



**Rapport intermédiaire sur le suivi scientifique annuel
mené en 2016 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 Décembre 2016

Par Brigitte Poulin



**MÉTROPOLE
AIX-MARSEILLE
PROVENCE**



Sommaire

Présentation de l'équipe responsable de la réalisation des suivis	3
Introduction	4
1. Suivi sur la persistance du Bti dans l'environnement	5
2. Suivi de l'efficacité d'une démoustication par pièges Techno-BAM.....	14
3. Suivi de l'impact des pièges Techno BAM sur la faune non cible	22
9. Suivi sociologique sur la démoustication par pièges Techno BAM.....	27
Synthèse	36
Remerciements	37

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

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 la persistance du *Bti*, l'efficacité et l'impact
des méthodes alternatives à l'usage du *Bti*.



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.

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 de 2012 à 2015 sur les secteurs de Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis-du-Rhône et Brasinvert (commune des Saintes Maries de la Mer). En 2016, il fut décidé de ne plus financer les suivis concernant l'impact du Bti sur la faune non-cible (chironomes, odonates, invertébrés paludicoles, hirondelles, pipistrelles, passereaux et oiseaux d'eau) et de dédier le financement (réduit de 120 000 à 48 000 €) au suivi de la persistance du Bti dans l'environnement et au test d'une solution alternative au Bti à l'aide de pièges au hameau du Sambuc.

Résumé de la proposition

Le suivi scientifique proposé répond à trois principaux objectifs : (1) **évaluer la rémanence du Bti dans l'environnement**; (2) **estimer l'efficacité et les impacts d'une méthode de démoustication alternative à l'aide de pièges Techno-BAM** pour réduire la nuisance causée par les moustiques en Camargue ; et (3) **mener des enquêtes sociologiques sur la perception de la population** vis-à-vis de cette méthode alternative de démoustication.

(1) Évaluation de la persistance du Bti dans l'environnement

Ce volet consiste en l'estimation du nombre de spores de Bti dans les sédiments de marais traités ou précédemment traités en Camargue. L'échantillonnage est réalisé avant (avril) et après (octobre, novembre, janvier) la saison des traitements au Bti. Les analyses microbiologiques sont réalisées par le laboratoire LECA du CNRS de Grenoble (sous-traitance). Les données sont analysées et interprétées en fonction des résultats obtenus depuis 2012.

(2) Estimation de l'efficacité et de l'impact d'une démoustication alternative avec les pièges Techno-BAM

Ce volet s'appuie sur un dispositif expérimental de 16 pièges Techno BAM installés au hameau du Sambuc. Les insectes capturés dans les pièges sont relevés à tous les jours de la semaine. Des tests du mollet sont réalisés en divers points du village, de même qu'à 500 m et 1000 m à l'extérieur du village afin d'évaluer l'efficacité des pièges en termes de réduction de la nuisance. Les impacts sur la faune non cible sont évalués selon deux approches : la proportion d'insectes non-cibles capturés dans les pièges et le succès reproducteur de la colonie d'hirondelle nichant au Sambuc.

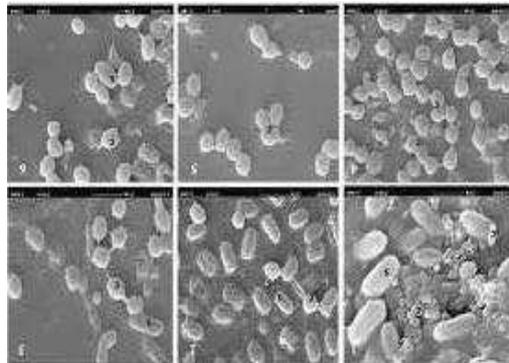
(3) Réalisation d'enquêtes sociologiques sur la perception de la démoustication par pièges Techno BAM

Une page facebook "Le Moustique du Sambuc" a été créée afin d'informer en temps réel les habitants du Sambuc sur le déroulé de l'expérimentation à base de pièges et accompagner les populations exposées aux moustiques vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Le suivi sociologique s'appuie sur des éléments du forum facebook et sur des entretiens réalisés en fin d'année auprès de la population afin d'avoir son ressenti sur l'expérimentation menée en 2016. Ces entretiens ont pour objectif d'estimer le ressenti des habitants par rapport au dispositif BAM, tout en reprenant quelques questions de la grille élaborée par Cécilia Claeys pour la démoustication traditionnelle.

VOLET I

Persistence du *Bti* dans l'environnement

**Brigitte Poulin¹, Laurence Després² Gaëtan Lefebvre¹ et
Samuel Hilaire¹**



¹ Tour du Valat

² Laboratoire LECA, Université de Grenoble

1. Persistance du *Bti* dans l'environnement

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 du laboratoire LECA de 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. 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 avec une densité de spores croissante des sansouires, aux scirpaies, roselières et jonchaies (Poulin *et al.* 2016). Il s'agissait de la première démonstration *in situ* d'une persistance plus élevée du *Bti* dans des milieux riches 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. Ces données ont par ailleurs révélé une prolifération du *Bti* plus d'un mois après la fin des traitements, la densité des spores dans les scirpaies, roselières et jonchaies atteignant des valeurs maximales cinq mois plus tard (Poulin *et al.* 2016). 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 quatre habitats étudiés, les données récoltées en Camargue ces trois dernières années suggèrent que la persistance et la germination du *Bti* sont inversement proportionnelles à la durée d'assèchement et à la salinité. Néanmoins, une baisse générale de la densité des spores de *Bti* sur les sites traités fut observée l'an dernier. Ce phénomène peut découler d'un biais d'échantillonnage, d'une modification de l'intensité des traitements et/ou de la formulation du *Bti* utilisée ou encore de conditions climatiques particulières affectant tous les sites étudiés. Dans tous les cas, il a été jugé pertinent de poursuivre ce suivi afin d'évaluer si cette tendance se poursuit en 2016.

Les échantillons ont été récoltés avant et après traitements pour les sites traités et en juin pour les sites non traités. Les analyses microbiologiques n'ont cependant pas encore été réalisées. Les résultats fournis ci-dessous sont donc repris du rapport final de l'exercice 2015 datant du 1^{er} avril 2016.

Sites d'étude (Fig. 1)

- Sites traités: une roselière, une sansouire et une scirpaie sur le Domaine de la Palissade et le They de Roustan (les mêmes qu'en 2012-2015). Une jonchaie (Clos d'Armand) traitée à partir du sol au domaine de la Palissade.
- Site où les traitements ont été interrompus depuis 2012 : Mourgues
- Site témoin: jonchaie non traitée (pour fin d'analyse)

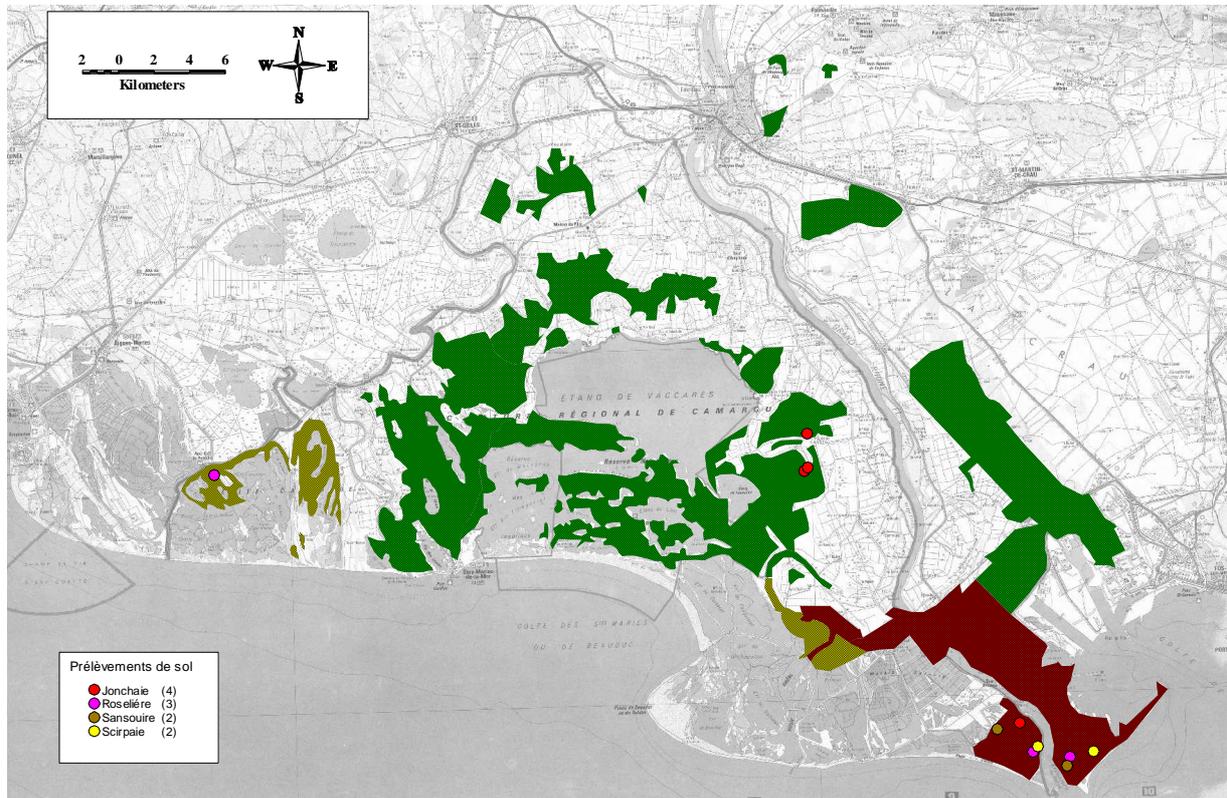


Fig.1. Localisation des sites de prélèvement de sol en relation avec les types d'habitats et les biotopes larvaires potentiels en Camargue jamais traités (vert), non traités depuis 2012 (jaune) et traités au Bti (rouge) - source EID-Méditerranée.

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 de l'année, après le dernier traitement de l'année, puis un et trois mois après. Sur les sites où les traitements ont été interrompus, les échantillons sont prélevés en été.

Résultats

Le calendrier de collecte des échantillons en fonction des sites et types de milieux depuis 2014 est indiqué au tableau 1. Les échantillons récoltés en 2016 n'ayant pas encore été analysés, les résultats reprennent ceux présentés dans le rapport d'avril 2016.

Tableau 1. Calendrier de collecte des trois échantillons de sol ou litière par site à l'automne (t_0), puis 1 (t_1), 3(t_2) et 6(t_3) mois après le dernier traitement de l'année.

Sites	Lieu	Sites traités t_0	Sites traités t_1	Sites traités t_2	Sites traités t_3	Sites non traités	Sites non traités	Sites non traités	Sites traités t_2	Sites traités t_3	Sites non traités	Sites témoins	Sites traités t_0	Sites traités t_1	Sites traités t_2	Sites traités t_3
They de Roustan	Roselière	7/11/14	26/1/15	3/3/15	-	-	-	-	4/3/16	1/4/16	-	-	8/11/16	à venir	à venir	à venir
	Sansouire	7/11/14	26/1/15	3/3/15	-	-	-	-	4/3/16	1/4/16	-	-	8/11/16	à venir	à venir	à venir
	Scirpaie	7/11/14	26/1/15	3/3/15	-	-	-	-	4/3/16	1/4/16	-	-	8/11/16	à venir	à venir	à venir
Palissade	Roselière	7/11/14	7/1/15	19/2/15	15/4/15	-	-	-	25/2/16	22/3/16	-	-	10/11/16	à venir	à venir	à venir
	Sansouire	7/11/14	7/1/15	19/2/15	15/4/15	-	-	-	25/2/16	22/3/16	-	-	10/11/16	à venir	à venir	à venir
	Scirpaie	7/11/14	7/1/15	19/2/15	15/4/15	-	-	-	25/2/16	22/3/16	-	-	10/11/16	à venir	à venir	à venir
	Scirpaie Clos d'Armand	7/11/14	7/1/15	19/2/15	-	-	-	-	25/2/16	22/3/16	-	-	10/11/16	à venir	à venir	à venir
Mourgues	Roselière	-	-	-	-	8/1/15	29/5/15	6/11/15	-	-	16/8/16	-	-	-	-	-
PSJ Est	P0	-	-	-	-	2/10/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P1	-	-	-	-	2/10/14	11/6/15	6/11/15	-	-	-	-	-	-	-	-
	P2	-	-	-	-	2/10/14	11/6/15	6/11/15	-	-	-	-	-	-	-	-
PSJ Ouest	P0	-	-	-	-	2/10/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P1	-	-	-	-	2/10/14	11/6/15	6/11/15	-	-	-	-	-	-	-	-
	P2	-	-	-	-	2/10/14	11/6/15	6/11/15	-	-	-	-	-	-	-	-
TdV	Jonchaie Tonneau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10/7/16	-	-	-	-
	Jonchaie Aline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10/7/16	-	-	-	-
	Jonchaie Cerisières	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10/7/16	-	-	-	-

 Echantillons analysés

 Echantillons en cours d'analyses

 Echantillons en cours de séchage

 Echantillons à récolter

Les densités moyennes de spores de *Bti* par gramme de sol ou litière varient selon les sites traités et les types d'habitats (Tableau 2). 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 2. 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>
Sites traités				
Palissade	8 061	89 208	4 570	43 776
They Roustan	8 530	15 376	123 632	
Bélugue			517 813	
Site non traité en 2012-2014				
Mourgues			130 016	
Sites témoins				
Tour du Valat	331	17 636	2 547	
Marais de Rousty			3 046	
...Canisson (MdV)			5 370	

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. 2) 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. 2).

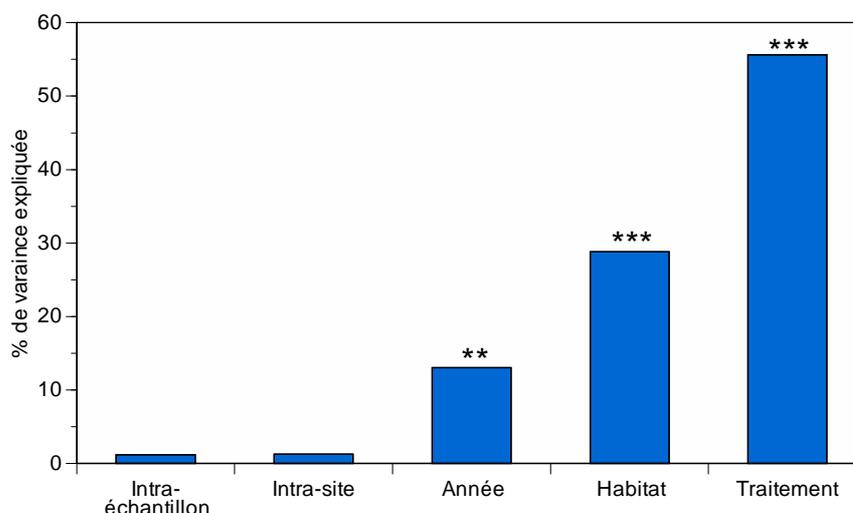


Fig. 2. Effet des variables intra-site, intra-échantillon, année, habitat et présence de traitements au *Bti* sur la densité des spores entre 2012 et 2015 selon une ANOVA à facteurs imbriqués.

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. 3). Il est à noter également que l'accroissement dans la densité des spores de *Bti* après plusieurs traitements successifs est exponentiel et non linéaire, puisque l'axe des ordonnées suit une échelle logarithmique.

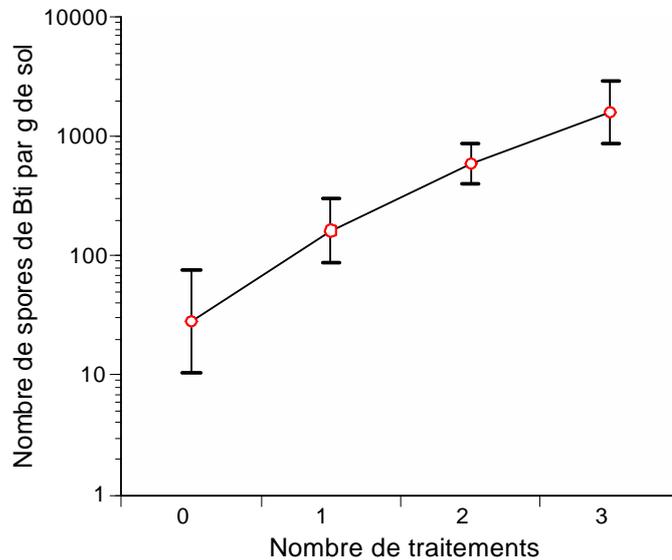


Fig.3. Effet du nombre de traitements sur la densité de spores de *Bti* dans les sites traités selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées. La densité après le premier traitement correspond à celle relevée juste avant le second traitement en 2012.

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. 4).

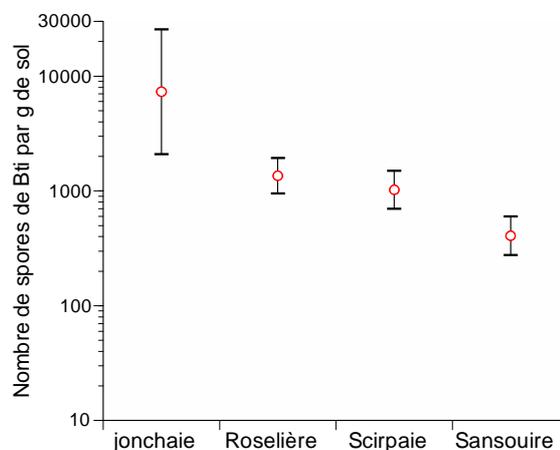


Fig. 4. Effet de l'habitat sur la densité de spores de *Bti* dans les sites traités en 2012-2014 selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

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. 5).

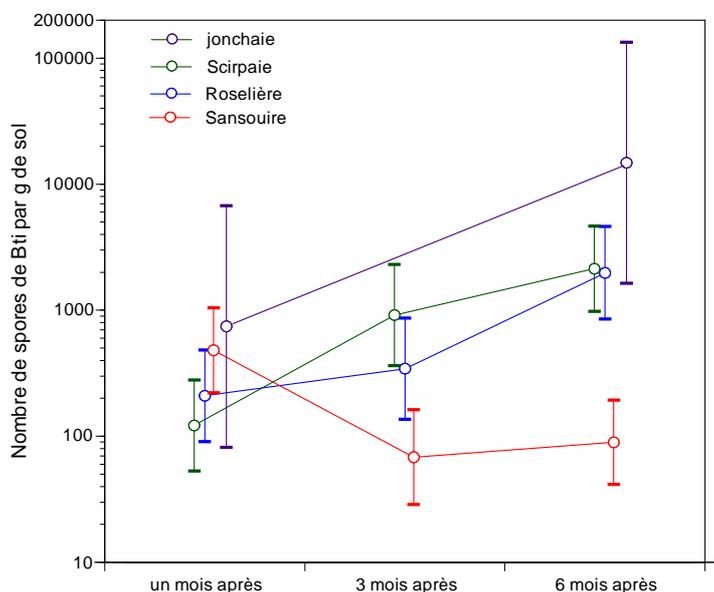


Fig.5. Effet du temps sur l'évolution de la densité de spores de *Bti* en fonction du type d'habitat selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données 2012-2015 normalisées.

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 autres habitats augmente progressivement et de façon significative** (test post-hoc LSD de Fisher $P < 0.0002$), **sauf dans la jonchaie** où le nombre d'échantillons très réduit entraîne une forte variance ($P = 0.08$).

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 $P = 0.07$).

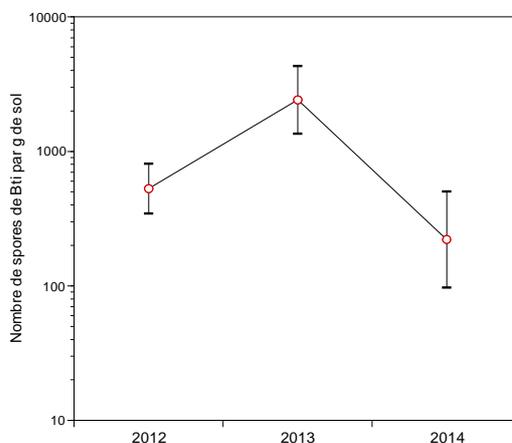


Fig. 6. Evolution de la densité de spores de *Bti* après chacune des campagnes de traitement pour tous les habitats selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

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. 7 & 8).

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 traitements 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 $P = 0.18$).

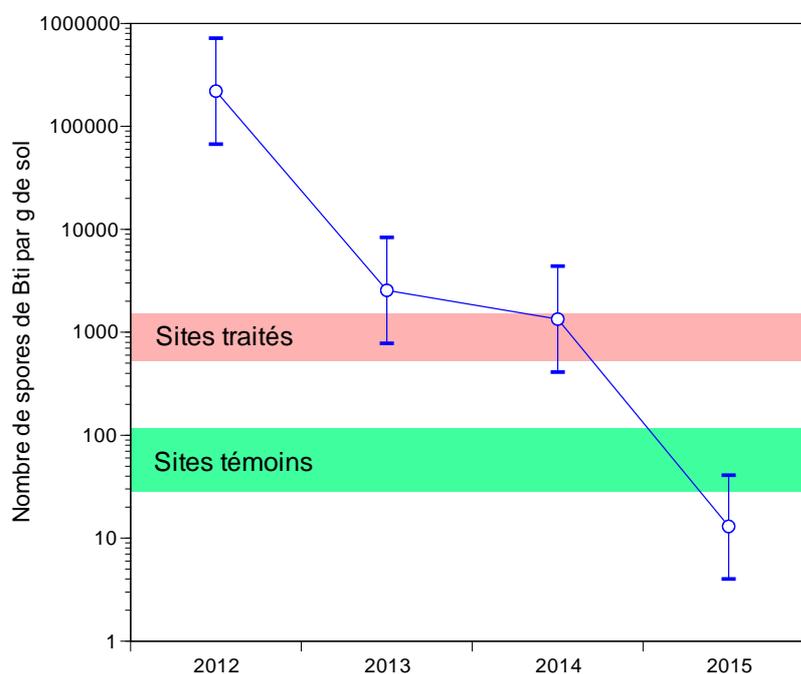


Fig. 7. Evolution de la densité de spores de *Bti* sur le site de Mourgues non traité depuis fin 2011 par rapport à la densité moyenne observée dans les roselières traitées et témoins selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

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 $P > 0.08$).

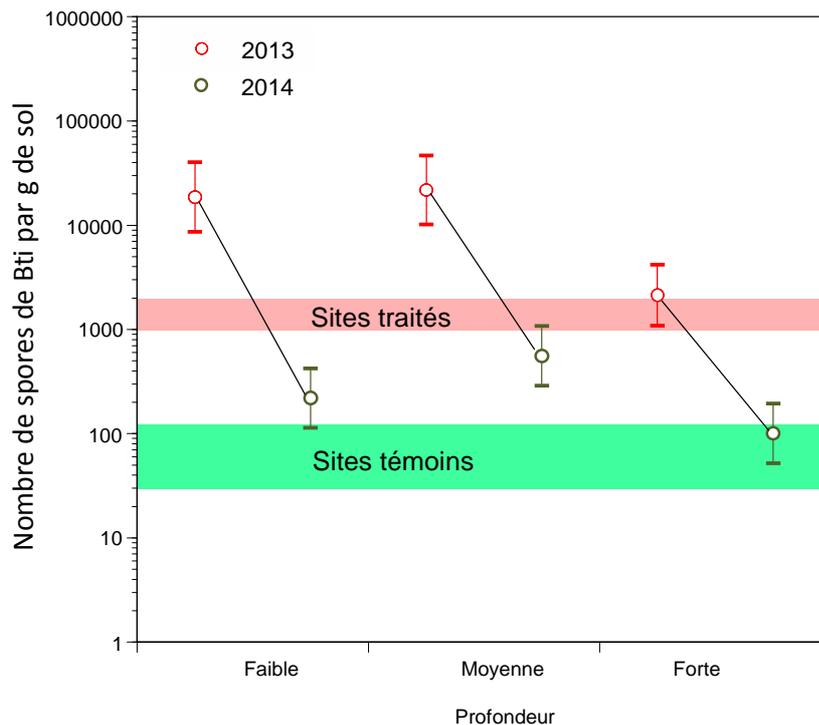


Fig. 8. Evolution de la densité de spores de *Bti* au domaine du Petit St-Jean non traité depuis fin 2011 par rapport à la densité moyenne observée dans les roselières traités et témoins selon une analyse de variance à facteurs imbriqués sur les données normalisées.

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 quelques années d'épandage de *Bti***, 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. 2016. Volet VI : Persistance du Bti dans l'environnement. Pp. 41-51 in Poulin B (ed.) 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 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 II

Suivi de l'efficacité d'une démoustication par pièges Techno Bam

**Brigitte Poulin, Gaëtan Lefebvre, Camille Muranyi-Kovacs,
Catherine Lavallée-Chouinard, Samuel Hilaire**

Tour du Valat



**Avec l'appui technique de
Pierre Bellagambi et Simon Lillamand**



2. Estimation de l'efficacité d'une démoustication par pièges Techno Bam

Etat de l'art

L'actuelle démoustication au *Bti* concerne un périmètre potentiel d'intervention de 15 000 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'hectares de milieux naturels traités), une **alternative attrayante** au *Bti* consiste en **l'installation d'un réseau de pièges autour des zones habitées**. Ce dispositif offre théoriquement de multiples avantages : **coût moindre, aucun impact sur les milieux naturels et contrôle de tous les insectes nuisants, incluant le moustique tigre et les arabis**. 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 CO₂: 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) développé localement par des ingénieurs et à destination des collectivités (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 CO₂. 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, une première expérimentation a permis de tester l'efficacité du déploiement de 11 bornes BAMs au Sambuc entre juillet et septembre. Bien que de courte durée, cette expérimentation a permis de capturer un total de 12 espèces de moustiques et de révéler un taux de réduction de nuisance de 88% sur la base des tests de mollet réalisés à proximité des pièges et sur des sites témoins situés à plus de 500 m du hameau. Ces résultats préliminaires s'appuient cependant sur un faible nombre d'échantillons étant donné la courte période d'opération des pièges et les conditions météo souvent défavorables pour la réalisation du test du mollet. L'installation tardive des pièges nous avait permis d'obtenir des données conséquentes sur la nuisance caractérisant les sites témoins et les futurs sites avec pièges, très utile pour l'analyse ultérieure des données. Cette expérimentation a donc été reconduite en 2016 sur la totalité de la saison "moustiques" et avec un nombre supérieur de pièges afin de mieux couvrir l'ensemble du village.

Site d'études

Site traité : Hameau du Sambuc

Sites non traités : Grand Mas d'Avignon, Marais du Verdier

Méthodologie

Les dix bornes anti-moustiques (BAM) installées au Sambuc en 2015 ont été mises en opération le 18 avril 2016 et complétées par six bornes additionnelles le 23 mai afin de mieux couvrir certains secteurs du hameau (Fig. 9). Les pièges, en opération continue jusqu'au 21 novembre ont été visités 3 à 5 fois par semaine pour prélever les captures (1580 visites-pièges). Chaque échantillon récolté sur des pièges fonctionnels au moment de la visite ($n = 1376$) a été pesé après avoir enlevé les insectes non cibles capturés. Une fois par semaine, les échantillons issus de trois pièges ont été triés pour comptage et détermination de toutes les captures ($n = 83$ échantillons). Ces échantillons ont été utilisés pour déterminer un poids individuel moyen des moustiques à 4 reprises pendant la saison (2,55296 mg), permettant de transformer les pesées de chaque piège en nombre de moustiques et arabis.

Des tests du mollet ont été réalisés en trois points du village à 10 et 40 m des pièges, de même qu'en deux points éloignés à 550 m (Marais du Verdier) et 1310 m (Grand mas d'Avignon) afin d'évaluer la nuisance résiduelle et le taux de réduction de la nuisance (Fig. 9). Ces tests ont été réalisés jusqu'à 3 fois par semaine lorsque la nuisance était relativement élevée mais constante (idéalement en matinée ou soirée) sous des conditions météorologiques favorables (sans vent, ni pluie). La prise des échantillons fut réalisée en alternant systématiquement une position rapprochée (traité) et éloignée (témoin) des pièges. Parallèlement à ces expérimentations, une page Facebook a été créée afin de tenir la population informée du déroulement de l'opération.

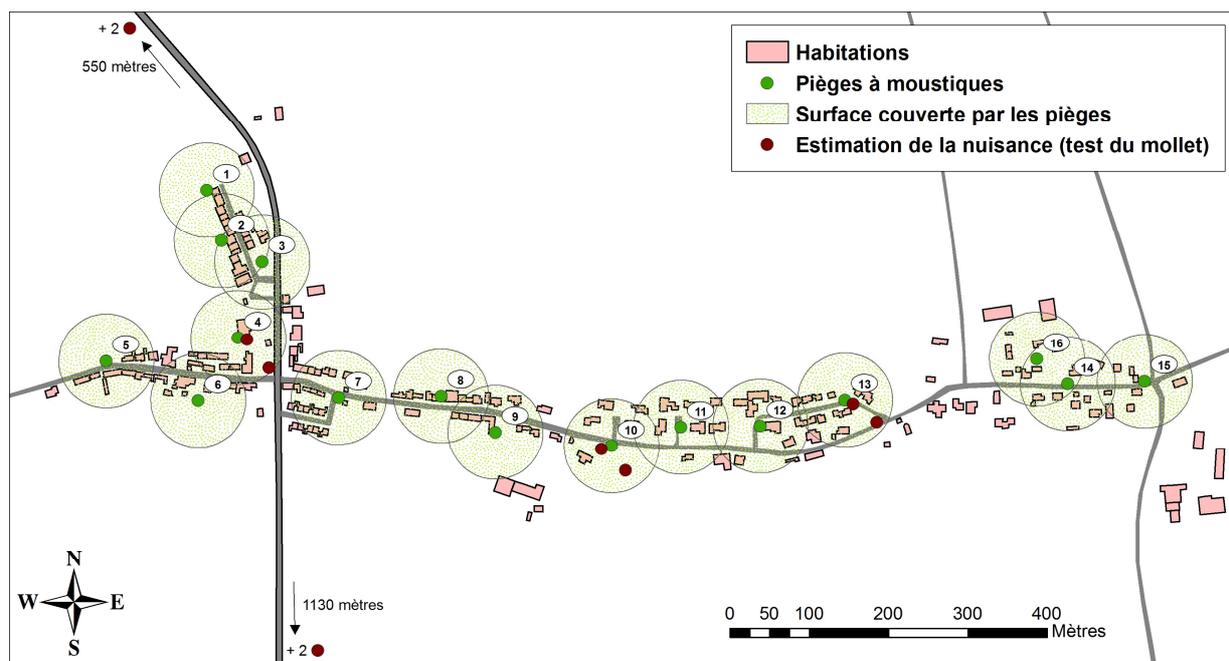


Fig. 9. Disposition des 16 Bornes Anti-Moustiques au Sambuc en 2016 et des points d'échantillonnage pour le test du mollet.

Résultats

L'utilisation des pièges d'avril à octobre a permis de capturer 299 261 moustiques en 2016. Le nombre de moustiques capturés par semaine a fortement varié au cours de la saison avec trois pics en juin, juillet et août (Fig. 10).

L'abondance des moustiques fut minimale au début mai avec 1,1 capture en moyenne par piège et maximale à la fin août avec 417 captures par piège en moyenne.

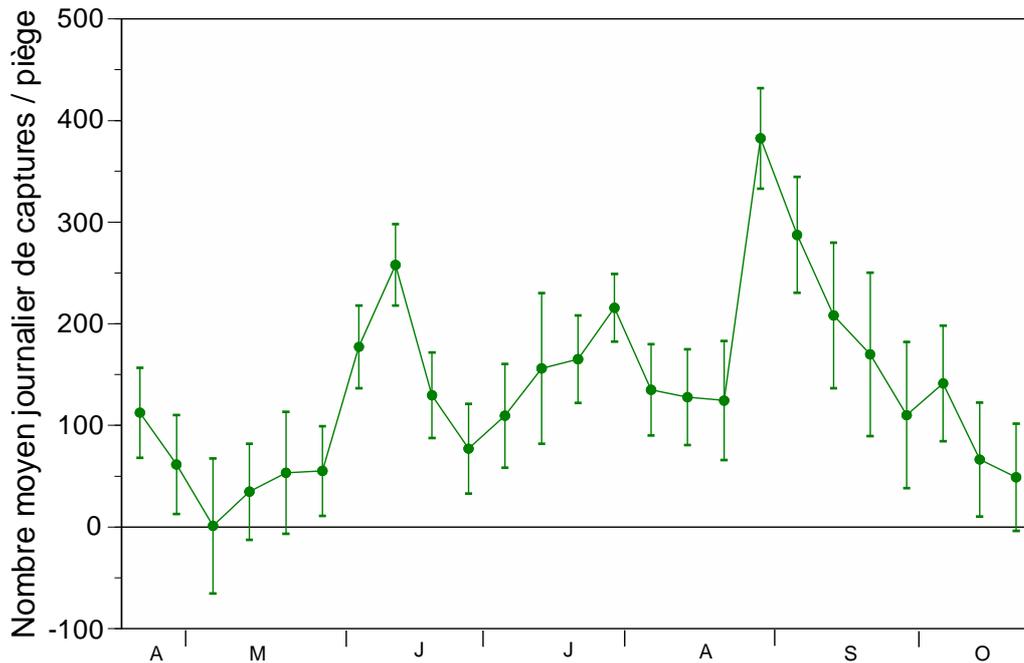


Fig. 10. Variations temporelles dans le nombre moyen de moustiques capturés par les 16 pièges en opération d'avril à octobre au Sambuc.

D'importantes variations étaient également observées à l'échelle des pièges, le nombre de captures journalières variant de 21 à 399 selon leur position au sein du village (Fig. 11). A noter que les pièges les plus efficaces étaient situés au sud de la rue principale à proximité de l'hôtel Longo Mai et du terrain de football (Fig. 9). Les pièges 3, 4 et 13, utilisés pour l'examen détaillé des captures (détermination à l'espèce et estimation du poids) ont présenté des valeurs dans la moyenne avec 107, 136 et 156 moustiques capturés par jour (indiqués en bleu à la figure 11).

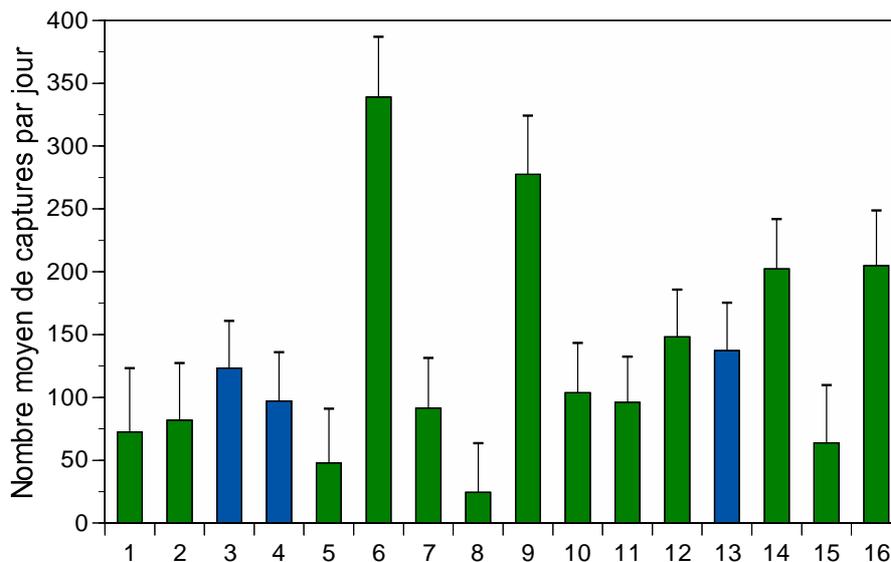


Fig. 11. Nombre moyen de moustiques capturés par jour dans chacun des pièges numérotés de 1 à 16 (voir figure 9 pour position) en opération au Sambuc d'avril à novembre 2016.

Préalablement à la mise en opération des pièges en 2015, le degré de nuisance était significativement supérieur au Sambuc ($F_{1,32} = 4.65$; $P = 0.038$) comparativement aux sites utilisés comme témoins à l'extérieur du village (Marais du Verdier et Grand Mas d'Avignon). La mise en opération des pièges d'avril à novembre 2016 a cependant permis de réduire significativement la nuisance ($F_{1,294} = 17.2$; $P < 0.0001$) au Sambuc avec un **nombre moyen de tentatives de piqûres par 10 minutes de 4,15 à proximité des pièges et de 13,7 à l'extérieur du village, soit un taux de réduction de 70%**. Les tests réalisés à 10 et 40 m des pièges n'ayant révélé aucune différence significative ($F_{(1,110)} = 0.252$, $P = 0.62$), ces données ont été combinées dans les analyses.

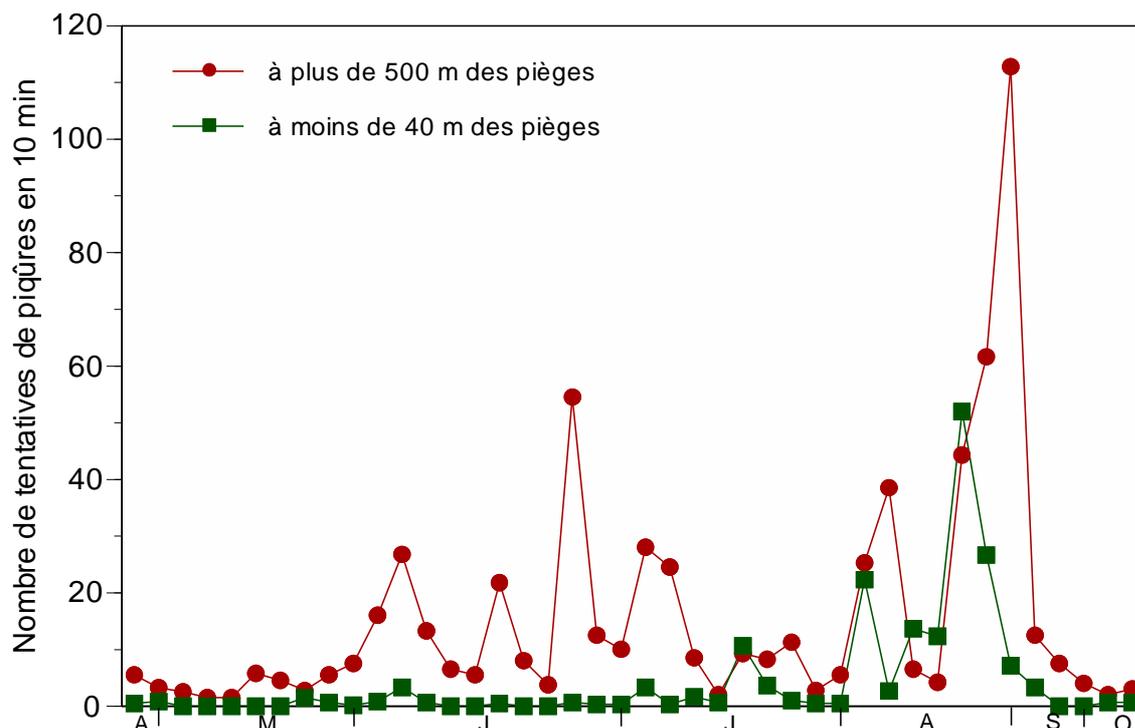


Fig. 12. Evolution de la nuisance en présence et en absence de pièges d'avril à octobre 2016.

L'utilisation des pièges a permis de contenir la nuisance à des valeurs très faibles jusqu'à la mi-juillet, en dépit de plusieurs pics de nuisance observés sur les sites témoins (Fig. 12) et confirmés au Sambuc par les captures dans les pièges (Fig. 10). Trois pics de nuisance ont cependant dépassé les 10 piqûres/10 min en juillet, début et fin août (Fig. 12). Dans ces situations, les pièges ont permis de réduire l'ampleur et la durée des épisodes de forte abondance de moustiques, mais pas de les éviter complètement.

Sept espèces de moustiques ont été capturées dans les pièges et lors des tests du mollet. Elles sont présentées en ordre décroissant d'abondance au Tableau 3. Toutes les espèces présentes dans les zones témoins et contrôles ont montré une baisse nuisance au Sambuc, celle-ci étant hautement significative pour 4 espèces. **Les principales espèces responsables de la gêne** sont bien contrôlées par l'utilisation des pièges avec un **taux de réduction allant de 74 à 98%, à l'exception des Anophèles** (Tableau 3), responsables des pics de nuisance observés en fin de saison. Les pièges ont également une efficacité moindre avec les deux espèces de *Culex* et particulièrement *Culex modestus* qui représente 0,14% des captures dans les pièges et 4,48% de la nuisance. Enfin, bien que les pièges soient efficaces contre *Aedes albopictus* (2 captures dans les pièges et 2 captures sur appât humain au Sambuc), l'absence de cette espèce typiquement urbaine sur les sites témoins ne permet pas de calculer un taux de réduction relatif à l'usage des pièges.

Tableau 3. Taux de captures et d'efficacité des pièges pour les différentes espèces de moustiques échantillonnées en 2016.

	Captures par pièges		Captures test du mollet					
	% captures	période forte d'abondance	% de gêne	Témoin	traité	% réduction nuisance	F _(1,294)	P
<i>Ochlerotatus caspius</i>	82.76	milieu et fin	48.11	7.68	1.97	74	28.7	<0.00001
<i>Anopheles hyrcanus</i>	8.73	Fin	37.96	3.44	1.87	46	0.4	0.37
<i>Aedes vexans</i>	4.76	Sporadique	3.37	0.57	0.03	94	38.7	<0.00001
<i>Culex pipiens</i>	1.99	milieu et fin	0.25	0.03	0.01	67	1.57	0.21
<i>Oc. detritus/coluzzii</i>	1.40	Début	5.69	1.86	0.03	98	70.8	<0.00001
<i>Culex modestus</i>	0.14	Sporadique	4.48	0.44	0.22	50	0.22	0.64
<i>Culiseta annulata</i>	0.06	Sporadique	0.0	0.017	0.0	100	6.05	0.014
<i>Aedes albopictus</i>	0.01	Sporadique		0.00	0.007	0	0.5	0.48
Toutes les espèces		milieu et fin		13.7	4.15	70	17.2	0.00004

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 de l'expérimentation initiée en 2015 procure **un taux de réduction de la nuisance de l'ordre de 70%** sur la base des tests du mollet conduits à proximité et à distance des pièges à partir de données récoltées avant (2015) et pendant (2016) leur mise en opération. Cette valeur est plus faible que celle rapportée en 2015 (88%) qui était basée sur un plus faible nombre d'échantillons. Il semble cependant que cette performance moindre soit largement due à une plus forte abondance du moustique *Anopheles hyrcanus* cette année, espèce contre laquelle les pièges seraient moins efficaces. Les anophèles, qui ne représentaient que 1,4% des captures l'an dernier, représentent 82% des moustiques capturés sur appât humain au Sambuc lors du pic maximal de nuisance observé en août. **Lorsque *Anopheles hyrcanus* est exclu des analyses statistiques, le taux de réduction de la nuisance atteint 85%**. Il pourrait donc être pertinent de tester l'attractivité de différents leurres olfactifs pour cette espèce dont la forte abondance est très ponctuelle dans le temps. Bien que l'EID réalise des tests du mollet et 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 et causant des risques de santé publique.**

Une meilleure fiabilité dans le fonctionnement des pièges fut observée en 2016 par rapport à l'an dernier alors que **87% pièges étaient fonctionnels et pourvus en CO₂ lors des 1580 visites réalisées** (comparativement à 65% en 2015). Les

dysfonctionnements observés dans 13% des cas étaient principalement dû à l'épuisement de CO₂ nécessitant le renouvellement de la bouteille. Il serait donc pertinent d'avoir un dispositif qui permette d'assurer le remplacement des bouteilles avant qu'elles ne soient complètement vides. De même, un régulateur de débit en fonction du vent permettrait de réduire la fréquence de remplacement des bouteilles, puisque lorsque le vent atteint 30 ou 40 km/h comme c'est souvent le cas en Camargue, les moustiques volent peu et leur capacité à détecter des sources de CO₂ émanant des pièges est sans doute fortement réduite.

L'écart important dans le nombre moyen de moustiques capturés par jour d'un piège à l'autre (de 21 à 399 moustiques/jour) tout comme en 2015 (de 246 à 1970 moustiques/jour), suggère que **leur position influence fortement leur efficacité**. Les principaux facteurs susceptibles d'influencer l'efficacité des pièges sont leur exposition au vent, leur orientation par rapport au soleil, la proximité de haies ou de toute autre végétation utilisée comme site de repos par les moustiques. Même si la position des pièges répond également à des contraintes logistiques, il pourrait s'avérer **pertinent de revoir la position et le nombre de pièges en fonction de la performance de ces derniers en 2015 et 2016**.

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 III

Suivi de l'impact des pièges Techno Bam sur la faune non-cible

**Brigitte Poulin, Gaëtan Lefebvre, Camille Muranyi-Kovacs,
Catherine Lavallée-Chouinard, Samuel Hilaire**

Tour du Valat



3. Suivi de l'impact des pièges Techno Bam sur la faune non-cible

Etat de l'art

Tout comme la démoustication par épandage de *Bti*, l'utilisation des bornes anti-moustiques peut avoir des impacts directs sur la faune non cible en capturant des insectes non piqueurs, mais également des impacts indirects en réduisant les ressources alimentaires pour les organismes insectivores.

L'un des suivis phares mené en parallèle aux opérations de démoustication en Camargue ayant motivé la recherche de solutions alternatives à la démoustication traditionnelle est celui portant sur les hirondelles de fenêtre (Poulin et al. 2010, Poulin et al. 2015). Ce suivi a révélé une consommation moindre de Nématocères, d'odonates, de neuroptères et d'araignées par les oisillons, parallèlement à une consommation supérieure de fourmis volantes sur les sites traités, se traduisant par un succès reproducteur réduit 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%) (Poulin et al. 2011). Sachant que le Sambuc abrite l'une des colonies d'hirondelles des fenêtres concernée par cette étude, il est apparu cohérent d'évaluer l'impact indirect d'une démoustication à base de pièges Techno Bam sur le succès reproducteur de celle-ci.

Sites d'étude

Hameau du Sambuc

Méthodologie

Impact direct

Les insectes non piqueurs ont été déterminés à l'ordre et comptés pour les échantillons récoltés hebdomadairement dans trois pièges tout au long de l'expérimentation (n = 83).

Impact indirect

Le succès reproducteur de la colonie du Sambuc a été estimé par le nombre de jeunes produits pour les 21 nids situés sur la façade de l'hôtel Longo Mai côté rue de Fiérouse. Du 12 mai au 17 août, l'intérieur de chaque nid était examiné deux fois par semaine à l'aide d'un endoscope pour déterminer le nombre d'œufs puis le nombre de poussins atteignant l'âge d'indépendance. Le nombre moyen de jeunes produits par nid est comparé à celui observé l'an dernier au Sambuc (préalablement à la mise en opération des pièges) et à ceux rapportés entre 2009 et 2011 pour deux colonies témoins (dont celle du Sambuc) et deux colonies entourées de marais traités au *Bti*.

Résultats

Impacts directs

Quelques 39 956 insectes capturés ont été comptés et déterminés (Fig. 13), dont 23 098 (57,8%) étaient des moustiques et 1499 (3,8%) des Ceratopogonidae (arabis). Parmi les insectes non piqueurs retrouvés dans les pièges, le groupe le mieux représenté est celui des Nématocères hors moustiques (32,9%), essentiellement constitué de chironomes de très petite taille. Ces derniers étaient capturés ponctuellement par centaines, notamment dans l'un des trois pièges situé sous un lampadaire. Leur capture n'a été détectée

qu'après avoir ajouté un deuxième filet plus fin (maille 1 X 0,5 mm) que le filet original (maille 1,5 X 1 mm) suite au constat que les arabis passaient au travers des mailles du filet. Quatorze autres taxons ont également été capturés, sans qu'aucun ne domine dans les échantillons, représentant globalement 5,5% des insectes capturés (Fig. 13).

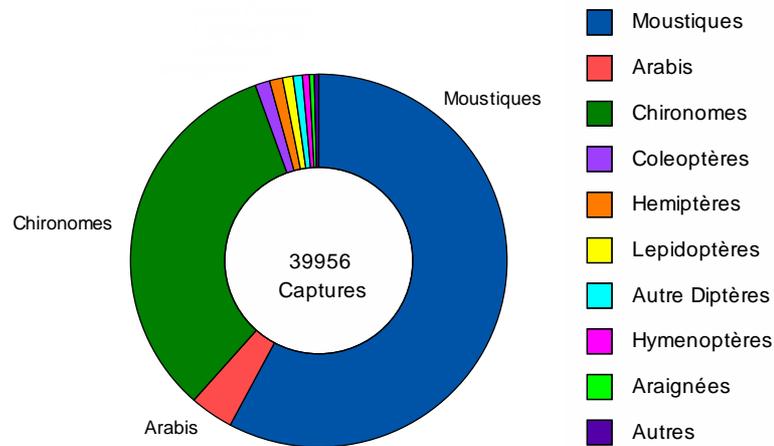


Fig. 13. Distribution des 39 956 captures identifiées dans les pièges Techno Bam au Sambuc en 2016 selon leur appartenance taxinomique.

Impact indirect

La démoustication traditionnelle au *Bti* a un impact significatif sur le succès reproducteur des hirondelles ($F_{(2,212)} = 16.2, P < 0.0001$), contrairement à l'usage des pièges (Fig. 14). Ainsi, le nombre moyen de poussins à l'envol par nid est de 3.3 sur les sites témoins, de 3.1 sur le site traité à l'aide de pièges Techno Bam et de 2.2 sur les sites traités au *Bti*. Selon les tests post-hoc LDS, la valeur observée cette année au Sambuc n'est pas significativement différente de celles observées les années passées sur les sites témoins ($P = 0.24$), mais diffère significativement de celle observée sur les sites traités ($P = 0.03$). Les 21 nids suivis en 2016, à l'exception d'un nid sans nichée, ont produit entre 2 et 4 jeunes atteignant l'âge d'indépendance, avec la réussite de deux nichées pour l'un des nids.

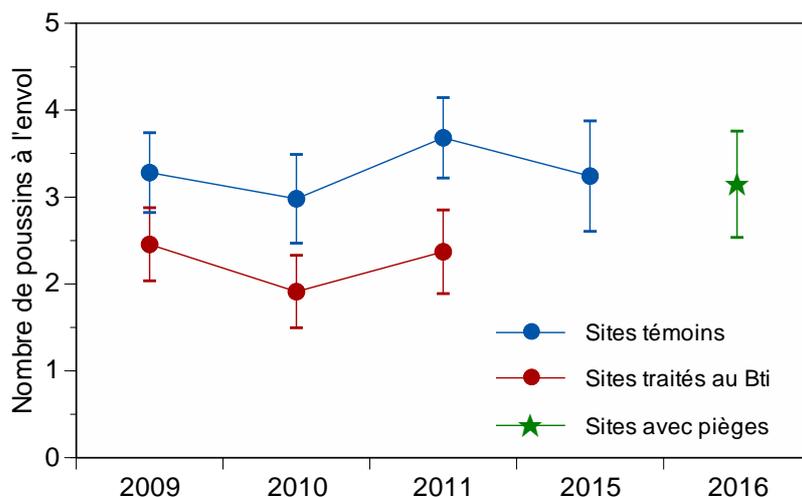


Fig. 14. Comparaison du succès reproducteur de la colonie du Sambuc en 2016 (site avec piège) à ceux obtenus pour les sites traités (Salin-de-Giraud, Port Saint-Louis) et témoins (Sambuc, Armellière) sur la période 2009-2011 et 2015.

Discussion

Les pièges Techno Bam ont capturé une quantité supérieure d'insectes non cibles en 2016 (38,4%) par rapport à l'an dernier (0,7%). Cet écart est en grande partie **dû à l'utilisation de filet à mailles fines permettant d'emprisonner les chironomes de très petite taille**. Ces derniers, de même que les autres insectes non cibles, étaient davantage capturés dans les pièges à **proximité de lampadaires**, suggérant un impact de l'éclairage sur leur aspiration accidentelle par les pièges. L'an dernier, les échantillons récoltés dans les pièges provenaient également de la Tour du Valat, où l'absence d'éclairage avait très certainement contribué à réduire la proportion d'insectes non-cibles capturés. Dans la mesure où les taxons non cibles ne sont pas spécifiquement attirés par les pièges, ces captures accidentelles représentent probablement une infime fraction des peuplements présents.

La présence de pièges n'affecte pas de façon significative le succès reproducteur des hirondelles de fenêtre nichant à proximité des bornes anti-moustiques. Ces résultats suggèrent que l'impact local des pièges sur les insectes constituant son régime alimentaire est nettement inférieur à celui qu'aurait l'épandage de Bti dans les milieux naturels environnants. De plus, dans la mesure où les hirondelles s'alimentent dans un rayon de 500 m autour des nids, elles ont la possibilité de sortir du périmètre couvert par les pièges pour rechercher leur nourriture en cas de nécessité.

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, Lefebvre G, Hilaire S. 2016. Volet IV - Hirondelles des fenêtres. Pp. 23-29, In Poulin B (ed.), 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 Tour du Valat présenté au PNRC, 118 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.
- Poulin B, Lefebvre G, Hilaire S, Hanzen C & E Gumzej. 2016. Volet VIII - Test de méthodes alternatives au Bti: les pièges à moustiques. Pp. 68-78, In Poulin B (ed.), 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 Tour du Valat présenté au PNRC, 118 pp.

VOLET IV
Suivi sociologique

Laurence Nicolas
Bureau d'études Ressource



4. Suivi sociologique

Etat de l'art

Lors de la 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.

Objectifs scientifiques :

Ce volet sociologique a pour objectif de poursuivre et d'enrichir le suivi des huit premières années. Pour l'année 2016, l'accent a 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 ».

Sites d'étude :

- Le Hameau du Sambuc - (Camargue non démoustiquée)

Méthodologie :

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 situé en zone non démoustiquée ont été invités à participer librement à une enquête par questionnaires permettant de recueillir leurs impressions sur le dispositif mis en place cette année afin de repérer et cibler les questions à mettre en discussion dans un focus group. Le questionnaire vise également à investiguer et éventuellement améliorer l'utilisation de la page Facebook « le moustique du Sambuc » destinée à fournir différents éléments d'information relatifs au dispositif de bornes anti-moustique, comme les successives récoltes des pièges de chacune des bornes, et plus largement sur l'éthologie du moustique, les techniques de démoustication... L'idée de la mise en place de cette page Facebook est issue de l'enquête sociologique menée auprès des habitants l'année précédente, elle a été ensuite mise en place et gérée par la Tour du Valat. Il s'agira donc d'apprécier aussi, dans le cadre de ce suivi annuel, la façon dont les habitants s'en sont saisis ou pas et de tenter d'en mesurer l'écho territorial.

La démarche d'enquête, toujours en cours, s'est déroulée à l'issue de la saison d'été à partir du mois de septembre. Les premiers entretiens réalisés ont mis rapidement en évidence la nécessité de récolter à plus grande échelle des données sociologiques sur les différentes dimensions perceptives du dispositif et sur l'utilisation de la page Facebook. Le recours à des questionnaires comme technique d'enquête s'est imposé pour d'une part croiser les résultats et dans le même temps contribuer à la co-construction d'un focus group avec des habitants en fonction des différents avis exprimés.

Le contenu du questionnaire est présenté ci-après :



Saisissez à travers ce bref questionnaire l'occasion de vous exprimer

Il permettra de mieux connaître vos avis et ressentis sur le dispositif de bornes anti-moustiques testé pour la deuxième année dans le village du Sambuc.

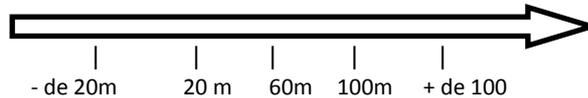
- Avez-vous observé une diminution de la présence de moustiques depuis l'installation des bornes anti-moustiques ? :
 oui non

> Si oui, merci de préciser dans quelles situations vous l'avez observée :

- lors des fêtes du village en jardinant en vous rendant à la Poste
- en mangeant à l'extérieur en vous promenant autres :

- Êtes vous satisfait de la présence de ce dispositif dans votre village ?
 plutôt satisfait plutôt non satisfait

- A quelle distance approximative d'une borne anti-moustiques habitez-vous ?
> entourez la distance correspondante



- Avez-vous ou non déjà éprouvé une gêne liée à la présence des bornes ?
 oui non

> Si oui pourquoi ?

- Avez-vous des suggestions, des commentaires à apporter concernant le dispositif des bornes anti-moustiques ? (répartition dans le village, nombre,...)

- Quelle(s) raison(s) donneriez-vous **pour** la poursuite de cette méthode de démoustication au Sambuc ?

- Quelle(s) raison(s) donneriez-vous **contre** la poursuite de cette méthode de démoustication au Sambuc ?

- Souhaitez-vous ou non la poursuite de cette méthode de démoustication ?
 plutôt favorable à sa poursuite plutôt défavorable à sa poursuite

- Avez-vous connaissance de l'existence d'une page Facebook® intitulée *le moustique du Sambuc* ?
 oui non

> Si oui, vous y rendez-vous : régulièrement rarement jamais

Y trouvez-vous les informations que vous souhaitez ? oui non

- Comment en avez-vous eut connaissance ? _____
- Avez-vous des suggestions pour améliorer cette page Facebook ?

-
-
- Diriez-vous que vous êtes sensible aux piqûres de moustique ?
 très sensible moyennement sensible peu sensible
 - Selon vous, le moustique est-il un insecte nuisible ?
 oui non ne sais pas
 - Selon vous, le moustique a-t-il une utilité ?
 oui non ne sais pas
 - Connaissez-vous la démoustication au BTI qui utilise une bactérie aux propriétés insecticides (pratiquée à Salin de Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône depuis 2006) ?
 oui non

> Si oui, à votre avis,

- La démoustication au BTI est-elle plus efficace que la démoustication utilisée au Sambuc ?
 plutôt pas d'accord plutôt d'accord ne sais pas
- La démoustication au BTI présente un risque pour la santé de l'homme ?
 plutôt pas d'accord plutôt d'accord ne sais pas
- La démoustication au BTI présente un risque pour la nature ?
 plutôt pas d'accord plutôt d'accord ne sais pas

Vous êtes : un homme une femme

Votre âge : _____

Votre profession : _____

Le lieu de votre profession : _____

Vous habitez le Sambuc depuis : _____

Un grand merci pour votre participation !

Une fois le questionnaire rempli, il vous suffit de le déposer
dans la boîte aux lettres de la mairie annexe du Sambuc.



2) Étude de la page Facebook

Le suivi de l'année passée concluait à l'intérêt de la page FB pour la diffusion de ce mode de démoustication sans qu'il soit pour autant possible d'évaluer l'attractivité, la force de dissémination et l'effet d'engagement que la page pouvait produire. De la même façon, l'évolution de cette page ne pouvait encore être étudié compte de tenu de son caractère récent. L'objectif est de mieux redéfinir et ressaisir la place de la page et ces marges d'évolution, et d'évaluer si cette page remplit le rôle qui lui était assigné initialement.



Il a donc été convenu d'avancer plus finement dans son suivi. Ce travail est en cours et nous ne présentons ci-après quelques-uns des premiers résultats de ce suivi. Avancer en ce sens a supposé d'une part de définir et de suivre des indicateurs de cette évolution, plus immédiatement lisibles que la masse de données fournies par FB, pour ensuite s'orienter vers une étude de contenu qualitative visant à comprendre l'effet plus spécifique de telle ou telle publication. Il s'agit donc de comprendre quel type de publications attire le plus d'internautes, quel type de publications crée des dissensions, quel autre aura un effet « engageant » sur le public. Dans un dernier temps, enfin, une étude qualitative du profil des personnes qui réagissent sur la page doit également être menée.

Résultats

(1) Enquête sociologique par entretien

Les questionnaires sont toujours en cours de passation (voie postale, version numérisée sur la plate-forme internet edvalindgo, page Facebook), leur exploitation et analyse seront exposées dans le rapport final.

(2) Etude de la page Facebook

Deux types données exportables depuis un compte « analyst » de FB ont été utilisés : les données métriques de la page et les données liées aux publications. Les données de la page présentent un volume conséquent de variables à traiter : pour la seule feuille « key metrics », qui regroupe les variables principales, 128 variables sont distribuées en fonction de la périodicité de l'analyse. Le fichier excel comporte vingt feuilles. Nous nous sommes concentrés sur la feuille key metrics et les feuilles relatives aux variables géographiques et socio-démographiques des visiteurs.

La page en quelques chiffres

Des chiffres honorables attestent du succès de la page Facebook *Le moustique du Sambuc*. Ils résultent de la régularité et de la quotidienneté des publications qui alimentent cette page, assurés par le travail constant de Camille Muranyi-Kovacs (qui fût

Le moustique 2.0 du Sambuc

Via Facebook, les Sambuciens et les habitants des autres communes peuvent tout savoir et interagir sur la démoustication innovante actuellement menée.

Par elle-même
En juillet 2015, 11 bornes anti-moustiques (ouées par Terchof Bam, sont installées au Sambuc. Leur principe : collecter un palet d'origine 100% naturelle, du CO2 issu de la fermentation de bière, récupérer par Air Liquide. Et le gros point pour mener à bien les moustiques, la course si-militaire le respectant humain. Re, en diffusant le gaz par à coups grâce à une hélice innovatrice, ce qui permet de capotner les ailes. Les moustiques sont ensuite aspirés par un moteur et propulsés dans un filet. La portée de chaque borne est de 50-60 mètres. En février 2016, le résultat de cette 1^{re} phase expérimentale indiquait que la moustiquerie des moustiques avait été réduite de 50%.

Une semaine au rythme de moustiques
Chaque jour, Camille et Catherine passent une partie de leur semaine à « moustiquer ». Elles sont rejointes par ETL, la secrétaire et l'enseignante. Le travail est partagé de la manière suivante : Camille est responsable de la partie « terrain » (la borne, la borne, la borne) et Catherine de la partie « bureau » (la borne, la borne, la borne). Elles sont rejointes par ETL, la secrétaire et l'enseignante. Le travail est partagé de la manière suivante : Camille est responsable de la partie « terrain » (la borne, la borne, la borne) et Catherine de la partie « bureau » (la borne, la borne, la borne).

L'interaction
Le succès de la page Facebook est dû à la régularité et à la quotidienneté des publications. Les visiteurs sont encouragés à interagir avec la page et à partager les publications. Les visiteurs sont encouragés à interagir avec la page et à partager les publications.

Le succès de la page Facebook
Des chiffres honorables attestent du succès de la page Facebook *Le moustique du Sambuc*. Ils résultent de la régularité et de la quotidienneté des publications qui alimentent cette page, assurés par le travail constant de Camille Muranyi-Kovacs (qui fût

stagiaire M2 précédemment et qui effectue actuellement un service civique à la Tour du Valat) sous la direction de Brigitte Poulin.

Daily New Likes	1,27
Daily Unlikes	0,05
Engaged Users¹	
Daily Page Engaged Users	29,30
Weekly Page Engaged Users	174,40
28 Days Engaged Users	590,96
Audience organique²	
Daily Organic Reach	418,10
Weekly Organic Reach	1793,02
28 Days Organic Reach	5423,59
Portée d'une publication³	
Daily Reach of page posts	395,03
Weekly Reach of page posts	1651,64
28 Days Reach of page posts	4924,04
Impressions⁴ d'une publication	
Daily Total Impressions of your posts	910,59
Weekly Total Impressions of your posts	6400,30
28 Days Total Impressions of your posts	25214,52
Retours négatifs sur la page	
Daily Negative Feedback from Users	0,34
Weekly Negative Feedback from Users	2,35
28 Days Negative Feedback from Users	9,39
Storytellers⁵	
Daily People Talking About This	11,22
Weekly People Talking About This	62,07
28 Days People Talking About This	198,69

Moyenne du 25 avril 2016 au 13 novembre 2016

La moyenne de 1,24 like par jour est relativement modeste. Néanmoins la portée des publications doit être soulignée. Ainsi l'impression moyenne d'une publication dans les vingt-huit jours qui suivent sa mise en ligne dépasse les 25214 vues, ce qui ne signifie pas que 25214 personnes auront vu cette publication, puisqu'une même personne peut l'avoir vue plusieurs fois. S'il est plus faible, le nombre moyen de personnes atteintes par une publication est toutefois notable : 4924,04 sur vingt-huit jours. Ce chiffre ne dit rien sur la passivité ou non des personnes qui accèdent à une publication. Pour distinguer les personnes réellement actives lors de leur accès à la page, il faut se reporter au nombre moyen de personnes « engagées » qui est de 590,96 sur 28 jours. La propension à partager une publication, évaluée par le nombre moyen de « storytellers » est de 198,69 personnes qui partageront, commenteront ou likeront une publication dans les 28 jours qui suivent son édition.

Évolution générale de la page : un tassement de la fréquentation et de l'attrait de la page

L'audience organique est à la baisse (fig. 1)

¹ Utilisateurs ayant cliqué quelque part sur la publication (différent de l'audience passive)

² Personnes ayant directement vu une publication sur la page du Moustique du Sambuc

³ Nombres de personnes qu'un poste peut atteindre directement ou indirectement (à travers les amis FB d'un utilisateur, par exemple)

⁴ Les impressions mesurent le nombre de visualisations d'une publication de votre Page, indépendamment du fait que l'utilisateur ait cliqué ou non sur cette publication. Les utilisateurs peuvent visualiser la même publication plusieurs fois

⁵ Internauts qui ont cliqué, commenté ou partagé une publication

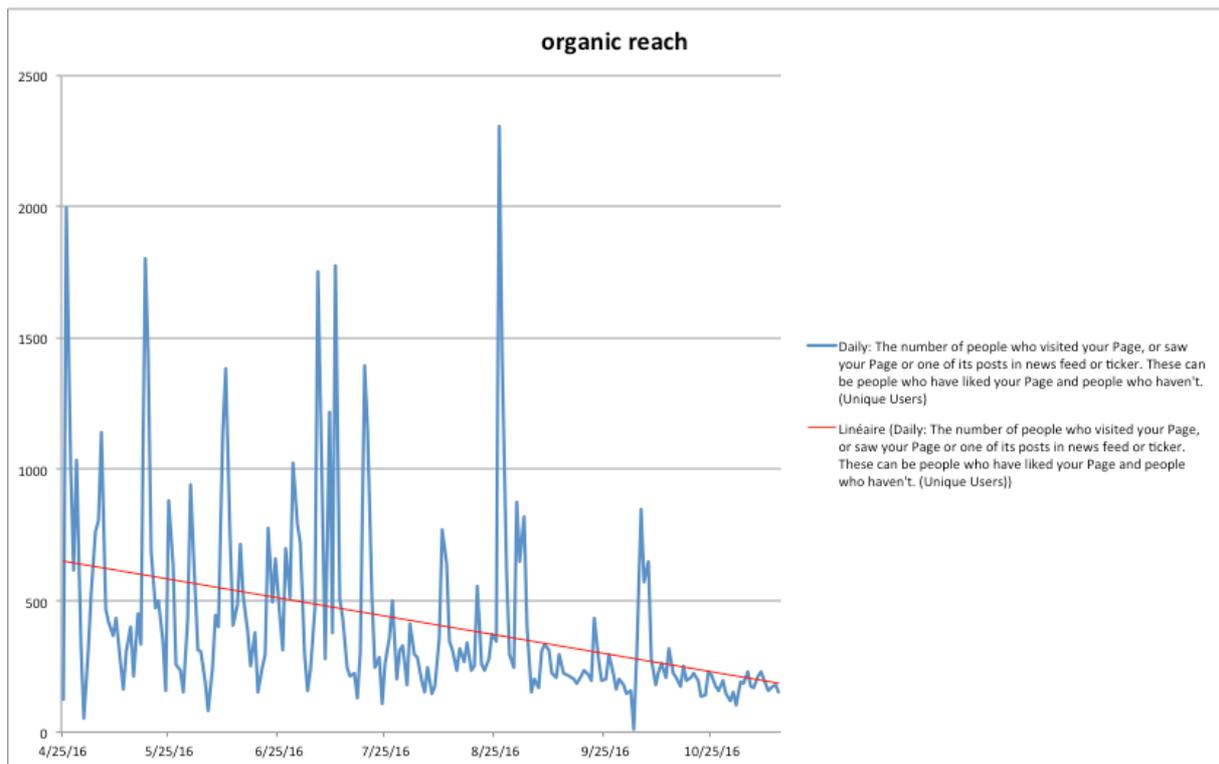


Figure 1 : Évolution de l'audience organique entre le 25 avril et le 25 octobre 2016.

Mais cette baisse s'interprète difficilement dans la mesure où mécaniquement le fonctionnement de Facebook conduit à une baisse. En effet les membres de Facebook ayant de plus en plus d'amis, les publications (posts) leurs étant destinées sont de plus en plus nombreuses et seules certaines sont affichées en fonction de l'algorithme de FB (Edgerank). La portée organique des publications est donc tendancielle à la baisse.

On peut également s'interroger sur le risque d'un accès à la page qui suive une évolution vers une lecture passive. En effet, la proportion d'internautes qui clique effectivement sur la publication (tous types de clics) - qu'il faut distinguer des internautes qui voient la page s'afficher par exemple sur leur mur sans interagir avec le contenu - est clairement à la baisse (fig. 2).

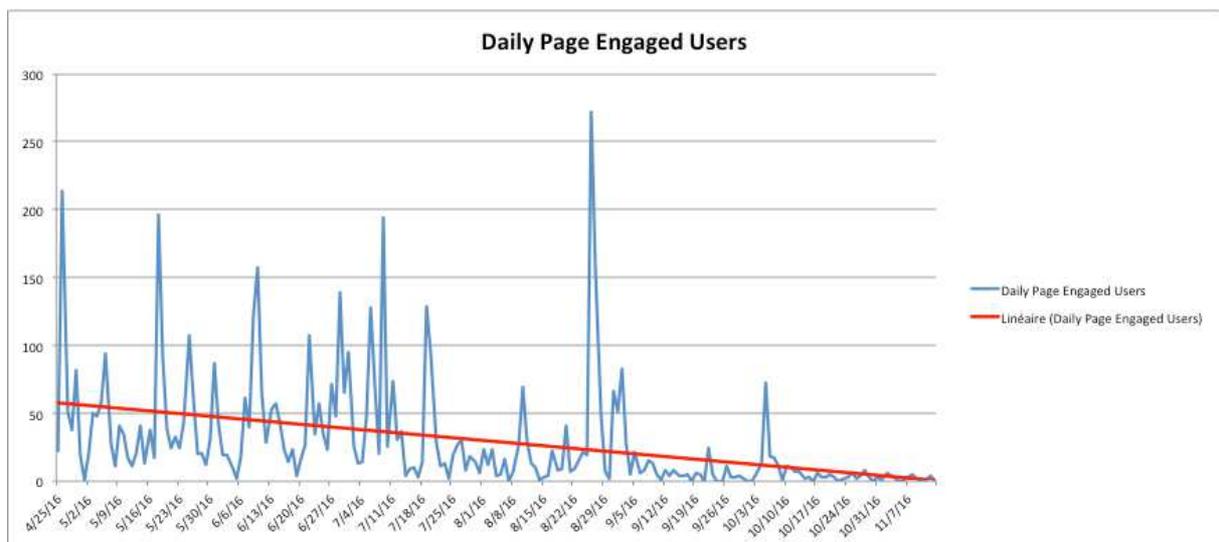


Figure 2 : évolution journalière du nombre d'utilisateurs « engagés »

On peut interpréter cela ou bien par un plus faible intérêt des internautes qui consulteraient la page de plus en plus sous une forme routinière et passive ou bien par la mise en ligne d'un nombre croissant de contenus qui n'appelleraient pas d'actions particulières. Cette dernière hypothèse semble devoir être écartée dans la mesure où les publications de la page obéissent à un protocole constant et rigoureux, mis en place tout au long de la saison.

La fréquence cumulée des likes sur le site indique également un tassement à parti du 14 juin. (fig. 3)

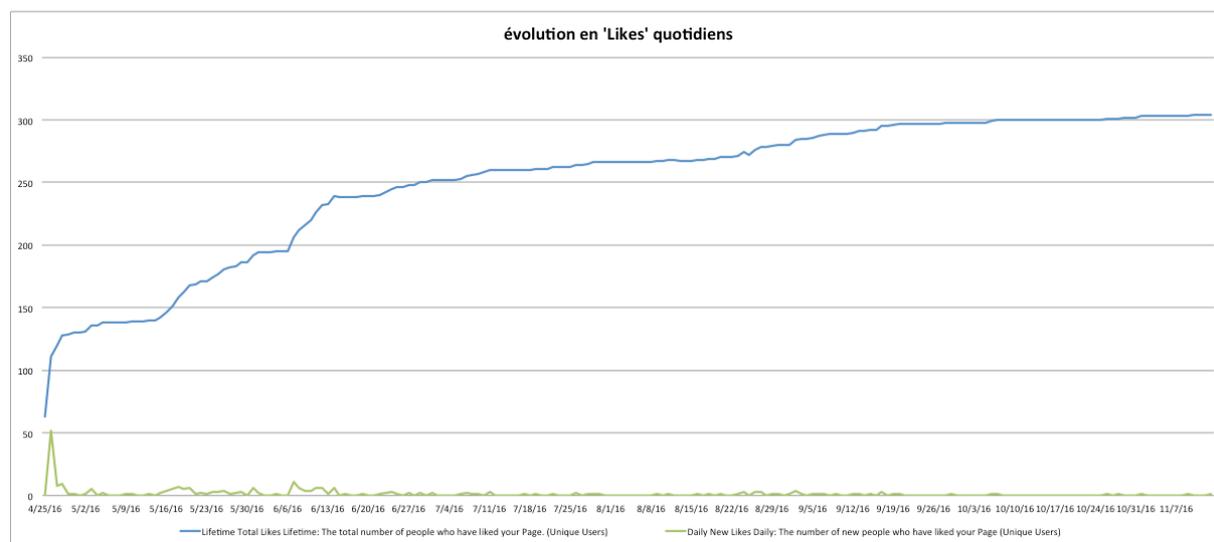


Figure 3 : Fréquence cumulée des « likes » quotidiens et likes quotidiens de nouveaux utilisateurs

Ces différentes tendances à la baisse ne doivent toutefois pas conduire à des constats par trop alarmistes. On peut y voir le fait de trouver « son » public après une première phase d'« emballement » lors de son lancement

Définition de nouveaux indicateurs

Il est toutefois difficile d'évaluer l'intérêt réel suscité par les publications du site sur la seule base des données brutes fournies par FB, tout spécialement si l'on souhaite s'intéresser à l'intérêt suscité par une publication par rapport à une autre. Nous définissons un premier indicateur correspondant à l'intérêt réel journalier ainsi :

$$i_1 = 100 \times \text{Engaged users} / \text{Reached users}$$

Cet indicateur évalue donc la part des internautes directement touchés par une publication qui devient active en cliquant sur des liens de la page.

Un second indicateur nous permettra d'évaluer la frange la plus « militante » du public en cours de fidélisation :

$$i_2 = 100 \times \text{people talking about} / \text{engaged users}$$

L'évolution de la fréquentation de la page *Le moustique du Sambuc* suivant ces deux indicateurs⁶ est la suivante (fig. 4)

⁶ Ces deux indicateurs ne sont évidemment pas corrélés, le coefficient de corrélation linéaire $r = -0,029$. Cette absence de corrélation devrait faire l'objet d'une analyse dans le rapport final à partir du contenu des publications.

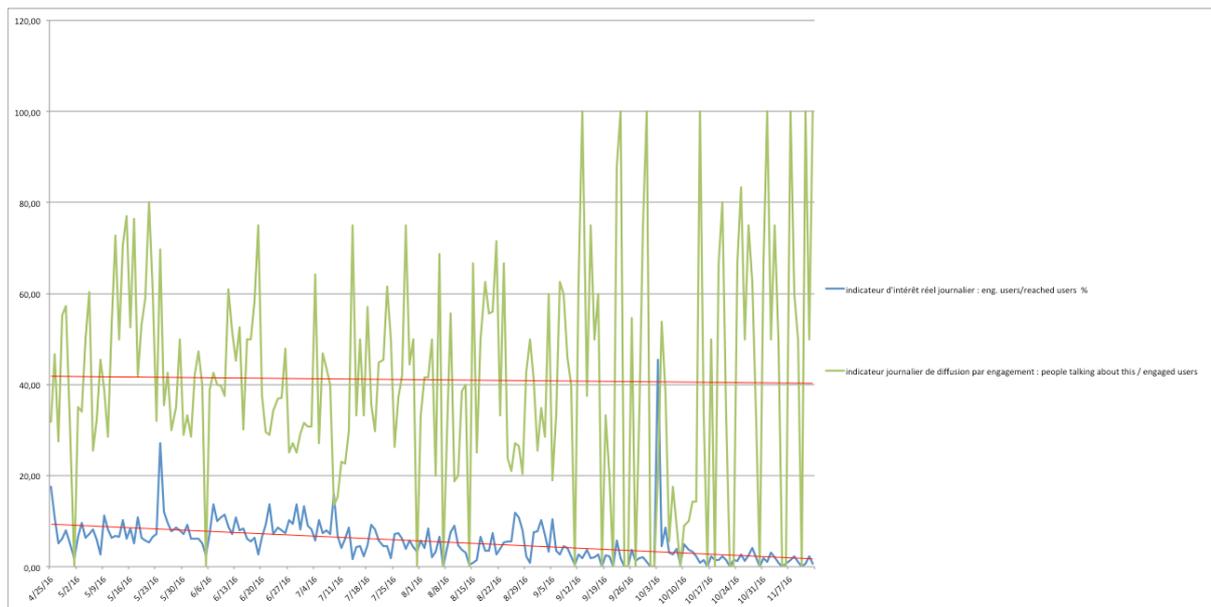


Figure 4 : évolution de l'intérêt réel journalier des utilisateurs et des storytellers

L'intérêt « réel » suscité par les publications accuse une baisse importante qui confirme les évolutions précédentes. La dimension engageante du site (passage de l'utilisateur atteint à l'utilisateur actif) converge vers des valeurs nulles après un départ moyen aux alentours de 10%. Cela n'est pas synonyme d'une perte d'utilisateurs ou d'une consommation devenue passive. L'attractivité durable de la page est clairement en déclin mais la fidélisation d'un ensemble d'internautes qui restent installés dans une attitude active, sinon prosélyte, demeure quasi constante, comme le montre le second indicateur (courbe verte).

Si le rôle initialement assigné à cette page Facebook était de créer de l'adhésion, le constat est double. D'une part, comme vu précédemment, la page rencontre des difficultés à maintenir et élargir son audience. D'autre part, indéniablement, un public de « convaincus » a été fidélisé à travers la page et reste constant en activité, si l'on s'en réfère à l'indicateur i_2 (courbe verte) de la figure 4. Cela peut être corroboré par un troisième indicateur qui renvoie aux *feedbacks* négatifs (qui correspondent aux actions suivantes : *unlike* d'une page, cacher une ou toutes les publications, déclarer comme spam).

Pour contrôler l'effet propre aux disséminations massives et non ciblées de contenus via Facebook, nous proposons l'indicateur suivant pour évaluer les *feedbacks* négatifs :

$$i_3 = 100 \times \text{feedback négatif} / \text{organic reach}$$

Les scores de l'indicateur i_3 sont excessivement bas, se sont rapidement stabilisés sous la barre des 1% et accusent une tendance à la baisse (fig. 5).

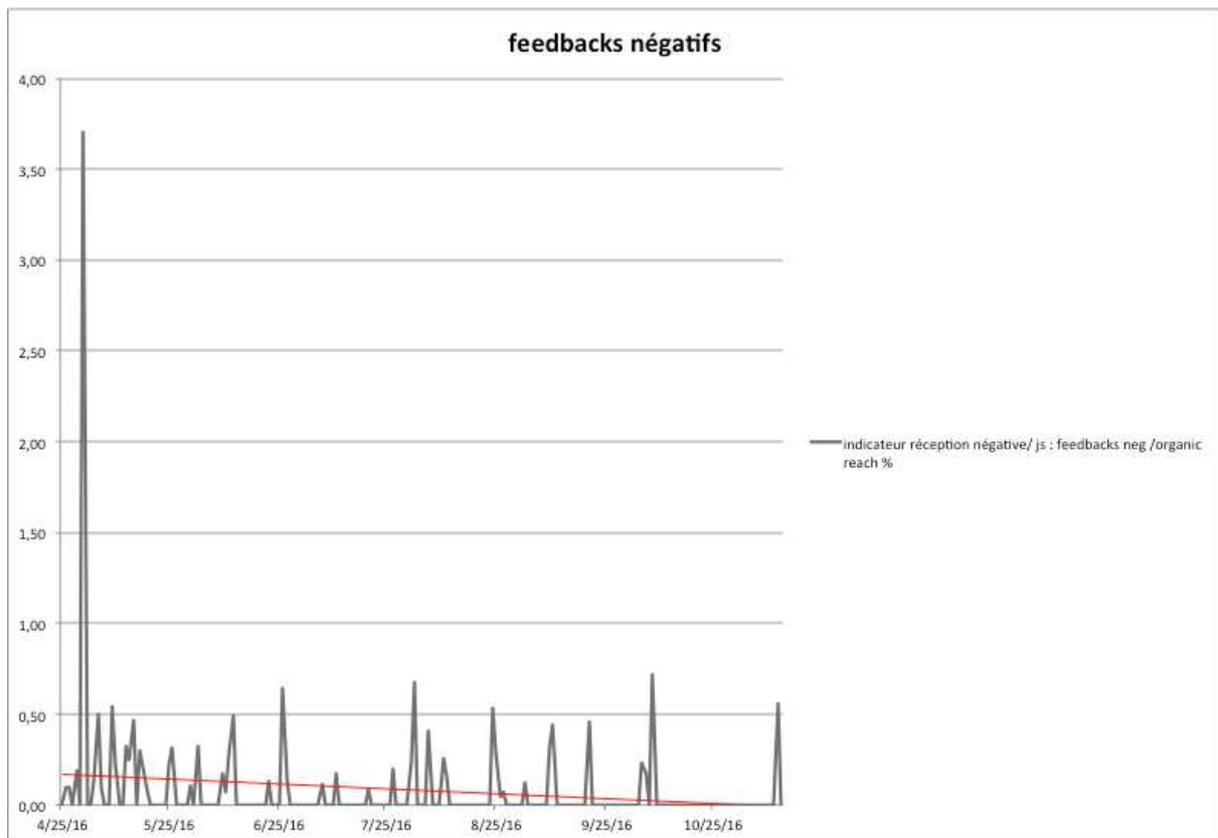


Figure 5 : évolution à la baisse de feedbacks négatifs

Cela paraît confirmer la fidélisation d'un public « acquis » à la démostration BAM et aux orientations axiologiques (i.e. valeurs) véhiculées par la page Facebook du *Moustique du Sambuc*.

Le constat de la capacité d'engagement de la page apparaît donc, en première analyse, en demi-teinte.

Travaux en cours et perspectives

Le travail s'oriente actuellement vers une analyse de contenus de type qualitative procédant suivant deux orientations. D'une part, la hiérarchisation des publications en fonction des trois indicateurs présentés précédemment permettra d'identifier les publications ayant suscité le plus d'activité de la part des internautes et enrôlé de nouveaux utilisateurs. Une analyse de contenu pourra sur cette base distinguer les raisons de l'efficacité et/ou de l'effet clivant de ces publications, en même temps que d'identifier une compartimentation des internautes en différents types de publics. Quels sont les sujets qui ont incité le plus de réponses et le plus de désaccord, et pourquoi ?

D'autre part, pour compléter plus finement ce niveau, on procédera à une investigation des profils des internautes ayant « liké » ou commenté une publication. Quelle est la nature de ces commentaires, de quelle attitude communicationnelle témoignent-ils ? De quelles motivations, curiosités, questionnements, revendications, critiques se font-ils l'écho ?

Ce niveau de questionnement sera croisé avec une caractérisation socio-démographique et résidentielle (lieu d'habitation déclaré) des internautes.

Synthèse

Historiquement focalisé sur les impacts de l'usage du *Bti* sur la faune non-cible, le suivi scientifique mené en parallèle aux opérations de démoustication au *Bti* en Camargue a fait l'objet d'une restructuration stratégique et financière en 2016.

En 2016, les objectifs du suivi scientifique se sont limités à :

- 1) évaluer la rémanence du Bti dans l'environnement;**
- 2) estimer l'efficacité et les impacts d'une méthode de démoustication alternative à l'aide de pièges Techno-BAM** pour réduire la nuisance causée par les moustiques en Camargue ;
- 3) mener des enquêtes sociologiques sur la perception de la population quant à cette méthode alternative de démoustication.**

Le suivi sur la **persistance du Bti dans l'environnement**, initié en 2012, a révélé une tendance du *Bti* à persister et à se multiplier dans les sédiments, notamment dans certains types d'habitats (roselières, jonchaies, scirpaies) et jusqu'à plusieurs années après l'interruption de l'épandage du *Bti*. L'an dernier nous avons cependant observé une baisse inexplicée dans la densité des spores de *Bti* sur plusieurs sites. La poursuite de ce suivi en 2016 était donc principalement motivée par l'obtention de données permettant de confirmer ou infirmer cette tendance. Les **analyses microbiologiques** étant **en cours**, cette réponse ne pourra être apportée que dans la version finale de ce rapport (avril 2017).

Le suivi de l'efficacité des 16 pièges Techno Bam mis en opération d'avril à novembre 2016 **a révélé une baisse significative de 70% de la nuisance au Sambuc**, celle-ci **atteignant 85% lorsque *Anopheles hyrcanus***, espèce de moustique responsable des forts pics de nuisance en fin d'été **est exclue**. Bien que cette espèce ne soit **pas ciblée par les traitements au Bti**, il serait sans doute utile de tester l'effet de différents leurres olfactifs pour améliorer l'efficacité des pièges contre cette espèce. Globalement, **l'usage des pièges a permis de réduire le nombre moyen de tentatives de piqûres/10 min de 13,7 à 4,15 au Sambuc cette année.**

L'utilisation des pièges au Sambuc n'a pas d'impact sur le succès reproducteur des hirondelles qui est similaire à celui rapporté sur les sites témoins et significativement supérieur à celui observé chez les colonies entourées de marais traités au *Bti*. **La capture d'insectes non-cibles est cependant relativement élevée** dans les pièges (38,4% des captures), étant **associée à la proximité des lampadaires** qui augmentent les captures accidentelles de chironomes de très petite taille, notamment.

Une **page FACEBOOK *Le moustique du Sambuc*** a été créée et gérée par la Tour du Valat en réponse à une demande émanant de l'enquête sociologique réalisée l'an dernier. Ayant pour premier objectif d'informer les habitants sur le déroulé de l'expérimentation, cette page a été **bien reçue** non seulement **par les Sambutens**, mais également par les **particuliers et professionnels s'intéressant à la démoustication** en Camargue. Parallèlement, des **entretiens** sont **actuellement en cours** pour estimer **l'acceptation et la perception de l'efficacité de cette démoustication alternative** par la population du Sambuc. Une analyse approfondie des statistiques Facebook et des résultats issus des entretiens sera produite pour le rapport final.

▪ Remerciements

Nous tenons tout d'abord à mentionner les propriétaires et gestionnaires conservateurs des sites traités et témoins utilisés pour la majorité des suivis et notamment le suivi de la persistance du Bti cette année: 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 colonies d'hirondelles

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

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.

Estimation de l'efficacité des pièges à moustiques

Nous remercions 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.

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.