 $\pm$ 2.5	4.6 $\pm$ 3.9	1.44	0.234		59
Hyménoptères (fourmis)	5.6 $\pm$ 2.3	0.5 $\pm$ 3.6	5.28	0.023		43
Acariens	3.0 $\pm$ 2.5	2.1 $\pm$ 3.9	0.15	0.692		31
Larves de lépidoptères	3.0 $\pm$ 1.5	0.9 $\pm$ 2.3	2.23	0.138		44
Gastéropodes	2.7 $\pm$ 1.6	0.5 $\pm$ 2.5	2.08	0.152		34
Larves d'insectes	2.9 $\pm$ 1.5	1.3 $\pm$ 2.3	1.43	0.234		42
Odonates	1.5 $\pm$ 0.7	0.5 $\pm$ 1.2	1.86	0.176		30
Lépidoptères	0.4 $\pm$ 0.5	0.0 $\pm$ 0.8	0.46	0.498		9
Pupes d'insectes	0.2 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.2	1.09	0.298		8
Orthoptères	0.3 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.4	0.31	0.581		21
Œufs d'insectes	0.2 $\pm$ 0.2	0.1 $\pm$ 0.3	0.10	0.753		4
Neuroptères	0.1 $\pm$ 0.5	0.5 $\pm$ 0.5	2.14	0.156		7

## Discussion

Les résultats de ce suivi allégé par rapport à la période 2007-2011, confirment les tendances déjà observées, à savoir **un indice de disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles significativement inférieur sur les sites traités et une réduction de l'abondance de la majorité des taxons qui s'avère significative chez les araignées et les coléoptères**. Leur abondance moindre sur les sites traités suggère un effet indirect du *Bti* au travers du réseau trophique. Il est, par ailleurs, intéressant de noter que le suivi sur les chironomes dans les roselières en 2013 avait également révélé un impact du *Bti* sur ces deux taxons (Poulin 2014).

Les études portant sur la toxicité de *Bacillus thuringiensis israelensis* envers les invertébrés non-cibles sont relativement nombreuses (voir synthèses de Boisvert & Boisvert en 2000 et de Lacey & Merritt en 2004), mais les effets indirects du *Bti* au travers du réseau trophique ont reçu beaucoup moins d'attention (Mulligan & Schaefer 1982; Charbonneau *et al.* 1994; Wipfli & Merritt 1994; Hershey *et al.* 1998; Balcer *et al.* 1999; Russell *et al.* 2009; Vinnersten *et al.* 2009). Ces études, basées sur la comparaison de sites traités et témoins ou sur le suivi de quelques sites avant et après traitement, n'ont pas réussi à démontrer une baisse significative dans l'abondance des invertébrés non-cibles qui puisse être imputable aux traitements, à l'exception des chironomes. Outre cet effet direct du *Bti*, seuls Wipfli & Merritt (1994) ont pu démontrer que la suppression des mouches noires affectait le régime alimentaire de plécoptères et Hershey *et al.* (1998) que les sites traités avaient une richesse générique moindre sans que des variations significatives d'abondance puissent être mesurées ou confirmées.

Dans cette étude, les sites traités montrent un **appauvrissement généralisé de la faune invertébrée, qui se traduit par une diminution importante des ressources disponibles pour les passereaux, sans qu'il n'y ait cependant d'effets cumulatifs interannuels**. Si cette neuvième année d'échantillonnage confirme les tendances précédemment observées sur les sites traités et témoins, l'intérêt de reconduire cette étude résidait principalement dans l'évaluation des capacités de récupération des communautés d'invertébrés en intégrant au design expérimental les deux sites où les traitements ont été interrompus depuis l'automne 2011. Les résultats obtenus sur le site de Mourgues (le site de Pin de Fourcat n'ayant pu être échantillonné faute d'accès) montrent une **remontée de l'indice depuis 2014, plus de deux ans après l'arrêt des traitements**. Ces résultats sont **en adéquation avec la forte diminution de la densité de spores de *Bti*** observée à ce site selon les échantillons prélevés en 2013, 2014 et 2015 (cf volet 6 de ce rapport).

## Perspectives

En cas de maintien de la démoustication et des suivis scientifiques menés en parallèle à celle-ci, il est proposé de poursuivre ce suivi allégé sur 9 sites comme en 2015.

## Références

- Balcer, M.D., Schmude, K.L., & Snitgen, J. (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).
- Boisvert, M., & Boisvert, J. (2000) Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 517-561.

- Poulin B & Lefebvre G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *Journal of Field Ornithology* 68: 426-442.
- Charbonneau, C.S., Dornbney, R.D., & Rabeni, C.F. (1994) Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13, 267-279.
- Foelix, R.F. (1996) *Biology of Spiders*, 2nd edn. Oxford University Press, Oxford.
- Poulin, B., Lefebvre, G. & Mauchamp, A. 2002. Habitat requirements of passerines and reedbed management in southern France. *Biological Conservation* 107: 315-325.
- Lacey, L.A., & Merritt, D.L. (2004) The safety of bacterial microbial agents used for black fly and mosquito control in aquatic environments. In: *Environmental Impacts of Microbial Insecticides: Need and Methods for Risk Assessment* (eds. H.M.T Hokkanen & A.E. Hajek, ), pp. 151-168. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hershey, A.E., Lima, A.R., Niemi, G.J., & Regal, R.R. (1998) Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) and methoprene on nontarget macroinvertebrates in Minnesota wetlands. *Ecological Applications*, 8, 41-60.
- Mulligan, F.S., III & Schaefer, C.H. (1982). Integration of a selective mosquito control agent *Bacillus thuringiensis* Serotype H.14, with natural predator population in pesticide-sensitive habitats. University of California, Mosquito Control Research Laboratory.
- Poulin B. 2014. Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2013 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue, 156 pp.
- Poulin B, Lefebvre G, Duborper E & Chabot M-H. 2011. Effets des traitements au *Bti* sur les invertébrés paludicoles et les hirondelles des fenêtres pour les cinq années de démoustication expérimentale en Camargue (2006-2011). Rapport Tour du Valat, Arles, 24 pp.
- Russell, T., Kay, B., & Skilleter, G. (2009) Environmental effects of mosquito insecticides on saltmarsh invertebrate fauna. *Aquatic Biology*, 6, 77-90.
- Vinnersten, T.Z.P., Lundström, J.O., 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.
- Wipfli, M. S. & Merritt, R. W. 1994. Disturbance to a stream food web by a bacterial larvicide specific to black flies: feeding responses of predatory macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 32, 91-103.
- Poulin, B., Lefebvre, G. 1997. Estimation of arthropods available to birds: effect of trapping technique, prey distribution, and bird diet. *J. Field Ornithol.* 68, 426-442.
- Poulin, B., Lefebvre, G., Mauchamp, A. 2002. Habitat requirements of passerines and reedbed management in southern France. *Biol. Conserv.* 107, 315-325.
- Poulin, B., Lefebvre, G., Duborper, E., Chabot, M.-H. 2011. Effets des traitements au *Bti* sur les invertébrés paludicoles et les hirondelles des fenêtres pour les cinq années de démoustication expérimentale en Camargue (2006-2011). Rapport Tour du Valat, 24 pp.
- Poulin B., Hilaire S., Lefebvre G. 2015. Volet III - Disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles. Pp. 17-25 *In* (Poulin B, ed.) Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue.

## VOLET IV

### Hirondelles des fenêtres

**Brigitte Poulin, Gaëtan Lefebvre & Samuel Hilaire**  
Tour du Valat



*(c) Emilien Duborper*

## 4. Suivi des colonies d'hirondelles

### Etat de l'art

L'hirondelle des fenêtres (*Delichon urbicum*) est un excellent modèle biologique pour estimer les effets des traitements au *Bti*, le régime alimentaire des poussins étant constitué à 35% de Nématocères (Poulin et al. 2011). Des colonies sont présentes dans plusieurs sites 'urbains' et ruraux en Camargue, permettant des comparaisons entre zones traitées et témoins. Les paramètres suivis en 2006-2011 furent la taille des colonies, le taux d'alimentation (jusqu'en 2010) et le régime alimentaire des poussins, auxquels ont été ajoutés le succès reproducteur de 2009 à 2011 (Poulin et al. 2010 ; 2011) et les disponibilités alimentaires en 2010 (Poulin et al. 2011). Ces suivis ont mis en évidence des modifications importantes du régime alimentaire des poussins suite à l'initiation des traitements au *Bti* sur les sites traités et ce, de façon systématique pour les cinq années de suivi. Ces résultats ont révélé une consommation moindre de Nématocères, d'odonates, de neuroptères et d'araignées, parallèlement à une consommation supérieure de fourmis volantes sur les sites traités, se traduisant par un succès reproducteur moindre de l'ordre de -28% (2009), -36% (2010) et -35% (2011). L'échantillonnage du plancton aérien autour des colonies, a par ailleurs démontré que la consommation moindre (-73%) de nématocères sur les sites traités était associée à une abondance locale moindre des chironomes (-78%) et autres nématocères (-78%). Depuis 2007, la taille des colonies n'a diminué que de 26% sur les sites traités par rapport aux sites témoins (Poulin et al. 2015), suggérant que ces colonies sont des trappes écologiques accueillant une population puits, c'est-à-dire une population dont le faible taux de natalité est partiellement compensé par des individus immigrant d'autres populations qui, à leur tour, souffrent d'un faible succès reproducteur.

Trois activités ont été réalisées en 2015 dans le cadre du volet hirondelles. La première activité est associée à l'installation de plusieurs prototypes de pièges "Barrière Anti-Moustique" (BAM) comme méthode de démoustication test pour réduire la nuisance sur le hameau du Sambuc qui abrite une colonie suivie depuis 2006 (cf volet 8). Ainsi, il fut proposé d'évaluer l'impact de ces pièges sur le régime alimentaire des poussins et le succès reproducteur de la colonie du Sambuc, en comparant les valeurs obtenues à celles issues des sites témoins et traités suivis pendant plusieurs années. Une seconde activité a porté sur l'estimation de la quantité de moustiques consommés en moyenne par une nichée en zone non traitée, afin de quantifier le 'service écologique' de démoustication que peut procurer une colonie d'hirondelles. Enfin, la taille des six colonies d'hirondelles suivies en Camargue depuis 2006 a de nouveau été estimée par le comptage des nids actifs au début du mois de juin.

### Sites d'étude (Fig. 10)

- **Sites traités** : Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis.
- **Sites témoins** : Sambuc, Armellière, Nord Vaccarès (Mas Saint-Andiol et Albaron)

A nouveau en 2015, il n'a pas été possible d'obtenir l'autorisation du propriétaire pour accéder à la colonie du Mas de Pin de Fourcat où les traitements ont été interrompus depuis 2012.

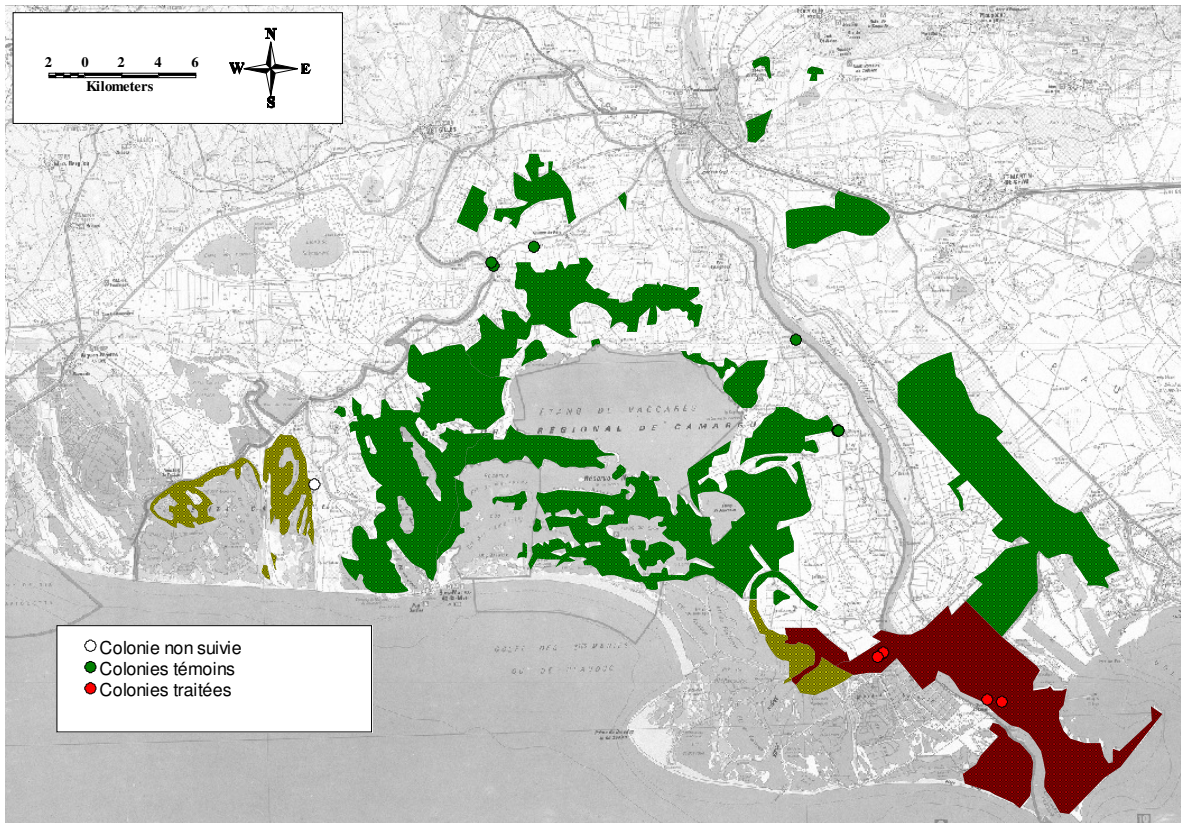


Fig. 10. Localisation des colonies d'hirondelles suivies par rapport aux biotopes larvaires potentiels jamais traités (vert), non traités depuis 2012 (jaune) et traités au Bti (rouge).

## Méthodologie

- Estimation des effectifs de population par comptage des nids actifs (occupés) de chacune des cinq colonies pendant la période d'alimentation des jeunes (début juin).
- Collecte des fientes de 10 nids à trois reprises pendant la saison de nidification de la colonie du Sambuc, avec identification des taxons et de la taille des proies consommées sous loupe binoculaire.
- Estimation du succès reproducteur de la colonie du Sambuc via l'estimation du nombre de jeunes produits pour un échantillon d'environ 20 nids
- Estimation de la production journalière de fèces moyenne par nid, afin d'estimer le nombre total moyen de moustiques consommés par une nichée en situation de non démoustication.

## Résultats

### Tendance à long-terme des effectifs

Un **total cumulé de 3011 nids** a été dénombré sur les colonies indiquées à la figure 10 depuis juin 2006, dont **344 en 2015**. Les premières années du suivi montrent de fortes fluctuations dans les effectifs des colonies sur l'ensemble des sites, ces dernières étant principalement attribuées à la survie des oiseaux pendant les périodes de migration et d'hivernage (Fig. 11). Après une baisse marquée sur la plupart des sites traités entre 2009 et 2011, la taille des colonies fut relativement stable sur l'ensemble des sites de 2012 à 2014. En 2015, les deux sites traités montrent une remontée des effectifs, alors que les effectifs sur les sites témoins sont plutôt stables (Fig.11). Globalement, **les**

**colonies entourées de zones traitées affichent une baisse moyenne de -22% par rapport aux colonies témoins depuis le début de la démoustication.**

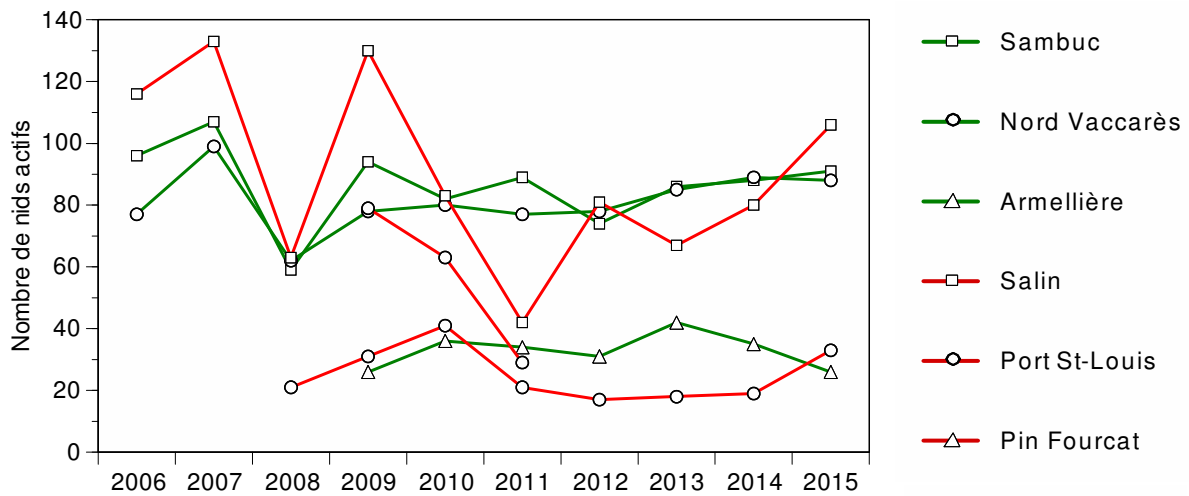


Fig. 11. Evolution des effectifs nicheurs de l'hirondelle des fenêtres sur les sites témoins (verts) et traités (rouges) pour la période 2006-2015.

Une analyse de variance à facteurs imbriqués montre un **impact significatif des traitements au Bti sur la taille des colonies pour la période 2006-2015** ( $F_{(1,26)} = 15.5, P = 0.0005$ ) **contribuant à 23,1 % de la variance expliquée**. Une forte variance au sein de l'échantillon est également expliquée par l'effet site, puisque ces derniers accueillent des colonies de taille variable depuis le début des suivis, initiés avant la mise en œuvre de la démoustication (Fig. 12).

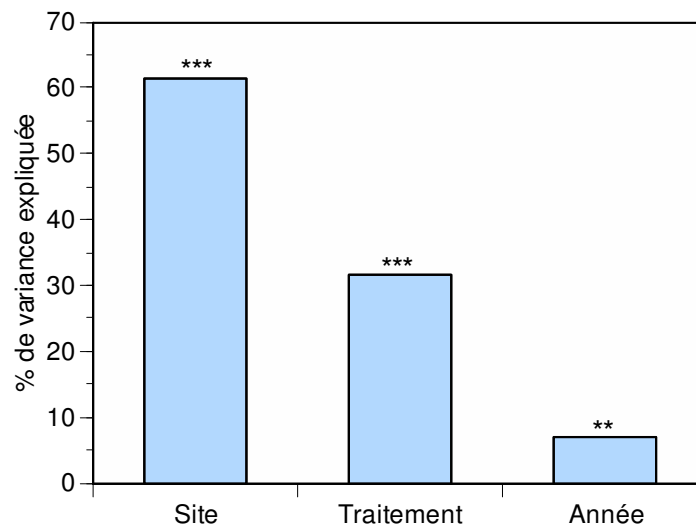


Fig. 12. Effet des variables site, année et traitement sur la taille des colonies de 2006 à 2015 selon une analyse de variance à facteurs imbriqués où \*\* =  $P < 0.01$  et \*\*\* =  $P < 0.001$ .

### Service écologique de démoustication des hirondelles

Ce volet consiste à calculer le nombre de moustiques consommés par une colonie d'hirondelles en situation de non démoustication, en combinant des données historiques sur le régime alimentaire et les disponibilités alimentaires avec le nombre de fèces produites par nid/poussins estimé en 2015.

Le nombre moyen de nématocères dans le régime alimentaire des poussins de la colonie du Sambuc (2006-2013) est estimé à 14,85 par fèces. Suite à l'impossibilité de distinguer les chironomes des moustiques dans les fèces, cette valeur a été pondérée par le pourcentage de moustiques (70,9%) parmi les nématocères volants échantillonnés autour de la colonies en 2010-2011, procurant un nombre estimé de moustiques par fèces de 10,52, sur l'hypothèse que les hirondelles consomment chironomes et moustiques proportionnellement à leur abondance.

Pour évaluer la production de fèces par la colonie, un support de bois a été installé sous 18 nids actifs. Les fèces ont été comptées au cours de 11 périodes de 24 h entre le 30 avril et le 26 juin. Ces valeurs ont été divisées par le nombre de poussins présents à chaque période d'échantillonnage afin d'obtenir un nombre moyen de fèces par poussin. Le nombre total de fèces a ensuite été calculé en multipliant cette valeur par le nombre de poussins présents chaque jour pour l'ensemble de la période allant de la première éclosion (26 avril) de la première nichée au dernier envol (18 août) de la seconde nichée (Fig. 13).

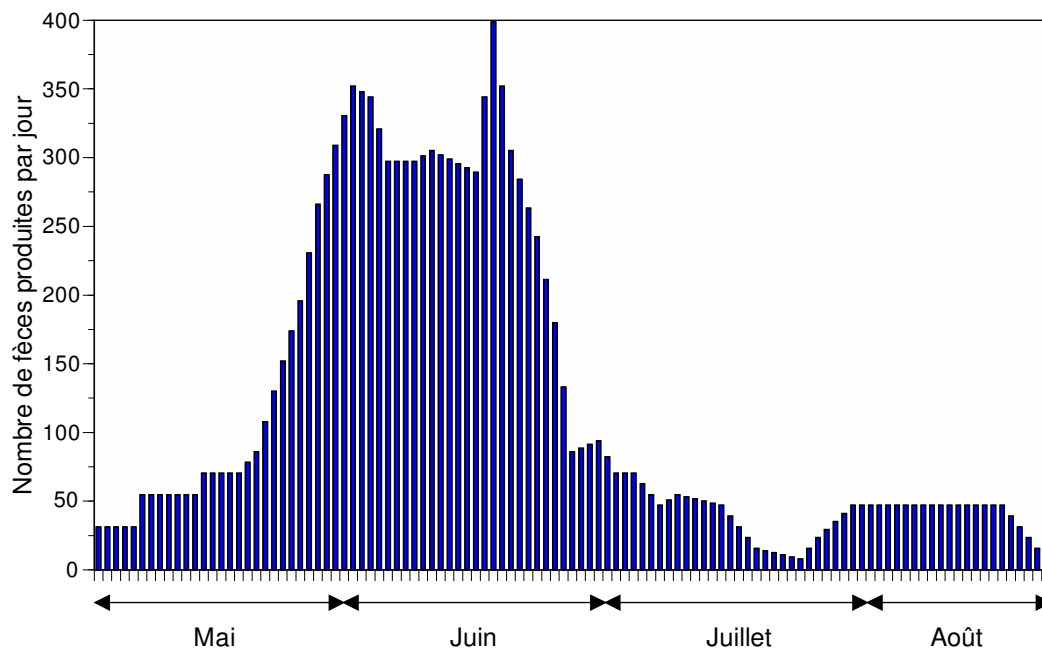


Fig. 13. Nombre de fèces produites par jour par les poussins de 18 nids de la colonie du Sambuc entre le 26 avril (première éclosion) et le 18 août (dernier envol).

**Les poussins des 18 nids** suivis ont produit un total de 13 035 fèces, dont le contenu moyen est de 10,52 moustiques, soit un total de **137 152 moustiques consommés** par les poussins. Si l'on extrapole cette valeur à l'ensemble de la colonie qui comptait 91 nids actifs cette année, on obtient une **estimation de 693 369 moustiques consommés par les oisillons d'hirondelles de la colonie du Sambuc en 2015.**

Sachant que les pièges BAMS ont capturé en moyenne 737 moustiques par jour entre juillet et septembre 2015, le nombre de moustiques prélevés par la colonie au cours des 4 mois de la reproduction **correspondrait aux quantités capturés par 8,6 pièges.**

## **Impact du dispositif BAM au Sambuc sur le régime alimentaire des poussins et le succès reproducteur des hirondelles**

Les pièges BAM n'ayant été installés que postérieurement à la période de collecte des fèces pour l'estimation du régime alimentaire (de début juin à début juillet), il ne fut pas possible d'évaluer l'impact des pièges sur les proies consommées par les poussins cette année.

Le suivi du succès reproducteur, initié dès la fin avril, a néanmoins été poursuivi, bien que les résultats ne puissent être associés à l'usage des pièges. Une moyenne de 3,24 poussins a été produite par les 18 nids suivis, ce qui est dans la moyenne des années précédentes pour un site non démoustiqué (Fig. 14).

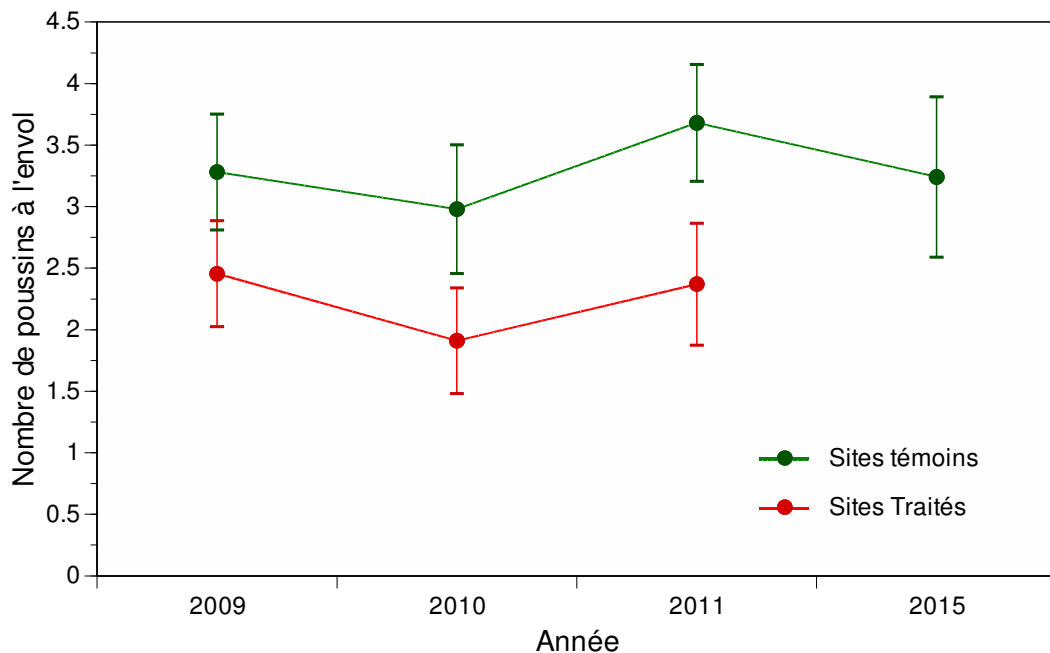


Fig. 14. Comparaison du succès reproducteur de la colonie du Sambuc en 2015 avec ceux obtenus pour les sites traités (Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis) et témoins (Sambuc, Armellière) sur la période 2009-2011.

## **Discussion**

Les **effectifs nicheurs d'hirondelles des fenêtres ont légèrement augmenté en 2014 (+13 nids) et 2015 (+33 nids)** par rapport à 2013, et ce, particulièrement **sur les deux sites traités**. Cette remontée des effectifs des colonies de Salin-de-Giraud et Port Saint-Louis pourrait être liée à une **réduction de la fréquence des traitements au Bti** par l'EID. Ainsi, les données issues du domaine de la Palissade révèlent une moyenne de 13 traitements aériens par an entre 2007 et 2013, comparativement à 5,5 pour 2014-2015 (cf 7. Suivis sur le domaine de la Palissade). Il serait pertinent de comparer le régime alimentaire actuel des poussins sur ces sites par rapport aux données obtenues au cours de la période 2007-2011 pour vérifier cette hypothèse. **L'effet traitement (la démoustication) demeure néanmoins significatif**, contribuant à expliquer 23% de la variance observée dans la taille des colonies depuis le début des opérations de démoustication.

L'estimation de la production de fèces par les poussins d'une colonie en 2015 permet d'estimer un **prélèvement de moustiques de 693 369 pour l'alimentation des jeunes produits par une colonie de 91 nids, soit 7019 moustiques par nid**. Le service écologique de démoustication fourni par cette colonie d'hirondelles correspond à l'utilisation de 8,3 pièges BAM pendant quatre mois et pourrait expliquer les taux de captures relativement bas du piège situé à proximité de la colonie (la majorité des pièges n'ayant été fonctionnel qu'en août, cette hypothèse ne peut être vérifiée cette année). Si ce prélèvement de moustiques est quantitativement important, il faut cependant préciser que la multiplication des hirondelles ne pourrait être envisagée comme moyen de contrôle des moustiques caractérisés par des pics de nuisance fortement variables, car celles-ci ne peuvent répondre numériquement de façon instantanée à ces pics, contrairement aux pièges dont les taux de captures sont directement proportionnels à l'abondance des moustiques.

**Le succès reproducteur de la colonie du Sambuc affiche 3,24 poussins produits par nid en 2015**, soit une valeur dans la moyenne des années passées pour un site non traité. Ce résultat ne peut cependant être interprété en fonction de la mise en opération des pièges BAM qui s'est faite trop tardivement cette année.

L'hirondelle des fenêtres est une espèce à surveiller en région PACA, où elle a subi un déclin de l'ordre de 42% entre 2001 et 2010 selon les données sur le suivi temporel des oiseaux communs par point d'écoute (Vincent-Martin 2011). Les effectifs relativement stables sur les sites traités ces dernières années, couplés à la réduction moyenne de 33% du nombre de poussins produits observés sur les sites traités, suggère que ces colonies sont des trappes écologiques accueillant une population puits, c'est-à-dire une population dont le faible taux de natalité est constamment compensé par des individus immigrant d'autres populations qui, à leur tour, souffrent d'un faible succès reproducteur.

## Perspectives

Il est proposé pour 2016 de poursuivre le suivi de la taille des colonies. L'impact des pièges BAM sur les hirondelles pourrait également être estimé via la quantification du régime alimentaire des poussins et/ou le succès reproducteur.

## Références

- Poulin, B. Lefebvre, G., Paz, L. 2010. Red flag for green spray: adverse trophic effects of *Bti* on breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 47, 884-889.
- Poulin, B. Lefebvre, G., Duborper, E., Chabot, M.-H. 2011. Effets des traitements au *Bti* sur les invertébrés paludicoles et les hirondelles des fenêtres pour les cinq années de démoustication expérimentale en Camargue (2006-2011). Rapport Tour du Valat, 24 pp.
- Poulin B, Albalat F, Claeys C, Després L, Jakob C, Tétrel C. 2013 Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2012 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 108 pp.
- Poulin B, Lefebvre G, Hilaire S. 2015. Volet IV - Hirondelles des fenêtres. Pp. 26-30, In Poulin B (ed.), Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport Tour du Valat présenté au PNRC, 126 pp.

**VOLET V**

**Chiroptères**

**Fanny Albalat/Marion Gayaud**  
Groupe Chiroptères de Provence



*(c) Tanguy  
Stoecklé*

## 5. Suivi des populations de chiroptères

### Etat de l'art

**La Camargue abrite 18 espèces de chauves-souris** (10 s'y rencontrent régulièrement) et concentre ainsi **plus de la moitié des 35 espèces présentes en France**. La Camargue a aussi la particularité d'héberger des **colonies très importantes de pipistrelles**, atteignant parfois jusqu'à 1000 individus localisés dans des toitures ou d'anciennes caves. Ces pipistrelles insectivores sont notamment **connues pour leur propension à consommer des Diptères Nématocères**.

L'utilisation de *Bti* peut réduire de manière importante (>50%) les émergences d'insectes aquatiques et notamment celles des Nématocères (Poulin *et al.* 2014). Dans l'état de nos connaissances, cette diminution de proies potentielles pourrait avoir un impact négatif sur les chiroptères de Camargue en réduisant les effectifs des populations locales par l'émigration des individus qui ne trouvent plus à se nourrir suffisamment, la baisse de la natalité et une mortalité juvénile accrue.

Une première étude sur le régime alimentaire de la Pipistrelle pygmée en Camargue a montré un régime constitué à 100% de Nématocères, essentiellement de chironomes (Lugon 2007). Les études réalisées par le GCP de 2009 à 2011 ont démontré un impact sur les zones de chasse des pipistrelles en zones démoustiquées par comparaison avec les zones non démoustiquées (Kapfer & Cosson 2009, 2010; Planckaert & Kapfer 2011). Ce résultat est mis en évidence au moment des traitements au Bti. En dehors de ces périodes, qui sont fonction de la pluviométrie locale, aucune différence statistique ne peut être déterminée bien qu'une tendance soit détectée. Il existe cependant un biais lié aux conditions météorologiques locales en Camargue. La pluviométrie qui déclenche un traitement au Bti peut affecter une partie restreinte de la Camargue et biaiser les comparaisons de répliques. Malgré ces difficultés, **un effet du traitement au Bti a été démontré sur les zones de chasse**. Il semble ainsi impacter **l'activité de chasse et le taux de capture de proies par les pipistrelles**.

L'effet de la démoustication sur les zones de chasse ayant été ainsi démontré (le volet d'étude s'est arrêté en 2011), il apparaît dorénavant nécessaire de prendre en compte dans le suivi, les **paramètres de reproduction** des colonies de pipistrelles en zone démoustiquée et en zone non démoustiquée.

Une première expérience de pose de 8 nichoirs sur des bâtiments de Camargue pour évaluer la reproduction et suivre les populations de pipistrelles a été engagée en 2011 (nichoirs spéciaux avec plexiglas et récupérateur de cadavres). Nous nous sommes ensuite inspirés des méthodes mises en œuvre par Flaquer *et al.* (2006, 2009) dans le delta de l'Ebre ; étude ayant démontré le rôle des chauves-souris dans la lutte contre les ravageurs du riz (chironomes), permettant l'arrêt complet des traitements chimiques.

Le **nouveau protocole instauré en 2012** consistait à mettre en place **40 nichoirs** sur des poteaux isolés des colonies déjà existantes et de **comparer la colonisation et le succès reproducteur par les pipistrelles en zone démoustiquée** (2 sites) **et en zone non démoustiquée** (2 zones témoins) lors des années subséquentes. Concernant les nichoirs mis en place en 2011, des biais importants de colonisation ont été mis en évidence et la demande d'un des propriétaires de retirer les nichoirs nous a contraints à les soustraire de l'étude.

Les nichoirs posés en 2012 ont donc été suivis en 2013 et 2014. Durant ces 2 années, des recherches de colonies présentes dans les bâtiments dans un rayon de 2 km autour des nichoirs ont également été réalisées afin d'identifier les colonies de pipistrelles existantes à proximité.

Les résultats du suivi des nichoirs de 2015 sont présentés ci-dessous. Il a en revanche été décidé par le GCP et la Tour du Valat de ne pas réaliser en 2015 les recherches de colonies en bâti.

### Sites d'étude (Fig. 15)

- Sites traités : Palissade, They de Roustan
- Sites témoins : Tour du Valat, Marais du Vigueirat

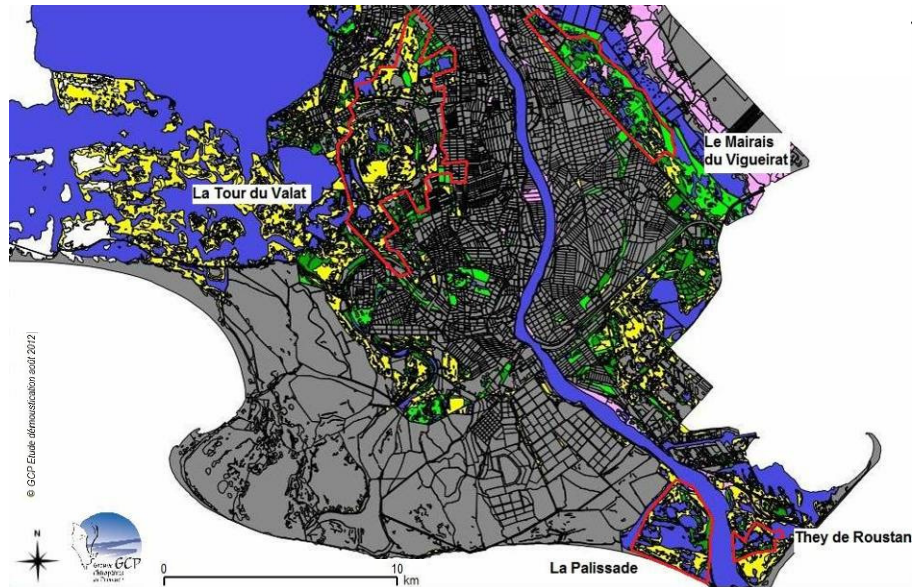


Fig. 15. Localisation des quatre sites d'étude en Camargue.

### Méthodologie

L'emplacement des nichoirs, tout en respectant les contraintes imposées par les gestionnaires de chaque site, répond à un certain nombre de contraintes: les **nichoirs** sont **espacés d'au moins 200 m**, distants d'au moins 200 m d'une habitation et situés dans des milieux les plus homogènes possibles, représentatifs des principaux habitats de Camargue.

**En 2015, quatre suivis des nichoirs ont été réalisés entre fin juillet** (lancement tardif de l'étude lié au Cahier des Clauses de l'étude) **et début octobre** par un salarié du Groupe Chiroptères de Provence accompagné d'une stagiaire de la Tour du Valat. Lors de chaque visite, les paramètres suivants ont été renseignés : date de colonisation, taille de la population (adultes et jeunes), nombre de naissances, mortalité de jeunes et adultes, temps de résidence.

Les paramètres de sex-ratio, masse corporelle et mensuration n'ont pas été relevés afin de réduire les dérangements et les risques de désertion de gîte.

La présence de nids de guêpes dans le nichoir a été notée et ces derniers immédiatement détruits. La présence de fourmis a aussi été notée à chaque fois.

L'ensemble des nichoirs a fait l'objet de réparation (changement de charnières, rainurage du bois pour faciliter l'accroche des chauves-souris...)

La prospection des nichoirs sur un site nécessite environ 2h. Le suivi de ces nichoirs doit être poursuivi sur plusieurs années.

## Résultats

*Rappel des suivis des années précédentes :*

En 2012, **un seul nichoir** en zone démoustiqué avait été colonisé

En 2013, **16 des 40 nichoirs (40%) avaient été colonisés** (Fig. 16), 4 en zones non-démoustiquées (20%) et 12 en zones démoustiquées (60%). Un maximum de 5 Pipistrelles dans un même nichoir avait été observé début septembre dans le nichoir ND-TDV08, premier gîte colonisé en 2012.

En 2014, **24 des 40 nichoirs (60%) étaient colonisés** (Fig. 16), 11 en zones non-démoustiquées (55%) et 13 en zones démoustiquées (65%).

Colonisation des nichoirs en 2015 :

En 2015, **27 des 40 nichoirs (67.5%) ont été colonisés** (Fig. 16), 15 en zones démoustiquées (75%) et 12 en zones non-démoustiquées (60%). La colonisation est donc plus importante de 15% en zones démoustiquées et majoritairement au They de Roustan (90 %) comme en 2014. En zone non-démoustiqué, sur le site du Marais du Vigueirat, la colonisation a diminué, seuls 3 nichoirs étant occupés en 2015 sur les 5 de 2014.

Au total, la présence de chauves-souris s'est avérée positive pour 62 observations sur 160, soit dans 38,75% des cas, dont 33 observations avec plusieurs individus dans le nichoir. Vingt nichoirs (83,3%) sur les 24 colonisés en 2014 ont été recolonisés en 2015.

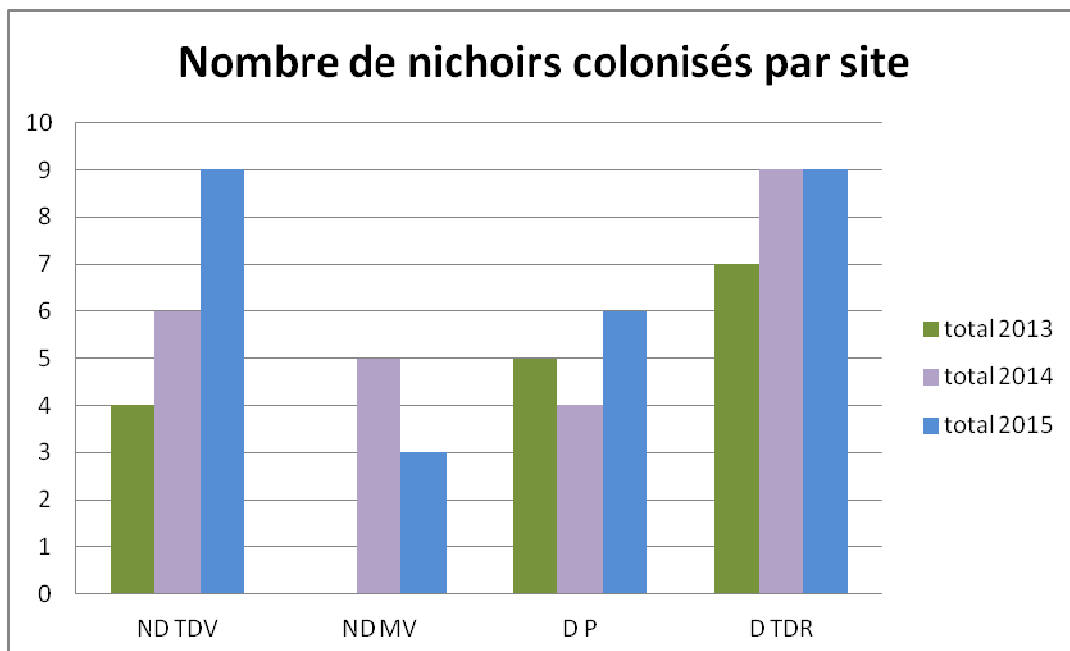


Fig. 16. Nombre de nichoirs occupés par site, non-démoustiqués (ND) : Tour du Valat (TDV) et Marais du Vigueirat (MV) et démoustiqués (D) : Palissade (P) et They de Roustan (TDR) - (comparaison 2013, 2014 et 2015)

Un maximum de 25 Pipistrelles a été observé en zone déoustiquée sur le site du They de Roustan début octobre. Le maximum observé en zone non-déoustiquée est de 15 Pipistrelles la semaine du 12 août sur le site de la Tour du Valat.

La présence de plus d'une dizaine de chauves-souris dans un nichoir durant la période de reproduction peut laisser supposer son occupation par une colonie de parturition. Cette idée est confortée par l'observation d'au moins un jeune dans le nichoir ND-TDV 09 le 28 juillet 2015. Cependant, à cette date, les jeunes pipistrelles sont déjà volantes et rien ne peut confirmer qu'elle est née dans ce nichoir. Le lancement tardif d'exécution des prestations aux 31 juillet 2015 lié au cahier des clauses de l'étude ne permettait pas de répondre à la problématique de mise en évidence des naissances qui à lieu en juin.

La colonisation des nichoirs au cours du temps, en termes de nombre de nichoirs occupés et de chauves-souris présentes, est illustrée aux figures 17 et 18.

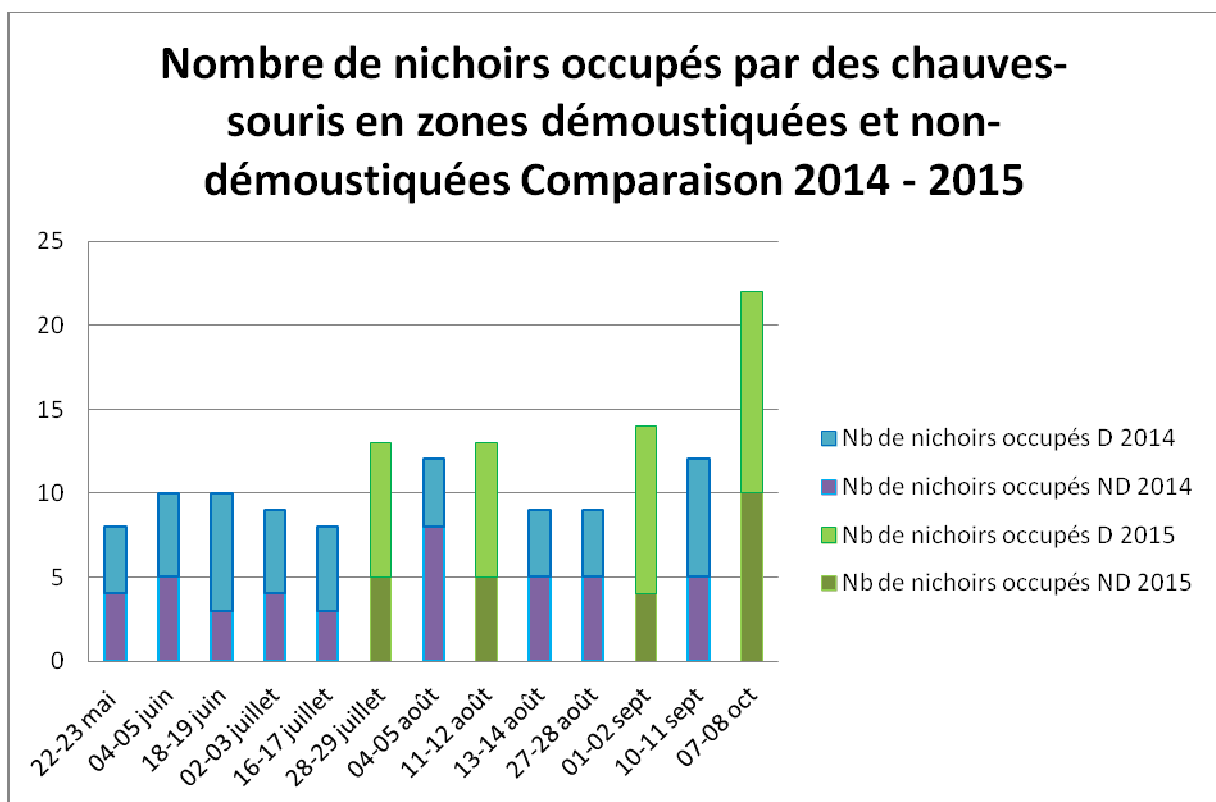


Fig.17. Evolution du nombre de nichoirs occupés par des chauves-souris par secteurs non-déoustiqués (ND) et déoustiqués (D) en 2014 et 2015.

Malgré l'absence de suivi au printemps et en début d'été en 2015, on constate une augmentation globale du nombre de chauves-souris présentes dans les nichoirs entre 2014 et 2015. Une forte augmentation est observée en automne (octobre 2015), avec des effectifs de 5 fois supérieurs par rapport à ceux des mois précédents (Fig. 18). Cette donnée est intéressante car aucun suivi n'avait encore été poursuivi jusqu'en octobre jusqu'à maintenant.

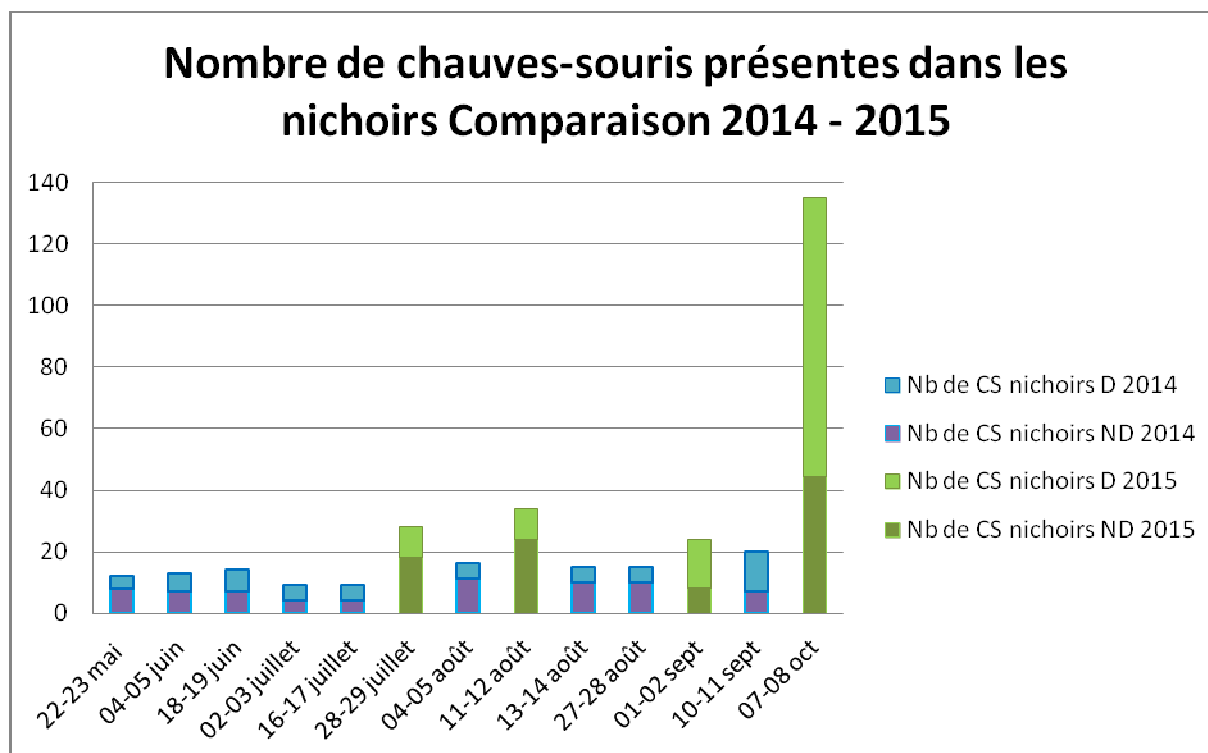


Fig. 18. Evolution du nombre de chauves-souris présentes dans les nichoirs par secteurs non-démoustiqués (ND) et démoustiqués (D) en 2014 et 2015.

#### Contrôle de la présence de guêpes et fourmis

La présence de guêpes et de fourmis dans les nichoirs a de nouveau été comptabilisée en 2015 (Tableau 3). Sur l'ensemble des nichoirs, **seul 2 nichoirs** situés sur la Tour du Valat (ND-TDV 04 et ND-TDV 09), **n'ont pas été occupés par des guêpes en 2015** (Tableau 4). En 2014, ND-TDV 04 avait été occupé tout l'été par une colonie de fourmis, sans observation de chauves-souris (Tableau 5); en 2015, les fourmis étaient présentes jusqu'en septembre. Les guêpes ont été retirées lors de chaque visite et sont revenues plusieurs fois.

Tableau. 3. Nombre d'observations de guêpes ou de fourmis par site (TDV, MV, DP, TDR), par secteur (démoustiqué (D) et non-démoustiqué (ND)) et pour l'ensemble de la période suivie en 2015.

Nombre d'observations positives/insecte/site en 2015	Guêpe Germanique	Guêpe maçonne	Autres Guêpes	Fourmis
Nichoirs ND TDV	16	10	0	8
Nichoirs ND MV	29	15	0	5
Nichoirs D P	21	17	1	2
Nichoirs D TDR	17	24	0	0
Nichoirs ND	45	25	0	13
Nichoirs D	38	41	1	2
Nb total d'observations positives	83	66	1	15

Tableau. 4. Nombre de nichoirs occupés au moins une fois dans l'année par des guêpes ou des fourmis par site (TDV, MV, DP, TDR), par secteurs (démoustiqué (D) et non-démoustiqué (ND)) et pour l'ensemble de la période suivie en 2015.

Nombre de nichoir occupé (au moins une fois) en 2015	Guêpe Germanique	Guêpe maçonne	Autres Guêpes	Fourmis
Nb de nichoirs occupés ND TDV (n=10)	8	7	0	4
Nb de nichoirs occupés ND MV (n=10)	10	6	0	4
Nb de nichoirs occupés D P (n=10)	8	8	1	1
Nb de nichoirs occupés D TDR (n=10)	10	10	0	4
Nb de nichoirs occupés ND (n=20)	18	13	0	8
Nb de nichoirs occupés D (n=20)	18	18	1	5
Nb total de nichoirs occupés (n=40)	36	31	1	13

Tableau. 5. Nombre de nichoirs occupés au moins une fois dans l'année par des guêpes ou des fourmis par site (TDV, MV, DP, TDR), par secteurs (démoustiqué (D) et non-démoustiqué (ND)) et pour l'ensemble de la période suivie en 2014.

Nombre de nichoir occupé (au moins une fois) en 2014	Guêpe Germanique	Guêpe maçonne	Autres Guêpes	Fourmis
Nb de nichoirs occupés ND TDV (n=10)	8	4	6	1
Nb de nichoirs occupés ND MV (n=10)	9	4	4	4
Nb de nichoirs occupés D P (n=10)	7	8	3	2
Nb de nichoirs occupés D TDR (n=10)	6	7	3	4
Nb de nichoirs occupés ND (n=20)	17	8	10	5
Nb de nichoirs occupés D (n=20)	13	15	6	6
Nb total de nichoirs occupés (n=40)	30	23	16	11

Tableau. 6. Nombre d'observations de chauves-souris avec des guêpes ou des fourmis par secteurs non-démoustiqué (ND) et démoustiqué (D) sur la période de suivi 2015.

Nombre d'observations de chauves souris avec :	Guêpe Germanique	Guêpe maçonne	Guêpe Germanique + maçonne	Autres Guêpes	Fourmis
Zones non-démoustiquées	9	5	0	0	2
Zones démoustiquées	18	23	10	0	0
Total	27	28	10	0	2

**La présence de guêpes ne semble pas être un facteur limitant à la colonisation nichoirs par les chauves-souris.** En effet, nous avons réalisé en 2015, **45 observations de pipistrelles en présence de guêpes (toutes espèces) et 17 observations de pipistrelles en l'absence de guêpes** (Tableau. 6).

**Le nombre de nichoirs occupés par les guêpes atteint des valeurs maximales en octobre** (Fig. 19).

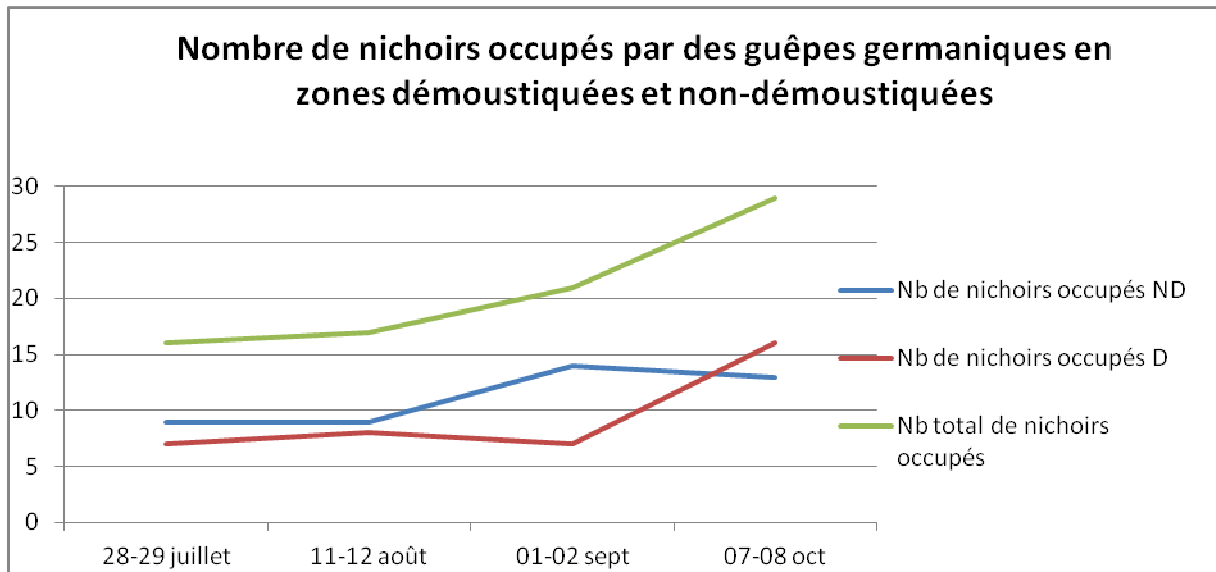


Fig. 19. Evolution du nombre de nichoirs occupés par des guêpes germaniques par secteurs non-démoustiqué (ND) et démoustiqué (D) sur la période de suivi 2015.

#### Colonisation des nichoirs en fonction de la superficie des divers types d'habitats

Les cinq types d'habitats retrouvés autour des nichoirs occupent des superficies variables selon les nichoirs et les sites (Fig. 20).

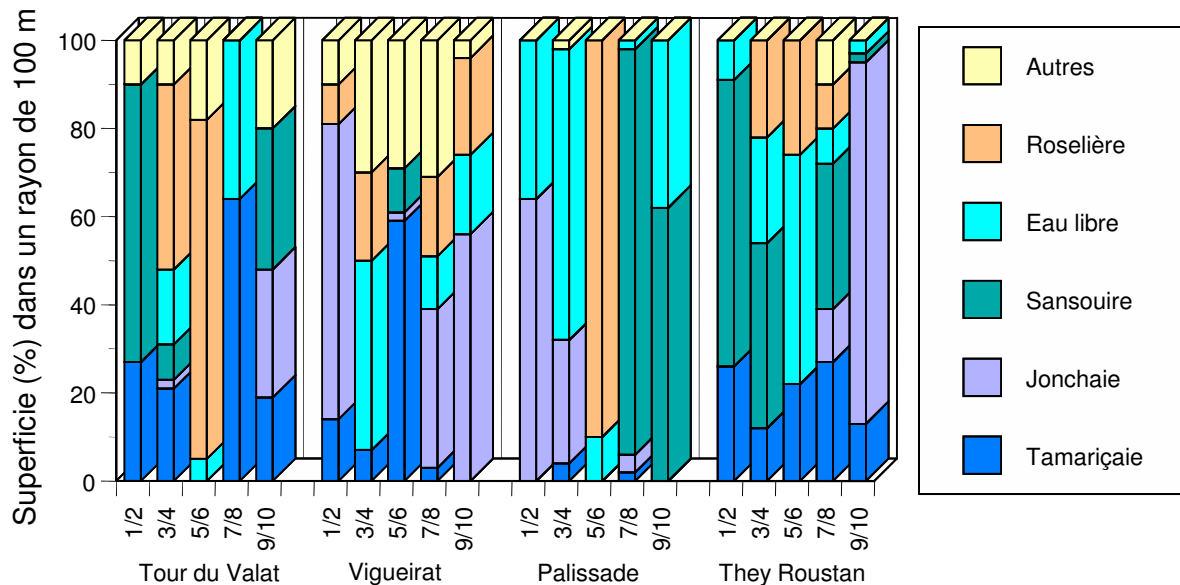


Fig. 20. Proportion (%) de la superficie occupée par les cinq principaux habitats dans un rayon de 100 m autour des 5 nichoirs doubles aux quatre sites d'échantillonnage.

Une analyse par arbre de régression a révélé que la présence de tamaris couvrant une superficie de 13% ou plus est un facteur déterminant pour expliquer le nombre de pipistrelles présentes dans les nichoirs en 2015, permettant d'expliquer 28% de la variance ( $r = 0,530$ ,  $n = 20$ ,  $P = 0.016$ ). Ainsi, les nichoirs ayant plus de 13% de recouvrement en tamaris dans un rayon de 100 m ont été colonisés par 12,2 individus en moyenne contre 3,9 individus pour les nichoirs entourés d'une superficie moindre en tamaris.

Par ailleurs, la présence de bâtiments avec ou sans colonies dans un rayon de 2,5 km est le principal facteur influençant la fréquence annuelle de colonisation des niochirs (Fig. 21). Ainsi, une analyse par arbre de classification démontre que tous les niochirs colonisés pendant au moins une année avaient dans un rayon de 2,5 km à minima 4 bâtiments abritant des colonies ou à minima 25 bâtiments sans colonies. Cette analyse permet d'expliquer 45% de la variance dans la probabilité annuelle d'occupation des niochirs ( $F_{(2,17)} = 5.59, P = 0.013$ ).

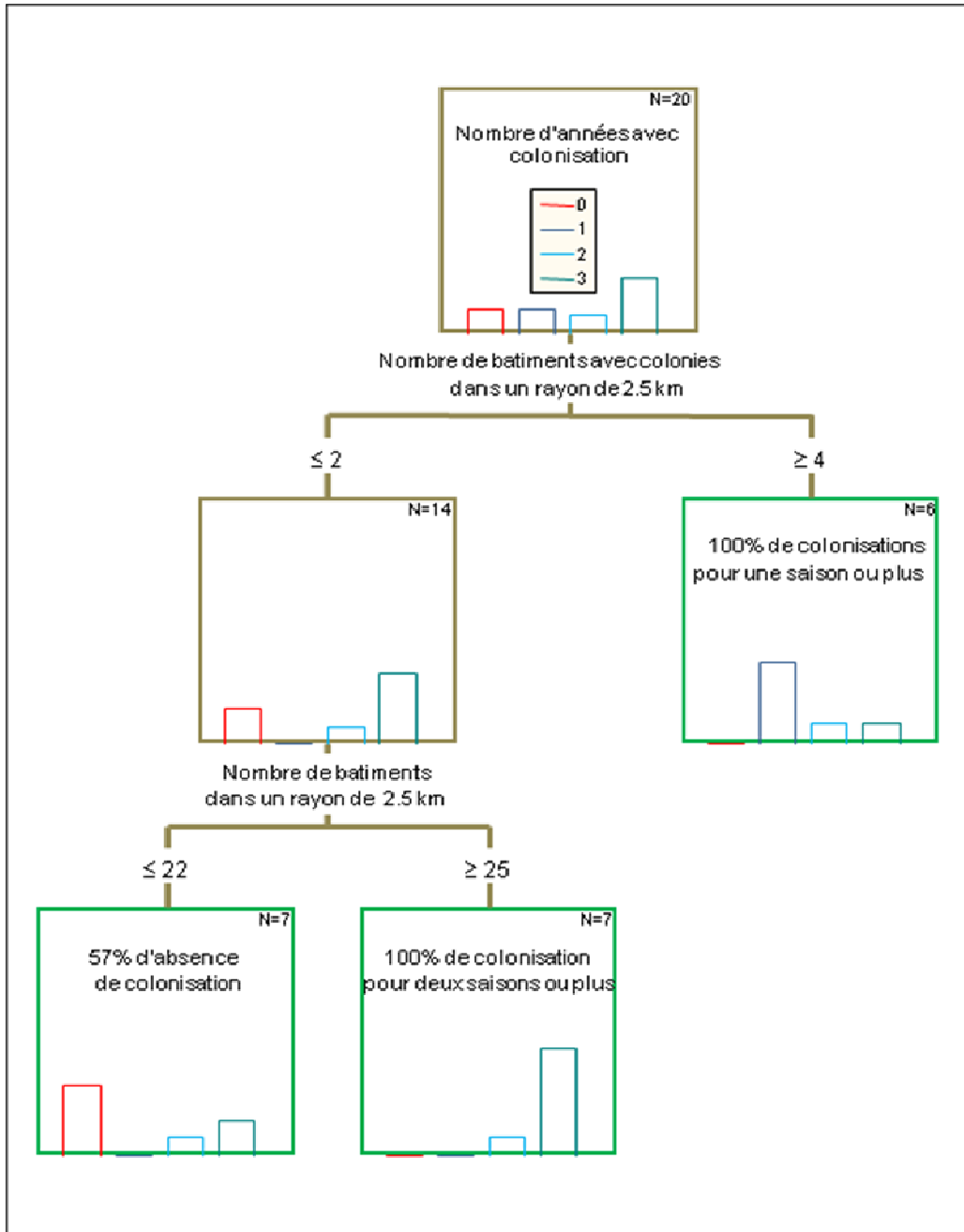


Fig. 21. Facteurs influençant la fréquence annuelle d'occupation des niochirs par les pipistelles sur la période 2013-2015.

## Discussion

L'hypothèse de travail est que les conditions de reproduction (alimentation) pourraient être influencées par la démoustication, avec pour conséquence une raréfaction des chauves-souris dans le delta et particulièrement dans les zones traitées sur le long terme. L'objectif est de mesurer l'effet de la démoustication sur les effectifs des colonies, la natalité et le taux de survie des jeunes avant l'envol grâce à l'installation de nichoirs et à leur suivi en zones démoustiquées et non démoustiquées.

En Camargue, les colonisations de nichoirs sont en général rapides. Sur les 40 nichoirs mis en place en 2012, seul le nichoir n°8 en zone non démoustiquée de la Tour du Valat avait été colonisé par une pipistrelle durant l'été 2012. Dans l'étude réalisée par Flaquer *et al.* (2006), 15% des nichoirs étaient occupés la 1<sup>er</sup> année par des colonies de reproduction et ce chiffre augmente significativement jusqu'au 4<sup>ème</sup> été. **2013** correspond à la 1<sup>ère</sup> année d'expérimentation avec un taux **d'occupation de 40% des nichoirs**, dont 4 en zones non-démoustiquées (20%) et 12 en zones démoustiquées (60%). En 2014, le taux d'occupation des nichoirs atteint 60%, dont 11 en zones non-démoustiquées et 13 en zones démoustiquées. **En 2015 il atteint 67,5%, dont 15 en zones démoustiquées et 12 en zones non-démoustiquées.**

La **colonisation des nichoirs est donc toujours croissante** en 2015, avec 33 observations de plus d'une chauve-souris au cours du suivi. Le nombre maximal d'individus observé dans un seul nichoir atteint également des records avec 15 pipistrelles en aout (ND - TDV 09) en zone non-démoustiquée et 25 Pipistrelles en octobre en zone démoustiquée (D-TDR 07).

La présence de 13 pipistrelles et l'observation d'un jeune de l'année dans le nichoir ND-TDV 09 laisse supposer qu'il y a eu reproduction. Cependant, le lancement tardif de l'étude (31 juillet 2015) ne nous a pas permis de réaliser les suivis durant la période de mise bas qui a lieu en juin. Il est essentiel de lancer les prochains suivis avant la période de mise bas si l'on souhaite obtenir des informations quantifiées sur la présence de reproduction et le succès reproducteur. Le taux de colonisation étant influencé par des paramètres liés au territoire (présence de tamaris, proximité de colonies existantes, présence de bâtiments), seul le suivi du succès reproducteur dans les nichoirs permettrait d'estimer si les traitements au *Bti* ont un impact sur les pipistrelles.

Nous n'avons pas trouvé de bibliographie concernant l'impact de la présence de nids de guêpes sur la colonisation d'un nichoir par des chauves-souris. René Boulay (comm. pers) mentionne une cohabitation possible, ce qui fut confirmé par les suivi de 2013, 2014 et 2015. Les essais ont été régulièrement retirés et leur taille maîtrisée, car il apparaît évident qu'une importante colonie de guêpes puisse faire fuir les chauves-souris (perte de l'espace dans le gîte notamment). Alternativement, l'absence de chauves-souris dans le nichoir est susceptible de favoriser leur colonisation par les guêpes. Un **contrôle des nids de guêpes doit donc être systématiquement mis en œuvre avant la phase d'installation des colonies de pipistrelles.**

## Références

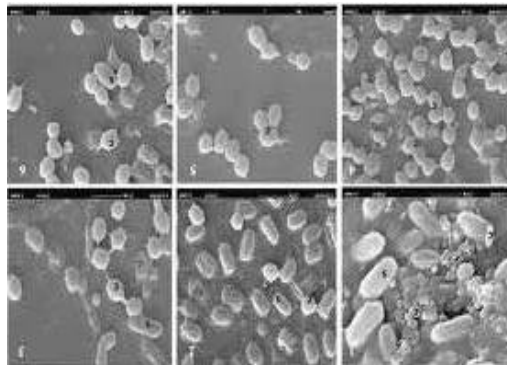
Albalat, F. 2015. Volet V : Chiroptères. Pp. 31-42 in Poulin B (ed.) Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 118 pp.

- Flaquer C, Puig-Montserrat X, Goiti U, Vidal F, Curc A & Russo D. 2009. Habitat Selection in Nathusius' Pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*): The Importance of Wetlands. *Acta Chiropterologica* 11: 149-155.
- Flaquer C, Torre I, & Ruiz-Jarillo R. 2006. The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biological Conservation* 128: 223-230.
- Kapfer G & Cosson E. 2010. Etude de l'influence du *Bti* sur les populations de Chiroptères dans le cadre des campagnes de démoustication en Camargue. Parc naturel régional de Camargue. Groupe Chiroptères de Provence, Arles, 9 pp.
- Kapfer G & Cosson E. 2009. Etude de l'influence du *Bti* sur les populations de Chiroptères dans le cadre des campagnes de démoustication en Camargue. Parc naturel régional de Camargue. Groupe Chiroptères de Provence, Arles, 15 pp.
- Lugon A. 2007. Analyse du régime alimentaire de *Pipistrellus pygmaeus*. La Tour du Valat, Arles, Camargue (13). Parc naturel régional de Camargue, Azuré, Groupe Chiroptères Provence. 11 pp.
- Planckaert O & Kapfer G. 2011. Campagnes de démoustication en Camargue : influence du *Bti* sur les populations de Chiroptères. Parc naturel régional de Camargue. Groupe Chiroptères de Provence, Arles. 17 pp.
- Poulin B, Hilaire S & Lefebvre G. 2014. Volet I : Diptères Chironomidés.
- Poulin B, 2015. Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 126 pp.

## VOLET VI

### Persistance du *Bti* dans l'environnement

**Brigitte Poulin<sup>1</sup>, Laurence Després<sup>2</sup> & Gaëtan Lefebvre<sup>1</sup>**



<sup>1</sup> Tour du Valat

<sup>2</sup> Laboratoire LECA, Université de Grenoble

## 6. Suivi du devenir du *Bti* dans le milieu

### Etat de l'art

Face à l'**utilisation actuellement quasi-universelle du *Bti* dans les zones humides** pour le contrôle des moustiques, une **meilleure connaissance de son devenir et de sa persistance dans l'environnement sont essentiels**. Une étude réalisée dans la région Rhône-Alpes, révèle la présence de litière contenant du *Bti* ayant une toxicité aigüe envers les larves de moustiques plusieurs mois après épandage, de même que la présence de spores viables dans des milieux non précédemment traités (Tilquin *et al.* 2008). Le projet ANR DIBBECO (2009-2011) « Devenir et Impact du Bactério-insecticide *Bti* sur les écosystèmes » coordonné par Laurence Després de l'Université J. Fourier à Grenoble et auquel participait notamment l'EID, a permis de mettre au point des outils moléculaires diagnostics pour la quantification du *Bti* et de ses toxines (Test ELISA) dans l'environnement. Un article récemment publié sur la base de travaux réalisés en mésocosmes démontre que la présence de litière entraîne une persistance différentielle des 4 toxines du *Bti* (Tétreau *et al.* 2012), augmentant potentiellement les risques de résistance. Par ailleurs, le suivi de marais traités en Camargue dans le cadre du projet DIBBECO a récemment révélé une densité de spores de *Bti* associée au nombre de traitements et au type de végétation, avec une persistance des spores plusieurs mois après les traitements (Duchet *et al.* 2014).

Ce volet, initié en 2012, a d'abord permis de démontrer un effet significatif du nombre de traitements sur la densité des spores de *Bti*, de même qu'un effet habitat alors que la densité des spores est faible dans les sansouires, moyenne dans les scirpaies et élevée dans les roselières (Poulin *et al.* 2015). Il s'agissait de la première démonstration *in situ* d'une persistance plus élevée du *Bti* dans des milieux riche en matière organique. Cette forte densité de *Bti* à la surface des sédiments ne permet pas de réduire l'émergence des moustiques qui s'alimentent en pleine eau, mais risque d'affecter tout particulièrement les chironomes qui sont benthiques et abondants dans les roselières de Camargue (cf volet chironomes). Les données analysées en 2013-2014 ont par ailleurs révélé une prolifération des spores de *Bti* de trois à six mois après la fin des traitements dans les sansouires, les scirpaies et les roselières (Poulin *et al.* 2015). Sachant que la germination du *Bti* ne peut se produire que dans le système digestif des insectes sensibles au *Bti*, l'hypothèse la plus probable pour expliquer cette augmentation serait la consommation des spores de *Bti* par les chironomes. Ce phénomène de recyclage du *Bti* dans l'environnement n'avait été jusqu'à maintenant observé qu'une seule fois, dans des mares temporaires sous couvert forestier en Isère (Tilquin *et al.* 2008).

Sur la base des trois habitats étudiés, les données récoltées en Camargue ces trois dernières années suggèrent que la persistance et la germination du *Bti* sont proportionnels à la durée d'inondation. L'étude en 2015 a donc porté sur la poursuite du monitoring des sites traités, mais également des sites où les traitements ont été interrompus mais dont l'hydrologie est suivie.

### Sites d'étude (Fig. 22)

- Sites traités: une roselière, une sansouire et une scirpaie sur les Domaine de la Palissade et du They de Roustan (les mêmes qu'en 2012, 2013 et 2014). Une jonchaie (Clos d'Armand) traitée à partir du sol au domaine de la Palissade.
- Sites de roselières où les traitements ont été interrompus depuis 2012 : Mourgues et Domaine du Petit Saint-Jean (Gard).

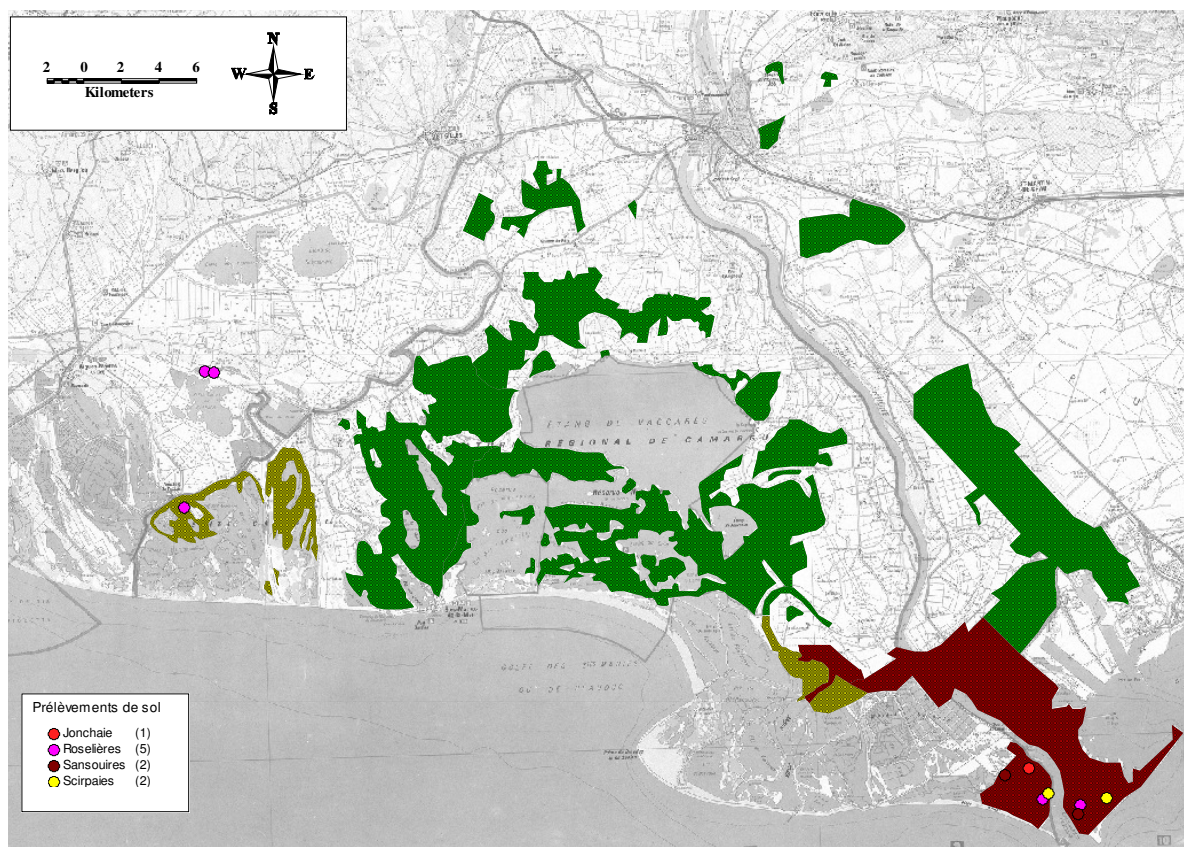


Fig.22. Localisation des sites de prélèvement de sol en relation avec les types d'habitats et les biotopes larvaires potentiels en Camargue jamais traités (vert), non traités depuis 2012 (jaune) et traités au Bti (rouge) - source EID-Méditerranée - données non disponibles pour le Gard

## Méthodologie

La méthode consiste à prélever des échantillons de substrats superficiels à raison de 3 échantillons par site et de les faire sécher au four à 50°C sur papier absorbant en évitant les risques de contamination entre échantillons. Ces derniers sont ensuite envoyés à Grenoble pour broyage, étalements et comptages de spores sur boîte de pétri par analyse microbiologique. Sur les sites traités, les échantillons sont prélevés avant le premier traitement et après le dernier traitement de l'année. Sur les sites où les traitements ont été interrompus, les échantillons sont prélevés en mai et septembre, soit avant et après la période d'assèchement probable des marais.

## Résultats

Le calendrier de collecte des échantillons en fonction des sites et types de milieu depuis l'initiation de ce suivi en 2012 est indiqué au tableau 6.

Tableau 6. Dates de collecte des trois échantillons de sol ou litière par site. Les échantillons indiqués en vert ont été au moins en partie analysés au laboratoire de Grenoble, et ceux en orangé sont stocké à la Tour du Valat ou en cours de séchage.

Lieu	Milieu	Saison de traitements 2012			Saison de traitements 2013			Saison de traitements 2014			Saison de traitements 2015			
		1er trait.	2e trait.	témoin	après dernier trait.	durant saison	témoin	après dernier trait	Avant 1er trait	témoin	après dernier trait	Avant 1er trait	témoin	après dernier trait.
They de Roustan	Roselière	2 dates	2 dates		4 dates	27/05/13		4 dates	26/03/14		07/11/14	2 dates		2 dates
	Scirpaie	2 dates			4 dates			4 dates	26/03/14		07/11/14	2 dates		2 dates
	Sansouire	2 dates	2 dates		4 dates			4 dates	26/03/14		07/11/14	2 dates		2 dates
Palissade	Roselière	2 dates	2 dates		4 dates	23/05/13		4 dates	26/03/14		07/11/14	3 dates		2 dates
	Sansouire	2 dates	2 dates		4 dates			4 dates	26/03/14		07/11/14	3 dates		2 dates
	Scirpaie		2 dates		4 dates			4 dates	26/03/14		07/11/14	3 dates		2 dates
	Jonchais sol							4 dates	26/03/14		07/11/14	2 dates		2 dates
TDV	Roselière			2 dates		21/05/13								
	Scirpaie						21/05/13			3 sites				
	Sansouire			2 dates			21/05/13							
Mourgues	Roselière			12/12/12			21/05/13			29/09/14			1/08/15	
Bélugue	Roselière			12/12/12			21/05/13							
Rousty	Roselière			14/12/12										
Canisson	Roselière						05/06/13							
Charnier-Scamandre	Roselière									2 dates				
										6 sites				
Petit St-Jean	Marais O							11/09/13			2/10/14			2 sites
	Marais E							11/09/13			2/10/14			2 sites

**Les densités moyennes de spores de *Bti* par gramme de sol ou litière varient selon les sites traités et les types d'habitats** (Tableau 7). La densité de *Bti* atteint des valeurs maximales dans les roselières de Belugue, suivie de celle de Mourgues, puis du They de Roustan. Des spores de *Bti* sont présentes sur les sites témoins, mais en densité inférieure à celle des sites traités. **Les valeurs les plus faibles** sont généralement observées **dans les sansouires** et **les plus fortes dans les roselières**, alors que les jonchaies et scirpaies affichent des valeurs intermédiaires. Il est bon de préciser que la seule jonchaie considérée est également traitée à partir d'épandage depuis le sol.

Tableau 7. Densités moyennes de spores de *Bti* par gramme de sol ou litière pour chacun des sites et habitats échantillonnés depuis 2012.

	<i>Sansouires</i>	<i>Scirpaies</i>	<i>Roselières</i>	<i>Jonchaie</i>
<b>Sites traités</b>				
Palissade	8 061	89 208	4 570	43 776
They Roustan	8 530	15 376	123 632	
Bélugue			517 813	
<b>Site non traité en 2012-2014</b>				
Mourgues			130 016	
<b>Sites témoins</b>				
Tour du Valat	331	17 636	2 547	
Marais de Rousty			3 046	
...Canisson (MdV)			5 370	
<b>Sites a priori traités (Gard)</b>				
Charnier-Scamandre (global)			3 611	
Listes ouest, nord Scamandre			1208	
Listes centre, nord Scamandre			0	
Listes est, nord Scamandre			14 958	
Lot 7 communal, Charnier			1125	
Lot 8 communal, Charnier			708	
Bouvau, sud-ouest Scamandre			3667	

A une exception près, les six roselières échantillonnées aux étangs Charnier-Scamandre dans le Gard ont une densité de spores comparable à celle des sites témoins, suggérant une faible intensité de traitements. Au regard des valeurs de densités observées, il n'apparaît pas utile d'évaluer l'impact de l'hydrologie à long terme sur le devenir du *Bti* de ces marais, d'autant plus que les dates et fréquences des traitements au *Bti* sur ce secteur n'ont pas été transmises par l'EID. Pour la même raison, ces sites ne sont pas inclus aux analyses présentées ci-après.

Les densités de spores de *Bti* ne suivant pas une distribution normale, elles ont été transformées à l'aide de l'équation  $\log_{10}(x + 1)$  préalablement aux analyses. Une analyse de variance à facteurs imbriqués (Fig. 22) réalisée sur les données normalisées révèle **un impact significatif des traitements sur la densité de spores de *Bti*** ( $F_{1354,1} = 21.4$ ,  $P = 0.000004$ ). La présence de traitements contribue à 55% de la variance expliquée au sein de l'échantillon, suivie du type d'habitat (29%) et de l'année (13%). La faible variance expliquée par les trois échantillons prélevés à un même site (effet intra-site, 1%), de même que par les trois sous-échantillons de chaque échantillon créés pour mener les analyses microbiologiques (effet intra-échantillon, 1%), suggèrent que le protocole d'échantillonnage est robuste (Fig. 23).

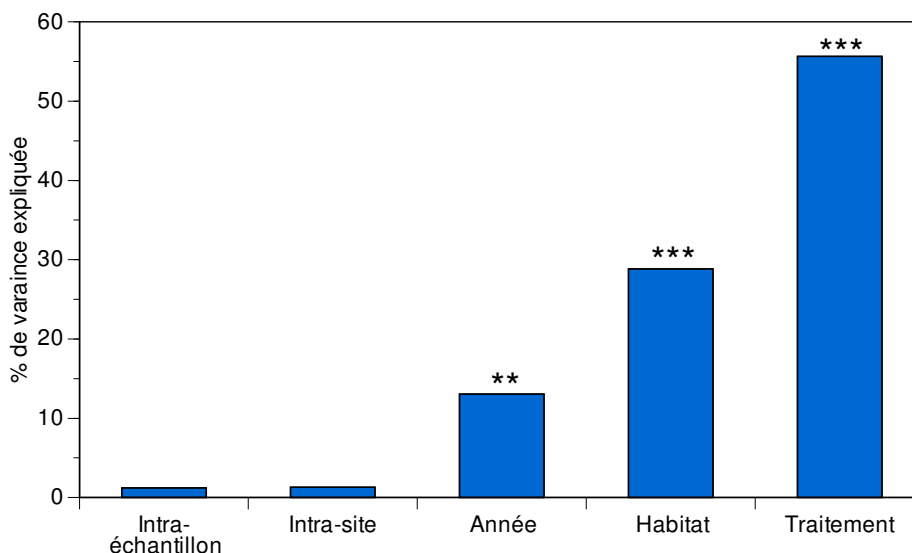


Fig. 23. Effet des variables intra-site, intra-échantillon, année, habitat et présence de traitements au *Bti* sur la densité des spores entre 2012 et 2014 selon une ANOVA à facteurs imbriqués.

Lorsque l'on compare la densité des spores de *Bti* des sites témoins et des sites traités au cours des trois premiers traitements de la saison, **le nombre de traitements a un impact significatif** ( $F_{190,3} = 20.$ ,  $P < 0.000001$ ), contribuant à 40% de la variance expliquée, contre 36 % pour l'effet habitat (Fig. 24). Il est à noter également que l'accroissement dans la densité des spores de *Bti* après plusieurs traitements successifs est exponentielle et non linéaire, puisque l'axe des ordonnées suit une échelle logarithmique.

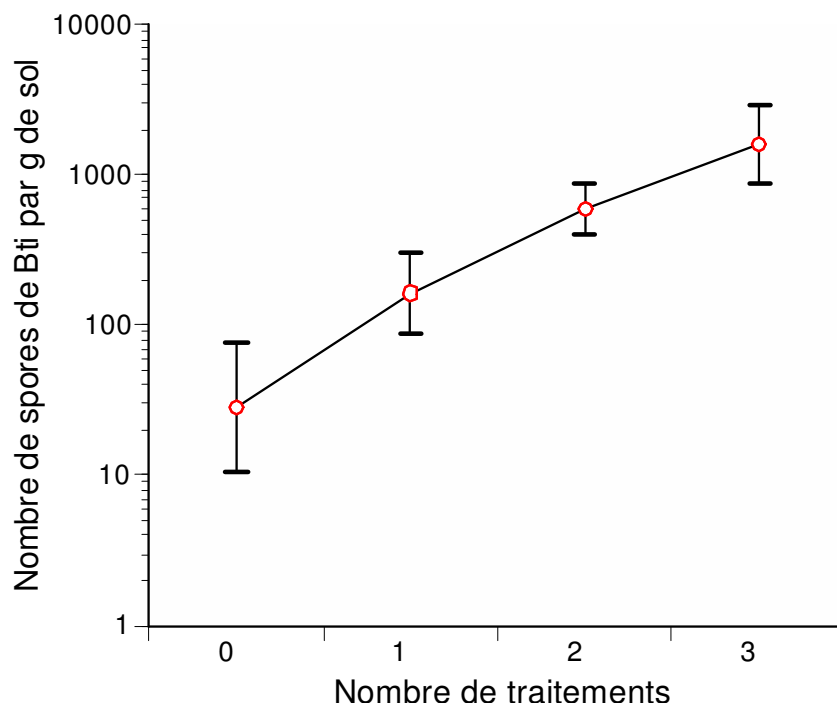


Fig.24. Effet du nombre de traitements sur la densité de spores de *Bti* dans les sites traités selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées. La densité après le premier traitement correspond à celle relevée juste avant le second traitement en 2012.

**L'effet habitat sur la densité de spores de *Bti* dans les sites traités est très significatif** ( $F_{1138,3} = 10.75$ ,  $P = 0.0000001$ ), contribuant à 62% de la variance expliquée au sein de l'échantillon, contre 24% pour l'effet année. Un test post-hoc LSD de Fisher révèle que la densité des spores de *Bti* est maximale et significativement plus élevée dans les jonchaies par rapport à tous les autres types d'habitats ( $P < 0.02$ ). Les densités sont moyennes et similaires dans les roselières et les scirpaies, étant minimales dans les sansouires où la densité est significativement inférieure à celle de tous les autres types d'habitats ( $P < 0.0001$ ) (Fig. 25).

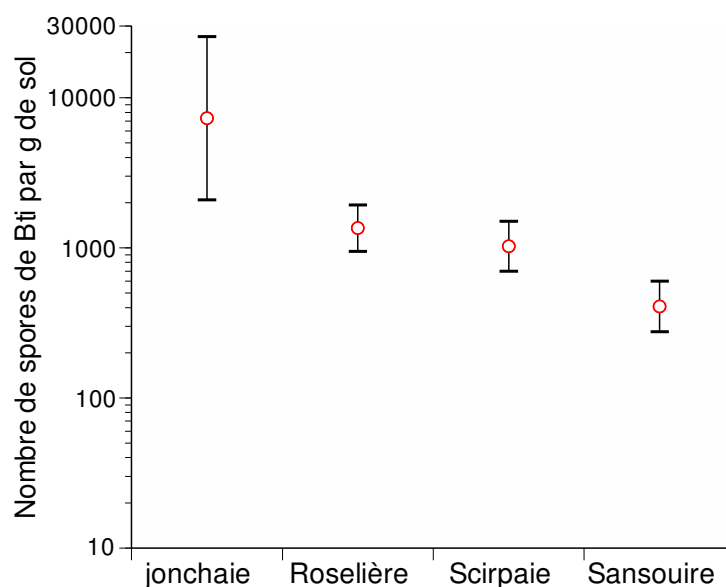


Fig. 25. Effet de l'habitat sur la densité de spores de *Bti* dans les sites traités en 2012-2014 selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

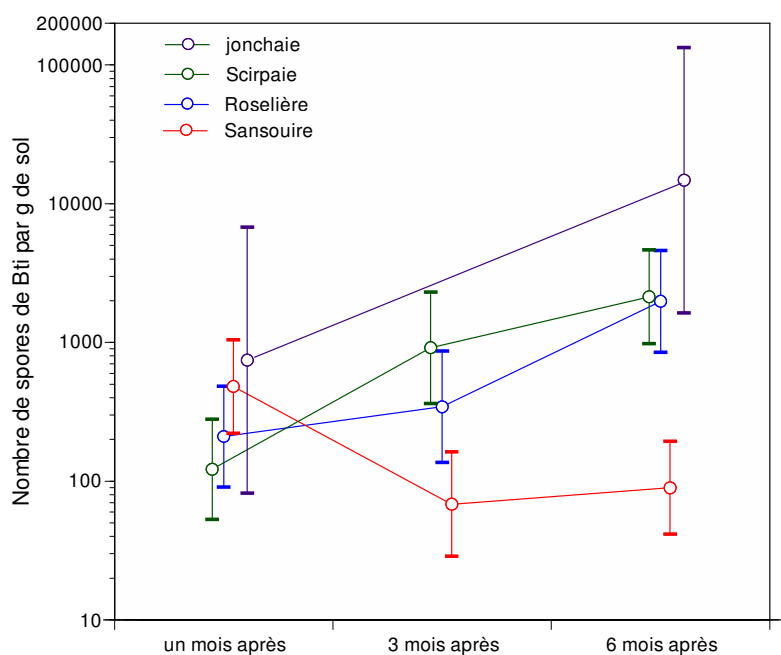


Fig.26. Effet du temps sur l'évolution de la densité de spores de *Bti* en fonction du type d'habitat selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données 2012-2014 normalisées.

Le temps écoulé après le dernier traitement de la saison entraîne des variations importantes dans la densité de *Bti* ( $F_{585,2} = 8.52, P = 0.0002$ ) et représente 16% de la variance expliquée. Il y a cependant un fort effet habitat ( $F_{213,8} = 7.52, P < 0.000001$ ), qui représente 14% de la variance. Ces résultats s'expliquent par **l'évolution différente du *Bti* après la fin des traitements en fonction du type d'habitat** (Fig. 26).

Alors qu'une diminution rapide de la densité des spores de *Bti* est observée suite au dernier traitement de l'année dans les sansouires (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.002$ ), **le nombre de spores dans les roselières, les scirpaies et les jonchaies augmente progressivement et de façon significative dans tous les habitats** (test post-hoc LSD de Fisher  $P < 0.0002$ ) **à l'exception de la jonchaie** où le nombre d'échantillons très réduit entraîne une forte variance (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.08$ ).

Considérant l'accumulation des spores au cours de l'année et la prolifération observée après l'arrêt des traitements à l'automne, on devrait s'attendre à une accumulation progressive des spores de *Bti* d'année en année (Fig. 27). Si l'on observe **une accumulation des spores de *Bti* sur les sites traités de 2012 à 2013** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.00002$ ), **les données 2014 révèlent cependant une densité inférieure à celle de 2012** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.07$ ).

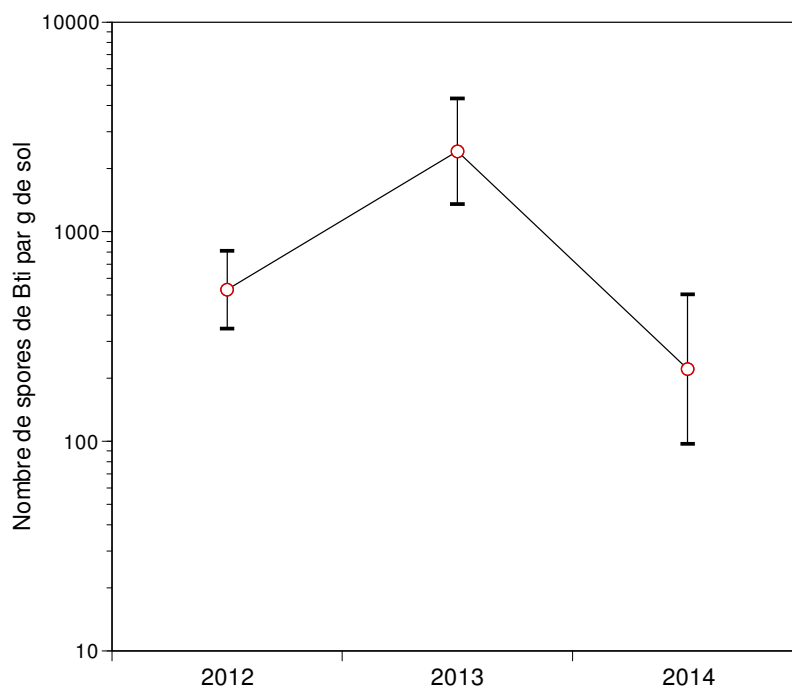


Fig. 27. Evolution de la densité de spores de *Bti* après chacune des campagnes de traitement pour tous les habitats selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

Afin d'étudier le devenir des spores de *Bti* suite à l'arrêt des traitements, nous avons comparé l'évolution de la densité de spores dans les roselières de Mourgues et du Petit-St-Jean (où les traitements ont été interrompus depuis novembre 2011) aux valeurs moyennes observées dans les roselières témoins et traitées (Figs. 28 et 29).

Sur le **site de Mourgues**, les densités moyennes de *Bti* un an après l'arrêt des traitements (2012) étaient largement supérieures à la moyenne des sites traités (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.00001$ ), puis similaires (test post-hoc LSD de Fisher  $P > 0.35$ ) aux sites traités et toujours significativement supérieures aux sites témoins (test post-hoc LSD de Fisher  $P < 0.007$ ) les deux années suivantes (2013-2014). **Ce n'est que**

**quatre années après l'arrêt des traitement que les densités de spores de Bti deviennent significativement inférieures à celles des sites traités** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.0002$ ) **et similaires à celles des sites témoins** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.18$ ).

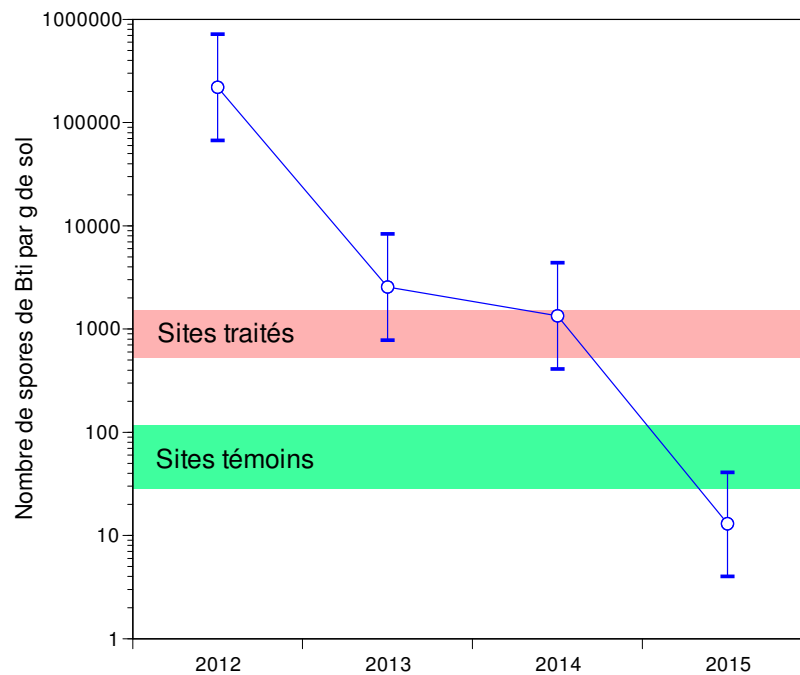


Fig. 28. Evolution de la densité de spores de Bti sur le site de Mourgues non traité depuis fin 2011 par rapport à la densité moyenne observée dans les roselières traités et témoins selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

Afin d'évaluer l'effet de l'hydrologie sur la persistance du Bti, **deux marais** ont été échantillonnés à **trois profondeurs différentes** au domaine du **Petit St Jean dans le Gard**. **Deux années après la fin des traitements** les échantillons récoltés aux profondeurs faible et moyenne avaient des densités de spores de Bti supérieures à la moyenne des sites traités (test post-hoc LSD de Fisher  $P < 0.002$ ), alors qu'à forte profondeur les densités étaient similaires à la moyenne des sites traités (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.55$ ). Les trois sites de prélèvements présentaient globalement **des densités de spores supérieures aux sites témoins** (test post-hoc LSD de Fisher  $P < 0.00005$ ). **Trois ans après l'arrêt des traitements, seuls les échantillons récoltés à la profondeur moyenne présentent des densités supérieures aux sites témoins** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.003$ ) **comparables à celles des sites traités** (test post-hoc LSD de Fisher  $P = 0.20$ ), les échantillons récoltés à faible et forte profondeur ayant des valeurs similaires aux sites témoins (test post-hoc LSD de Fisher  $P > 0.08$ ).

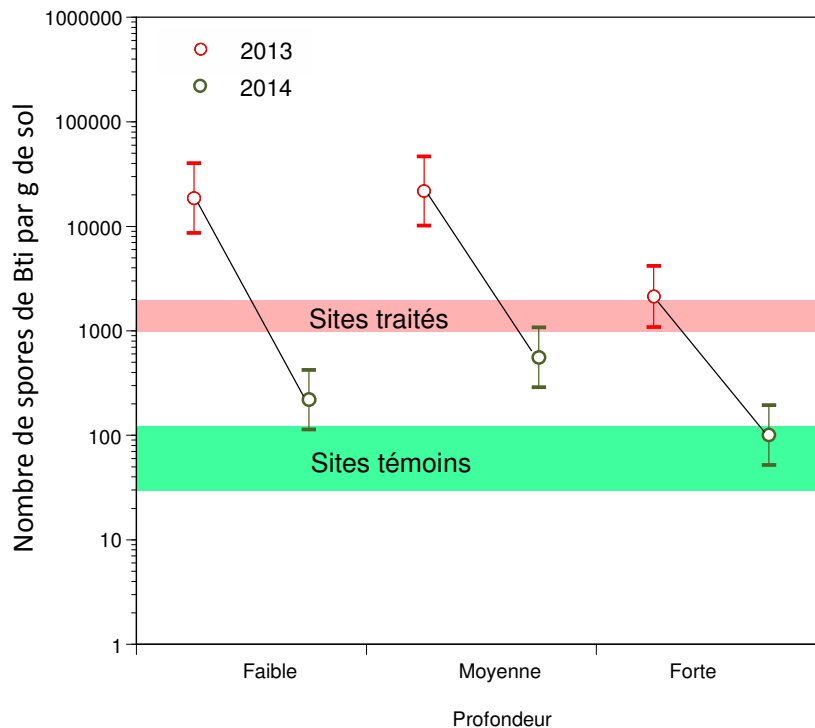


Fig. 29. Evolution de la densité de spores de *Bti* au domaine du Petit St-Jean non traité depuis fin 2011 par rapport à la densité moyenne observée dans les roselières traités et témoins selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

## Discussion

Selon une étude récente réalisée en mésocosmes (Tétreau *et al.* 2012), la présence de litière entraîne une persistance différentielle des 4 toxines du *Bti*, augmentant potentiellement les risques de résistance, alors qu'un recyclage – potentiellement favorisé par certains paramètres physico-chimiques - permet la multiplication des bactéries avec la production de nouvelles spores et toxines. Les données présentées dans ce rapport démontrent que **les spores de *Bti* s'accumulent tout au long de la saison de traitement**. La germination du *Bti* ne peut se produire que dans le système digestif des insectes sensibles au *Bti* comme les moustiques et les chironomes. Ainsi, l'hypothèse la plus probable pour expliquer l'**augmentation de la densité des spores de *Bti* trois mois après la fin des traitements, notamment dans les roselières, les scirpaies et les jonchaies**, serait leur **consommation par les chironomes** détritivores benthiques, entraînant une **multiplication de la bactérie**. Ce phénomène de recyclage du *Bti* dans l'environnement n'avait été jusqu'à maintenant observé qu'une seule fois, dans un site de la région Rhône-Alpes en 2000 (Tilquin *et al.* 2008), puis plus récemment en mésocosmes (Duchet *et al.* 2014). Ainsi, **après plusieurs années de traitement**, les densités de spores peuvent atteindre des niveaux très élevés. La densité record observée dans cette étude est de **8 500 000 spores par gramme de sol** observée dans la roselière du They de Roustan le 18/02/14, soit **quatre mois après le dernier traitement de l'année**. Si cette forte densité de *Bti* à la surface des sédiments ne permet pas de réduire l'émergence des moustiques qui s'alimentent en pleine eau, elle **risque d'affecter tout particulièrement les chironomes** qui sont benthiques et abondants dans les roselières de Camargue, ce qui explique sans doute **les perturbations observées sur divers compartiments du réseau trophique depuis plusieurs années**. Les tendances observées pour les sansouires, les jonchaies, les scirpaies et les roselières suggèrent que la rémanence du *Bti* est positivement liée à la durée de l'hydropériode et à la production primaire des milieux. La plus forte diminution observée dans les zones peu profondes des marais du domaine du Petit Saint-Jean appuie cette hypothèse. Par ailleurs, la baisse

générale de la densité des spores de *Bti* sur les sites traités en 2014 alors qu'une tendance inverse était observée de 2012 à 2013 reste inexpliquée. Elle peut découler d'une modification de l'intensité des traitements ou de la formulation du *Bti* utilisée ou encore de conditions climatiques particulières affectant tous les sites étudiés.

## Références

- Boisvert M & Boisvert J. 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology* 10: 517-561.
- Duchet C, Tetreau G, Albane M, Rey D, Besnard G, Perrin Y, Paris M, David J-P, Lagneau C & L. Després L. 2014. Persistence and recycling of bioinsecticidal *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* spores in contrasting environments: Evidence from field monitoring and laboratory experiments. *Microbial Ecology* 67:576-586.
- Poulin B, Després L & Lefebvre G. 2015. Volet VI : Persistence du Bti dans l'environnement. Pp. 41-52 in Poulin B (ed.) Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 118 pp.
- Tetreau G, Alessi M, Veyrenc S, Pérignon S, David J-P, Reynaud S, Després L. 2012. Fate of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the field: Evidence for spore recycling and differential persistence of toxins in leaf litter. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 8362-8367.
- Tilquin M, Paris M, Reynaud S, Despres L, Ravanel P, Geremia RA, Gury J. 2008. Long lasting persistence of *Bacillus thuringiensis* Subsp. *israelensis* *Bti* in mosquito natural habitats. *PLoS ONE* 310: e3432. doi:10.1371/journal.pone.0003432.

## **VOLET VII**

### **Suivis sur le domaine de la Palissade**

**Brigitte Poulin & Gaëtan Lefebvre**  
Tour du Valat



## 7. Suivis sur le domaine de la Palissade

**Le Domaine de la Palissade accueille des remises de plusieurs milliers d'oiseaux d'eau particulièrement sensibles aux dérangements** (Klein *et al.* 1995). Les comptages réalisés mensuellement depuis août 1992 révèlent des effectifs pouvant atteindre jusqu'à 2000 individus estivants et 7500 hivernants. En tant que site traité, le domaine de la Palissade est concerné par divers suivis (chironomes, odonates, passereaux paludicoles, persistance du *Bti*). Au-delà de ces suivis réalisés par la Tour du Valat et Libelo, les gestionnaires du site se sont engagés dans un processus d'évaluation des dérangements causés par la démoustication afin de formuler des préconisations de limitation du dérangement selon une méthodologie d'action (Tétrel *et al.* 2011). Ainsi, les dérangements à court-terme sur les oiseaux d'eau causés par les traitements aériens ont pu être documentés de 2006 à 2011 pour 24 269 individus de 54 espèces. Une collaboration étroite avec l'EID a permis de limiter les dérangements sur les colonies de hérons arboricoles et de laro-limicoles, notamment durant la période sensible d'installation des oiseaux sur les sites de nidification. L'ensemble des contraintes associées à la démoustication (fermeture du site au public, modification des activités du manadier, adaptation de la gestion hydrologique, etc.) a également pu être quantifiée.

Plus récemment, des suivis à long terme (comptages mensuels des oiseaux d'eau, dénombrement des passereaux par IPA) ont mis en valeur des déclinés chez certaines espèces, non observées sur d'autres sites en Camargue et attribuables à la démoustication ou aux modifications de gestion qu'elle entraîne sur le site (Tétrel *et al.* 2014, Poulin & Lefebvre 2015).

Enfin, la perception des visiteurs d'un espace naturel ouvert au public et démoustiqué a également été prise en compte au travers de l'analyse de près de 80 questionnaires inspirés de la grille élaborée par Cécilia Claeys dans le cadre du suivi sociologique (Tétrel *et al.* 2014, Poulin & Lefebvre 2015).

Le personnel du domaine de la Palissade ayant été intégré à celui du Parc naturel régional de Camargue en janvier 2014 dans le cadre de la mutualisation des sites du Conservatoire du Littoral en Camargue, leur implication dans ces suivis a été fortement diminuée et ne fait plus l'objet de compensations financières. Les **suivis réalisés en 2015** concernent trois volets: le **dérangement à court-terme (impact hélicoptère)**, les **tendances des oiseaux d'eau à long terme et l'enquête sociologique** ciblant les visiteurs du site.

### Sites d'étude

Site traité: Les plans d'eau du domaine de la Palissade

Sites témoins: les plans d'eau de la Tour du Valat et de la Réserve Nationale de Camargue (données SNPN) pour le dérangement à long terme.

### Méthodologie

#### **Suivi du dérangement à court terme causé par l'hélicoptère**

Si, l'effet du passage de l'avion sur les oiseaux nicheurs et en migration a été bien documenté entre 2006 et 2011, l'effet d'un traitement par hélicoptère pourrait avoir des impacts différents sur l'avifaune. Seules 20 espèces étaient présentes sur les plans d'eau lors des deux traitements réalisés par hélicoptère en 2014, justifiant la nécessité de poursuivre ce suivi. La même méthodologie que précédemment sera donc appliquée sur les remises d'oiseaux d'eau, en estimant le nombre d'oiseaux présents avant, immédiatement après et une heure après le passage de l'hélicoptère. Ces suivis pourront cibler également la colonie de laro-limicoles sur la Baisse Claire, pour laquelle sera déterminé le nombre d'individus quittant la colonie lors des traitements aériens avec

relevé du temps écoulé avant le retour des individus au nid, notamment pendant les périodes d'installation des couples et d'incubation des œufs.

### **Suivi du dérangement à long terme**

Les données sont issues de **comptages d'oiseaux d'eau réalisés par observation à partir du sol** systématiquement autour du 15 de chaque mois de l'année selon un protocole standardisé identique sur l'ensemble de la période. Les sites et périodes correspondants à ces critères sont le **Domaine de la Palissade (2000-2013), la Tour du Valat (2000-2013) et la Réserve Nationale de Camargue (données SNPN 2000-2013)**. Seules les espèces présentes à la Palissade et au moins sur l'un des deux autres sites ont été retenues pour analyse ( $n = 50$ ).

Afin de rendre les effectifs des espèces comparables entre les sites pour la réalisation des tests statistiques (l'objectif étant de comparer les tendances et non d'évaluer si une espèce est plus abondante à l'un des sites), les effectifs mensuels de chaque espèce sur les deux sites témoins ont été divisés par la moyenne globale de leurs effectifs à leur site, puis multipliés par les effectifs moyens obtenus à la Palissade pour la période hors traitement (janvier 2000 à juillet 2006). Ces données 'calibrées' ont été soumises pour chaque espèce à une analyse de variance à facteurs imbriqués afin de distinguer l'effet des traitements des effets année, mois et site. En d'autres termes, cette analyse permet de définir une tendance générale des effectifs en Camargue hors démoustication qui est ensuite confrontée aux tendances observées en présence de démoustication. Seul l'effet traitement est illustré dans le rapport. Une correction Bonferroni a été appliquée aux valeurs de probabilités afin de tenir compte de la multitude des tests.

### **Enquête sociologique**

Les questionnaires précédemment élaborés et disponibles en version anglaise et française ont à nouveau été mis à disposition des visiteurs du site par l'agent d'accueil du domaine de la Palissade. Ces données seront analysées par la Tour du Valat avec la méthode des arbres de classification comme en 2014 pour peu que le nombre de questionnaires remplis soit suffisant (> 10).

## **Résultats**

Tableau 8. Caractérisation des traitements aériens au *Bti* réalisés par l'EID sur le domaine de la Palissade depuis 2006. Les valeurs entre parenthèses font référence aux traitements réalisés par hélicoptère.

<b>Année</b>	<b>Nombre de traitements aériens</b>	<b>Moyenne surfaces traitées (ha)</b>	<b>Cumul surfaces traitées (ha)</b>	<b>Nombre de prospections</b>
2006	4	154	616	37
2007	19	72	937	82
2008	23	83	1740	100
2009	15	129	1937	68
2010	12	65	778	72
2011	12	59	651	95
2012	12	89	1077	70
2013	10	61	611	58
2014	2 (2)	122 (222)	243 (445)	42
2015	6 (1)	94 (42)	566 (42)	34
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>1192</b>	<b>9643</b>	<b>658</b>

### **Suivi du dérangement à court terme causé par l'hélicoptère**

Un seul traitement par hélicoptère a été réalisé en 2015 (Tableau 8). L'impact de ce traitement, réalisé le 9 octobre vers 17h, n'a pu être évalué qu'à très court terme pour cause d'insuffisance de clarté une heure après le traitement. Seule les effectifs d'oiseaux présents sur la Baisse Claire ont pu être suivis, aucun ornithologue de la Tour du Valat n'étant disponible ce jour-là. Ces données fragmentaires et atypiques, ne peuvent être intégrées aux analyses qui comparent les effectifs avant et une heure après le traitement aérien (Tableau 10), mais sont néanmoins présentées au tableau 9.

Tableau 9. Différence dans le nombre d'individus présents sur la Baisse Claire en octobre 2015 avant et immédiatement après le passage de l'hélicoptère.

Espèces	Abondance avant hélicoptère	Abondance après passage
<i>Anatidés</i>		
Canard souchet	22	29
Canard colvert	5	9
Canard siffleur	10	18
Sarcelle d'hiver	84	122
<i>Ardéidés</i>		
Aigrette garzette	5	12
Grande aigrette	2	0
Héron cendré	1	0
<i>Laro-imiticoles</i>		
Chevalier aboyeur	8	0
Chevalier arlequin	1	0
Chevalier gambette	3	0
Pluvier argenté	1	0
Barge à queue noire	1	0
Mouette rieuse	8	1

Les quatre espèces de canard présentes sur le plan d'eau ont été peu affectées par le survol de l'hélicoptère, de nouveaux individus arrivant immédiatement après son passage. Parmi les hérons, un schéma identique est observé pour l'aigrette garzette, alors que les deux grandes aigrettes et le héron cendré initialement présents ont déserté le site suite au passage de l'hélicoptère. Les limicoles semblent particulièrement affectés, le survol de l'hélicoptère provoquant la fuite des 5 espèces (14 individus) présentes sur le site.

Une analyse de variance réalisée en 2014 avec les facteurs espèces et années imbriqués dans l'effet traitement avait suggéré qu'il n'y avait pas de différences entre l'avion et l'hélicoptère concernant l'impact immédiat ( $F_{(1, 1151)} = 0.01, P = 0.89$ ). Cependant, les impacts une heure après traitement semblaient supérieurs avec l'hélicoptère, bien que non significatifs ( $F_{(1, 1151)} = 0.94, P = 0.33$ ). Ce résultat peut découler de la plus longue durée des traitements avec l'hélicoptère lorsque les superficies traitées sont importantes et nécessitent de multiples remplissages du réservoir. Ainsi, les traitements réalisés en août 2014 ont nécessité 7 rechargements et 6 heures pour des épandages couvrant l'ensemble du domaine. Compte-tenu de la faible taille de l'échantillon, les analyses comparant l'impact de l'avion et de l'hélicoptère (données 2014), résumées au tableau 10 doivent être considérées comme très préliminaires.

Tableau 10. Changements à court terme dans les effectifs d'oiseaux suite aux passages de l'avion (données 2006-2014) ou de l'hélicoptère (données 2014).

Espèce	Différence du nombre d'individus avant et après traitement			
	Avion		Hélicoptère	
	0 h avant	1 h après	0 h avant	1 h après
Aigrette garzette	0	-1	-3	1
Avocette élégante	-12	-14	0	-4
Balbusard pêcheur	1	0		
Barge à queue noire	9	8		
Barge rousse	2	0		
Bécasseau cocorli	-11	-45	0	1
Bécasseau maubèche	0	-3		
Bécasseau minute	10	16		
Bécasseau variable	13	23	-1	-1
Bécassine des marais	7	9		
Busard des roseaux	-2	0		
Canard chipeau	-8	-9	-10	-6
Canard colvert	-37	-45	-68	-94
Canard pilet	0	-1		
Canard siffleur	-31	-30		
Canard souchet	-14	-11		
Chevalier aboyeur	1	-3	0	4
Chevalier arlequin	7	9		
Chevalier bargette	2	-2		
Chevalier cul-blanc	-5	-1		
Chevalier gambette	-10	-6	13	15
Chevalier guignette	2	3	0	-1
Chevalier stagnatile	-3	-3		
Chevalier sylvain	21	19		
Cigogne noire	1	-1		
Combattant varié	2	-1		
Corneille noire	19	20		
Courlis cendré	-3	-2	-2	-2
Cygne noir	5	4		
Cygne tuberculé	-5	-4	-6	-3
Echasse blanche	-2	-3	-3	-2
Flamant rose	-53	-53	-43	-43
Foulque macroule	-5	-3		
Galinulle poule d'eau	0	-1		
Goéland leucophée	-10	-9	-1	0
Goéland railleur	1	1		
Grand cormoran	0	-1	-1	-1
Grand Gravelot	8	26		
Grande aigrette	1	-1	-1	-4
Gravelot à collier				
interrompu	-3	-3		
Grèbe à cou noir	-1	-4		
Grèbe castagneux	0	-2		
Grèbe huppé	-2	-1	2	1
Guifette noire	3	2	-9	-9
Héron cendré	-1	-1	-1	-5
Héron garde-boeuf	1	-2		
Héron pourpré	-8	-7		
Huîtrier pie	-4	-9	-2	-2
Loriot d'Europe	1	-2		
Martin-pêcheur d'Europe			-1	-1
Mouette rieuse	-10	-6	30	8

Tableau 10 (suite).

Espèce	Différence du nombre d'individus avant et après traitement			
	Avion		Hélicoptère	
	0 h avant	1 h après	0 h avant	1 h après
Nette rousse	-3	-1		
Oie cendrée	-8	-7		
Petit Gravelot	5	6		
Pluvier argenté	-16	-14		
Râle d'eau	-8	-7	0	-1
Rollier d'Europe	0	-2		
Sarcelle d'été	-4	-5		
Sarcelle d'hiver	-38	-9		
Spatule blanche			-1	-1
Sterne caspienne	0	2	1	0
Sterne caugek	-3	1		
Sterne hansel	0	7		
Sterne naine	-1	-1	0	-8
Sterne pierregarin	-1	-2	-4	-7
Tadorne de belon	-3	-4		
Tadorne de Casarca	-5	1		
Vanneau huppé	10	11		

#### Tendance des effectifs d'oiseaux d'eau à moyen terme

Les résultats des analyses intégrant les données 2015 sont détaillés au tableau 11 et à la figure 30. Parmi les 50 espèces analysées, 14 sont en déclin et 11 en augmentation de façon significative sur le domaine de la Palissade par rapport aux tendances observées en Camargue. Les flèches indiquées en rouge au tableau font référence aux espèces pour lesquelles les tendances, significatives après correction Bonferroni, sont a priori attribuables à la démoustication. Elles concernent **6 espèces en déclin, contribuant à une baisse de 32,9% % des effectifs globaux**, et **7 espèces en augmentation, correspondant à une augmentation de 6,2% des effectifs globaux**.

Les deux espèces pour lesquelles le déclin n'est pas attribué à la démoustication sont le goéland leucophée (fermeture de la décharge d'Entressen) et le héron cendré (appauvrissement de la colonie de hérons arboricoles sur le site). L'espèce dont l'augmentation n'est pas attribuée à la démoustication est le cygne tuberculé, celle-ci étant plutôt associée à l'apparition d'un site d'hivernage à proximité de la Palissade ces dernières années.

Le groupe le plus affecté par la démoustication est celui comprenant les **anatidés, les foulques et les grèbes** qui est globalement le plus important sur le site avec 16 espèces et 83% des observations avant le début des opérations de démoustication. **Cinq des six espèces en déclin** appartiennent à ce groupe, les deux premières espèces étant également les plus abondantes sur le site. Il s'agit de la **foulque macroule (-71%)**, du **canard colvert (-34%)**, du **canard chipeau (-49%)** du **Tadorne de Belon (-53%)**, et du **grèbe huppé (-65%)**. Une seule espèce parmi ce groupe, le canard souchet (**+99%**), montre une augmentation significative à priori attribuable à la démoustication.

Tableau 11. Effectifs mensuels moyens des oiseaux d'eau en ordre décroissant d'abondance avant (2000-2006) et après (2007-2014) la mise en œuvre de la démoistation avec les résultats de l'effet traitement selon l'ANOVA à facteurs imbriqués. Les valeurs de *P* corrigées correspondent à \* *P* = 0.05, \*\* *P* = 0.01 et \*\*\* *P* = 0.001.

Espèce	Abondance moyenne avant	Abondance moyenne après	tendance	<i>P</i>	<i>P</i> corrigé	Taux différence
<b>Foulque macroule</b>	<b>992,35</b>	311,02	↘	0,000000	***	-69
<b>Canard colvert</b>	<b>731,47</b>	509,88	↘	0,000001	***	-30
Sarcelle d'hiver	329,84	331,31		0,966870		
Canard siffleur	232,21	277,95		0,369249		
Canard chipeau	199,99	106,95	↘	0,000236	*	-46
Flamant rose	163,21	172,15		0,487346		
Mouette rieuse	104,12	156,68	↗	0,000289	*	+50
Canard souchet	83,22	157,76	↗	0,000000	***	+90
Cygne tuberculé	71,78	108,71	↗	0,000321	*	+51
Goéland leucopnée	57,51	28,97	↘	0,000110	**	-49
Aigrette garzette	46,73	31,14	↘	0,015618		-33
Chevalier gambette	40,81	55,63		0,308510		
Grèbe huppé	28,19	8,56	↘	0,000000	***	-70
Bécasseau variable	27	35,46		0,367189		
Héron cendré	25,87	13,50	↘	0,000025	**	-47
Grand cormoran	23,66	16,46		0,070342		
Tadorne de Belon	23,47	11,08	↘	0,000032	**	-52
Echasse blanche	17,56	18		0,905398		
Sterne caugek	10,65	17,55		0,107218		
Oie cendrée	11,05	8,94		0,182638		
Canard pilet	10,45	4,21		0,080700		
Fuligule milouin	8,88	0,37	↘	0,019475		-95
Avocette élégante	8,28	46,31	↗	0,000000	***	+459
Sterne pierregarin	8,18	15,38		0,024233		+88
Bécassine des marais	6,27	1,19	↘	0,000482	*	-81
Gravelot à collier interrompu	5,93	3,80		0,315680		
Grèbe à cou noir	5,48	1,80	↘	0,001197		-67
Grand Gravelot	5,01	3,69		0,569796		
Bécasseau minute	4,97	2,60		0,232717		
Grande aigrette	4,13	5,68	↗	0,035644		+38
Pluvier argenté	4,64	16,42	↗	0,000000	***	+254
Guifette noire	3,82	8,40		0,066940		
Sterne naine	3,61	5,64		0,127587		
Bécasseau cocorli	3,42	4,50		0,704296		
Sarcelle d'été	2,59	1,05		0,181597		

Tableau 11 (suite).

Espèce	Abondance moyenne avant	Abondance moyenne après	Tendance	P	P corrigé	Taux différence
Huîtrier pie	2,38	0,31	↘	0,000002	***	-87
Grèbe castagneux	2,01	0,14	↘	0,000006	***	-93
Nette rousse	1,16	1,05		0,844807		
Chevalier aboyeur	1,00	2,14	↗	0,006489		+114
Chevalier arlequin	0,95	1,03		0,839412		
Bécasseau sanderling	0,91	0,30		0,484480		
Bihoreau gris	0,85	0,39	↘	0,044049		-54
Barge à queue noire	0,82	0,26		0,397714		
Goéland railleur	0,67	5,02		0,021051		
Petit Gravelot	0,57	1,31		0,138136		
Chevalier guignette	0,53	0,69		0,461961		
Sterne caspienne	0,52	0,68		0,506550		
Courlis cendré	0,31	2,67	↗	0,000000	***	+761
Héron pourpré	0,27	0,04		0,972656		
Héron garde-boeufs	0,25	0,30	↗	0,022803		+20
Total	3251,646	2517,536	↘	0,000182	**	-23

Le second groupe affecté par la démoustication est celui des **laro-limicoles** qui est le plus diversifié sur le site avec 26 espèces représentant 9,8 % des effectifs globaux. Parmi ces espèces, six sont en augmentation significative et une espèce est en déclin. Les six **espèces en augmentation** sont la **mouette rieuse (+55%)**, l'**avocette élégante (+466%)**, le **pluvier argenté (+274%)**, le **courlis cendré (+810%)** la **Sterne pierregarin (+133%)** et le **Goéland railleur (+1256%)**. L'**espèce en déclin est l'huîtrier pie (-86%)**.

Globalement, **les effectifs moyens mensuels des 50 espèces** intégrées à l'analyse **passent de 3323 (2000-2006) à 2527 (2006-2014) individus**, soit une **baisse très hautement significative de 25% correspondant à l'effet traitement** selon l'analyse de variance à facteurs imbriqués.

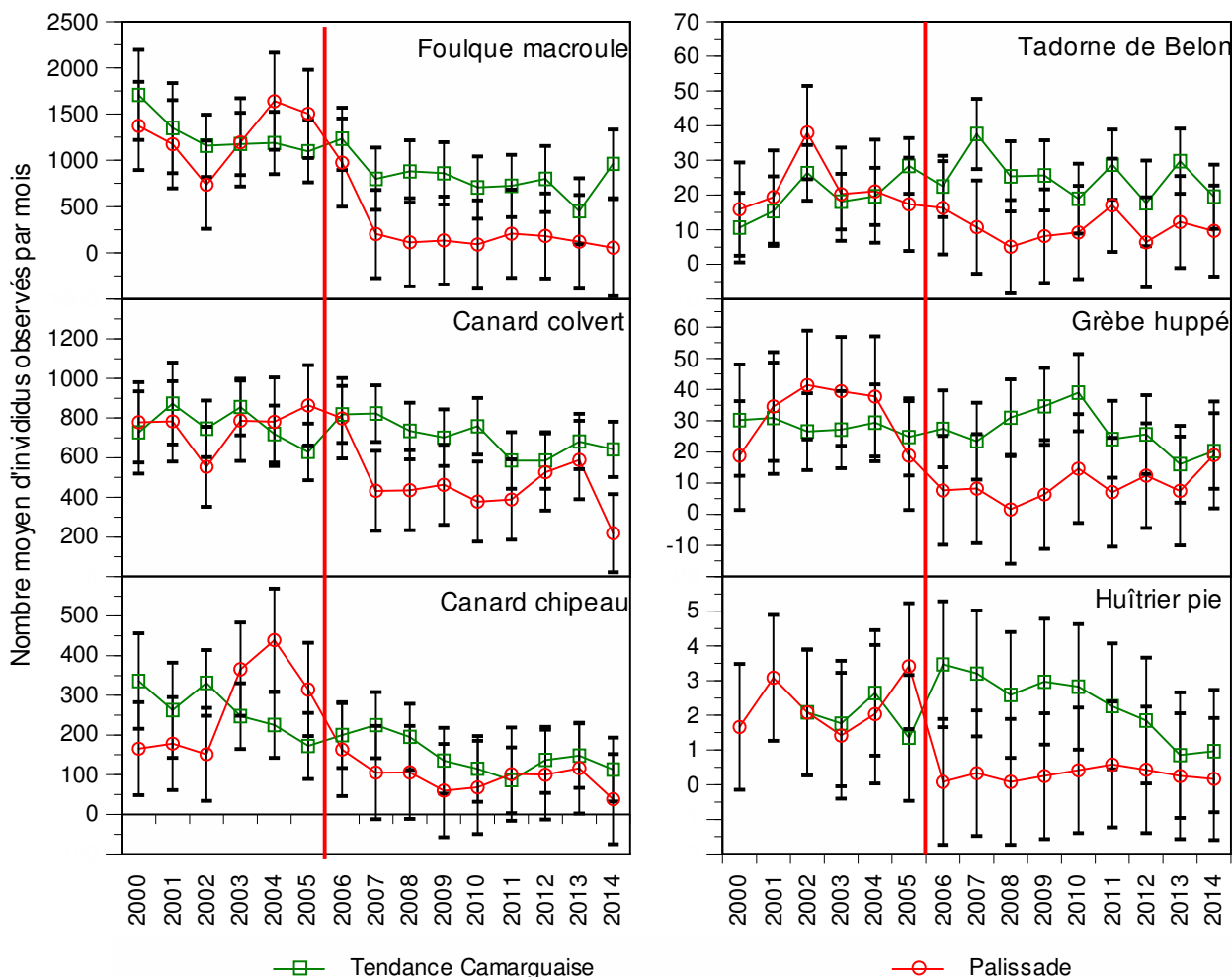


Fig. 30. Tendances des effectifs mensuels moyens des espèces en déclin depuis le début des opérations de démoustication (trait vertical rouge) à la Palissade par rapport aux tendances observées en Camargue (données Tour du Valat et SNPN) entre 2000 et 2014.

Des **analyses plus poussées sur les 6 espèces en déclin et les 7 espèces en augmentation** ont été réalisées afin de discriminer, parmi les facteurs associés à la démoustication, ceux les plus susceptibles de contribuer à ces changements pour chacune des espèces (**Tableau 12**).

L'effet de la démoustication a d'abord été décomposé en trois facteurs: (1) le nombre mensuel de traitements au *Bti*; (2) le niveau d'eau moyen des plans d'eau, dont la gestion peu différer afin de répondre aux demandes de l'EID pour réduire la production de moustiques et (3) l'évolution de la salinité moyenne, associée aux modifications de gestion hydrologique. Pour chacune de ces variables, une valeur annuelle a été attribuée à chacune des espèces en fonction de leur taux d'utilisation des différents plans d'eau avant le début des opérations de démoustication (Fig. 31). Le **nombre annuel moyen de traitements** affectant les différentes espèces en fonction de leur fréquentation des plans d'eau traités **varie de 8 (2011) à 16 (2008)**. Les **niveaux d'eau moyens** calculés sur les valeurs mensuelles varient peu au cours de l'année, mais **affichent une baisse de 10 cm pendant la période de démoustication (2006-2014)** par rapport à la période antérieure (2000-2005). Le facteur montrant le plus de variation entre ces deux période est la **salinité de l'eau de surface** dont les valeurs moyennes ont doublé entre 2000-2005 et 2006-2014, **passant de 5,3 à 11,0 g/L** (Fig. 31).

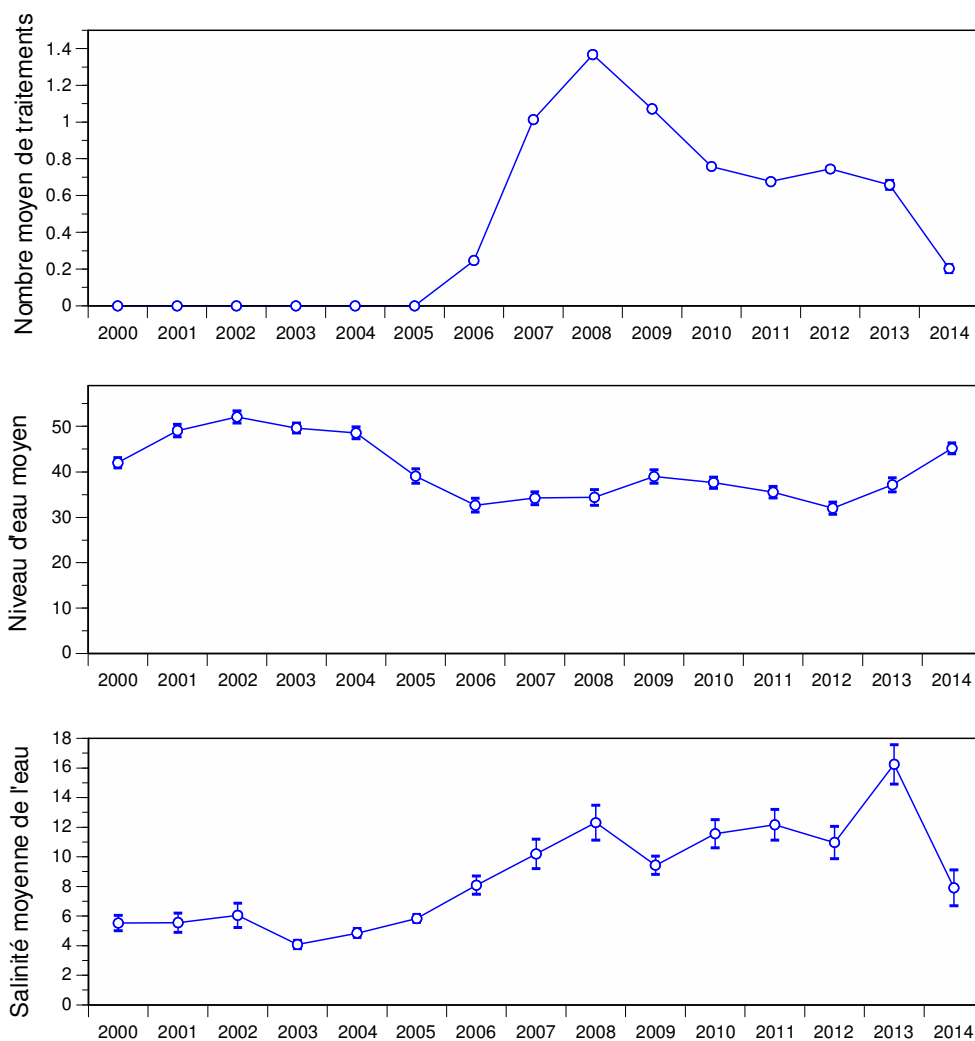


Fig. 31. Variations annuelles des valeurs mensuelles moyennes du nombre de traitements, du niveau d'eau et de la salinité des plans d'eau de la Palissade (avec intervalles de confiance à 95%) en fonction de leur utilisation par les différentes espèces lors de la phase pré-démoustication.

Des **modèles de régression généralisés** ont été réalisés **pour chacune des espèces** sur la base de ces **trois paramètres** (nombre de traitements, niveau d'eau et de salinité). La proportion de **variance expliquée** par ces derniers est indiquée au tableau 14 et **mise en relation avec la susceptibilité au dérangement**, déterminée par la proportion d'individus ayant quitté le site suite au passage de l'avion (synthèse des données récoltées au domaine de la Palissade sur la période 2006-2011) **et de la sensibilité trophique**, estimée semi-quantitativement selon une échelle de 0 à 3 en fonction des effets directs ou indirects (au travers du réseau trophique) du *Bti* sur les proies consommées pendant la principale période de présence de ces espèces sur le site. Cette sensibilité trophique a été établie à partir de diverses sources bibliographiques (Cramp et Simmons 1977, 1980, 1983) et se définit comme suit:

- (0) Espèces qui s'alimentent de plancton, potentiellement en compétition avec les moustiques ;
- (1) Espèces qui s'alimentent presque exclusivement de végétaux;
- (2) Espèces dont le régime alimentaire comporte à la fois des organismes aquatiques et une autre source de nourriture (ressource végétale et/ou issue du milieu terrestre);
- (3) Espèces qui s'alimentent presque exclusivement d'organismes aquatiques, incluant ceux sensibles au Bti et/ou leurs prédateurs.

Tableau 12. Proportion de variance expliquée par le modèle de régression généralisé ( $R^2$  multiple) et par chacune des trois variables explicatives pour les 13 espèces montrant des tendances significatives attribuées à la démoustication en 2015. Les valeurs indiquées en rouge sont significatives ( $P < 0.05$ ). Pour chaque espèce sont également présentés la susceptibilité au dérangement causé par l'avion et le degré de sensibilité trophique.

Espèces	$R^2$	Proportion de variance expliquée			Susceptibilité dérangement	Sensibilité trophique
		Nombre de traitements	Salinité	Niveau d'eau		
<b>Effectifs en déclin</b>						
Foulque macroule	0,774	30	30	6	8%	2
Canard colvert	0,775	19	27	7	44%	1
Canard chipeau	0,535	8	52	1	64%	1
Tadorne de Belon	0,542	50	1	49	47%	3
Grèbe huppé	0,904	4	4	79	0%	3
Huîtrier pie	0,560	89	0	9	0%	3
<b>Effectifs en augmentation</b>						
Canard souchet	0,675	29	63	3	53%	0
Mouette rieuse	0,710	1	56	23	8%	2
Avocette élégante	0,430	2	93	3	31%	3
Pluvier argenté	0,850	4	21	46	77%	2
Courlis cendré	0,495	10	39	30	88%	2
Sterne pierregarin	0,504	23	52	11	2%	2
Goéland railleur	0,006	38	46	2	0%	2

#### Espèces dont les effectifs sont en déclin

Les modèles de régression sont significatifs pour les 6 espèces en déclin (Tableau 12). La **foulque macroule**, dont les effectifs mensuels moyens sont passés de 992 à 311 individus suite à la mise en œuvre de la démoustication, serait **particulièrement sensible au nombre de traitements**. L'étude réalisée ces dernières années sur le dérangement à court terme des oiseaux d'eau, a pourtant démontré que seuls 8% des 2729 foulques présentes lors d'un traitement s'étaient envolées suite au passage de l'avion. Sachant que la foulque macroule, contrairement aux canards barboteurs, a besoin de courir sur une distance de plus de 20 mètres sur l'eau avant de pouvoir s'envoler, il est possible que le stress imposé par les traitements aériens se traduise par un **évitement des plans d'eau traités** plutôt que par un envol au moment du passage de l'avion. **L'augmentation de la salinité des plans d'eau** apparaît également comme un facteur significatif (Tableau 12). Les trois plans d'eau les plus fréquentés par l'espèce (étang de la Grande Palun, Baisses Claire et Sableuse - 56% des observations), montrent une **diminution significative du recouvrement en herbiers, source de nourriture pour la foulque** ( $F_{(1,4)} = 35.34, P = 0.004$ ), parallèlement à une augmentation de la salinité (de 5,3 à 8,6 g/L). La forte diminution des macrophytes submergées typiques des eaux douces (ex: potamots), parallèlement à la tendance à l'augmentation des macrophytes plus tolérantes au sel (*Ruppia*, *Myriophylle*), suggère qu'il existe bien un lien de causalité entre l'évolution des herbiers et de la salinité des plans d'eau. Enfin, on ne peut exclure également un **effet potentiel du Bti à travers la chaîne alimentaire**, puisque bien que principalement herbivore, la foulque peut également s'alimenter d'une quantité importante de chironomes en diverses périodes de l'année (Perrow et al. 1997).

Le **canard colvert** et le **canard chipeau** s'avèrent **particulièrement sensibles au nombre de traitements**. Ces deux espèces sont **respectivement essentiellement granivores et herbivores** en dehors de la saison de reproduction lorsqu'elles sont particulièrement abondantes sur le site. L'impact du nombre de traitements serait donc lié à leur **susceptibilité élevée au dérangement causé par le passage de l'avion** (Tableau 12). Ainsi, les nombreux traitements réalisés en septembre et octobre, lorsque ces espèces sont particulièrement abondantes, pourraient également avoir un impact sur leur fréquentation du site au cours des mois suivants. Pour le **tadorne de Belon**, qui s'alimente essentiellement d'organismes aquatiques, une multitude de facteurs peuvent expliquer son déclin, incluant la **susceptibilité au dérangement et une modification de la ressource trophique** potentiellement affectée **à la fois par les traitements au Bti et la modification du fonctionnement hydrologique** du site.

Le **grèbe huppé**, plongeur et piscivore, peu susceptible au dérangement, est **particulièrement affecté par la baisse des niveaux d'eau**, bien qu'un **effet indirect du Bti sur les ressources alimentaires** (potentielle réduction de petits poissons dépendant des chironomes pour leur alimentation), ne puisse être écarté.

L'**huîtrier pie**, seul limicole affecté négativement par la démoustication, à priori non susceptible au dérangement, est probablement **affecté par une diminution des ressources alimentaires**, son régime étant principalement constitué de larves aquatiques d'insectes dans les zones humides intérieures.

#### Espèces dont les effectifs sont en augmentation

Ces espèces, appartenant principalement au groupe des **laro-limicoles** (à l'exception du canard souchet), montrent des effectifs en augmentation principalement associés à la modification des niveaux d'eau et/ou de salinité, et ce en dépit d'une susceptibilité au dérangement parfois élevée. Ainsi la **diminution du niveau d'eau augmente vraisemblablement les superficies en vasières ou faiblement inondées** qui sont les habitats de prédilection **pour l'alimentation de ces espèces** qui sont de plus, **typiquement associées aux milieux saumâtres**, profitant ainsi également d'une augmentation de la salinité favorable à leur proies principales (mollusques, crustacés). Un cas extrême est observé avec le **courlis cendré**, particulièrement **favorisé** par une augmentation de la salinité qui se traduit par une augmentation des effectifs, et ce **en dépit d'une forte susceptibilité au dérangement**.

L'augmentation des effectifs du **canard souchet**, pourtant susceptible au dérangement et affecté par le nombre de traitements comme les autres espèces de canards en déclin, est particulièrement intrigante. Le principal facteur identifié par l'analyse est un **effet positif de la salinité** (Tableau 12). En Camargue, le canard souchet est davantage associé aux marais temporaires qu'aux marais saumâtres (Pirrot et Pont 1987). Sachant que cette espèce **s'alimente principalement de zooplancton par filtration, la réduction des herbiers causée par l'augmentation de la salinité pourrait accroître les zones favorables à l'alimentation**. Par ailleurs, en réduisant les larves de moustiques qui filtrent le phytoplancton, la **démoustication** peut se traduire par une **augmentation des algues** (Fayolle et Franquet 2010) **et par extension du zooplancton** dont le canard souchet dépend pour son alimentation.

### Enquête sociologique

Un mini-questionnaire (2 feuilles recto-verso) en version française et anglaise, reprenant plusieurs items de la grille développée par Cécilia Claeys dans le cadre du suivi sociologique, avait été mis à disposition des visiteurs du domaine de la Palissade à partir de 2012. Un bilan des 83 questionnaires répondus à ce jour révèle que :

- 93% des visiteurs font entre autres du tourisme nature ;
- 49% ont été gênés pendant leur visite en Camargue et 25% pendant leur visite sur le domaine (si on considère les niveaux de gênes 3 et 4). En considérant les niveaux de gênes 2,3 et 4, on obtient que 86 % des visiteurs ont été gênés pendant leur visite en Camargue et 60% pendant leur visite sur le domaine de la Palissade ;
- 43 % pensent que le moustique est nuisible contre 42% non nuisible ;
- 60% pensent que le moustique est utile contre 22% inutile ;
- 23% étaient au courant de la démoustication expérimentale et 76% ne l'étaient pas ;
- 43% sont favorables à la démoustication (en considérant niveau 2,3,4) avec 7% d'abstention ;
- 35% sont favorable à son élargissement, 34% sont contre et 31% s'abstiennent ;
- 54% ne savent pas quel type de produit est utilisé, 28% pensent qu'il est biologique ;
- 58% pensent que la démoustication est nocive (34% pour l'homme et 25% pour la nature), tandis que 29% s'abstiennent ;
- 59% sont favorables à un arrêt de la démoustication dans les espaces naturels à cause de son impact sur l'environnement, 29% s'abstiennent ;
- 26% des personnes favorables à l'arrêt de la démoustication infèrent son coût élevé, alors qu'une proportion égale de répondants est défavorable à l'arrêt de la démoustication ;
- 87% des personnes interrogées ne savaient pas qu'elles se trouvaient dans un site traité ;
- 34% sont favorables au maintien de la démoustication sur le site, 14% sont défavorables, alors que 33 % ne savent pas et 19 % s'abstiennent.

Un seul questionnaires a été rempli depuis avril 2014, ne justifiant pas de refaire les analyses par arbre de classification. Les résultats des analyses réalisées au printemps 2015 sur la base de 77 réponses à la question 'Etes-vous favorable à la démoustication' avec distinction entre visiteurs Français et étrangers sont présentés à la figure 32. Ainsi, les étrangers sont globalement plutôt défavorables à la démoustication, et ce, particulièrement lorsqu'ils pratiquent le tourisme balnéaire ou qu'ils sont peu sensibles aux moustiques. Chez les visiteurs de nationalité française, une position favorable à la démoustication caractérise tout particulièrement ceux qui considèrent le moustique nuisible, alors que les répondants très défavorables à la démoustication se distinguent par des séjours longs (> 10 jours) en Camargue. Cet arbre permet d'expliquer 72% de la variance et est très hautement significatif ( $F_{(2, 74)} = 28.43, P < 0.00001$ ). Ce type d'analyse n'étant pas réalisé dans le cadre du suivi sociologique, il n'est pas possible de comparer ces résultats à ceux obtenus plus largement et auprès d'un plus grand nombre de répondants en Camargue.

## Etes-vous favorable à la démoustication ?

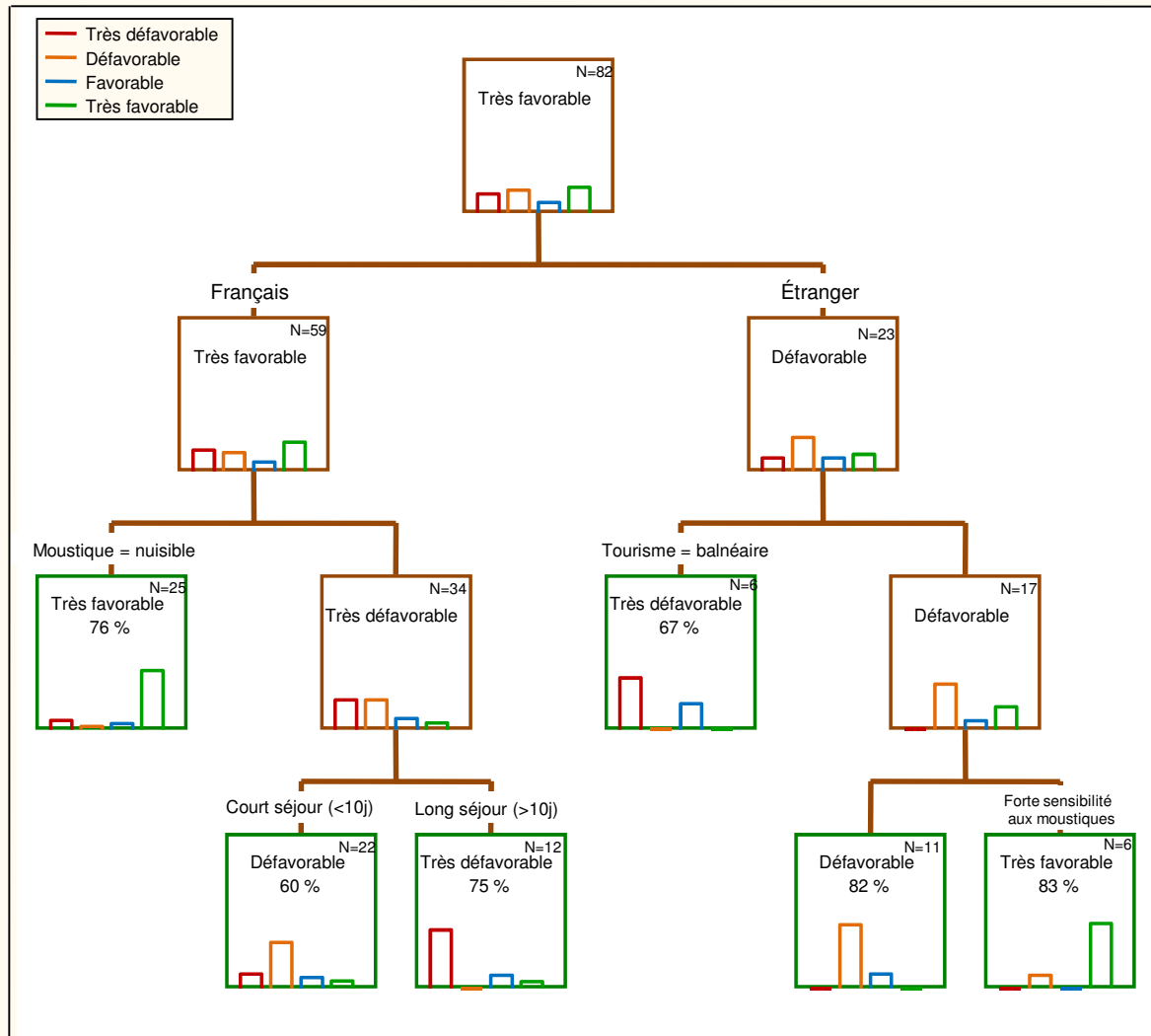


Fig. 32. Profil des 77 répondants s'étant prononcés à différents degrés en faveur ou non de la démoustication en Camargue selon qu'ils sont Français ou étrangers, tel que déterminé par arbre de classification.

## Discussion

**D'août 2006 à novembre 2015, l'EID-Méditerranée a eu recours à 118 traitements aériens et 658 tournées de prospections/traitements terrestres** pour contrôler les populations de moustiques sur le Domaine de la Palissade. L'année 2015 a été caractérisée tout comme 2014 par relativement peu d'interventions de l'EID (traitements et prospections). Il s'avère que l'hélicoptère n'est approprié que lorsque les superficies à traiter sont relativement réduites. Le faible échantillon (3 traitements) ne permet pas de conclure sur l'intensité des impacts selon que les traitements sont réalisés par avion ou hélicoptère. Il apparaît cependant que le flamant rose, espèce particulièrement sensible au passage de l'avion (Tétrel *et al.* 2014), l'est tout autant avec le passage de l'hélicoptère. Ainsi, l'épandage par avion résulte en la désertion de 95% des individus présents, contre 100% en 2014 avec l'hélicoptère. Les quelques données

récoltées cette année semble suggérer que les limicoles sont également sensibles au passage de l'hélicoptère. Par ailleurs, les impacts observés sur la colonie nicheuse de laro-limicoles demeurent faibles, grâce à la prise en considération de cette zone sensible par l'EID, notamment lors des phases critiques de la nidification.

**Les tendances observées à moyen terme sur le Domaine de la Palissade dans l'abondance des oiseaux d'eau suggèrent un impact de la démoustication sur 6 espèces qui présentent un déclin significatif, non observé sur les autres sites en Camargue.** Les analyses sur les données mensuelles issues du comptage des oiseaux d'eau s'appuient sur 6,5 années avant et 8,5 années après le début des traitements au *Bti*. Pour les deux espèces les plus abondantes sur le site, la foulque macroule et le canard colvert, une inversion des tendances est observée dès le début de la démoustication. Ces observations sont en accord avec la baisse significative de la reproduction des Anatidés observée sur le site pendant les cinq premières années de la démoustication expérimentale (Tetrel & al. 2011). Selon les analyses réalisées en 2015, **ce déclin, vraisemblablement imputable à la démoustication, peut être principalement attribué au dérangement (canard colvert et chipeau, foulque), à une baisse du niveau d'eau (grèbes), à une réduction des ressources alimentaires (foulque, huîtrier, potentiellement grèbes) ou à une combinaison des trois facteurs (tadorne).**

Ainsi, l'interprétation des tendances d'oiseaux d'eau à long terme sur le site permet d'aborder les multiples effets de la démoustication. Si la démoustication ne constitue pas le seul facteur de dérangement du site, ceux associés à la fréquentation touristique et à la gestion du site sont canalisés dans le temps et l'espace de façon à en minimiser les impacts sur la faune et notamment les oiseaux d'eau. Ainsi, les touristes à pied et à cheval se promènent seulement sur des chemins prédéfinis et pendant des heures données (9h00-17h00) ce qui permet de préserver une plage de quiétude pour la faune, notamment en début et fin de journée, périodes particulièrement importantes pour l'alimentation. **A l'inverse, les activités de démoustication et de surveillance des moustiques se font au plus près des plans d'eau et en général aux premières heures du lever du jour, en dehors des heures d'ouverture, qui constituent normalement un pic d'activités pour les oiseaux.**

Au-delà des dérangements causés par les épandages de *Bti* et la prospection des milieux par les techniciens de l'EID, les opérations de démoustication interfèrent également avec la gestion hydrologique des milieux : moins de mouvements d'eau pour produire moins de moustiques. Cette modification de la gestion induit aussi moins de production biologique et participe probablement à la fermeture des milieux. Sans être inadéquate, **cette gestion s'éloigne des conditions naturelles du Domaine de la Palissade ciblées par le Plan de Gestion.** En effet, étant situé à l'embouchure du Grand Rhône et dernier territoire non endigué de Camargue, ce sont les constants mouvements d'eau et crues qui ont modelé cette mosaïque de paysages et ses particularités.

## **Perspectives**

Si la démoustication est poursuivie en 2016, les suivis des traitements aériens et du dérangement des colonies d'oiseaux nicheurs seront maintenus, au même titre que toute autre activité s'exerçant sur le site et intégrée aux actions de gestion. Le questionnaire sera à nouveau mis à disposition des visiteurs afin d'augmenter l'échantillon pour en renforcer les analyses. Si les traitements par hélicoptère sont maintenus, il serait pertinent d'en évaluer à nouveau les effets à court terme afin d'obtenir une banque de données statistiquement exploitable pour comparaison avec les effets des traitements par avion.

La valorisation des données de suivis à long-terme sur les oiseaux réalisés selon des protocoles identiques au domaine de la Palissade et sur d'autres réserves naturelles en Camargue a procuré des résultats suggérant un impact fort de la démoustication sur certaines espèces parmi les plus abondantes. S'il apparaît utile de poursuivre ces analyses, il n'apparaît pas nécessaire de les reconduire à tous les ans.

## Références

- Beck N., F. Mesleard & J.Y. Mondain-Monval (1999). Impact de la gestion hivernale des rizières de Camargue sur les macro-invertébrés aquatiques et sur la Bécassine des Marais (*Gallinago gallinago*). *Gibier Faune sauvage, Game wildl* 6:123-141
- Cramp S. & Simmons K.E.L. (1977) *The Birds of the Western Palearctic* Volume I. Oxford University Press, Oxford, New York, 722 p.
- Cramp S. & Simmons K.E.L. (1980) *The Birds of the Western Palearctic* Volume II. Oxford University Press, Oxford, New York, 695 p.
- Cramp S. & Simmons K.E.L. (1983) *The Birds of the Western Palearctic* Volume III. Oxford University Press, Oxford, New York, 913 p.
- Fayolle, S. Franquet, E. 2010. Mise en place d'un suivi écologique en parallèle à des opérations de démoustication au Bti sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue: Diptères chironomidés et algues. Rapport final de 3e année, 39 pp.
- Klein ML, Humphrey SR & Percival HF. 1995. Effects of Ecotourism on Distribution of Waterbirds in a Wildlife Refuge. *Conservation Biology* 9:1454-1465.
- Perrow, R.M., Schutten, J.H, Howes, J.R., Holzer, T., Madgwick, F.J. & Jowitt, A.J.D. 1997. Interactions between coot (*Fulica atra*) and submerged macrophytes: the role of birds in the restoration process. *Developments in Hydrobiology* 119: 241–255.
- Pirot, J.-Y., Pont, D. 1987. Le canard souchet (*Anas Clypeata* L.) hivernant en Camargue: alimentation, comportement et dispersion nocturne. *Rev Ecol (Terre Vie)* 42 ; 59-79.
- Poulin B & Lefebvre G. 2015. Volet VII - Suivi sur le domaine de la Palissade. Pp. 53-68, *In* Poulin (ed), Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au Bti sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Rapport Tour du Valat présenté au PNRC, 118 pp.
- Tétrel C, Dal Pos N, Bonnet X, Vialet E, Grapin V, Cheiron A, Ansel O & Lafage D. 2011. Bilan des 5 années de suivis sur le dérangement mis en place sur le Domaine de la Palissade en parallèle des opérations de démoustication. Rapport final 2011.
- Tétrel C, Lefebvre G, Poulin B. 2014. Volet VI - Suivis sur le domaine de la Palissade. Pp. 50-68, *In* Poulin (ed), Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2013 en parallèle aux opérations de démoustication au Bti sur le périmètre du Parc naturel régional de Camargue. Rapport Tour du Valat présenté au PNRC, 156 pp.

## **VOLET VIII**

### **Test de méthodes alternatives au Bti: les pièges à moustiques**

**Brigitte Poulin, Gaëtan Lefebvre, Samuel Hilaire,  
Céline Hanzen et Eva Gumzej**  
Tour du Valat



**en collaboration avec**

**Pierre Bellagambi et Simon Lillamand**



## 8. Test de méthodes alternatives au Bti: évaluation de l'efficacité des pièges à moustiques en Camargue

### Etat de l'art

L'actuelle démoustication au *Bti* concerne près de 8 000 hectares de milieux naturels afin de réduire la nuisance pour les 10 000 habitants de Salin-de-Giraud et Port Saint-Louis du Rhône. **Considérant l'impact du *Bti* sur la faune non-cible, le coût élevé des opérations de démoustication (surveillance et traitements), le nombre limité d'espèces nuisantes ciblées par les traitements et le contexte territorial** (petites zones habitées entourées de milliers d'hectare de milieux naturels traités), une **alternative attrayante au *Bti* pourrait consister en l'installation d'un réseau de pièges autour des zones habitées**. Ce dispositif offrirait de multiples avantages : **coût moindre, peu impact sur les milieux naturels et contrôle de tous les insectes nuisants, incluant notamment les arabis et le moustique tigre**. Ces pièges, typiquement utilisés dans le cadre de réseaux de surveillance, peuvent également être valorisés comme méthode de contrôle de la nuisance (Crépeau et al. 2013, Drago et al. 2012, Farajollahi et al. 2009, Geier et al. 2011).

Les pièges Mosquito Magnet (<http://www.mosquitomagnet.com/>) ont d'abord été utilisés en 2012 et 2013 afin d'évaluer leurs effets sur les colonies d'hirondelles (Poulin et al. 2013; 2014) et la perception de leur efficacité par les usagers dans le cadre du suivi sociologique (Geneys et al. 2014, Nicolas et al 2015). En 2014, nous avons quantifié et comparé l'efficacité de trois modèles de pièges fonctionnant au CO<sub>2</sub>: les pièges Mosquito Magnet (modèle Patriot), les pièges BG-Sentinel fabriqués par Biogents (<http://www.bg-sentinel.com/>) et un premier prototype du piège BAM (Barrière anti-moustiques) à destination des collectivités développé localement par Pierre Bellagambi et Simon Lillamand, ingénieurs de TechnoBam (Poulin et al. 2015). Réalisées sur le domaine de la Tour du Valat, ces expérimentations ont permis de démontrer que le piège BG-Sentinel était le plus efficace contre les moustiques, que le prototype BAM était le plus efficace contre les arabis et que le nombre de captures était fortement influencé par le débit de CO<sub>2</sub>. Dans la mesure où **le débit de CO<sub>2</sub> augmente le coût d'utilisation des pièges**, il s'avère **pertinent d'évaluer si le débit peut être modulé** en fonction de certaines heures du jour ou de la nuit, **sans réduire significativement les taux de captures des moustiques**. En situation de forte nuisance, **ces trois pièges ont permis de réduire de 15,5 à 5,8 le nombre de piqûres par périodes de 5 minutes sur le domaine de la Tour du Valat en 2014. Les deux espèces responsables de la majorité (90%) de la nuisance entre mai et octobre, *Ochlerotatus caspius* et *Oc. vexans*, étaient également les plus échantillonnées (70% des captures) dans les pièges**. A noter que **seule la première de ces deux espèces est ciblée par les traitements au *Bti* de l'EID**.

**En 2015 diverses expérimentations ont été menées concernant l'utilisation et l'efficacité de pièges dans deux contextes, l'un pour usage domestique (Mosquito Magnet -modèle Patriot, BG-Sentinel de Biogents, BAM pour particulier) et l'autre pour usage public (10 pièges BAM pour collectivités)**. Ces expérimentations, réalisées respectivement au domaine de la Tour du Valat et au Sambuc, visent principalement à **estimer l'efficacité des pièges en terme de réduction de la nuisance au cours du temps** via des tests du mollet réalisés en parallèle et à **quantifier l'impact des pièges sur la faune non cible** via l'identification des insectes capturés. Deux expérimentations ponctuelles ont également été menées à la Tour du Valat afin de **quantifier le rythme circadien des moustiques** sur une base horaire (dans une perspective de régulation du débit de CO<sub>2</sub>) et **de mesurer l'impact de la hauteur des pièges Biogents quant à leur efficacité pour capturer les arabis et les moustiques**.

## Sites d'étude

Domaine de la Tour du Valat (usage domestique)

Hameau du Sambuc (usage public)

## Méthodologie

Ce volet s'appuie sur l'utilisation de trois **modèles de pièges (Figs. 33 & 34)**. Sur le **domaine de la Tour du Valat**, des pièges Sentinel (Biogents), Patriot (MosquitoMagnet) et BAM (particulier) ont été mis en opération **du 25 avril au 21 septembre 2015**, les captures étant relevées tous les jours sauf du 7 juillet au 7 août. Au **hameau du Sambuc**, 10 BAM pour collectivité et 1 BAM pour particulier répartis sur l'ensemble du hameau ont été mis en opération le 6 juillet, les captures étant relevées dès la remise des clés soit le **22 juillet jusqu'au 24 septembre**. Les pièges BAM fonctionnent exactement de la même façon selon qu'ils sont pour usage particulier ou collectif, seule l'enveloppe externe étant différente.

Les insectes capturés dans les pièges ont été comptés (ou pesés) pour évaluer la variation de la nuisance au fil du temps en distinguant les moustiques et les arabis des autres taxons qui ont été identifiés à l'ordre. Les moustiques ont été déterminés à l'espèce lors des captures sur appât humain et pour un échantillon de pièges tout au long de la saison.



*Fig. 33. Dispositif expérimental pour évaluer l'efficacité des trois modèles de piège pour réduire la nuisance causée par les moustiques sur le domaine de la Tour du Valat.*

## Estimation de l'efficacité des pièges pour réduire la nuisance causée par les moustiques

Le **taux de réduction de la nuisance** est **estimé en comparant le nombre de moustiques récoltés sur appât humain (test du mollet) pendant 10 min à environ 10 mètres des pièges (points traités) et sur des zones éloignées (points témoins)**, lorsque la nuisance est relativement constante (fin d'après-midi) et les conditions météorologiques favorables (sans vent ni précipitations). Les relevés furent réalisés en alternant systématiquement points traités et points témoins dont l'ordre chronologique était modifié à chaque échantillonnage. Ces tests ont été réalisés en continu (5 jours par semaine) du 16 avril au 18 septembre sur le domaine de la Tour du Valat et au hameau du Sambuc. Un total de **264 échantillons** ont été récoltés, **178 sur des points contrôles (incluant 86 échantillons récoltés sur l'emplacement des pièges avant leur installation) et 88 sur des points traités**. En cas de dysfonctionnement des pièges (ex: bouteille de CO<sub>2</sub> épuisée), l'échantillon 'point traité' était supprimé des analyses.

Les relevés ont été réalisés sur trois points traités et trois **points témoins situés à 60, 90 et 120 m du piège le plus proche à la Tour du Valat** (Fig. 30) et sur deux points traités et **deux points témoins situés à 500 m et 750 m du piège le plus proche au Sambuc** (Fig. 31). L'identification des insectes capturés dans les pièges au Sambuc n'a concerné que les deux pièges associés aux points traités, l'abondance des moustiques étant extrapolée par pesage des échantillons pour les autres pièges.

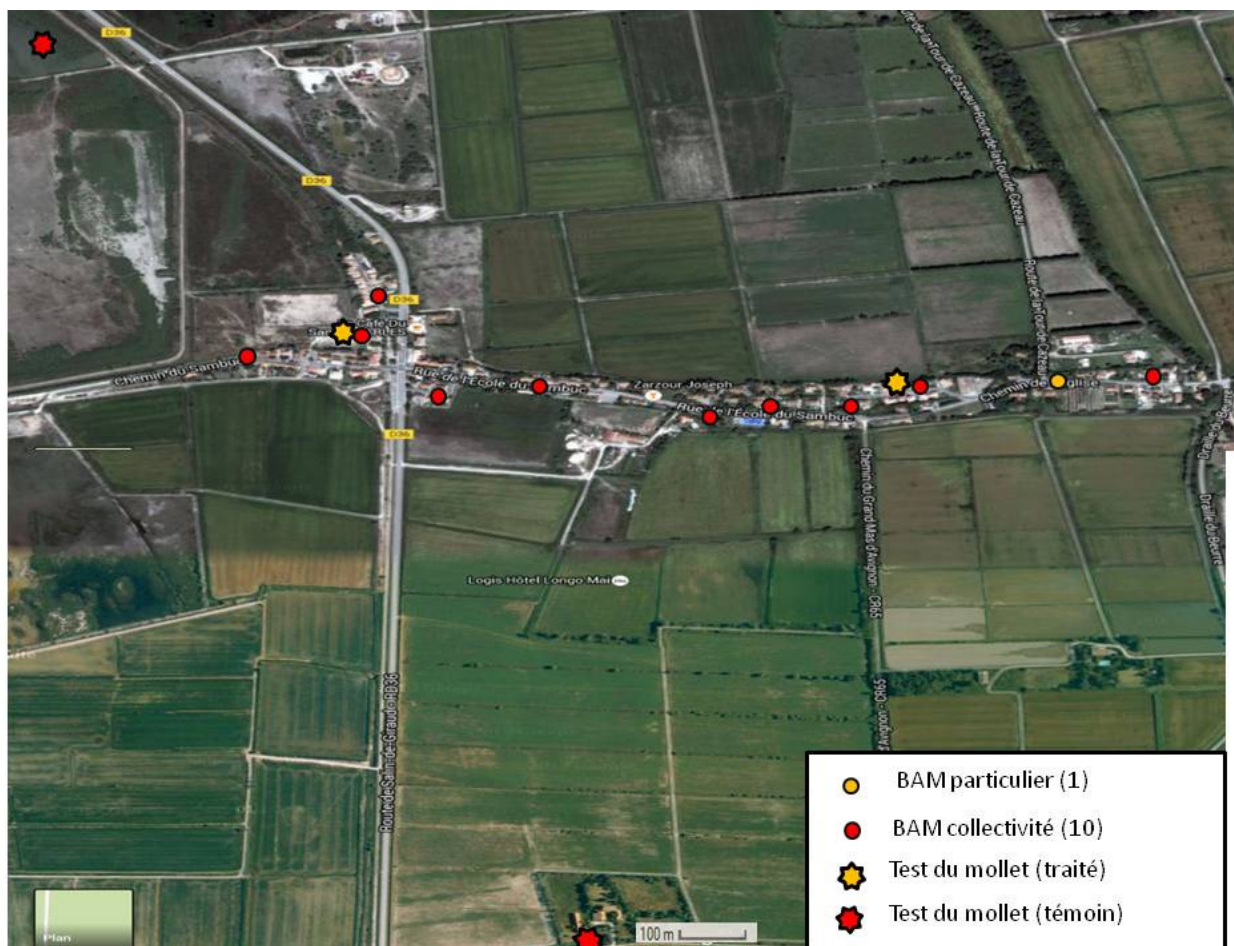


Fig. 34. Dispositif expérimental pour évaluer l'efficacité des 10 pièges BAM pour collectivité pour réduire la nuisance causée par les moustiques au hameau du Sambuc.

### Estimation du rythme circadien des moustiques

Le **rythme circadien** des moustiques a été estimé en relevant **deux pièges Biogents** en opération continue **à toutes les heures sur trois cycles de 24 h les 4, 17 et 29 juin 2015**. Ces expérimentations ont été réalisées à des périodes où les moustiques étaient relativement abondants et sous des conditions météorologiques stables et favorables (sans épisodes de pluie ou de vent).

### Estimation de l'impact de la hauteur d'un piège BG-Sentinel sur le taux de captures des moustiques vs. arabis.

**Deux pièges BG-Sentinel à 5 m de distance** ont été mis en opération **du 2 juin au 3 juillet**, l'un posé au sol et l'autre à **1 m au-dessus du sol** avec inversion de la hauteur à toutes les semaines. Les insectes capturés ont été relevés à tous les jours afin d'estimer si la hauteur du piège influençait la proportion de moustiques et d'arabis capturés.

## Résultats

### Estimation de l'efficacité des pièges pour réduire la nuisance

Des **problèmes techniques** ont réduit l'efficacité des bornes BAMs pendant les premières semaines de l'expérimentation, notamment suite à l'utilisation de détecteurs gonflant au contact du CO<sub>2</sub> et empêchant sa diffusion. Ce problème a cependant pu être **réglé avant la période de forte augmentation de la nuisance en septembre**, telle qu'évaluée par le nombre moyen de moustiques capturés dans les pièges fonctionnels (Fig. 35). Près de la moitié des pièges était à nouveau non fonctionnel à partir de septembre suite à l'épuisement du CO<sub>2</sub> et à la décision de ne pas remplir les bouteilles pour cause de contraintes budgétaires. La **nuisance causée par *Ochlerotatus detritus* étant particulièrement forte en octobre et novembre**, il aurait sans nul doute été **préférable de poursuivre l'expérimentation jusqu'à cette période**.

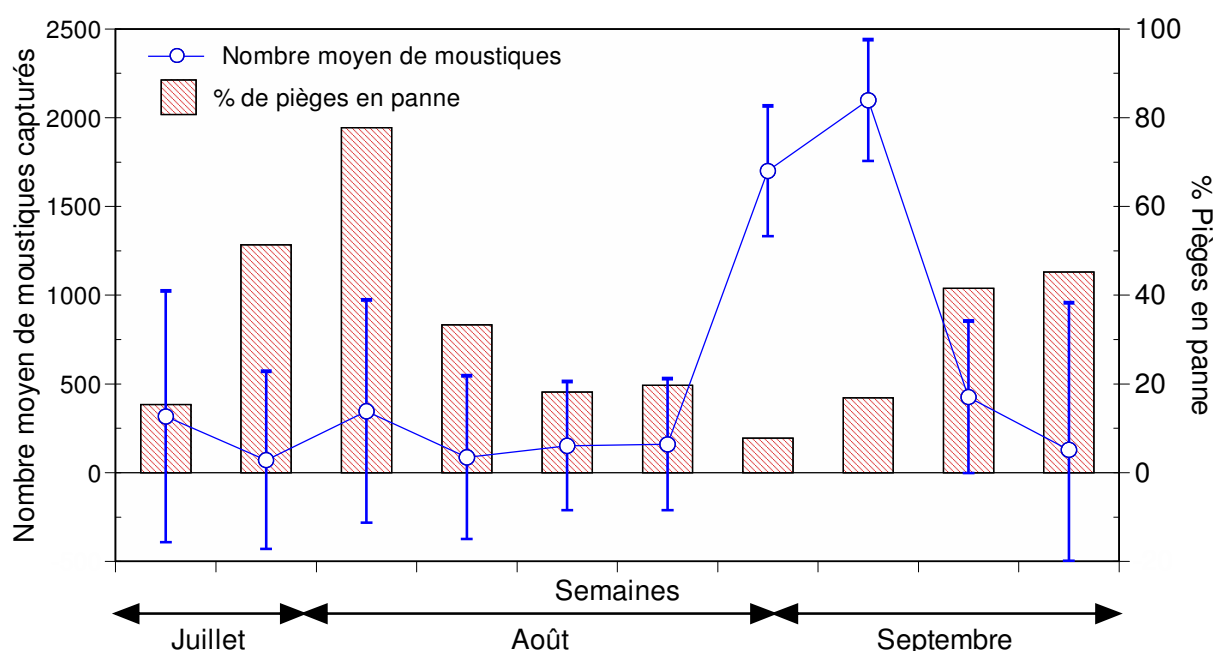


Fig. 35. Evolution du nombre moyen de moustiques capturés par piège fonctionnel et du pourcentage de pièges en panne entre juillet et septembre 2015.

L'évolution de la nuisance entre juin 2014 et septembre 2015 telle qu'estimée par le test du mollet à plus de 60 mètres des pièges révèle quatre principaux pics de nuisance (Fig. 36). Les pièges permettent de réduire ces pics de façon significative ( $F_{166,1} = 1804$  ;  $P = 0.0004$ ), avec une réduction moyenne de l'ordre de 88%, sur la base de la comparaison de nombre de tentatives de piqûres à proximité (10 m) et à distance (60 à 150 m) des pièges avant et pendant leur mise en opération. Sur une période de 10 minutes, le **nombre moyen de tentatives de piqûres** était de **2,59** à **proximité** des pièges, de **22,81** à **60-90 m** des pièges et de **27,96** à **120-750 m des pièges**, suggérant que les pièges ont un impact sur la nuisance au-delà de 60 mètres de distance.

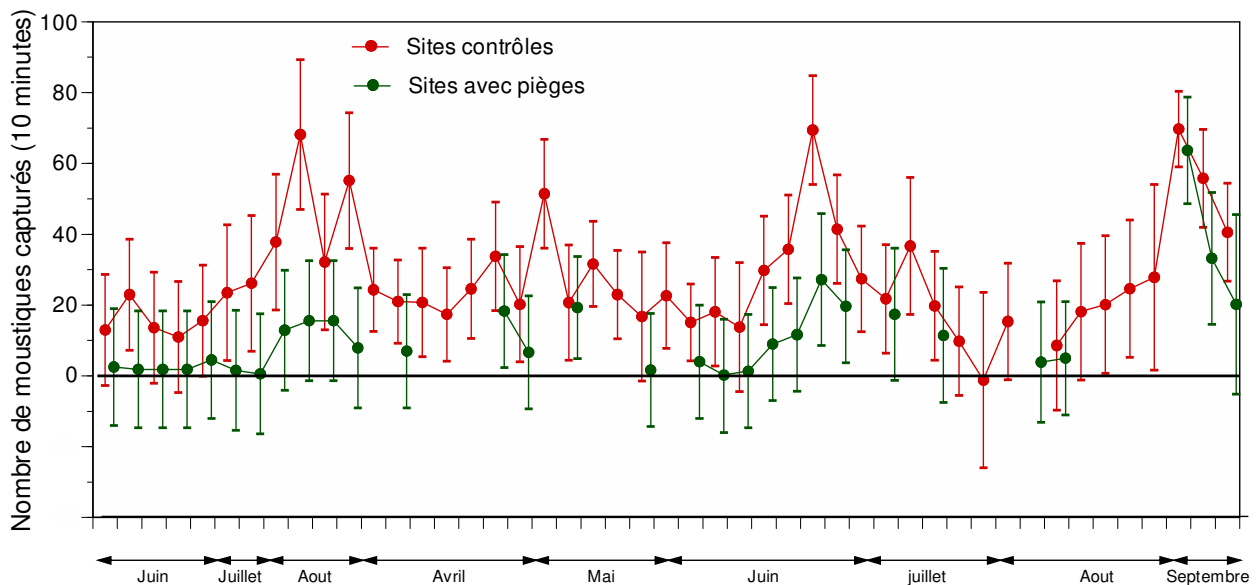


Fig. 36. Variation de l'efficacité des pièges BAMS, Biogents et Mosquito Magnet pour réduire la nuisance en 2014 et 2015 sur la base du test du mollet dans les secteurs "traités" et témoins.

### Impact des pièges sur la faune non cible

Tableau 13. Distribution des insectes capturés par taxons dans 49 échantillons provenant des pièges BAM installés au Sambuc en 2015.

Taxons	Captures	%
Moustiques	45779	99.28
Ceratopogonidae (arabis)	6	0.01
Autres nématocères (chironomes)	0	0.00
Autres diptères (mouches)	44	0.10
Hyménoptères (guêpes)	62	0.13
Coléoptères	10	0.02
Hémiptères	6	0.01
Psocoptères	0	0.00
Lépidoptères (papillons de nuit)	128	0.28
Arachnides (araignées)	30	0.07
Collemboles	0	0.00
Orthoptères	20	0.04
Odonates (libellules)	27	0.06
<b>Total captures</b>	<b>46112</b>	<b>100</b>
<b>Total captures non-cibles</b>	<b>327</b>	<b>0.72</b>



Le nombre de captures appartenant aux moustiques, arabis et autres taxons déterminés à l'ordre dans deux pièges BAM au Sambuc et les trois pièges utilisés à la Tour du Valat (Biogents, Mosquito Magnet, BAM particulier) sont illustrés au tableau 13. **La faune non-cible ne représente que 0,72% des captures** dont le tiers appartient aux petits papillons de nuit. Ces insectes, qui ne sont pas attirés par les pièges, peuvent aléatoirement voler à sa proximité et se retrouver aspirés. La nuisance causée par les **arabis** fut très faible cette année, celles-ci ne représentant que **0,01% des captures**. Ce pourcentage aurait cependant certainement été supérieur si les pièges BAM avaient été opérationnels pendant la période 'arabis', qui se tient généralement de la mi-mai à la mi-juillet.

Les moustiques ont été identifiés à l'espèce dans 53 échantillons de pièges et 183 échantillons du test du mollet (Tableau 14). Ces résultats révèlent que **les deux espèces ciblées par les traitements de l'EID, *Ochlerotatus caspius* et *Oc. detritus*, représentent 77% des tentatives de piqûres**. Un total de **12 espèces a été capturé**, incluant le **moustique tigre (*Aedes albopictus*)** qui est peu abondant sur le secteur, ne représentant **que 0,13% des captures** sur appât humain.

**Toutes les espèces capturées sur appât humain ont été également été capturées dans les pièges, de façon généralement proportionnelle à leur abondance** (Tableau 14).

Tableau 14. Abondance relative des moustiques capturées sur appât humain et dans les pièges (données partielles) par espèce en 2015.

Espèce	Pièges (n = 53)	Appât humain (n = 186)
<i>Ochlerotatus caspius</i>	44827	1716
<i>Aedes vexans</i>	13100	278
<i>Ochlerotatus detritus/coluzzii</i>	7626	943
<i>Anopheles hyrcanus</i>	979	13
<i>Culex pipiens</i>	718	3
<i>Anopheles maculipennis s.l.</i>	509	0
<i>Culex modestus</i>	313	4
<i>Culiseta annulata</i>	120	8
<i>Anopheles plumbeus</i>	25	3
<i>Aedes albopictus</i>	22	4
<i>Coquillettidia richiardii</i>	11	2
<i>Orthopodomyia pulcripalpis</i>	4	3
<b>Total</b>	<b>68 254</b>	<b>2 977</b>

#### Estimation du rythme circadien des moustiques

Les échantillons d'insectes capturés dans deux pièges Biogents ont été récupérés à toutes les heures sur trois cycles de 24 h les 4, 17 et 29 juin 2015. La variation dans le nombre de moustiques capturés montre une **activité maximale en début de nuit avec 30% des captures réalisées entre 21h et 0h** (Fig. 37).

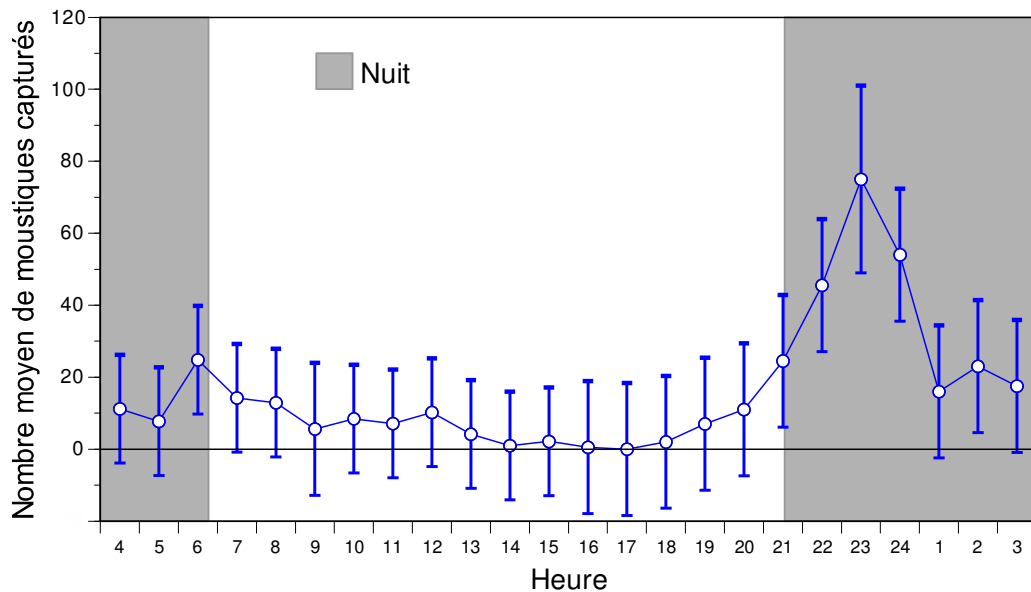


Fig. 37. Evolution du taux de captures horaire des moustiques dans deux pièges Biogents en opération pendant trois cycles de 24h en juin 2015 (valeurs moyennes avec IC95%).

Les quatre espèces de moustiques principalement responsables de la nuisance à cette période montrent cependant des cycles d'activité différents (Fig. 38). Ainsi, *Ochlerotatus caspius* et *Oc. detritus* sont particulièrement actifs au crépuscule du matin et du soir, alors que *Culex pipiens* et *Aedes vexans* sont essentiellement nocturnes.

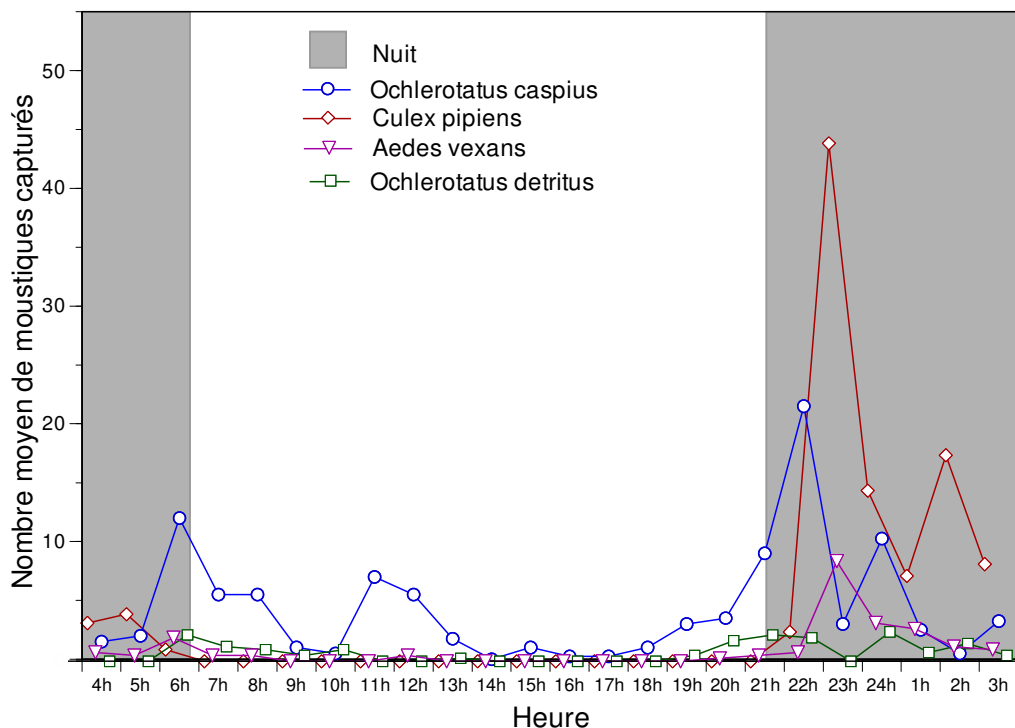


Fig. 38. Evolution du taux de captures horaire des espèces de moustiques les plus abondantes dans deux pièges Biogents en opération pendant trois cycles de 24h en juin 2015.

## Estimation de l'impact de la hauteur d'un piège BG-Sentinel sur le taux de captures des moustiques vs. arabis

Cette expérimentation, conduite en juin 2015, n'a pas procuré de résultats probants, sinon pour démontrer que les **pièges Biogents étaient significativement moins efficaces lorsque situé à un mètre du sol** pour capturer les moustiques (Fig. 39). De fait, **la nuisance causée par les arabis était très faible cette année**, n'atteignant qu'une moyenne de 4,6 captures par jour pour les pièges au sol et 3,4 pour les pièges à un mètre du sol.

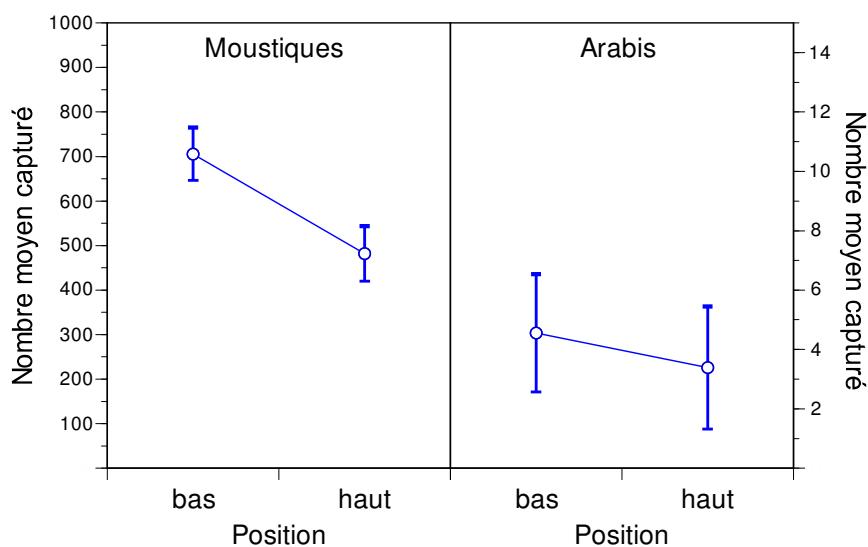


Fig. 39. Nombre moyen (avec IC95%) de moustiques et d'arabis capturés dans les pièges Biogents situés au sol (bas) et à un mètre au dessus du sol (haut) en juin 2015 à la Tour du Valat.

## Discussion

**Au regard des coûts économiques et écologiques élevés de la démoustication traditionnelle par épandage d'insecticides, le contrôle des moustiques par piégeage est une méthode de plus en plus répandue** ayant fait ses preuves (Day & Sjogren 1994, Geier *et al.* 2011). Considérant les impacts avérés des traitements au *Bti* sur la faune non-cible en Camargue, il pourrait s'agir d'une alternative intéressante pour réduire la nuisance causée par les moustiques, dont il convient d'évaluer l'efficacité préalablement à une mise en œuvre à grande échelle.

La poursuite des expérimentations initiées en 2014 procurent **un taux de réduction de la nuisance de l'ordre de 88%** sur la base de tests du mollet conduits à proximité et à distance des pièges à partir de données récoltées avant et pendant leur mise en opération. Les données suggèrent également une réduction de la nuisance de l'ordre de 18% à 60-90 m des pièges Biogents sur le domaine de la Tour du Valat. Le **pic de nuisance observé en septembre 2015 était remarquable**, culminant le 7 septembre avec un **nombre record de moustiques capturés de 7 808 au Sambuc et de 28 160 à la Tour du Valat** dans un seul piège. Bien que l'EID utilise des pièges à moustiques en différents points stratégiques et notamment à Salin-de-Giraud, ces données ne sont pas divulguées et ne permettent donc pas de comparer l'efficacité d'une démoustication innovante par usage de pièges avec celle d'une démoustication traditionnelle à l'aide du *Bti*. Dans tous les cas, **les pièges offrent l'avantage de ne pas être limités à deux**

**espèces de moustiques et d'offrir un moyen de contrôle du moustique tigre, typiquement associés aux zones habitées**, qui pose des problèmes croissants de santé publique.

Le **budget limité et les difficultés techniques** rencontrées **avec les pièges BAMs au Sambuc** n'ont pas permis de couvrir tout le hameau, ni toute la période de nuisance qui s'est étendue d'avril à novembre en 2015. Néanmoins, cette expérimentation **a permis de capturer 268 741 moustiques de 11 espèces différentes**. Le **nombre moyen de captures par jour** a varié **entre 246 et 1970 selon les pièges**, suggérant qu'il serait utile de revoir la position de certains pièges ayant des taux de captures relativement bas. De même, et au regard du ressenti des habitants (cf volet 9 sur le suivi sociologique), il serait pertinent d'augmenter le nombre de pièges afin de réellement créer un effet barrière et mieux protéger le hameau.

Les **expérimentations menées en 2014** avaient démontré que **le débit de CO<sub>2</sub>** était un **facteur déterminant pour augmenter** le nombre de moustiques capturés et donc **l'efficacité des pièges** (Poulin et al. 2015). Le débit de CO<sub>2</sub> a cependant aussi un **impact sur les coûts de maintenance et d'utilisation des pièges** en influençant la fréquence de remplissage des bouteilles. Le cycle d'activité des moustiques, tel que quantifié à la Tour du Valat en 2015, procure les **premières pistes pour une modulation du débit de CO<sub>2</sub>** qui pourrait être **réduit pendant les heures les plus chaudes de la journée** lorsque les moustiques ont des probabilités moindres d'être capturés (ex: **de 13h à 18h**). De fait, **il serait pertinent de développer un régulateur de débit en fonction de la température**, mais également en fonction **du vent**, puisque lorsque celui atteint 30 ou 40 km/h comme c'est fréquemment le cas en Camargue, les moustiques volent peu et leur capacité à détecter des sources de CO<sub>2</sub> émanant des pièges est sans doute fortement réduite.

## Perspectives

Pour 2016, il apparaît pertinent de prioriser l'expérimentation du Sambuc sur la base d'une version améliorée des pièges, distribués en plus grand nombre de façon à mieux protéger le village par un effet barrière et d'augmenter l'effort d'échantillonnage pour estimer la réduction de la nuisance (limitée à deux points 'traités' et deux points témoins en 2015). Si l'objectif est de pérenniser cette 'démoustication' au hameau du Sambuc, il serait pertinent également de mieux informer et impliquer la population locale dans une perspective de sciences participatives et de gestion du dispositif à moyen-terme. Ces ambitions nécessitent cependant de trouver des financements complémentaires pour permettre le perfectionnement des pièges et leur production en plus grand nombre. Cette seconde phase test permettrait sans doute d'aboutir à la démonstration d'un prototype testé, efficace et pouvant être étendu à d'autres secteurs de la Camargue ou au-delà.

## Références

- Crepeau TN, Unlu I, Healy SP, Farajollahi A & Fonseca DM. 2013 Experiences with the large-scale operation of the Biogents Sentinel™ Trap. *Journal of the American Mosquito Control Association* 29: 177–180. DOI: 10.2987/12-6277r.1
- Drago A, Marini F, Caputo B, Coluzzi M, della Torre A & Pombi M (2012) Looking for the gold standard: assessment of the effectiveness of four traps for monitoring mosquitoes in Italy. *Journal of Vector Ecology* 37: 117–123.
- Farajollahi A, Kesavaraju B, Price DC, Williams GM, Healy SP, Gaugler R, Nelder MP. 2009. Field efficacy of BG-Sentinel and industry-standard traps for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and West Nile virus surveillance. *J Med Entomol* 46:919–925.

- Geier M., Englbrecht Ch. Carey B., Horton S. & Rose A. (2011) Innovative mosquito control: Reducing human landing rates through new innovative mosquito traps. Pp. 121-132, Proceedings of the 23rd Scientific and Educational Seminar DDD and ZUPP 2011. Korunic, Zagreb, Croatia.
- Geneys C, Lizée C, Claeys C, Nicolas L. 2014. Volet VII - Suivi sociologique. Pp. 69-128 *in* Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2013 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue.
- Nicolas L, Geneys C, Lizée C, Claeys C. 2015. Volet X - Suivi sociologique. Pp. 85-112 *in* Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue.
- Poulin B, Albalat F, Claeys C, Després L, Jakob C, Tétrel C. 2013. Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2012 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport présenté au PNRC, 108 pp.
- Poulin B, Lefebvre G, Hilaire S. 2014. Volet IV - Hirondelles des fenêtres. Pp. 32-39 *in* Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2013 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue.
- Poulin B, Hanzen C, Hilaire S, Lefebvre G. 2015. Volet VIII - Test de méthodes alternatives au *Bti* : les pièges à moustiques. Pp. 69-79 *in* Rapport final sur le suivi scientifique annuel mené en 2014 en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* sur le périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue.

# VOLET IX

## Suivi sociologique

Laurence Nicolas<sup>1</sup>, Cyril Geneys<sup>2</sup>, Cécilia Claeys<sup>3</sup>



- 1** Bureau d'études Ressource
- 2** Bureau d'études c2psy
- 3** Aix-Marseille Université



## 9. Suivi sociologique

### Introduction

Ce chapitre présente l'état d'avancement du volet sociologique du suivi scientifique de la démoustication 2015. Sont tout d'abord rappelés les objectifs scientifiques et les choix méthodologiques engagés jusqu'alors. Un état d'avancement décrit ensuite la mise en œuvre du dispositif d'observation sociologique choisi pour ce volet 2015 et fournit une description du contexte dans lequel s'est inséré le protocole ainsi que quelques premiers éléments concernant l'analyse du contexte, les enjeux et les premiers « retours d'expérience » du test mené au Sambuc cet été. L'approfondissement du traitement des données et le développement des analyses sociologiques et ethnologiques seront fournis dans le rapport final. Ce travail en cours est réalisé par Cyril Geneys et Cécile Lizée, psychosociologues consultants spécialisés dans les problématiques environnementales, Laurence Nicolas, chargée de recherches en anthropologie et Cécilia Claeys, Maître de conférences en sociologie.

### Bilan de huit années de suivi sociologique

Depuis 2007, le suivi sociologique de la démoustication expérimentale de Salin-de-Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône a permis de constituer un **corpus de données quantitatives et qualitatives diachroniques (de 2007 à 2014) réunissant 950 questionnaires, 85 entretiens semi-directifs** associés à leurs fiches de suivi hebdomadaire de la gêne dans le cadre du réseau de mollets (2009 et 2010) puis du test des pièges à moustiques (2012 et 2013).

L'analyse sociologique de ce corpus aboutit aux résultats suivants : en zone démoustiquée, une très grande majorité des habitants interrogés se dit favorable aux traitements, à leur poursuite, mais aussi à leur élargissement à d'autres espaces habités de Camargue. Inversement, en zone non démoustiquée, les demandes de traitements sont moindres, du fait de revendications environnementales et culturelles plus marquées, observées de longue date et caractéristiques de localités à forte identité territoriale (Camargue (Claeys 2002) et Bretagne (Huneau 2008)), tout en s'installant progressivement dans les esprits. La dichotomie « moustiques des villes, moustiques des champs » (Claeys 2003, Claeys et Nicolas 2009) perdure et tend à se renforcer. Ce compromis taxonomique et spatial permettant d'articuler désir de démoustication et souci environnemental est toutefois un idéal techniquement difficile à concrétiser, tant l'insecte sait faire preuve de mobilité. Ce processus a aussi été souligné par la littérature sociologique dans l'analyse du rapport à d'autres espèces animales (Mauz 2005, Strivay et Mougenot 2010).

Par ailleurs, l'émergence d'une nouvelle problématique sanitaire est à prendre en compte dans une logique d'anticipation. Les premiers travaux sociologiques réalisés en France métropolitaine concernant l'introduction du moustique tigre montrent que les spécificités comportementales de cet *Aedes* bousculent les anciens modes de gestion collective et individuelle de la nuisance (Claeys et Mieulet 2012). Son penchant pour les eaux domestiques non ou peu souillées fait de chaque coupelle de jardin un lieu potentiel de ponte, rendant inopérant les traitements classiques par épandage, et exigeant une gestion à l'échelle de chaque foyer. Or, comme le montre de façon récurrente le suivi sociologique de la démoustication, les habitants considèrent aujourd'hui comme négligeable le rôle de leur gestion individuelle dans la limitation de la nuisance. Un

accompagnement de la population vers la découverte de nouveaux dispositifs et l'utilisation effective de pratiques alternative a donc commencé à être engagé.

Enfin, le suivi sociologique mené de 2012 à 2014 a mis en place une nouvelle démarche de test de dispositifs alternatifs, les pièges à moustiques, basée sur l'implication de volontaires habitants en Camargue démoustiquée et non démoustiquée. Il ressort de cette première expérience que l'efficacité ressentie de ces pièges est très inégale selon les habitants et les conditions d'utilisation. En outre, ces habitants se disent très intéressés par de telles méthodes, qu'ils voient toutefois comme des compléments aux campagnes de démoustication et non pas comme un remplacement de ces dernières.

Les huit premières années de suivi sociologiques ont ainsi abouti à la formulation des conclusions et des préconisations suivantes :

Au terme des huit ans de démoustication de Salin-de-Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône, est-il encore pertinent de qualifier ces traitements d'expérimentaux ? Les habitants de ces localités s'y habituent et résistent à l'idée d'y mettre un terme, revendiquant aussi peu ou prou son extension à d'autres zones de Camargue, dans un contexte de crispations idéologiques. Toutefois, les trois dernières années de suivi sociologique révèlent que le recours à des dispositifs alternatifs concrets permet de dépasser ces crispations idéologiques.

Ainsi, l'issue de ce dossier « pour ou contre la démoustication de tout ou partie de la Camargue » passe par un dépassement des crispations. En premier lieu, la question de départ est à reformuler. Il ne s'agit plus de savoir s'il faut ou non démoustiquer la Camargue, question qui traîne un cortège de présupposés idéologiques et de rapports de force qui sclérosent les débats depuis plusieurs décennies.

La question est en effet davantage celle de la *reconnaissance sociale*. Comme le souligne Axel Honneth (2004), « *la disparition de ces relations de reconnaissance débouche sur des expériences de mépris et d'humiliation qui ne peuvent être sans conséquences pour la formation de l'identité de l'individu* ». La question devient dès lors la suivante : *comment instaurer des rapports de reconnaissance réciproque entre les protagonistes du débat camarguais relatif à la démoustication ?* »

S'il est illusoire et déontologiquement contestable de tenter sur le court terme de modifier les postures idéologiques particulièrement ancrées et exacerbées des protagonistes, en revanche, la recherche d'alternatives pragmatiques mobilisant la participation des acteurs locaux et des habitants est une voie qu'il convient de développer et de poursuivre.

De ce fait, il a été jugé nécessaire de passer d'une posture d'observation scientifique à une démarche d'innovations sociotechniques pragmatiques et de l'analyse scientifique académique à l'ingénierie de terrain.

Les premiers résultats de la nouvelle expérimentation menée de 2012 à 2014 concernant les méthodes de protections alternatives ont révélé que cet accompagnement de la population s'avère nécessaire afin de mieux repérer les résistances individuelles pratiques ou idéologiques des habitants. Par ailleurs, la question des démoustications dites « sauvages », et leurs conséquences sur le milieu naturel constituant une préoccupation croissante du Parc de Camargue a été explorée et prise en compte dans l'action de terrain et l'analyse, révélant aussi les forces et faiblesses associées à cette expérience de test qui se présente comme le point d'entrée d'une véritable démarche impliquante et participative.

A ce titre, le volet sociologique 2014 a privilégié cette approche d'un accompagnement du processus participatif sur le terrain qui suggère d'explorer avec le concours des acteurs du territoire et de la population camarguaise la question sensible et complexe des perceptions associées à « la production des moustiques ».

L'accompagnement au changement des populations exposées vers des pratiques alternatives plus respectueuses de l'environnement (Geneys, 2008) au travers du test des pièges alternatifs a été poursuivi et enrichi au travers de l'acquisition et du test de deux nouveaux dispositifs (le piège GR330 de Inadays, et le piège « Mosquitaire » de Biogents), permettant ainsi de mieux repérer « les conditions optimales » d'utilisation de chacune de ces méthodes sous le regard des sciences humaines.

Enfin, lors de cette saison 2015, un nouveau dispositif BAM - *Borne Anti Moustique*, développé par des ingénieurs et à destination des collectivités, a été testé sur le terrain. Ainsi, plusieurs prototypes BAM ont été construits selon une version améliorée, capitalisant sur les tests de calibrage réalisés en 2014, afin d'estimer leur efficacité pour réduire la nuisance à plus grande échelle en utilisant comme site test le hameau du Sambuc.

## Méthodologie

### Sites d'étude :

- Le Hameau du Sambuc  
(Camargue non démoustiquée)

### Objectifs scientifiques :

Ce volet sociologique a pour objectif de poursuivre et d'enrichir le suivi des huit premières années. Pour l'année 2015, l'accent a été porté sur l'acceptation et la perception de l'efficacité du nouveau dispositif BAM, afin de repérer les conditions les plus favorables dans lesquelles celui-ci peut s'insérer dans le paysage et le mode de vie des Camarguais comme une « solution anti moustique alternative ».

L'enquête ethnographique démarrée en 2014 auprès des gestionnaires de l'eau a été complétée, permettant d'interroger au sens large la question de la production de gîtes larvaires de moustiques et d'identifier notamment des leviers d'actions réalistes et cohérents avec la réalité des activités de chacun vers une diminution effective de cette nuisance moustique.

### • I. Poursuite de l'enquête ethnographique auprès des gestionnaires de l'eau

L'EID Méditerranée a produit en novembre 2013<sup>1</sup> un guide des bonnes pratiques de gestion de l'eau visant à une diminution de la production de gîtes larvaires de moustiques. On peut y lire le constat suivant :

*Certaines années, les mises en eau artificielles, bien que localisées, peuvent, par leur répétition, être à l'origine de plus de la moitié des interventions (...) La chasse,*

---

<sup>1</sup> Un nouveau guide daté de décembre 2014 est désormais en ligne à la même adresse et présente un contenu sensiblement identique



*l'agriculture et l'activité de conservation de la biodiversité sont les activités les plus présentes sur les zones potentiellement irrigables et y occupent plus de 70%, en termes de superficie.<sup>2</sup>*

Des fiches listant des pistes d'actions pour diminuer la nuisance ont été établies par l'organisme démoustiqueur pour chacune des activités concernées. Elles montrent par exemple que le choix du début de mise en eau, le mauvais nivellement des terrains favorisant des «séquestres» d'eau, ou encore les variations de niveaux des plans d'eau (etc.) favorisent la production de moustiques. Dans quelle mesure ces préconisations sont-elles applicables à l'exercice des activités concernées ? Quels sont les freins, les résistances ou les opportunités que pourraient rencontrer ces pistes de réduction de la nuisance moustique ?

L'enquête menée en 2014-2015 laisse déjà entrevoir quelques pistes d'actions comme la gestion hydraulique rigoureuse lors des mises en eau des rizières en lien avec l'exercice d'une vigilance à l'égard des économies d'eau. Par ailleurs les premiers résultats concernant les perceptions de différents gestionnaires de l'eau montrent que les marais affectés à l'activité cynégétique ou de protection de la nature sont spontanément désignés comme des gîtes fortement productifs en moustiques. Le rôle primordial de l'assec annuel des marais est également fortement souligné dans la diminution de cette production d'insectes.

L'enquête ethnographique a donc été élargie aux secteurs d'activités concernant l'élevage, le pâturage et le fourrage, supposés très productifs en moustiques, afin d'évaluer les liens établis par les acteurs entre ces productions et leurs activités, dont la gestion de l'eau, et de repérer d'autre part d'éventuels leviers d'actions pour réduire cette production.

L'étude de quelques exemples choisis dans chacune des activités ciblées par ces pratiques adaptatives à une gestion hydraulique moins contributive aux éclosions de moustiques visera à alimenter la réflexion sur l'amélioration de la diminution « naturelle » de cette nuisance dans les activités de mises en eau volontaires.

C'est donc à partir d'une enquête ethnographique que nous avons recueilli des données sur ce sujet en privilégiant une approche résolument qualitative, au moyen d'un ou plusieurs entretiens avec plusieurs acteurs clé, repérés lors d'une pré-enquête et confrontés in-situ (marais, rizières, prairies, espaces naturels) aux pistes de réduction de la nuisance inventoriées dans le « guide des bonnes pratiques de gestion de l'eau » récemment édité par l'EID.

Nous avons donc enquêté auprès des différents gestionnaires de ces activités : au total 12 personnes concernées par des activités liées à la gestion de l'eau, gestionnaires de marais à vocation cynégétique, techniciens d'associations syndicales agricoles, riziculteurs, éleveurs et gestionnaires de nature. Nous avons procédé en utilisant les fiches de l'EID correspondantes comme support à des entretiens parfois associés à des visites sur le terrain. L'objectif n'étant pas d'évaluer les pratiques au regard de ces fiches mais de les confronter d'une part aux réalités du terrain ainsi qu'aux pratiques de gestion. Nous avons également pris en compte les préconisations d'action de réduction de la nuisance liée à la gestion de l'eau, proposées dans le cadre de la plaquette d'information produite lors du rapport final précédent :

- ✓ **Favoriser la surverse pour les prairies inondées ou à défaut pratiquer des périodes d'inondation d'une durée inférieure à celle du développement des moustiques (4 jours)** y compris dans les dépressions qui pourront être

---

<sup>2</sup> EID Méditerranée, 2013, *Guide des bonnes pratiques pour une gestion de l'eau moins contributive aux éclosions de moustiques et compatible avec les usages*, p 4 (en ligne : <http://www.eid-med.org/content/le-guide-des-bonnes-pratiques-de-leau>)

- drainées ou nivelées pour éviter la rétention d'eau ;
- ✓ **Réduire les zones d'éclosion en minimisant les variations de la hauteur de la ligne d'eau pour les marais maintenus en eau l'été,** (via des ajouts fréquents mais de faibles volumes compensant l'évaporation) ;
- ✓ **Décaler les pics de nuisance à une période moins gênante en favorisant une remise en eau lors des précipitations automnales pour les marais asséchés au printemps ou à l'été.** Cette pratique permet également de maintenir la diversité des milieux en se rapprochant d'un fonctionnement hydrologique méditerranéen plus naturel ;
- ✓ **Réduire les fuites des parcelles et des canaux d'irrigation dont les zones de débordement constituent des gîtes larvaires.** En plus de réduire la production de moustiques, l'entretien du réseau hydraulique permet d'économiser la consommation en eau et de réduire les coûts de pompage.

L'objectif étant d'identifier d'éventuels leviers d'actions ou points de résistance à la diminution de cette nuisance dans les activités d'irrigation volontaires.

De manière générale les habitants ne semblent pas totalement étrangers à l'idée qu'une partie de la production de moustique peut avoir des causes directement humaines, des questions dans ce sens ont été rajoutées dans l'enquête sociologique et les réponses enregistrées montrent que l'idée qu'une partie de la nuisance puisse être créée par la gestion de l'eau est présente chez les habitants dans des formulations du type « *c'est la mise en eau qui..* » ou encore « *peut-être qu'à l'époque du riz, à côté, on a peut-être plus de moustiques...* » et cette constatation s'assortit presque systématiquement d'un sentiment d'impuissance face à cet état de fait.

Deux premiers constats généraux s'imposent :

### **Premier constat : un document mal diffusé, voire pas diffusé du tout.**

Personne parmi nos enquêtés n'a eu encore connaissance de ce guide de bonnes pratiques. L'enquête a donc continué à contribuer à sa diffusion. Le document est pourtant facilement téléchargeable sur le site de L'EID ainsi que sur le site de la ville d'Arles, il est sans doute regrettable de ne pas le trouver sur le site du parc de Camargue mais il n'est pas sûr pour autant que cela augmenterait sa diffusion. Les usagers, habitants et acteurs du territoire semblent plus attirés par l'idée d'une plaquette, sous format papier, qui pourrait être distribuée. Une vive demande d'information, formulée directement ou rendue sensible par les nombreuses questions, nous a été adressée lors des entretiens, portant sur la biologie du moustique, les conditions propices à son développement et à sa dispersion géographique...

### **Deuxième constat : la sensation de se battre contre des moulins à eau ?**

Les réactions générales face à l'idée qu'une marge de manœuvre pourrait reposer sur les acteurs et non plus sur les seuls traitements opérés ou opérables sont en première instance de deux ordres :

En premier lieu, cette marge de manœuvre paraît très étroite au regard de la configuration du territoire voire impossible, trop de roubines, trop de recoins, trop de situations de débordements, de fuites incontrôlables dans le réseau chevelu des structures d'irrigations :

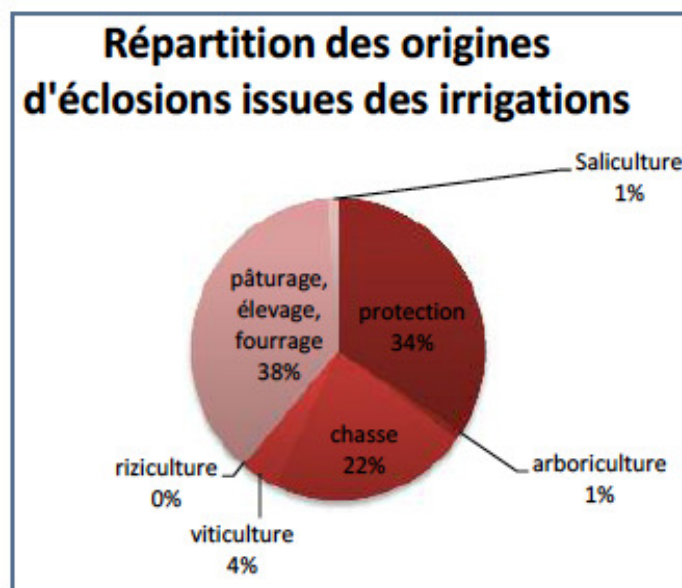
*Mais comment tu veux faire ? C'est plat ici ! Y'a toujours de l'eau stagnante ! Le moindre recoin, les rigoles que je te parles, après y'a l'évaporation, mais c'est impossible, on peut pas mettre ce territoire sous cloche ! (Riziculteur)*

*C'est compliqué ! Vous vous rendez compte ! C'est plein de roubines de partout, rien qu'au bord du Rhône ! Comment vous voulez ? Comment vous voulez ? Tout assécher ? (Garde-canal)*

La seconde réaction générale s'inscrit quant à elle dans le registre des mécontentements, un peu comme si le fait de devoir gérer le moustique dans le cadre de la gestion de l'eau venait conforter un sentiment de stigmatisation des activités économiques « traditionnelles » que résume assez bien l'extrait d'entretien suivant avec un riziculteur :

*« Ben oui, je suis agriculteur en fin de compte, ma principale activité c'est pas de me préoccuper si je produis du moustique ou pas. De toute façon s'il y a une fuite qui peut provoquer des éclosions supplémentaires, cette fuite moi elle est déjà préjudiciable financièrement, si je perds de l'eau qui va pas dans ma terre c'est de l'eau perdue, si vraiment j'en perds beaucoup, si la fissure devient une brèche je vais réparer. On n'a pas intérêt à ce que la fuite continue ou s'agrandisse. Le fait de pomper de l'eau douce dans un territoire, forcément ça va augmenter les chances d'avoir plus de moustiques, mais il faut savoir ce qu'on veut. Si moi dans mes actions d'irrigation je motive plus d'éclosion de moustiques, je suis désolé, je suis désolé, quoi il faut un responsable ?*

On voit cependant se profiler dans ces propos l'esquisse de pistes possibles d'actions ou du moins de leviers sur lesquels agir. Le riziculteur indique ici qu'il est dans son intérêt de ne pas avoir de fuites d'eau dans son réseau et ses parcelles, la réduction de la production qui pourrait en découler pourrait ainsi être valorisée comme effet non voulu mais néanmoins actif, comme une sorte d'aménité involontaire propre à la gestion rigoureuse des rizières.



Le graphique ci-dessus issu du guide de l'EID<sup>3</sup> rend compte d'une estimation de la répartition des origines d'éclosions suivant les différentes activités pratiquant l'irrigation.

**Quel écho rencontre la représentation de cette répartition suivant les activités d'irrigation chez les acteurs de la gestion de l'eau dans le delta du Rhône ?**

Ce sont les marais de chasse, aux dires de nos enquêtés et selon une vision très largement partagée qui semblent les milieux les plus propices à la production de moustiques, ainsi pour ce riziculteur :

<sup>3</sup> Ibid. p 8

*C'est plutôt les chasseurs, parce que des plans d'eau, de la surface... La femelle elle va pondre partout où il y a des plans d'eau. Elle sent partout où y'a ça. Alors quand il y a des pluies ou quand on arrose, tu parles ! Mais là les grands niveaux d'eau non, plutôt là où ça monte et ça descend alors là oui, c'est des nids à moustiques !*

On peut relever ici que le lien est établi spontanément entre les variations de la ligne d'eau et la prolifération de moustiques.

Pour ce garde-chasse d'un marais situé au nord-ouest du Vaccarès, et invité à établir une comparaison entre rizières et marais de ce point de vue la prévalence du marais sur la rizière paraît s'imposer dans la « fabrication » du moustique même si l'activité rizicole est soupçonnée d'en produire aussi :

*-Et les rizières ça produit des moustiques selon vous ?*

*-Ah sûr que l'eau elle est stagnante là...*

*-Ça produit plus ou moins de moustiques que le marais ?*

*'Es paillé' (c'est pareil) partout où il y a de l'eau je crois que... Peut-être moins que le marais parce que le marais est constamment plein d'eau. Les rizières, à un moment, on les sèche et s'il y a des larves de moustiques elles doivent mourir. Le marais, lui, doit bien faire le cycle parce qu'on enlève pas l'eau systématiquement toutes les années. A mon avis les marais c'est propice pour...*



### **Marais de chasse en début avril**

Les espaces naturels représentent le deuxième milieu désigné comme favorisant la production du moustique et cette vision est également très partagée, notamment chez les habitants « lambda », qui ne sont pas en prise directe avec les questions de gestion de l'eau. Enfin les rizières sont également perçues comme des espaces pouvant donner lieu à des éclosions. Ainsi ce garde-canal qui nous indique ici une situation qu'il a pu observer directement dans les rizières mais ne relevant pas de l'irrigation :

*Quand les riz sont coupés, il pleut, la nature elle te met ça d'eau et puis pour la sortir ! Dans les redans de moissonneuses et tout ça ! Il faut gérer oui ! Il faut qu'ils mettent un engin avec des roues-cages pour aplanir, qu'ils remettent de l'eau en plus et puis vider, c'est encore des coûts ça, des coûts dans le travail...*

### **Débordements, fuites et séquestre d'eau**

Les fiches du guide des bonnes pratiques édité par l'EID sont déclinées par type d'usage et ciblent les grands principes généraux conduisant à limiter les éclosions de moustiques nuisants, issues des irrigations. Nous nous sommes donc concentrés dans nos entretiens sur les facteurs pouvant favoriser les éclosions et les risques de nuisance comme :

La qualité du réseau hydraulique  
Le choix du début de mise en eau  
L'Influence de la saison  
Les débordements  
La fréquence des irrigations...

Ainsi que sur la faisabilité des préconisations générales inventoriées par le guide de l'EID pour réduire éclosions larvaires et les nuisances du point de vue des acteurs concernés :

- Développer des partenariats entre gestionnaires ou responsables et l'EID Méditerranée.
- Observer et connaître finement l'unité hydraulique, afin de limiter les inondations non désirées.
- Entretien / réparer le réseau hydraulique (fuites, curage canaux / roubines, trous digues...).
- Surveiller de près les mises en eau lors des manipulations d'ouvrages.
- Favoriser des mises en eau rapides, inférieures à 3 jours (rizières, prairies).
- Favoriser une période d'irrigation durant le week-end.
- Réaliser un assec estival avec remise en eau la plus tardive (marais de chasse)
- réaliser des assecs complets entre deux mises en eau (prairies).
- Nivelier les terrains afin d'éviter les séquestres d'eau
- Favoriser les accès

Les fuites d'eau et les débordements semblent fréquents dans la rizière comme l'explique cet exploitant :

*La communication entre la parcelle et la roubine elle se fait, les rats musqués, les écrevisses aussi, ça nous fait des passoires... C'est un gaspillage et on en tient compte, mais on arrose, on arrose, ça dessale. Et après pendant la campagne de riz toutes nos pompes d'assainissement fonctionnent, elles écoulent, donc y'a du gaspillage.*

*-Et dans le réseau hydraulique y aurait-il des fuites qui pourraient favoriser l'éclosion de moustiques provoquant des séquestres d'eau à des endroits ?*

*Oui, bien sûr, le porteau pour irriguer est surélevé en général pour arroser par gravité, si y'a une fuite sur la structure, elle va arroser le bord du chemin ou le bord de la terre et là il y aura des moustiques, oui, oui.*

De même pour les variations de niveau d'eau dans la parcelle même si l'exploitant ne semble pas convaincu que ses rizières soit les plus productrices en moustiques :

*Oui, oui mais est-ce qu'elles ont le temps de pondre ça moi je le crois pas, je le crois pas. Moi j'ai pas plus de moustiques dans la rizière que sur le chemin ou sur des terres*

Ce dernier se déclare cependant prêt à discuter des configurations particulières dans son exploitation qui pourrait donner lieu à des éclosions massives :

*Si on m'explique le processus : le moustique il faut telle condition, telle condition, il va se reproduire à telle date... ben moi je dis cette configuration sur mon exploitation elle est là, elle est là et elle est là. C'est simple ! Moi ces gens ils sont jamais venus me voir... et là on ciblera et ça coutera peut-être moins cher, on gaspillera moins de produit... là oui, un travail en collaboration. Mais qu'ils m'expliquent déjà ! à partir du moment où ils m'expliquent les facteurs et tout ce qui faut pour que le moustique arrive et moi je leur dirai et bien cette configuration elle est là, là et là et à telle époque. Moi je représente 420 ha, le voisin il va représenter 400 ou 500, on a tous de la chasse, on a tous des réseaux hydrauliques, à partir du moment que c'est en concertation ça va diminuer le coût...*

Un garde-canal établit également des constatations similaires :

*Comme je vous expliquais tout à l'heure vous avez les ragondins, les rats musqués, les rats tout court, qui font des trous dans les berges et maintenant les écrevisses en plus, elles font mal, y'en a des millions. Après y'a les marais, les pertes d'eau des rizières, normalement c'est pas intéressant qu'ils perdent de l'eau mais maintenant on prend de moins en moins de personnel pour faire de plus en plus de riz et pour surveiller tout ça ! Monsieur C. il a mis, je l'ai vu - et il donne exemple à certains apparemment d'après ce que j'ai compris - à chaque rizière y'a un tuyau en PVC de 100 ou 200 à peu près, avec un coude.*

Il convient de noter là encore une attention portée aux économies d'eau de la part de ce riziculteur cité en exemple et attentif à la question des fuites d'eau dans ses parcelles jusqu'à imaginer et bricoler un ajustement pour pallier au problème.

**Un levier d'action visant des économies d'eau pourrait donc constituer une piste d'amélioration pour une gestion de l'eau moins productrice en insectes piqueurs.**

Interrogé cette fois sur la vitesse de remise en eau du marais, un garde-chasse nous explique :

*Non petit à petit, on est obligé parce qu'on a pas un grand apport d'eau, c'est des petits canaux, y'a des martelières, on est obligé de remplir tout doucement. Ça dépend de la surface, ça met une semaine, des fois 3 jours...*

*Pour autant il n'a pas observé d'éclosions particulières lors de ces remises en eau progressives du marais :*

*C'est pas quand on met l'eau parce que l'eau quand on l'a met elle est fraîche, elle vient du Rhône directement, et le moustique il se développe pas tellement et en plus il ne va pas pondre dans les grandes eaux, il cherchera toujours des coins où l'eau elle est plutôt chaude et stagnante pour se développer. Le plus grand mal ce n'est pas quand on met l'eau directement, c'est après quand elle stagne et reste dans une flaque, dans un petit endroit et que l'eau ne circule pas.*

Les assecs des marais semblent également entrer en ligne de compte dans la réduction des éclosions, du point de vue des acteurs concernés, même si les objectifs de gestion de l'eau sont réglés avant tout sur les espèces cynégétiques visées :

*Ça c'est le porteau et c'est avec ça que je mets de l'eau dans le marais. Alors en début de chasse je mets un peu plus d'eau parce qu'au début il n'y a que du colvert et le colvert même avec pas mal d'eau il vient. Après quand il y a un arrivage de sarcelles je diminue, je mets moins d'eau parce que la sarcelle elle aime bien un petit peu d'eau*

**Des systèmes de vidange permettent cependant la surverse des marais et le maintien des niveaux d'eau, une réflexion sur une application plus générale et rigoureuse de ces systèmes de surverse pourrait donc être engagée en ce sens.**



**Marais asséché en avril**



**Système de vidange dans un marais**

### **Gérer l'eau pour les moustiques dans un espace de nature protégée**

Pour aborder la gestion de l'eau dans les espaces de nature protégée, nous nous sommes appuyés sur le l'exemple du Domaine de la Palissade, premier acteur dans la gestion de l'eau à avoir été mis directement à contribution pour limiter la production de la nuisance. Depuis 2007, la Palissade fait l'objet de campagnes de démoustication afin de limiter la nuisance des agglomérations voisines de Salin de Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône. Le site concerné, première acquisition foncière du Conservatoire du littoral, accueille du public, notamment des scolaires, ainsi que de nombreux visiteurs qui viennent en groupe souvent en lien avec la promenade à cheval proposée ici ou pour découvrir le seul espace hors digues que l'on peut trouver en Camargue<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Le site a cependant fait l'objet d'un certain nombre d'aménagements (diguette, martelières au Rhône...) qui rendent possible une action sur la gestion de l'eau.



pourrait tout aussi bien, et peut-être même davantage, se retrouver chez des propriétaires privés, exploitants agricoles, gestionnaires de marais cynégétiques, éleveurs, saliculteurs...

### **Une action cependant limitée**

En ce qui concerne plus spécifiquement la mise en place d'une gestion de l'eau visant à minimiser les éclosions, la marge de manœuvre dont dispose le gestionnaire de nature semble cependant assez limitée :

*Après sur la gestion de l'eau, ben ils ont raison, nous on le savait qu'on produisait du moustique mais que faire ? Quand tes objectifs sont de laisser faire la nature et que la nature produit du moustique ? Ok, on peut fermer les vannes mais quand le Rhône il est haut ? Qu'est-ce que tu peux faire ? Donc du coup nous le petit peu d'actions qu'on peut avoir Manu les a mise en place, il est tellement oiseaux, ornitho, et il voyait ces pauvres oiseaux qui étaient tellement dérangés par les avions qu'il se disait : bon, tant pis ! Je fais un peu moins naturel, si je peux un peu gérer, je gère un peu pour foutre la paix un peu plus à ces oiseaux. Donc il a fait un compromis, c'est une histoire de compromis de toute façon. Mais il ne peut pas faire toujours ce qu'il veut, toutes les années il arrive un coup de temps qui dépasse les possibilités qu'on a de gestion. (Technicienne de gestion)*

La forte dimension naturelle du site semble en effet prendre largement le pas sur une réelle possibilité de maîtrise de l'eau :

*La spécificité d'ici c'est le fonctionnement naturel c'est la grande quantité d'espace à traiter, quand il y a la restitution ils montrent que 70% des traitements sont dus à des causes naturelles, ils sont pas dus à la gestion. Donc ils se battent sur les 30 autres % pour que les gens fassent des efforts mais si c'est pour 30% de traitements, est ce que ça vaut le coup de changer la manière de fonctionner de tout le monde ? Y'a des raisons aussi, tout n'est pas toujours justifié et après on se bat sur de tout petits secteurs d'intervention. Mais la majeure part des traitements est de cause naturelle parce que c'est très dynamique. Ce que nous on gère en fait sur le terrain c'est juste cette partie-là, tout le reste ça fonctionne tout seul, on a une petite gestion, d'ailleurs à chaque fois qu'il y a un traitement on note si c'est de notre faute ou pas. (chargée de mission)*

### **Un apprentissage mutuel**

Régler ses actions relativement à une diminution de la nuisance moustique a également abouti à des formes d'apprentissage observables de part et d'autre, côté gestionnaires de nature :

*J'avais pas conscience que notre gestion de l'eau, enfin que la nature à la Palissade favorisait autant la production de moustiques, enfin je savais mais qu'on puisse avoir la main... Une fois j'ouvre pour qu'il y est de l'eau dans l'étang et je ne ferme pas cette vanne le soir je viens voir et là je me dis qu'est-ce qui s'est passé ? J'ai appelé M. qui m'a dit tu as du laisser l'abreuvoir à chevaux ouvert (une autre vanne en amont, plus près du Rhône et qui sert à abreuver les chevaux). Là j'ai favorisé une éclosion de moustiques*

*-Tu y a pensé de suite ?*

*-Ah dès que j'ai vu de l'eau partout j'ai dit c'est bon on va avoir une éclosion, j'y aurais pas pensé avant, c'est en ce sens que ça m'a appris quelque chose, j'avais pas conscience que mes actes étaient aussi impactant sur la présence du moustique, le peu d'impact qu'on peut avoir. (Technicienne de gestion)*

Les interventions de l'EID sur cet espace semblent également avoir fait l'objet

d'ajustements :

*Il y a eu très peu de passages l'an dernier, ils se sont améliorés, parce que les premières années ils passaient énormément, c'est normal, tout le monde apprenait on va dire, l'EID compris parce que la Camargue ça ne marche pas du tout comme l'Aude ou l'Hérault, ils avaient une bonne expérience là-bas mais ici la gestion de l'eau et l'eau ne fonctionnent pas pareil que là-bas, il fallait qu'ils apprennent aussi les types d'habitat qu'on a à gérer...(chargée de mission)*

### **Résumons les pistes d'actions et de réflexion que les enquêtés rencontrés privilégient :**

La surveillance du réseau hydraulique et son entretien rigoureux est sans conteste le point sur lequel un consensus fort, sinon général, s'établit. D'autant que de cette surveillance et de cet entretien dépendent des économies d'eau et de pompage qui motivent les acteurs économiques concernés par ce type de gestion. C'est le levier principal sur lequel ils pensent pouvoir agir. Le manque de moyens humains et financiers des ASA pour effectuer ce travail de surveillance et d'entretien est cependant présenté comme le frein principal à cet effort dans une gestion de l'eau.

La concertation et la participation des acteurs concernés dans des mesures de réduction de la nuisance moustique via la gestion de l'eau a été également soulignée comme une perspective féconde dans la mesure où elle est en mesure de garantir le maintien de la maîtrise de son espace. Elle gagnerait ainsi à inciter une étroite collaboration sur le terrain afin de dresser la liste des configurations productrices de moustiques selon les spécificités hydrauliques et topographiques locales

Le principe de l'assec à pratiquer dans les marais de chasses comme dans les prairies fourragères est souvent désigné comme une technique particulièrement efficace sur un plan théorique pour la réduction de la nuisance mais semble difficile à réaliser de manière satisfaisante sur un plan pratique compte tenu des irrégularités de terrains. Le nivellement des parcelles est alors présentée comme difficilement réalisable compte tenu de la grandeur des espaces concernés, notamment pour certains marais de chasse et, partant, du coût que cela occasionnerait. Ce nivellement de terrain semble également se heurter à l'image d'une naturalité propre à la Camargue.

### **Entre oxymore et schizophrénie, des objectifs de gestion devant faire face à des injonctions contradictoires**

L'exemple de la Palissade suggère l'impérieuse nécessité d'une co-construction avec les acteurs de la gestion de l'eau pour chacune des activités susceptibles de générer de la nuisance, d'autant plus impérieuse cela va sans dire s'il s'agit de terrains privés (rizières, marais de chasse, prairies,...). Ce que peut suggérer également cet exemple est la difficile conciliation des objectifs de gestion de l'eau entre réduction des gîtes larvaires et maintien des espèces, que ce soit à des fins cynégétiques ou de conservation :

*La spécificité du site c'est que c'est un environnement qui pourrait être le plus naturel possible en Camargue parce que c'est quand même située un peu hors digue, il y a une mini-diguette mais qui est très vieille, c'est encore un fonctionnement naturel, il y a encore une sédimentation, il y a encore des inondations, il y a encore plein de choses qu'il n'y a pas ailleurs, c'est toute la richesse du site. Y'a une mosaïque de milieux, y'a tous les habitats de Camargue, c'est très dynamique, c'est ça qui est très important et c'est ce qui est noté dans le plan de gestion justement, d'aller dans ce sens-là de la naturalité et d'accompagner le site là-dedans et en même temps il y a un autre objectif qui est de limiter la nuisance. Et ça, ça va complètement en contradiction avec la première exigence*

*-Et comment vous vous en débrouillez ?*

*On est complètement schizophrène ! (rires) parce que du coup on essaie de faire un peu de naturel, un peu de ... et en fait c'est ça pour qu'on soit tous à peu près contents, on arrive à des compromis mais ça veut dire qu'une personne soit sur ça en permanence, donc on est dans l'interventionnisme extrême... pour qu'il y ait une sensation de naturalité.*

Une remarque allant dans le même sens peut être relevée à l'issue de l'enquête prolongée cette année auprès des éleveurs. Ces derniers soulignent deux points importants, le premier concerne le fait que la plupart d'entre eux sont souvent locataires des terres qu'ils exploitent à des fins de pâturage ou de culture fourragère et qu'il leur est donc difficile d'intervenir sur les modalités de gestion et d'exploitation. Dans ces conditions il leur apparaît mal aisé de contrôler la densité de la végétation pour par exemple éviter un fort couvert végétal afin de faciliter des traitements au BTI ou bien encore de se livrer au nivellement des parcelles pour éviter les séquestres d'eau propices aux éclosions de moustiques. Le deuxième point qui est soulevé relève plus largement du paradigme gestionnaire de type interventionniste qui semble être privilégié pour réduire la nuisance moustique. Or ce paradigme entre en contradiction avec un autre paradigme gestionnaire valorisant plutôt la naturalité d'un faciès territorial qui s'accommode mal de la perspective d'une Camargue jardinée et aplanie.

Ainsi cet éleveur qui ayant passé en revue toutes les pistes de réduction envisageables s'indigne de devoir surveiller de si près ses activités alors même que des terrains appartenant à l'Etat ( il prend ici l'exemple d'un ancien domaine agricole) ne font pas l'objet d'une telle surveillance.

*C'est des terres appartenant à l'Etat maintenant mais à l'époque il y avait l'éleveur Jean-Marie Pourquier, ça fait quelques années qu'il est parti, et bien si vous allez là-bas c'est une honte ! C'est plus que des herbes de la Pampa, des baccharis, finalement ils vous parlent de réduire la végétation ils vous parlent de la gestion de l'eau et eux ils sont les premiers à pas le faire !*

## II. Enquête sociologique – Perception de l’efficacité du dispositif BAM

### Hameau du Sambuc

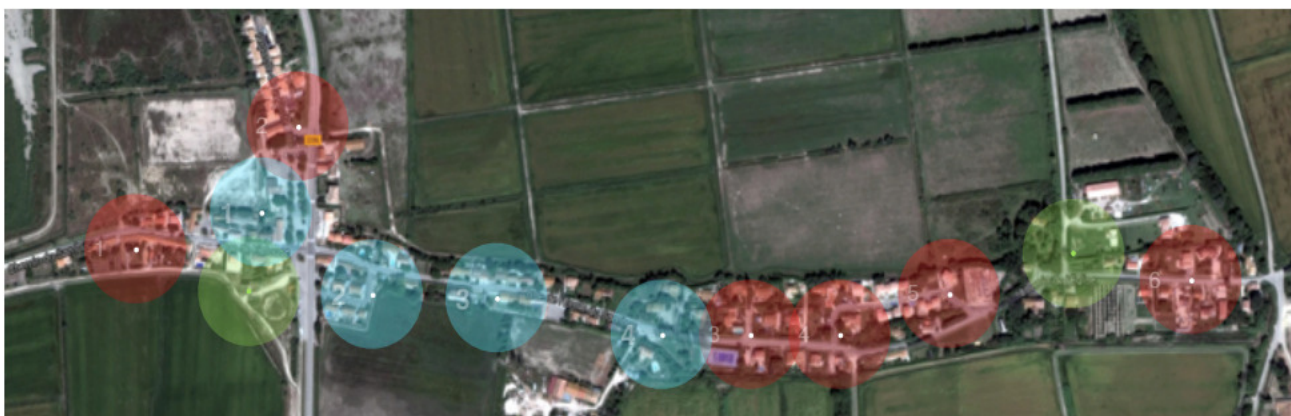
Mois de JUILLET - AOUT ET SEPTEMBRE 2015




La parole donnée aux habitants : Rencontres, observations et entretiens

---

#### Plan d’installation 2015 des Bornes Anti-Moustique Sambuc - 2015

---



-  Borne Anti-Moustique branchées au réseau électrique permanent - 4 machines
-  Borne Anti-Moustique équipée de batteries et chargeurs branchées au réseau électrique de l’éclairage public - 6 machines
-  Borne Anti-Moustique Particulier - Commerces « Longo Mai » et « sur le terrain d’un particulier » (à déterminer) - 2 machines

- a) Suivi de la réduction de la nuisance à grande échelle, une enquête sociologique par entretien auprès des habitants du hameau du Sambuc

Les habitants du hameau du Sambuc situés en zone non démosquée ont été invités à participer librement à une enquête permettant de recueillir leurs impressions sur le dispositif mis en place cette année mais également sur leur rapport au moustique sur ce territoire, au travers du temps.

La démarche d’enquête a suivi une logique adaptative liée notamment aux conditions météorologiques et s’est structurée de la façon suivante :

1/ **Une enquête exploratoire** visant à mieux comprendre le contexte dans lequel s'insère le test proposé au Sambuc cette année (JUILLET)

#### Témoignages

- Ingénieurs à l'origine du dispositif
- Elu du Sambuc
- Rencontre d'un ensemble d'habitants (Bar - tabac / terrain de pétanque)



2/ **Une enquête habitants** selon deux temps spécifiques conditionnés par les épisodes secs et pluvieux de ces mois d'été, permettant de dégager des avis et un bilan de type « retour d'expérience » auprès de la population du Sambuc (AOUT et SEPTEMBRE)

#### Témoignages

- Rencontres de particuliers
- Rencontre de professionnels
- Rencontre d'habitants à l'épicerie du village



#### b) Pratiques individuelles de démoustications et enjeux sanitaires

### **– Deux types d'acteurs, les particuliers et les professionnels, entre intérêts collectifs, individuels et touristiques**

Cette enquête est le fruit de la rencontre d'une vingtaine de personnes (acteurs locaux, habitants, professionnels...). Elle a été réalisée auprès de populations susceptibles d'avoir recours à des formes de démoustication individuelles et/ou d'avoir une affinité particulière avec la question des enjeux sanitaires de cette problématique moustique. En effet, il appartient à la sociologie de fournir des éléments de compréhension des pratiques de démoustication individuelles (méthodes, argumentaires, enjeux socioéconomiques sous-jacents, ...). Ce volet, selon les méthodologies déjà suivies en 2013 et 2014 s'est concentré en partie sur les acteurs susceptibles d'avoir recours à plusieurs méthodes de démoustication de façon combinée (personnes les utilisant dans le cadre de leur activité professionnelle, en raison d'une localisation particulière, ou d'activités de loisirs se déroulant en extérieur).

Ces entretiens sociologiques menés sur le terrain ont permis de recueillir le sentiment de chacun sur cette expérience de test du dispositif BAM sur le Sambuc. Il a été demandé aux personnes impliquées de nous communiquer précisément leur niveau de gêne ressenti, leur perception de l'efficacité du dispositif, le rayon d'action qu'ils lui attribuent etc ... L'entretien s'est aussi présenté comme l'occasion de mieux évaluer l'efficacité de la communication réalisée en amont et au lancement de cette période de test ainsi que la compréhension des enjeux potentiels que ce type de projet représente pour le village et ses habitants.

La rencontre des particuliers lors de cette période de test nous a permis de repérer la façon dont le dispositif a été accueilli d'un point de vue idéologique et comportemental et d'opérer une comparaison entre les dispositifs à usage individuels déjà testés et ce nouveau dispositif destiné cette fois à la collectivité.

## **Contextes et enjeux du projet du Sambuc**

### **I - La genèse du projet - Une problématique émergente entre démoustication « de confort » et démoustication « sanitaire »**

Nous avons rencontré sur le terrain des acteurs ayant participé à l'élaboration et à la mise en place du projet tel qu'il a été mené sur le Sambuc cet été. Ces échanges (*signalés en italique*), apportent un éclairage sur les enjeux et les problématiques sous-jacentes qui sont attachés à la réalisation d'une telle expérience pour le territoire, ses acteurs et ses habitants.

#### **a) Une nouvelle solution la « Borne Anti Moustique »**

L'élaboration du dispositif BAM (Borne Anti Moustique) amenant aujourd'hui le projet de test grandeur nature du Sambuc a commencé il y a deux ans. A l'origine de l'élaboration de cet appareil l'objectif premier nous a été expliqué simplement : « *Il était intéressant de trouver une solution de borne anti moustique qui soit urbanisable comme du mobilier urbain* ». (*Ingénieur Techno BAM*)

Ce dispositif trouve ses racines dans la littérature technique et scientifique et est issu de constats et de réflexions déjà éprouvés concernant le comportement du moustique : « *A comprendre, ce n'est pas : plus on émet le CO<sub>2</sub>, plus le moustique est là !* ». En effet, axé sur les études comportementales concernant l'insecte, cette Borne Anti Moustique qui fonctionne sans insecticide s'inspirerait moins du pourquoi que du « *comment le moustique analyse cette présence de dioxyde de carbone ?* », car, comme il nous a été expliqué, « *le moustique sait où il va piquer, il ne va pas piquer un pot d'échappement !* ». L'objectif, pour les ingénieurs, a alors été de s'approcher au maximum de ce message « efficace » pour le moustique qui est retranscrit de façon technique au plus près par l'appareil « *au travers de la production d'une émission saccadée en faible dose* » qui, « *cerise sur le gâteau attire même les arabis* ». (*Ingénieur Techno BAM*)

Ainsi, l'ambition que porte l'élaboration d'un telle machine a été également de se positionner sur ce marché de façon moins « marketing » que ses concurrents en proposant une solution associant cohérence scientifique et technique, performance, esthétique, sécurité, et surtout éthique à ses objectifs : « *le dioxyde de carbone utilisé est capté dans les fermes de blé, car la fermentation du blé génère du dioxyde de carbone. Il est ensuite diffusé de manière raisonné pour attirer le moustique* », « *l'idée était de se fondre dans le paysage urbain de façon à respecter les codes esthétiques qui sont en vigueur en ce moment et d'y allier le souci de sécurité car on est au cœur d'agglomérations* » (*Ingénieur Techno BAM*)

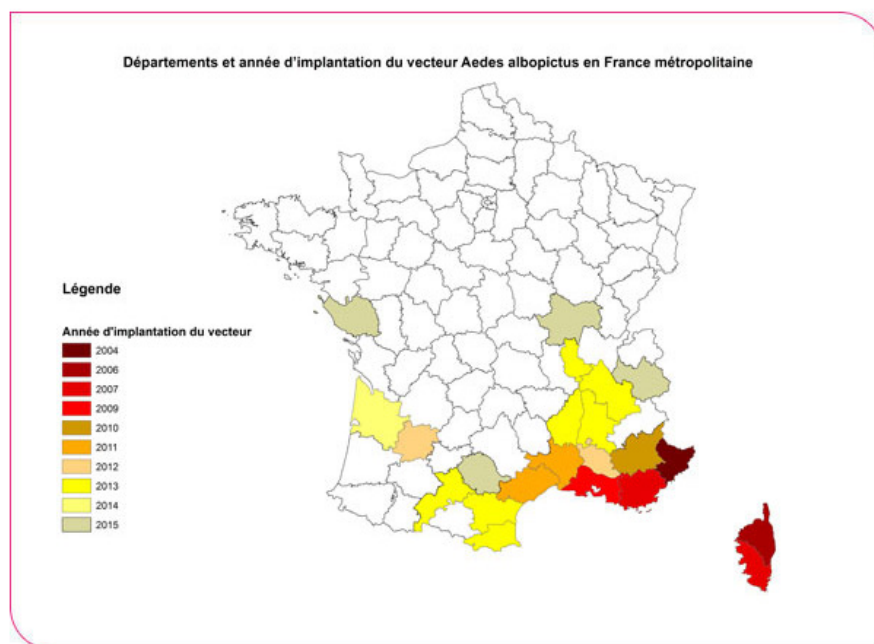
#### **b) Une réponse possible à une problématique sanitaire**

Face au développement du moustique tigre au sein des villes, la borne anti-moustique se présente ainsi au-delà d'un nouvel outil de lutte contre la nuisance comme l'une des réponses possibles à une problématique sanitaire émergente. En effet, si la démoustication assurée aujourd'hui par l'EID reste considérée par nos interlocuteurs comme « une bonne solution », le problème serait qu'aujourd'hui il est devenu nécessaire « de traiter un rayon d'action beaucoup trop vaste par rapport aux zones où sont ressenties les nuisances ». En effet le BTI qui ne peut être utilisé qu'en milieu « sauvage » ne semble pouvoir se poser comme solution unique capable de réduire les risques d'épidémies de Dengue et de Chikungunya repérés notamment au sein

d'agglomérations du Sud de la France ces derniers étés : « Là, on a un dispositif qui peut capturer le moustique au plus proche des habitations en zone urbaine dans la zone d'évolution des moustiques tigres ». De ce point de vue la Borne Anti Moustique nous a été présentée comme une solution alternative et complémentaire de celles déjà existantes tout en soulignant qu'au regard de ce qui est connu sur le fonctionnement du BTI aujourd'hui, celui-ci « ne peut se poser comme solution pour le moustique tigre » (Ingénieur Techno BAM)

Ainsi le projet du Sambuc répond aux exigences de ce contexte et s'organise autour d'une problématique centrale de santé publique « de première importance au niveau gouvernemental » selon les ingénieurs : « Est-ce qu'on va continuer à faire une démoustication de confort et pulvériser en milieu sauvage ou est-ce qu'on va faire une démoustication sanitaire en traitant le milieu urbain ? ». (Ingénieur Techno BAM)

#### Département et année d'implantation du vecteur *Aedes albopictus* en France métropolitaine



Source <http://www.invs.sante.fr/>

## II - L'été 2015 au Sambuc - Un test « grandeur nature » très attendu

### a) Le lancement du projet, la réunion publique du 8 Juillet 2015

Le projet de démoustication urbaine mené au Sambuc initialement prévu pour compter douze bornes a dû s'adapter rapidement aux contraintes du terrain, et aux réticences de la population. Le protocole s'est organisé à partir d'un nombre de bornes limité, partagé entre le domaine public et le domaine privé : « onze bornes, dix dispositifs de type « bornes urbaines », et une autre de type « borne jardin ». Ainsi le dispositif BAM, qui n'attire et ne capture que les moustiques et les arabis, ne représenterait aucun danger pour la chaîne alimentaire. Cependant cette information n'a, semble-t-il, pas été bien intégrée en amont du projet puisque certains habitants par amalgame avec le fonctionnement d'autres systèmes ou par manque d'information ont semblé continuer de douter de cet aspect pourtant central du dispositif : « une personne n'avait pas compris le sens de l'expérimentation, on m'a dit : « on ne veut pas la mettre parce que nous on est pour les hirondelles » - Nous, notre solution démoustique sur les moustiques qui sont en

*ville mais pas sur ceux qui vont nourrir les hirondelles au fin fond de la Camargue ... » (Ingénieur Techno BAM)*

Afin d'éclairer la population et de « barrer la route » à quelques réticences et croyances identifiées en amont : « si ça n'est pas chimique ça ne marche pas », « *Il y a des gens qui n'y croient pas à la démoustication, pour eux ça sert à rien !* » (Elu, Sambuc), une présentation à la population a été organisée le 8 juillet sous la forme d'une réunion publique. Celle-ci mêlant informations scientifiques et techniques, à l'image des objectifs de cette expérience de test, a réuni une vingtaine de personnes qui ont manifesté leur intérêt d'en savoir plus sur le projet et de mieux comprendre le fonctionnement du dispositif : « *les gens se sont montrés curieux de savoir un petit peu ce qui se passait et comment ça allait fonctionner...* ». (Ingénieur Techno BAM)

*« On a eu quelques questions ? Est-ce que ça sent mauvais ? Est-ce que ça fait du bruit ? Est-ce que si y'en a une près de chez moi, ça ne va pas m'attirer tous les moustiques chez moi ? Et aussi est-ce que ce n'est pas polluant ? » (Elu, Sambuc)*

Cette rencontre avec la municipalité, les ingénieurs et les scientifiques a été l'occasion pour les habitants du village de transmettre leurs points de vue et leurs attentes concernant la démoustication par bornes : « *Tout le monde nous a dit qu'ils avaient vraiment un problème de moustiques au Sambuc et qu'ils étaient vraiment très curieux et impatients de voir la solution qu'on allait proposer et ce que ça allait engendrer en terme de réduction de la nuisance* ». (Ingénieur Techno BAM) En effet ayant connu des épisodes qui nous ont été présentés comme de véritables « invasions de moustiques », notamment en 2005 et 2009, les habitants du Sambuc, bien qu'apparemment habitués à composer avec l'insecte au quotidien, « *Moi je me calfeutre le soir comme ça ils ne viennent pas. Mais c'est le lot de tous, on a intégré, on a appris à vivre comme ça !* », conservent en mémoire ces événements et pour certains la crainte que ceux-ci puissent se reproduire : « *en 2005, il y a des gens qui couraient dans leur voiture pour amener les enfants à l'école. Ils sortaient de la maison en courant ... Les chevaux blancs étaient gris, tu passais la main ils étaient rouge quoi ! Ils étaient bouffés par les moustiques* » (Elu, Sambuc)

#### *b) Le hameau du Sambuc, un terrain pertinent et stratégique*

Le déploiement de bornes urbaines n'a donc pas eu lieu sur ce territoire par hasard : « *Il faut se dire qu'on est dans le nid ici ! Je crois que c'est ici qu'on les a inventés les moustiques tellement il y en a !* » (Elu, Sambuc)

En effet, le Sambuc se présente comme un site intéressant pour l'expérimentation et vient compléter le suivi des études sur la démoustication mené depuis plusieurs années par le Parc Naturel Régional de Camargue et la Tour du Valat : « *Il s'agit d'une zone Natura 2000, elle ne bénéficie d'aucune démoustication par larvicide, elle se trouve à mi-chemin entre Salin de Giraud qui est démoustiqué par le BTI, l'étang du Vaccarès qui est vraiment zone sauvage ... Ca permettait de faire un petit triangle avec une zone très restreinte où on va avoir une démoustication par BTI, une démoustication par capture et un terrain sauvage qui va nous permettre de comparer la nuisance entre ce qu'il peut y avoir dans le terrain sauvage, dans un terrain démoustiqué par bornes et dans un terrain démoustiqué par BTI ...* » (Ingénieur Techno BAM)

Ainsi, en continuité de l'aspect sanitaire c'est aussi la question écologique d'un impact « direct » de la démoustication sur l'environnement qui est abordée au sein de ce projet. En effet, le dispositif présente des innovations intéressantes et ouvre la voie à une méthodologie alternative à celles connues jusqu'ici et jugées du point de vue de ce suivi scientifique comme insatisfaisantes en l'état : « *on me dit, ça va pas, on a constaté que la faune non cible est atteinte, il manque des oisillons dans les nids ... c'est certainement l'impact du BTI. Dans la partie qui borde Salin de Giraud parce que les oiseaux se*

*nourrissent dans le milieu naturel, pas que dans la ville mais dans le milieu naturel qui lui est impacté par le BTI. On me dit : « nous en tant qu'experts des zones humides on va intervenir pour dire qu'on n'est pas contre le principe de démoustication mais cette démoustication si il y a que ça, nous on va dire qu'on n'est pas d'accord, on va jouer notre rôle pleinement. » (Elu, Sambuc)*

Il est à noter cependant que malgré cette localisation « stratégique », la configuration du Sambuc, loin d'être idéale, représente un véritable défi pour le test du dispositif car le village se présente comme « un « carrefour », il n'y a pas de périphérie de ville finalement, la périphérie ce sont les rivières, les étangs... » (Ingénieur Techno BAM)

*« C'est pas facile parce que c'est un village en forme de croix, là c'est difficile parce que dès que tu fais quinze mètres tu es dans le milieu naturel quoi » (Elu, Sambuc)*

Ainsi, alors que l'intérêt principal des bornes est de créer une barrière anti moustique, sous forme de réseau « où chaque borne placée individuellement participe à une synergie de l'ensemble que les moustiques ne peuvent pas pénétrer », les ingénieurs préviennent que le Sambuc, de par sa configuration singulière « en Axe droit », ne permet pas de tester véritablement cet effet de « ceinture autour du centre urbain ». En effet, une disparité assez importante pourrait apparaître entre les bornes dont l'efficacité peut être freinée par des barrières naturelles et l'efficacité perçue pourrait s'en ressentir : « entre une borne qui va être vraiment bien placée sur un territoire propice et une autre qui va peut-être être entre deux zones de passages du moustique, on peut avoir une grosse différence en termes de capture ... » (Ingénieur Techno BAM)

Le test vise alors un objectif prévu pour se dérouler en deux étapes : 1/ limiter la nuisance au sein du village et 2/ freiner l'arrivée des moustiques venant de l'extérieur : «C'était intéressant techniquement de le faire à l'intérieur du village. D'arriver à capter, à récupérer un maximum de moustiques qui sont dans le village et si possible, après, ceux d'ailleurs qui rentreront dans le village. Parce qu'en fait il y a des moustiques dans le village, dans les pelouses, ils sont là près de chez nous, et le soir ils sortent et ils nous piquent. Eux, ces moustiques là, ils veulent d'abord les récupérer. Ils se donnent un mois pour en récupérer un maximum et ensuite récupérer les moustiques qui vont venir dans le village » (Elu, Sambuc)

### c) La prise en compte du « ressenti » de la population

Au-delà du comptage objectif des moustiques, de l'identification des espèces et de l'évaluation du taux de capture, la notion de « ressenti » reste une part importante dans l'appréciation de la réussite de cette expérience de test et du dispositif lui-même : « qu'on capture mille moustiques ou qu'on en capture cent, si on a une baisse de la nuisance ressentie par les gens de 90%, l'objectif est atteint » (Ingénieur Techno BAM)

Le recueil de cette information subjective d'une « impression » de baisse de la nuisance sous forme de témoignages, implique donc d'être vigilant et de prendre en compte plusieurs aspects. D'une part l'existence d'un lien proportionnel entre l'efficacité des bornes et le nombre de moustiques à capturer: « on a d'autant plus d'efficacité en termes de nuisances avec les bornes, qu'il y a de moustiques », et d'autre part, la prise en compte des aléas météorologiques pouvant jouer sur la quantité de moustiques à capturer : « ça peut être intéressant de mesurer la perception de la nuisance dans une période où on va être en sécheresse avec pas trop de moustiques et aussi sur une période où il va vraiment y avoir une très très grosse nuisance du moustique ». (Ingénieur Techno BAM)

« Comme y'en a peu dans le milieu là on en capture peu mais ça va cartonner quand il va y en avoir beaucoup », « Tout ce qui est récupéré, ils ne vont pas nous piquer. Moi c'est le message que j'essaie de faire passer dans le village » (Elu, Sambuc)

d) Le Sambuc sous les projecteurs

L'enquête sociologique, qui a démarré fin Juillet, s'est insérée au cœur d'un emballement médiatique pour le dispositif, plébiscitant « l'aspirateur à moustique » qui a porté le Sambuc sous les projecteurs, devenu alors : « la Capitale de la démoustication » :

« les gens voient arriver les radios et tout ça donc ils s'y intéressent. Et puis on fait un petit coup de flash de temps en temps sur le Sambuc on n'en parle jamais ». Donc c'est bien on parle du Sambuc, on en parle un peu à la télé aussi, dans les journaux. Quand même tu prends Midi Libre, ou La Provence : à la une le Sambuc ! » (Elu, Sambuc)

**Le Sambuc teste un rempart anti-moustiques révolutionnaire**

11 pièges ont été installés tout autour du village pour tuer les insectes avant qu'ils n'y entrent

Il a réveillé en en marche, celle qui se lit dans plus de 100 villages de la région. Les Camarguais moustiques ont pris leur revanche sur le sang. Depuis quelques jours, le village de Sambuc accueille un expérimentation de ce dispositif révolutionnaire. Le principe est simple : empêcher les moustiques de piquer les habitants. Il s'agit de "poser" une barrière invisible autour des zones habitées, pour empêcher les insectes de pénétrer dans les zones habitées. Les moustiques sont attirés par les pièges et se déposent dans les zones agglomérées à la vue de la nuit.



Simon Lillanand et Pierre Bellan, moustiquiers de la Parc de Camargue, ont installé onze bornes à moustiques (secteur du village de Sambuc) pour essayer de créer une barrière contre ces insectes. Un dispositif révolutionnaire et prometteur.

**70%**  
On espère une baisse des nuisances dues aux moustiques de 70%.

milliers de biologie aux environs de 2000 pour être plus précis. Une bonne dose de gaz, essentiellement du CO2 qui attire les moustiques. Le piège est alimenté par une batterie solaire et fonctionne pendant environ 10 jours. Les moustiques sont attirés par le piège et se déposent dans les zones agglomérées à la vue de la nuit. Les moustiques sont attirés par le piège et se déposent dans les zones agglomérées à la vue de la nuit.

L'expérimentation en passant par l'essai du village de Sambuc, les moustiquiers de la Parc de Camargue ont installé onze bornes à moustiques (secteur du village de Sambuc) pour essayer de créer une barrière contre ces insectes. Un dispositif révolutionnaire et prometteur.

**LE POINT** sur Sals et Port-Saint-Louis

**L'impact écologique de la démoustication**

Depuis 2006, une campagne de démoustication a été menée à Sals et Port-Saint-Louis. Ce dispositif révolutionnaire a permis de réduire de 70% les nuisances dues aux moustiques. Les moustiques sont attirés par le piège et se déposent dans les zones agglomérées à la vue de la nuit.

**"Aucun produit toxique, le moustique est tué mécaniquement"**

Les moustiques sont attirés par le piège et se déposent dans les zones agglomérées à la vue de la nuit.



La Provence – 22 Juillet 2015

Midi Libre – 23 Juillet 2015

Ce contexte favorable d'une prise en compte du vécu sur ce territoire, généralement peu mis en lumière, semble avoir contribué à instaurer un élan globalement très positif de la population vers l'expérience.

Les premiers retours recueillis fin Juillet font en effet référence à une impression d'un nouveau sentiment de liberté face à la nuisance, celui de pouvoir grâce aux bornes : «Recommander à manger et à vivre dehors !».

« Là y a peu de moustique et on commence à vivre sur les terrasses le soir, ils recommencent à accueillir leurs amis au Sambuc, parce qu'on peut vivre un peu le soir ... et certains ont tendance à dire que c'est bien parce que c'est grâce aux machines » (Elu, Sambuc)

« Moi, dans ma cours j'ai un endroit, le soir, j'arrose quelques fraises, un carré de fraises comme ça. Et quand j'ai arrosé le soir, là à 20h30, 21h, avec mon arrosoir, y'avait des

*moustiques, et je crois que là, y'en a plus hein ! A cet endroit précis y'avait des moustiques ! » (habitant du Sambuc, Juillet 2015)*

Des entretiens avec la population ont eu lieu courant Juillet et fin Août ainsi que début Septembre, juste après les premières pluies conditionnant les éclosions. Ils concernent ainsi l'ensemble de l'expérience laissant apparaître sans surprise quelques avis plus nuancés sur le dispositif après les épisodes pluvieux...

## **Premiers retours d'expérience**



### *I. Période du mois de JUILLET (avant les premières pluies)*

#### *a) « Revenez plus tard » - Le temps de l'attente*

Nous avons pu rencontrer fin Juillet un ensemble d'habitants habitués notamment à jouer à la pétanque sur la place du village.

A cette période, les premiers échos que nous avons obtenus sur cette expérience de test ont été assez « évasifs ». En effet, la nuisance moustique jugée comme se raréfiant déjà depuis plusieurs années au Sambuc, aucun de nos interlocuteurs n'a manifesté l'envie de se prononcer véritablement sur le sujet : « *Pour le moment on ne peut pas dire que ça marche parce qu'il y en a pas beaucoup de moustiques* » ! *C'est au mois de Septembre qu'il faudra venir* » (un habitant du Sambuc)

Ainsi, même si le discours entendu ne nie pas la présence des moustiques : « *On est en Camargue alors qu'est-ce que c'est les moustiques ou pas les moustiques hein ! Des moustiques y'en a partout. Partout. Même à des endroits où il n'y en avait pas à l'époque et bien il paraît qu'il y en a maintenant !* » (un habitant du Sambuc), il nous a été précisé que le temps sec de ces premiers mois d'été accompagné aussi peut-être des traitements anti-moustiques ayant lieu « ailleurs » (à Salin de Giraud, Port Saint Louis du Rhône et aux Saintes Maries de la Mer selon nos interlocuteurs), ont pu participer à réduire la nuisance au Sambuc : « *de toute façon des moustiques y'en a de moins en moins au Sambuc. Alors je sais pas si c'est les produits qu'ils mettent ailleurs mais y'en a de moins en moins...* » (un habitant du Sambuc)

« *Y'avait un concours de boules jeudi soir, on n'a pas eu de moustiques ! Rien ou peut-être une paire tout ça maintenant ceux qui les craignent ils vont vous dire qu'on a des moustiques ! Mais pour nous là on est resté jusqu'à minuit là ...* » (habitant du Sambuc)

Le début de l'expérience laisse ainsi apparaître un climat d'attente. A ce stade, les personnes rencontrées nous ont précisé ne pas être dérangées ni par le projet ni par les bornes en elles-mêmes, qu'ils ont apparemment repérées ou aperçues mais sans véritablement s'en approcher : « *Quand il viennent relever euh... non. On ne sait pas quand ils viennent* » (un habitant du Sambuc)

Ainsi, au démarrage de l'expérience, chacun nous a semblé se faire un peu le relais des « on dit » sur l'expérience en attendant peut-être de se forger sa propre opinion : « *il paraît que c'est efficace et qu'ils en attrapent pas mal quand même !* » (un habitant du Sambuc)

## II. Période du mois d'AOUT jusqu'à SEPTEMBRE

### a) « Ce serait dommage de s'en priver ! »

- Une sensation de baisse de la nuisance



Gêne moustique

« Les gens doivent être incités, aidés et accompagnés »

A l'écoute des conseils entendus nous sommes revenus fin Août, alors que les premières pluies se faisaient encore attendre, pour obtenir un nouvel avis sur ces premiers mois d'expérience.

Il nous a été possible de rencontrer une personne déjà engagée personnellement dans la lutte contre la nuisance. En effet, disposant depuis sept ans d'un dispositif anti-moustique destiné à protéger sa maison, cette habitante et professionnelle participe au projet mené cette année en accueillant une « borne jardin » chez elle.

Ce témoignage nous éclaire sur les motivations individuelles propices à un passage aux solutions anti-moustiques alternatives disponibles à ce jour et aussi sur ses freins éventuels : « *Moi j'ai un grand espace. L'été je veux vivre dehors et franchement c'est intenable !* »

« *C'est vrai que c'était le gaz, c'est une plaquette d'octenol etc ... ça a un coût aussi et puis bon ce n'est pas très esthétique et puis je trouvais que c'était dangereux pour mes petits-enfants... mais je trouvais que ça m'enlevait déjà des moustiques* » (une habitante du Sambuc)

Les innovations apportées par ce nouveau dispositif et le lancement du projet du Sambuc viennent donc répondre à cette attente visiblement accueillie avec enthousiasme : « *Quand il y a eu ces bornes, bien sûr j'ai sauté sur l'occasion et je me suis dit punaise, si en plus c'est une expérience sur tout le village ça ne peut être qu'un plus parce que ça va vraiment assainir une zone complète* ». En effet, disposant d'un regard particulier car comparatif sur ces méthodes alternatives, cette habitante pour qui l'efficacité des bornes anti moustique est considérée comme déjà perceptible dès le mois d'Aout argumente son point de vue en nous expliquant qu'une réelle différence de gêne s'est fait sentir selon elle à la nuit tombée : « *grâce à ce que j'avais, je pouvais « vivre dehors », mais pas à la tombée de la nuit, il était pas bien efficace* » ... « *moi je peux vous dire que le soir, jusqu'à présent je ne nettoiais jamais ma piscine le soir, mais là je la nettoie le soir de 21h jusqu'à 22h mais c'est le paradis !* »

« *Et pour vous dire aussi il y a eu la nuit des étoiles. On est resté dehors jusqu'à minuit !* » (une habitante du Sambuc)

Ainsi au au-delà de son protocole actuel le projet est resitué à l'échelle espérée et attendue d'une possible implication collective des habitants : « *Moi ce que je me disais c'est que bon, moi j'assaini ma zone mais bon j'ai bien compris le système il faut le mettre en route donc c'est du mois de Mai au mois de Septembre. Et je me disais c'est vrai que si les autres maisons faisaient pareil, on aurait quand même quelque chose de plus visible et perceptible ...* » Consciente que le dispositif ne supprime pas la nuisance mais qu'il est en possibilité de la réduire : « *je ne dis pas que ça enlève les moustiques à 100% mais si on en enlève 80, c'est quand même bien !* », cette habitante nous transmet

donc ces conseils et idées concernant la mise en place d'une démoustication par bornes organisée avec l'aide du Parc de Camargue et de la Tour du Valat : « Je pense aussi qu'il faudrait inciter les gens et peut-être dire aussi au parc , parce que bon, ça a un coût la démoustication, quand on sait le prix qu'elle coûte ... Pourquoi ne pas faire un truc de parrainage, les gens achètent la borne, l'entretien est pris en compte, pour justement inciter, que tout le monde soit équipé et pour que vraiment on ait un vrai plus, quoi ». Ainsi, le coût d'une telle opération évoqué comme l'un des freins possibles à la mise en place et la réalisation de ce projet sur le long terme serait alors conditionné par une participation des instances à l'accompagnement de la population : « ça peut fonctionner si les gens sont peut-être aidés, bon le coût de la machine, bon c'est un investissement, mais si après l'entretien est pris en charge, je pense qu'il y aurait quelques chose à faire sous forme de parrainage ou de maintien de prestations quoi ».

Il est à noter que l'espoir du maintien et de la poursuite du projet à l'échelle du village du Sambuc fait partie intégrante du discours de cette habitante qui a tenu à adresser ses remerciements et félicitations aux initiateurs du projet: « Je suis très contente que le parc ait pris cette initiative. On habite une belle région mais si on ne peut pas en profiter et si on a que des inconvénients... Là je dis bravo ! C'est une belle expérience et c'est bien que la Tour du Valat et le Parc aient pris en compte le ressenti des gens, je trouve que c'est super. On les critique ça arrive, mais quand c'est bien il faut le dire aussi. »

« Pour une fois qu'on a un système qui met tout le monde d'accord, environnement, écologie et bien-être, ce serait vraiment dommage de s'en priver quoi ! » (une habitante du Sambuc)

#### b) L'évolution de la gêne moustique et la démoustication

- Depuis quelques années, les moustiques sont plus méchants !



Au regard de cette gêne moustique au travers du temps, il est à noter qu'il nous a aussi été précisé que depuis 4, 5 ans, les moustiques seraient « plus méchants, et « plus agressifs » : « Quand ils piquent ils font vraiment mal. Moi qui suis, je dirais quand même vaccinée quoi, quand ils piquent ça fait une sacré cloque et je trouve qu'ils sont beaucoup plus agressifs qu'avant. Avant ça piquait mais voilà ça faisait pas pareil. Les gens disent qu'ils sont plus méchants » (une habitante du Sambuc)

Ces éléments subjectifs, de l'ordre du ressenti, sont à relever car ils font échos aux réponses obtenus les années précédentes sur ces questions auprès des habitants de Salin de Giraud et Port Saint Louis du Rhône pourtant situés en zone démoustiqués : « On s'aperçoit que des gens qui étaient vraiment super résistants aux moustiques cette année ont des plaies particulières sur les moustiques... Les gens auxquels je pense sont des vieux de lq vieille de Camargue et tout, des riziculteurs qui sont au milieu de l'eau, et cette année ils ont des ... La piqure ça ressort comme des, des ... comme un vrai gonflement, mais j'allais dire une boursouffure. Et puis après, ça suinte quoi, donc voilà ce qui n'avait jamais ... » (manadière, Salin de Giraud)

Par ailleurs, en nous présentant comme faisant partie du suivi scientifique de la démoustication qui a lieu déjà depuis plusieurs années, nous nous sommes rendus compte que le projet de démoustication urbaine du Sambuc ne semblait pas être perçu par les habitants comme faisant partie de cette continuité. En effet, pour les habitants du hameau, « la démoustication » semble correspondre à une représentation plutôt floue, associée à un ensemble de présupposés assez négatifs : un coût élevé, une efficacité limitée ou temporaire, et celle-ci reste fortement attachée, dans sa mise en place, à la notion de risque sanitaire : « On en a entendu parler comme ça. On sait que

*nous au Sambuc on n'était pas concernés ... En fait comme on n'était pas touchés, je me suis pas trop penchée sur le problème ».* (une habitante du Sambuc)

*« On en entend parler pas tant que ça. C'est par rapport à des amis qu'on a qui vivent sur place »* (une habitante du Sambuc)

*« A Salin ils traitent parce qu'il y a des problèmes sanitaires, il y a 4, 5 ans y'a eu de grosses grosses éclosions ... »* (un habitant du Sambuc)

*Ce dernier aspect est important car ce lien entre la mise en place du projet de démoustication par bornes et la présence d'un éventuel risque sanitaire pouvant menacer le hameau a été relevé par certains de nos interlocuteurs : « y'a eu des problèmes sanitaires. Ça a touché les humains quand même ... Mais bon on n'est pas loin, pourquoi pas nous ?* (une habitante du Sambuc)

*« Mais je ne suis pas sûr qu'au départ ... Moi mon ressenti par rapport aux bornes, je pense que c'est pas forcément au début pour le bien des gens, je pense qu'ils craignent plus un problème sanitaire et que maintenant ça devient urgent parce qu'après voilà, ça fait quoi trente ans que ça dure... que ça devient urgent de faire quelque chose parce qu'on va avoir de gros soucis quoi »* ( un habitant du Sambuc)

En effet passant du sentiment de se sentir « non concernés » par la problématique de la démoustication à celui de d'être devenu « sujets de l'expérimentation », des habitants semblent s'interroger sérieusement sur les raisons qui poussent les scientifiques à choisir le Sambuc cette année pour un test de démoustication urbaine : *« On se le dit, bon on ne vit pas avec la peur au ventre hein, on se le dit entre nous, tôt ou tard il va nous arriver une merde voilà ! »* (un habitant du Sambuc) ... »

*« Un jour ou l'autre on va avoir un souci hein, c'est obligé ! Vous êtes dehors vous avez 20 moustiques sur vous, donc il suffit d'un qui a été infecté c'est la peur que tout le monde a quoi. Parce que bon ça les médias ils n'en parlent pas, il y a des cas sur Nîmes, il y a des cas chez des chevaux en Camargue pas très loin donc c'est quand même... c'est un fléau important. »* (une habitante du Sambuc)



*c) « L'efficacité du dispositif dépassée par les éclosions ? » - Le tournant de l'enquête*

*« Les premières pluies du mois de Septembre réveillent les souvenirs de 2005 et 2009 »*

*D'autres avis ont été collectés début Septembre, une dizaine de jours après les premières pluies, qui ont manifestement modifié le ressenti de la population concernant la gêne moustique perçue sur le hameau : « Ah mais ça c'était nickel avant les premières pluies. Moi je le dis tout le temps, ça faisait 15 ans qu'on ne mangeait jamais dehors ! »* (une habitante du Sambuc)

En effet, après un bilan satisfaisant concernant la diminution de la nuisance ressentie durant les mois de Juillet et d'Aout les pluies du début du mois de Septembre propices aux éclosions massives de moustiques ont participé à modifier les discours.

Plusieurs témoignages recueillis sur cette période font ainsi état d'une hausse ressentie de la gêne moustique et des doutes et interrogations de la population concernant le pouvoir attractif des bornes sont apparus : « *Disons que bon, ils ont installé ces bornes fin Juin. Donc ça a pas été efficace de suite parce qu'il faut à peu près trois semaines d'installation pour que le moustique soit attiré par le produit. Et donc Juillet-Aout ça a très bien fonctionné, bon y'en n'avait pas tellement non plus et puis là avec les pluies il y a eu une grosse grosse éclosion, donc là on a eu l'impression, c'est vrai, que les bornes ne fonctionnaient pas parce qu'on en a eu tellement ... Bon y'en a beaucoup beaucoup autour des bornes mais comme bon, on nous a expliqué la borne a quand même été installée dans le village de manière à former une barrière, euh seulement bon automatiquement le moustique est attiré. Donc est-ce que sans les bornes il y aurait autant de moustique ou pas, ça en fin de compte on ne sait pas quoi. Donc bon là pour nous, Juillet, Aout, on a pu manger dehors, depuis l'éclosion c'est impossible, impossible !* » (une habitante du Sambuc)

On remarque alors que des informations sur les captures et l'efficacité des bornes circulent toujours de façon positive : « *Alors donc apparemment les personnes qui relèvent les moustiques dans les appareils en attrapaient à peu près 400, 500 par jour et là je crois qu'il sont à 4000 par jour ! Donc c'est énorme hein ! C'est énorme donc y'en a beaucoup plus et on se dit que les 4000 qu'il y a dans la machine on ne les a pas !* »

Néanmoins cette période de forte éclosion semble amener avec elle l'hypothèse que le nombre de moustiques serait peut-être trop important pour parvenir à ressentir ne serait-ce qu'un effet de « régulation » de la nuisance avec une gêne ressentie qui touche alors également les personnes à l'intérieur des maisons: « *... Mais bon on avoue que ... C'est vrai qu'on espère qu'avec le temps ce sera vraiment efficace parce qu'on en a autant à l'intérieur qu'à l'extérieur c'est pffff, c'est invivable !* »

« *En ce moment on ne peut plus manger dehors. On ne peut pas rester dehors, on se ferait massacrer quoi !* » (une habitante du Sambuc)

Dans ce climat de découragement temporaire, cette habitante évoque d'elle-même la question sanitaire immédiatement après nous avoir informés de cette gêne en intérieur. Elle argumente ainsi son point de vue en nous suggérant des idées de solutions multiples qu'elle souhaiterait dans l'idéal respectueuses de l'environnement, mais qui ne sont pas sans rappeler des pratiques individuelles de démoustications dites « sauvages » : « *ce qui me fait peur c'est que bon le moustique est quand même porteur de maladies et bon la faune, la flore c'est très bien de les protéger mais l'humain aussi je pense. Donc est-ce que je ne sais pas au niveau écologique, est-ce qu'il existe pas un produit quand même que les gens pourraient éventuellement avoir dans chaque bâtisse chez eux, pour qu'on puisse traiter nos murs sans tuer les lézard tout ça, parce qu'il existe des produits qui tuent tout quoi, mais ce n'est pas le but ... Mais bon c'est vrai qu'il y a des jours où il y en a tellement que je pense qu'on passera le produit quand même* ».

Il nous est précisé que malgré un intérêt certain de chacun pour cette nouveauté de « l'aspirateur à moustique » avec tous les présupposés éthiques et écologiques qui y sont associées, la démoustication sauvage reste un pratique répandue sur le hameau qui a probablement lieu en simultané pendant cette expérience de test : « *il est facile ici d'avoir du produit ... tout le monde fait de la démoustication sauvage !* »

Cette habitante poursuit en nous expliquant que cette gêne ressentie comme très forte et « insupportable » d'un côté de la maison reste moindre du côté où se trouve la borne et

que le protocole tel qu'il a été installé « Rue de l'école du Sambuc » reproduit probablement cet effet tout le long de la rue: « Pour vous expliquer on a des terres derrière là, ça fait comme une arrivée là, donc par le chemin donc ils arrivent par là. Il faudrait qu'on puisse traiter les maisons en plus des bornes. C'est vrai qu'on n'en a moins devant, bon aujourd'hui vous avez de la chance, il y a du vent, mais j'aurais pu vous recevoir derrière où bon ... c'est pas le but de vous faire piquer hein » (une habitante du Sambuc)

« là si vous allez derrière à n'importe quelle heure de la journée vous vous faites défoncer ! » (un habitant du Sambuc)

Cette recrudescence de la gêne nous a été décrite de façon comparative avec d'autres années, et les personnes à l'instant où nous parlons avec elles semblent véritablement surprises de l'importance du phénomène constaté qu'elles attribuent en partie à l'effet des bornes et à la forme du protocole tel qu'il est organisé cet été sur le Sambuc :

« ça fait quinze ans qu'on a la maison, donc c'est vrai qu'il y a 3, 4 ans il y a eu une grosse grosse éclosion et c'est vrai que ce n'était pas ... j'avais pas l'impression qu'il y en avait autant que cette fois. Donc je pense que d'un côté la borne a son efficacité mais en même temps elle en attire plus aussi et bon y'en a que onze dans le village et je pense qu'il en faudrait un peu plus, de manière à former le bouclier, bon c'est vrai que peut-être il en faudrait un peu plus ». (une habitante du Sambuc)

d) Ca marche mais ça les attire peut-être ? »

- Le pouvoir attractif des bornes en question



Notre rôle a été de nous renseigner sur le climat ambiant et les avis circulant sur l'expérience à différentes étapes de sa réalisation. Ainsi vers le début du mois de Septembre, un tournant s'est réellement fait sentir sur le terrain et un ensemble de discours teintés de doutes et de scepticisme quant à l'efficacité réelle du dispositif nous a semblé venir mitiger l'emballement initial : « La question je pense que tout le monde se pose... c'est la borne est efficace mais est-ce qu'elle n'attire pas plus de moustique que si elle était pas là quoi ? C'est vrai qu'il y a beaucoup de personnes qui se posent la question, là depuis l'éclosion et moi c'est vrai que j'ai entendu dire « les bornes ne fonctionnent pas » alors que si si, mais bon ... voilà avec le temps peut-être que ce sera efficace, peut-être dans six mois euh ... je pense qu'il faut un certain temps hein ! » (une habitante du Sambuc)

Ainsi bien que la gêne moustique soit jugée importante depuis plusieurs années, les personnes expliquent qu'elles s'inquiètent de voir la nuisance se déplacer au cœur du hameau particulièrement cet été : « parce qu'on en plus on a la riziculture derrière mais cette année on n'en n'a pas et c'est pour ça... on n'a pas de champs de riz derrière et on n'en a un peu plus... Parce que bon c'est vrai que les champs de riz attirent, il y a de l'eau, y'avait des cheminées à une époque, mais les cheminées restaient vers le champ de riz, elles ne venaient pas spécialement autour de la maison. »

Ces constats ont, semble-t-il, amené nos interlocuteurs à s'interroger sur l'effet de « barrage » annoncé et visé par le dispositif. A ce stade de l'expérimentation, on relève en effet au travers des remarques formulées qui prennent parfois la forme d'argumentations et d'exemples multiples, que des incompréhensions existent sur la méthodologie utilisée : « On nous dit que les bornes font barrage, mais elles font barrage si elles sont à l'extérieur du village, à l'intérieur du village les produits ça les attire hein !

*Alors que ce soit une question expérimentale, qu'ils veulent savoir combien de moustiques attrapent les bornes, ça d'accord. Mais le problème, ça attire tous les moustiques de l'extérieur hein !*

*« Bon la grosse éclosion qu'il y a eu, y'a toujours. Fin Aout et Septembre c'est toujours la période où il y en a le plus. C'est normal c'est là où il y a les pluies il fait encore chaud donc automatiquement y'a beaucoup de moustiques. Je suis chasseur j'étais dans le marais ce matin, depuis cinq heures du matin ... Et bien il y a moins de moustiques dans le marais que derrière chez moi. Alors y'en a, je ne dis pas qu'il y en n'a pas mais y'en a moins qu'ici » (un habitant du Sambuc)*

Ainsi, l'argument apparemment partagé par plusieurs habitants, que les bornes devraient se situer à l'extérieur du hameau se fait alors entendre et il nous a été demandé de transmettre cette recommandation aux ingénieurs pour les prochaines expérimentations : *« Sûrement que s'ils étaient stoppés par les bornes ils rentreraient pas dans le village. Ca je comprends qu'à titre expérimental le branchement à l'extérieur à un coût donc on comprend bien qu'ils ont voulu faire l'expérience en limitant les coûts d'installation et ça c'est normal mais là c'est chaud hein ! » (un habitant du Sambuc)*

On note surtout que malgré ces questionnements, l'espoir des habitants se porte sur un effet sur le « long terme » : *« 4000 femelles par bornes qui ne pondront pas ...a termes ça limitera c'est sûr. Bon en attendant est-ce qu'il faut passer par cette phase-là ? Tant pis. Si c'est pour un effet efficace on est prêt à attendre ... » (une habitante du Sambuc)*

L'expérimentation de cette année permettant d'affiner le dispositif et sa méthodologie, on remarque en effet que sur le terrain la population ne semble pas envisager que les bornes puissent être enlevées pour quelles que raisons que ce soit. En effet à l'image de l'objectif abordé par les ingénieurs, celles-ci semblent déjà courant Septembre véritablement acceptées et appropriées par nos interlocuteurs qui les considèrent déjà comme faisant partie de leur nouveau paysage urbain : *« De toute façon c'est une expérience qui débute ... De toute façon les bornes ils ne vont pas les enlever hein ! Nous pour nous les bornes vont rester tout le temps quoi. Ah si elles restent pas c'est pas la peine ! ... Enfin, moi je suis contre qu'ils les enlèvent ! » (une habitante du Sambuc)*

Enfin, un élément important et à vérifier en cohérence avec les résultats scientifiques obtenus nous a été rapporté. Les bornes auraient limités le nombre de moustiques tigres repérés par certains habitants, affirmant qu'il y'en a moins depuis l'installation du dispositif et que ceux-ci ont visiblement laissé la place aux moustiques « normaux » qu'ils avaient l'habitude de voir avant : *« On a moins de tigres hein ! Avant on n'avait que ça. Y'en a beaucoup moins. Y'a à nouveau les moustiques normaux quoi alors qu'avant il n'y avait que du tigre ! Donc là on voit une amélioration quand même ! nous à notre niveau hein, après les autres je ne sais pas ... ? » (une habitante du Sambuc)*

## **Bilan général**

Ainsi, au regard de cette enquête et des différents avis collectés, la diminution observée courant Juillet /Août semble avoir été appréciée et avoir influencé l'avis général vers une sensation globale d'un « mieux » pour le hameau : *« On pourrait dire qu'il y en a un peu moins », « Ça a pas radié le moustique au Sambuc ! Ça dépend peut-être des endroits. (des habitants du Sambuc)*

On note donc que malgré la recrudescence de la gêne observée courant Septembre amenant avec elle, des doutes sur l'efficacité du dispositif et des questionnements sur la forme de l'expérimentation, la population semble dans tous les cas assez favorable au

projet tel qu'il a été mené sur le Sambuc cet été et plutôt intéressée à l'idée de reconduire l'expérience.

En effet, des habitants ont exprimé leur compréhension face au « rodage » nécessaire d'un tel projet. Ils nous ont paru porter certains espoirs dans l'expérimentation et en mesurer les contraintes techniques, évoquant notamment les questions pratiques de branchements etc...

Le discours général serait donc que les résultats sont à voir : « sur le long terme » !!!

L'évocation de la démostication expérimentale de Salin de Giraud et Port Saint Louis du Rhône renseigne aussi par ailleurs sur l'argumentation sous-jacente et associées à cette attente qui se traduit par « l'indulgence » de la population malgré ces résultats mitigés : « *Ah ben nous automatiquement on a l'impression d'être mis de côté quoi !* »

Nos interlocuteurs ont en effet, manifesté leur compréhension face à une expérimentation, une situation de « test », qui mérite probablement encore de s'affiner et de s'adapter à de multiples contextes. En effet, il est à noter que le sentiment d'être « pris en compte » sur cette problématique de la gêne moustique a été manifestement apprécié sur le hameau, et le projet après une certaine attente, apparaît probablement comme une « récompense » ou une « victoire » pour certains habitants qui sont prêts maintenant à se montrer patients : ... « *Ce qu'il ont lancé c'est bien. Je pense qu'il faut du temps mais c'est bien. C'est bien ! On est content qu'ils aient choisi le Sambuc* » - « *ça fait des années qu'on aurait aimé le faire avant qu'ils installent les bornes mais ils ne l'ont jamais fait !* » (une habitante du Sambuc)

« *Bon pendant 15 ans on n'a pas mangé dehors si on attend plus ben c'est pas grave hein !* » (une habitante du Sambuc)

#### **QUELQUES IDEES, CONSEILS ET SUGGESTIONS SOUMISES PAR LES PERSONNES :**

- Laisser les bornes à l'année pour un bilan global et suivi (l'hiver est court les moustiques sont là presque à l'année) :

*Il faudrait les laisser toute l'année, un test sur une année il n'y a pas de retombée. Il faut plusieurs années pour ... de toute façon y'en a toute l'année des moustiques ici à part le gros de l'hiver !* » (une habitante du Sambuc)

- Reconduire le projet en essayant de réguler les fluctuations ressenties entre intérieur et extérieur du hameau avec pourquoi pas plus de bornes situées à l'extérieur, dans les mas peut-être ? « Ceinturer » véritablement le centre village avec plus de bornes.
- Mieux anticiper l'aspect attractif des bornes et affiner leur localisation / c'est-à-dire revoir peut-être la distance entre les lieux de rencontre, d'affluence et les bornes. ( cf. borne près du parc - borne près du portail de l'école jugée peut-être trop proches, Renforcer le nombre de bornes côté place du village )
- Donner plus d'informations à la population pour « barrer la route » aux rumeurs potentielles. Peut-être reconduire une forme de réunion publique de façon à bien transmettre des informations sur le fonctionnement, les risques sanitaires

existants sur le territoire mais surtout l'analyse des résultats scientifiques obtenus (des informations sur le nombre de moustiques capturés, sur les espèces présentes et capturées ...) ...

*Bon après c'est vrai que ça serait bien qu'ils refassent une réunion, une réunion d'information et que les gens se déplacent ... Avec les résultats , pour nous dire eux aussi ce qu'ils en pensent ! » (une habitante du Sambuc)*

- Prévoir des rencontres et/ou des ateliers d'initiation à l'utilisation de bornes destinées à l'usage des « particuliers », pour se familiariser avec l'entretien , la maintenance d'une borne chez soi...

*« Même qu'il se déplacent chez les gens. Qu'on vienne nous expliquer comment ça marche chez nous ça ne nous dérangerait pas ! » (une habitante du Sambuc)*

- Créer et ouvrir un espace de discussion en temps réel sur le suivi de l'expérience
  - « forum de discussion », pourquoi pas « facebook » ? et centré sur la sensation de gêne et les lieux où elle est repérée.

*« Parce que là quand l'éclosion elle est arrivée, les gens ils ont dit « oh qu'est-ce qui se passe ? Elles sont où les machines ? Elles sont branchées ? Et en une demie heure il y avait 25 commentaires hein ! Moi aussi, moi aussi on s'est fait défoncer etc ... » (un habitant du Sambuc)*

*« ce serait bien, peut-être sur Facebook qu'ils mettent beaucoup plus d'informations. Qu'ils communiquent dessus » (une habitante du Sambuc)*

- Développer une application / représenter sous forme de carte la gêne moustique selon le ressenti des habitants sur les mois de l'expérimentation (*permettrait de mieux géolocaliser les nuisances « ressenties » - et les fluctuations intérieures /extérieures sur la période de test*)

## Préconisations pour la suite du suivi



On note que du « traitement », en passant par « le piège » pour arriver enfin à l'image séduisante d'un « aspirateur à moustiques », les techniques alternatives de démoustications ont progressivement évolué en termes de représentations sociales.

En effet l'objet en tant que tel nettement moins « abstrait » que ses prédécesseurs est même devenu « attractif » et semble facilement approprié par une population en attente de solutions prête à faire avec ou sans l'assentiment des scientifiques « le ménage dans la nature ».

Cette appellation choisie pour être médiatisée, qui ferait presque penser à un nouvel « arts ménager » déplacé sur la scène urbaine semble contribuer pour beaucoup à ce résultat. L'aspirateur ainsi apprivoisé par le regard des habitants cet été au Sambuc possède en effet toutes les qualités propres à être adopté et intégré, dans un second temps, au sein de la « sphère domestique »

Ainsi, il est à noter comme relevé précédemment, que nos échanges avec les habitants mettent en lumière un aspect « socio-technique » important du projet mené cette année. En effet la population, bien qu'impliquée dans le processus de communication et de suivi du projet n'est invitée à participer que très peu à son approche fonctionnelle et technique. Cet élément qui apparaît comme un confort supplémentaire laissé aux habitants et semble convenir parfaitement à nos interlocuteurs, peut néanmoins être considéré comme regrettable au regard d'un objectif d'accompagnement de la population vers le changement, car il réduit l'implication et l'engagement des personnes et pourrait diminuer les chances qu'ils auraient de s'équiper eux-mêmes d'un dispositif plus tard. En effet, à l'image de cette habitante enthousiaste rencontrée fin Août, assurer l'entretien et la maintenance de l'appareil, plutôt que ceux-ci soit délégués à un tiers, renforce le lien entre la personne et le sens qu'elle souhaite donner à ses actions (ici le choix de passer à une méthode alternative de démoustication plus respectueuse de l'environnement)

De ce point de vue, la ligne directrice choisie pour la poursuite et la reconduction du suivi sociologique de projets tel que celui-ci serait de « **favoriser et d'augmenter au maximum cette proximité entre l'appareil en lui-même et les habitants des localités qui souhaiteraient s'engager vers ces dispositifs** ».

Ainsi, en s'inspirant des suggestions recueillies auprès de la population du Sambuc ce rapprochement pourrait être favorisé par :

- L'intégration et la poursuite de ce retour d'expérience : affiner la méthodologie du projet au niveau technique et son adaptation au vécu des habitants sur les territoires étudiés tout en prenant en compte leurs configurations singulières.
- La multiplication d'actions permettant de favoriser l'implication des personnes et de renforcer leur engagement personnel et individuel vers l'adoption de ces techniques alternatives (qui se situe tant au niveau idéologique que comportemental).

## Perspectives 2016

### **Accompagner les habitants vers des techniques alternatives de démoustication, soutenir et conforter l'évolution dynamique de représentations sociales**

Au regard des résultats obtenus en 2015, la ligne directrice choisie pour la poursuite du suivi sociologique 2016 est donc de « ***favoriser et d'augmenter au maximum cette proximité entre l'appareil en lui-même et les habitants qui souhaiteraient s'engager vers ces dispositifs*** ».

En effet, l'accompagnement des habitants du hameau vers l'appropriation de ces techniques de démoustication alternatives apparaît comme une étape nécessaire pour pérenniser la dynamique initiée cette année dans le cadre du dispositif « BAM » initié dans le hameau Sambuc. Il est en effet important de rappeler que le lien établi entre une personne et ses actions et dont découlent ses choix individuels se situe aussi au niveau comportemental et idéologique.

Cette proposition d'accompagnement social s'inscrit dans le cadre de la théorie de l'engagement mobilisée ici pour favoriser le passage des intentions et des idées aux actes (Kiesler, 1971, Joule, 2004, 2006). Cette théorie permet d'établir le lien complexe entre opinions et comportements en demandant peu en matière de comportement, dans un premier temps, pour obtenir beaucoup par la suite rappelant ainsi la technique du « pied dans la porte » mais garantissant néanmoins le déroulement de l'objectif d'engagement dans un contexte de liberté. Par ailleurs, en relation avec la poursuite d'objectifs élevés et communs dans un groupe, on note aussi que l'engagement d'un individu dans un acte correspond au degré auquel il peut être assimilé à cet acte et à son implication dans celui-ci (Wegner et Vallacher, 1984). La tendance naturelle des personnes à donner à leurs actions un niveau élevé peut être utilisée en communication et s'appliquer au phénomène du « pied dans la porte » : ici, s'engager à soutenir l'action du projet de démoustication alternative du Sambuc correspond à : « *Agir pour la protection et la préservation de l'Environnement* » à l'échelle du hameau, mais aussi du territoire Camarguais et plus largement de la planète.

Cette première année d'expérimentation du dispositif BAM a ouvert la voie à une dynamique participative qu'il serait possible de fonder sur un effet « d'escalade de l'engagement » et de fonctionnement « en réseau ». En effet, l'obtention « d'actes préparatoires » obtenus et identifiés à un niveau élevé présente l'intérêt de renvoyer l'individu à des valeurs sociales élevées qui recouvrent un périmètre comportemental étendu (ex : participer aux réunions publiques, avoir reçu les sociologues en 2015 chez soi et/ou avoir répondu à l'enquête), pouvant augmenter les chances de participer à une démarche ultérieure de mutualisation et de valorisation de l'expérience en 2016 (ex : participer à créer et/ou valoriser une démarche de communication concernant le projet (créations de slogans , d'affiches , participation au forum internet, accueil d'une borne « test » dans son jardin » et/ou s'équiper soi-même du dispositif)).

La voie du réseau se présente donc comme une piste à exploiter et les personnes déjà impliquées lors de l'été 2015 (habitants, élus, acteurs économiques) apparaissent comme « personnes ressources » ou « relais » permettant de faire progresser l'accompagnement de la population et d'asseoir sa légitimité à l'échelle du hameau. Un accompagnement efficace utilise en effet l'outil naturel de la dynamique de groupe et plusieurs niveaux de relations restent ici mobilisables : le voisinage, les connaissances, la famille etc... Les relations qu'entretiennent entre eux les membres d'un groupe reposent sur leur interdépendance. Le groupe ici identifié « des habitants du Sambuc », constitue un « lieu » qui permet d'expérimenter le changement en tant que moyen d'apprentissage des comportements nouveaux et des nouvelles pratiques (Lewin, 1943). C'est pourquoi le changement d'attitudes individuelles est plus facile à réaliser lorsqu'il a lieu dans une

situation de groupe car les comportements sont médiatisés par des normes culturelles : les perceptions et les représentations. Ces changements d'attitude sont favorisés par la réduction des différences entre individus qui sont renforcées par les actions de coopération (ex : transmission de savoirs et savoir-faire) et la poursuite d'objectifs élevés communs assurant leur pérennité (tels que la protection de leurs cadre de vie).

Il s'agira donc dans un premier temps de favoriser un engagement personnel et donc « individuel » vers ces techniques alternatives susceptibles d'améliorer la qualité de vie de tous. Les résultats issus des enquêtes sociologiques menées dans le cadre du suivi de la démoustication depuis 2006, ont permis d'appréhender les contextes liés à cette problématique élargie « hommes/moustiques » et de s'assurer qu'une telle proximité avec l'habitant existe et est possible sur ce territoire. Ainsi à l'image de ce rapprochement que nous nous proposons d'effectuer et de favoriser entre le dispositif BAM et la population du Sambuc, le volet sociologique 2016 se propose d'approcher la « sphère domestique » au plus près du ressenti des personnes, de leurs pratiques et de leurs attentes.

Les sociologues seront ainsi amenés lors de ces rencontres sur le terrain à jouer en quelque sorte le rôle de « médiateurs », permettant ce rapprochement entre le dispositif alternatif BAM en lui-même et l'habitant mais aussi entre ce dernier et le projet du Sambuc. Des informations et éclaircissements seront donc apportés à la population sur le fonctionnement des appareils et une attention particulière sera portée sur la transmission et le rappel des valeurs et objectifs portés par le projet au niveau le plus élevé d'identification de l'action. Les personnes seront donc invitées à participer activement au suivi de cette expérience de test en nous transmettant un retour d'expérience, mais elles pourront aussi s'investir à d'autres niveaux au sein d'une démarche s'inspirant des principes de la communication engageante, dont certaines actions nécessiteront le concours de la municipalité (ex : participer à des ateliers concernant le fonctionnement des bornes, à des réunions, communiquer sur un forum de discussion...) pour enfin s'engager à « accueillir » une borne à leur domicile ou s'équiper elles-mêmes du dispositif.

**Cette démarche d'accompagnement social de la population durant l'été 2016** permettrait de favoriser l'adoption de techniques alternatives de démoustication sur le territoire par la création d'actions, et de « lieux » de partage et d'échange autour de ces questions permettant à chacun de tirer un bénéfice commun de cette expérience, tout en mesurant son impact et ses potentialités futures. Enfin, la méthodologie mobilisée lors de cet accompagnement social favorisant le succès du dispositif BAM pourrait pertinemment servir de référent pour d'autres expérimentations de ce type sur d'autres points du territoire.

Par ailleurs, dans une perspective de valorisation des données sociologiques obtenues durant le suivi scientifique des opérations de démoustication depuis 2007, nous préconisons également :

### **Proposition d'analyse des questionnaires (2007-2013) par arbre de classification**

Dans le cadre d'un bilan du suivi sociologique nous proposons de recourir à l'utilisation d'arbres de régression et de classification interactifs dans la présentation des données semi-quantitatives capitalisées depuis huit ans. Cette méthode a été utilisée lors de l'exploitation des résultats des questionnaires déposés au Domaine de la Palissade en 2012. Cette présentation des données permet en effet d'explorer les règles de décision qui président à la définition a posteriori des critères de catégorisation des populations consultées dans le cadre du suivi sociologique des opérations de démoustication. Dans cette optique les travaux de Dwyer et al. (2004) sur la vulnérabilité sociale au risque inondation ont recouru à cette méthodologie de présentation des résultats pour définir des critères de catégorisation des foyers très vulnérables. Cette méthode qui permet

d'établir des segmentations de populations devra s'entourer des précautions méthodologiques par croisement avec des méthodes de classification classiques : approche GLM et validation croisée (si la taille de l'échantillon le permet). L'angle d'exploitation des données sera défini à priori. La sélection des arbres se fera sur la base de la maximisation de leur pertinence d'un point de vue sociologique et de leur puissance statistique.

## Références :

Claeys C. (2013), "Biological invasions as causes and consequences of "our" changing world: Social and environmental paradoxes", in *The Routledge International Handbook of Social and Environmental Change*, S. Lockie, D. Sonnenfeld and D. Fisher (eds), Routledge. (à paraître dernier semestre 2013).

Claeys C. 2010, « Les « bonnes » et les « mauvaises » proliférantes : Controverses camarguaises », in *Etudes rurales*, N°185, Juin-Juillet.

Claeys-Mekdade C. et Sérandour J. (2009), « Ce que le moustique nous apprend sur le dualisme anthropocentrisme/biocentrisme : perspective interdisciplinaire sociologie/biologie », *NSS*, 17, 136-144, pp. 136-144.

Claeys-Mekdade C. et Nicolas L. (2009), « Le moustique fauteur de troubles », *Ethnologie Française*. XXXIX, 1-janvier, pp. 109-116.

Claeys-Mekdade C. (2003), *Le lien politique à l'épreuve de l'environnement. Expériences camarguaises*, Peter Lang, P.I.E., Bruxelles, 240p.

Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S. & Roberts, S. (2004), *Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards*, *Geoscience Australia Record* 2004/14

Geneys C. (2008), « Enquête sur l'entretien des communes du Gard en zone non agricole pour le CIVAM 30 : de l'utilisation des produits phytosanitaires aux pratiques alternatives », *Rapport de stage, Unîmes*, 50 p.

Honneth A., (2004), « La théorie de la reconnaissance: une esquisse », *Revue du MAUSS* 2004/1, n°23, p. 133-136.

Huneau V. (2008), « Etude socio-environnementale de la présence des moustiques dans l'Est du Golfe du Morbihan (56, France) », in *Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France*, Vol. 30, N°4, p. 215.

Joule, R.V., Beauvois, J.L. (2006). *La soumission librement consentie*. Grenoble : P.U.G.

Joule, RV. (2004). Relancer l'intérêt des élèves par une pédagogie de l'engagement. In M.-Ch. Toczec-Capelle & D. Martinot (Eds.) *Le défi éducatif. Des situations pour réussir*. Paris: Armand Colin.

Kiesler, C.A., (1971). *The Psychology of Commitment*. New York: Academic Press.

Lewin, K. (1947). " Group Decision and Social Change". In T. H. Newcomb and E. L. Hartley (eds.), *Readings in Social Psychology*. New York: Holt

Mauz I., 2005, *Gens, cornes et crocs*, Versailles, INRA éditions, 256 p.

Strivay L. et Mougénot C. (2010), « Ces animaux qui déménagent », *Communication orale au colloque « Vivre ensemble, question de diplomatie »*, Cemagref, Grenoble, 29 janvier.

Wegner, D. M., & Vallacher, R. R. (1986). Action identification. In R. M. Sorrentino & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of motivation and cognition: Foundations of social behavior* (pp. 550-582). New York: Guilford.

## Synthèse

Le suivi scientifique, objet du présent rapport, répond à **trois principaux objectifs** : **(1) quantifier les effets du *Bti* sur les populations animales non cibles** potentiellement impactées par les opérations de démoustication ; **(2) tester l'efficacité de moyens alternatifs pour réduire la nuisance** causée par les moustiques en Camargue ; et **(3) mener des enquêtes sociologiques sur la perception de la nuisance et les différents moyens de la réduire.**

Le suivi écologique vise à **quantifier les effets de la démoustication au *Bti* sur les populations animales non cibles** potentiellement impactées dans les secteurs de Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis du Rhône et Brasinvert en Camargue. Les groupes d'espèces considérés sont les **chironomes, les odonates, les invertébrés paludicoles, les hirondelles de fenêtres, les chiroptères et les oiseaux d'eau**. A l'exception du premier groupe qui est potentiellement affecté directement par le *Bti*, les effets observés résultent principalement d'un impact indirect à travers le réseau trophique (chaîne alimentaire). Ces suivis s'appuient systématiquement sur la **comparaison de sites traités** (Domaine de la Palissade, They de Roustan) **et témoins** (Tour du Valat, Marais du Vigueirat, Réserve Naturelle Nationale de Camargue, Marais de Rousty) avec un **effort d'échantillonnage** conséquent en termes de taille d'échantillon et de nombre de répliquas, afin d'assurer la **puissance des tests statistiques**. Aux 6 volets écologiques s'ajoutent un **volet sur la persistance du *Bti* dans l'environnement, un volet sur l'efficacité des pièges à moustiques et un volet sociologique, axé sur l'accompagnement des populations exposées vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement.**

Capitalisant sur la poursuite des suivis entrepris lors de la précédente campagne d'échantillonnage, **les suivis réalisés en 2015 ont permis de démontrer:**

- Une **baisse significative de plus de 50% dans la richesse** (nombre d'espèces) **et l'abondance des odonates** (libellules) sur les sites traités ;
- Une poursuite de la **remontée des invertébrés paludicoles plus de deux ans après l'interruption de la démoustication** d'une roselière ;
- Une **baisse des effectifs d'hirondelles sur les sites traités de 22%** par rapport aux sites témoins ;
- Un **taux de colonisation de 67,5% des 40 nichoirs à chauve-souris** installés en 2012, avec reproduction probable dans l'un des nichoirs ;
- Une **persistance avérée du *Bti*, avec prolifération des spores** dans les roselières, les scirpaies et les jonchaies **de 3 à 6 mois après la fin des traitements** ;
- Une **diminution significative au Domaine de la Palissade de 6 espèces d'oiseaux associées aux milieux traités** (foulque macroule, canards colvert et chipeau, grèbe huppé, huïtrier pie) **qui coïncide avec la période de mise en œuvre des opérations de démoustication** et n'est pas observée sur d'autres espaces naturels de Camargue ;
- Une **réduction de la nuisance de l'ordre de 88% par le dispositif de pièges BAM, Biogent et Mosquito Magnet** installés à la **Tour du Valat et au Sambuc**, avec un **taux de captures des moustiques particulièrement élevé entre 21h et minuit** ;
- Un manque d'**information à destination des usagers (chasseurs, éleveurs) et gestionnaires d'espaces naturels sur l'écologie du moustique** pour mieux

intégrer la production non-intentionnelle des moustiques dans les mode de gestion des espaces ;

- La **nécessité d'accompagner les populations locales vers l'appropriation des techniques de démoustication alternatives** à base de pièges qui montre des débuts prometteurs.

## ▪ Conclusions

Cette dixième année d'une démoustication 'expérimentale' fut accompagnée de suivis écologiques et sociologiques de plus en plus orientés vers la mise en œuvre de solutions alternatives à la démoustication au *Bti* en Camargue, et ce, conformément à l'appel à propositions du Parc naturel régional de Camargue. Ces suivis, originaux et innovants, car sans précédent pour leur aspect pluridisciplinaire, ont évolué vers un caractère plus adaptatif, en capitalisant sur les connaissances acquises pour répondre à de nouvelles questions ou pour tester de nouvelles modalités de démoustication. Les modes opératoires actuels ont des impacts forts et avérés sur de nombreux compartiments de la faune non cible. La persistance et la prolifération du *Bti* dans certains marais, suggèrent un impact à long terme bien au delà des quelques jours suivant son épandage. Cette formule est-elle la mieux adaptée au territoire Camarguais, refuge de biodiversité constitué encore aujourd'hui de grands espaces naturels ? Les seuls secteurs de Salin-de-Giraud et Port Saint-Louis représentent près de 20 % des superficies traitées cumulées dans tout le Languedoc-Roussillon. Une approche centrée sur le piégeage des moustiques, comme l'expérimentation menée au hameau du Sambuc en 2015 apparaît comme une solution permettant de mieux concilier réduction de la nuisance et du risque sanitaire (moustique tigre) avec la protection de l'environnement. Davantage en adéquation avec la vocation de développement durable des parcs naturels régionaux, cette option offre également l'avantage d'une plus grande implication et participation de la part des habitants.

## **Remerciements**

Nous tenons tout d'abord à mentionner tous les propriétaires et gestionnaires conservateurs des sites traités et témoins utilisés pour la majorité des suivis: Jean-Christophe Briffaud et Claire Tétrel pour le Domaine de la Palissade; Carole Nourry et la commune de Port Saint-Louis pour le They de Roustan; Jean-Laurent Lucchesi et Leïla Debiesse pour les Marais du Vigueirat et Damien Cohez pour la Tour du Valat. Merci de nous avoir permis d'y réaliser nos suivis, avec tout ce que cela peut apporter en terme de nuisance! Notre reconnaissance va également au Conservatoire du Littoral, propriétaire de trois de ces quatre sites.

### ***Suivi des odonates***

Merci aux gestionnaires des sites échantillonnés (cités ci-dessus) et aux personnes ayant fourni une aide précieuse et des conseils utiles: Damien Cohez, Saïd Chenoufi, Sandrine Kirmamarios, Philippe Lambret, Carole Nourry, Rémi Tiné et Gaëtan Lefebvre.

### ***Suivi des disponibilités alimentaires pour les passereaux paludicoles***

Merci aux propriétaires/gestionnaires des roselières de nous avoir permis des accès répétés tout au long de l'année y compris pour les sites et les périodes 'sensibles': M. Deville (Mourgues), Carole Nourry (They de Roustan), Gaël Hemery (Marais de Rousty, Bélugue), Leïla Debiesse (Marais du Vigueirat), Damien Cohez (Tour du Valat), Jean-Christophe Briffaud (domaine de la Palissade).

### ***Suivi des colonies d'hirondelles***

Merci à tout ceux qui accueillent des hirondelles au-dessus de leurs fenêtres pour nous avoir permis l'accès à 'leurs' colonies: Jean Paul Taris (Armellière), M. de la Gamba (Salin-de-Giraud), M. Raynaud (hôtel Longo Mai du Sambuc), M. Rousseau (Port Saint-Louis) et M. Rozière (mas Saint-Andiol).

### ***Suivi des Chiroptères***

Le Groupe Chiroptères de Provence (GCP) remercie tous ceux qui ont participé à l'étude: Fanny Albalat, Géraldine Kapfer, Frédéric Portalier, Marion Gyaud, Emmanuel Cosson et tous les propriétaires, gestionnaires et conservateurs des milieux naturels qui ont permis et facilité l'installation et le suivi des nichoirs: Claire Tétrel (Domaine de la Palissade et They de Roustan), Christophe Ruiz (Mairie de Port Saint Louis du Rhône, They de Roustan), Leïla Debiesse et Rémi Tiné (Marais du Vigueirat), Damien Cohez, Nicolas Beck, Brigitte Poulin (Tour du Valat) et la Réserve Nationale de Camargue (SNPN, Salin de Badon). Merci à Céline Hanzen et Eva Gumzej, stagiaires de la Tour du Valat pour nous avoir accompagné lors du suivi des nichoirs et à Gaëtan Lefebvre pour l'analyse des facteurs influençant les probabilités de colonisation.

### ***Suivi de la persistance du Bti dans le milieu***

Merci à Claire Tétrel et Carole Nourry pour avoir veillé à la collecte des échantillons de sol aux périodes préconisées et à Solenne Lozinguez et Sophie Perigon pour la réalisation des analyses microbiologiques au laboratoire LECA de Grenoble.

### ***Suivi du domaine de la Palissade***

Merci à Agnès Esposito, Nadine Youssef, Elsje Matic et Maryline Jardin de l'accueil du domaine de la Palissade pour avoir incité les visiteurs à remplir le questionnaire. Merci à Jean-Christophe Briffaud, Claire Tétrel, Antoine Arnaud, Thomas Galewski, Emmanuel Vialet et Lydie Catala-Malkas pour avoir contribué aux comptages d'oiseaux lors des traitements aériens. Merci également à la Tour du Valat, au Parc naturel régional de Camargue (domaine de la Palissade) et à la SNPN (Réserve Nationale de Camargue) pour avoir mis à disposition leurs données de suivis à long terme sur les populations d'oiseaux

d'eau. Enfin merci à Claire Tétrérel pour avoir transmis les diverses données nécessaires à la réalisation de ce rapport.

### ***Estimation de l'efficacité des pièges à moustiques***

Nous remercions la Caisse d'Épargne (CEPAC) et Biogents AG ([www.biogents.com](http://www.biogents.com)) pour avoir participé financièrement à l'acquisition des pièges et aux coûts de leur maintenance (bouteilles CO<sub>2</sub> et propane). Merci en particulier à Astrid Schuhbauer, responsable des services de tests biologiques au sein de Biogents AG et à Antoine Cohen de KO-démoustication ([www.ko-demoustication.com](http://www.ko-demoustication.com)) pour leur appui logistique qui fut grandement apprécié. Merci à tous ceux et celles qui ont prêté leur mollet à la science, en particulier Céline Hanzen et Eva Gumzej, de la Tour du Valat. Nos remerciements vont également à Simon Lillamand et Pierre Bellagambi, ingénieurs qui ont mis au point le prototype BAM, pour leur réactivité lors des divers tests réalisés sur le terrain.

### ***Suivi sociologique***

Un grand merci à tous les participants - et notamment les habitants du hameau du Sambuc - qui se sont impliqués dans ce travail très souvent au-delà de leur réponse à l'enquête, permettant ainsi de faire progresser cette démarche participative de façon dynamique au travers de leurs suggestions et de la rencontre de nouveaux volontaires. Merci à tous les volontaires, particuliers et professionnels, qui se sont rendus disponibles pour des entretiens ou pour répondre aux questionnaires et pour tester les pièges à moustiques sur leur propriété.

Enfin, merci à Régis Vianet, directeur du Parc naturel régional de Camargue, et à son conseil scientifique pour nous avoir fait confiance en nous accordant la tâche de réaliser ces suivis.