



Rapport annuel 2022

Opérations de régulation des moustiques réalisées
sur le territoire de Cap Atlantique

3) Evaluation des incidences au titre de Natura
2000

1) Méthodologie générale

1.1. Contexte

Le dispositif d'évaluation des incidences Natura 2000, codifié aux articles L.414.4 et suivants et R.414-19 et suivants du code de l'environnement, résulte de la transposition de la directive communautaire 92/43 dite « Habitats, Faune, Flore ».

Le décret n°2010-368 du 9 avril 2010 relatif à l'évaluation des incidences Natura 2000 a introduit une liste nationale de programmes, projets ou interventions qui doivent faire l'objet d'une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000. Le 15^{ème} alinéa de l'article 1^{er} précise que « *la délimitation des zones de lutte contre les moustiques prévue à l'article 1^{er} du décret n°65-1046 du 1^{er} décembre 1965 modifié pris pour l'application de la loi n°64-1246 du 16 décembre 1964 relative à la lutte contre les moustiques* » est soumise à l'obligation d'évaluation des incidences Natura 2000, que le territoire couvert ou que la localisation géographique soient situés ou non dans le périmètre d'un site Natura 2000.

La circulaire du 15 avril 2010 précise que le dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 est établi par le pétitionnaire. Son contenu doit être proportionné à l'importance de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence.

L'objet de l'évaluation des incidences Natura 2000 est de déterminer si l'activité portera atteinte aux objectifs de conservation des habitats et espèces végétales et animales ayant justifié la désignation du site. L'évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 est proportionnée à l'importance du document ou de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence. Le contenu de l'évaluation d'incidences, visé à l'article R.414.23 du code de l'environnement est variable selon l'existence ou l'absence d'incidence.

1.2. Méthode

La démarche suivie dans le présent dossier pour évaluer les incidences des opérations de lutte contre les moustiques au titre de Natura 2000 s'appuie sur le Guide méthodologique édité par le Préfet de la Région Poitou-Charentes en janvier 2012 (Cf. Annexe 8). Cette analyse est construite en 7 étapes :

► Evaluation préliminaire :

- ☞ Etape 1 : En quoi consiste le projet ?
- ☞ Etape 2 : Où se situe le projet par rapport au réseau Natura 2000 ?
- ☞ Etape 3 : La zone d'influence du projet se superpose-t-elle à un site Natura 2000 ?

► Evaluation approfondie :

- ☞ Etape 4 : Quels sont les espèces et les habitats susceptibles d'être affectés ?
- ☞ Etape 5 : Quelles sont les incidences du projet sur les sites Natura 2000 ?
- ☞ Etape 6 : Quelles sont les mesures à prendre pour supprimer ou atténuer les effets significatifs ?
- ☞ Etape 7 : Comment conclure sur la nature des effets générés par le projet ?

2) Etape 1 : présentation du projet

2.1. *Cadre historique des incidences éventuelles sur le réseau trophique*

Les moustiques sont des insectes qui peuvent être très vulnérants par leurs piqûres envers l'Homme et les animaux. Des proliférations excessives de Culicidés (famille des moustiques) peuvent engendrer une « gêne » importante auprès de la population. Cet « inconfort » s'exprime souvent par une demande sociale des habitants auprès des collectivités.

Lorsque la « nuisance » ressentie est répétée et durable, des actions incontrôlées peuvent être mises en œuvre à titre individuel (domestique) ou collectif, dans le cadre des pouvoirs de police des maires en matière d'hygiène et de salubrité publique (Cf. Annexe 9). Dans ces cas, les produits utilisés et leurs applications ne sont pas encadrés et peuvent engendrer des risques pour la santé des personnes et un risque de pollution de l'environnement.

Ainsi dès 1958, en Méditerranée, une mission interministérielle d'aménagement du territoire dite « *Mission Racine* » décide d'engager autour de Montpellier des opérations de démoustication pour permettre le développement de vastes programmes d'aménagements touristiques. La France est l'un des rares pays au monde (avec Singapour et Porto Rico) à avoir doté son arsenal réglementaire d'une loi spécifique relative à la lutte contre les moustiques (Loi n°64-1246 du 16 décembre 1964 modifiée).

Dès lors, les résultats et les garanties scientifiques apportés par ces méthodes séduisent les responsables de Charente-Maritime qui lancent, en 1968, les premières opérations de démoustication sur La Rochelle. En 1969, sous l'impulsion des élus locaux et des responsables de la jeune Chambre économique, les opérations de démoustication s'organisent, se structurent puis s'étendent sur le département. Afin de garantir une continuité territoriale plus cohérente, les opérations de démoustication se sont étendues depuis à la Vendée en 1972, à la Loire-Atlantique en 1976, à la Gironde en 1979 et au Morbihan en 1997.

La prolifération excessive de moustiques, au-delà du simple dérangement, peut également provoquer des situations de « crise sanitaire » du fait des réactions liées à la multiplication des piqûres sur les personnes « sensibles » (Hutt, 1996 ; Viniaker, 2005 ; Feuillet, 2006).

Mais la pullulation des moustiques, en l'absence de régulation naturelle, peut également constituer une entrave au développement du tourisme qui représente une activité économique importante pour le département notamment sur les zones littorales.

(Source Ministère de l'économie- Direction Générale des entreprises-Mémento du Tourisme-Edition 2016)	Estimation du chiffre d'affaires annuel lié au tourisme (en millions d'Euros)	Estimation du nombre annuel de nuitées (en millions)
MORBIHAN	1000	22,8
LOIRE-ATLANTIQUE	3200	21,8
VENDÉE	2060	28,2
CHARENTE-MARITIME	1 600	35,5
GIRONDE	1800	22,7

2.2. Cadre entomologique

Bio-écologie des moustiques

Les moustiques sont des insectes de l'ordre des Diptères (mouches, moucheron et moustiques). Ils se différencient des mouches, tipules et chironomes par des critères morphologiques comme leurs antennes longues et plumeuses ou leurs pièces buccales (trompe), mais aussi par leur écologie et leur comportement.

Leur cycle de développement est basé sur une phase larvaire aquatique obligatoire à l'issue de laquelle une vraie métamorphose (insectes holométaboles) permet aux imagos (adultes sexués) d'émerger. Ces différentes phases de développement sont de durées variables et dépendent en premier lieu de la température pour les larves ; pour une même espèce, par exemple *Aedes detritus* (*sensu largo*), la durée de développement des larves peut durer 3 mois entre l'automne et le printemps et seulement 5 jours en été (Cf. Annexe 10 - Biologie des moustiques - cycle de développement).

Il existe plus de 105 espèces de moustiques en Europe et plus de 3 500 espèces dans le monde. Parmi les 67 espèces de moustiques présentes en France, 36 espèces sont recensées sur la façade atlantique, appartenant principalement aux genres *Aedes*, *Anopheles*, *Culiseta* et *Culex*. Ces moustiques sont tous très différents (bio-écologie, comportement, phénotype). Le tiers de ces espèces (12) est particulièrement vulnérant car fortement anthropophile, c'est à dire que les femelles piquent préférentiellement un humain pour assurer leur cycle de reproduction.

En zone tempérée, la survie durant la période hivernale défavorable est assurée selon différentes modalités en fonction des espèces. Pour certaines espèces des genres *Culex* et *Anopheles*, les femelles hivernent dans les habitations (caves, greniers, granges) ou les cavités naturelles (grottes, creux d'arbres,

amas de végétation). Dans ce cas les moustiques adultes vivent plusieurs mois. Certaines larves de *Culiseta* survivent dans l'eau, même sous la glace. Pour les *Aedes*, l'œuf est le stade hivernant qui résiste au froid et à l'assèchement (Marjolet, 1977).

L'éclosion des œufs est obligatoirement liée à la présence d'eau liquide. Néanmoins les milieux aquatiques permanents ou temporaires favorables ont toujours un régime lentique ; les larves de moustiques ne se développent pas dans les eaux courantes (Schaffner, 2001).

Les *Culex* et les *Anopheles* pondent leurs œufs à la surface de l'eau à partir du printemps, respectivement groupés en nacelles et isolés (équipés de flotteurs). Pour ces espèces, l'éclosion se produit presque immédiatement. Les *Aedes* et certains *Culiseta* pondent leurs œufs isolément à sec sur le sol ou sur la végétation. Dans ce cas, les œufs peuvent résister de plusieurs mois à plusieurs années en attendant les conditions d'éclosion liées à la submersion. Sur la façade atlantique, les remises en eau des gîtes larvaires temporaires peuvent être liées aux marées, aux précipitations, aux crues de rivières et de fleuves (effets marqués des bassins versants), aux remontées de nappes ou aux manipulations hydrauliques humaine pour les besoins des activités traditionnelles de production (saliculture, aquaculture), de loisirs (chasse) ou de conservation (Réserves et sites d'intérêt écologique).

La famille des Culicidés comporte une majorité de genres dont les seules femelles ont un comportement hématophage (se nourrissant de sang) qui leur procure les ressources en protéines nécessaires pour assurer la production des œufs (pour certaines espèces, un caractère autogène permet d'assurer une première ponte sans repas sanguin).

Comportement des moustiques

Le comportement de chaque espèce est différent. Du point de vue de l'agressivité certaines espèces piquent à l'intérieur (*Culex pipiens*) ou à l'extérieur des bâtiments (*Aedes detritus*). Chaque espèce manifeste ses préférences pour exercer leur nuisance en continue toute la journée ou très ponctuellement à l'aube, au crépuscule ou la nuit (Rioux, 1958).

Chaque espèce exprime ses choix trophiques pour ne piquer que les oiseaux, les batraciens ou les reptiles et ne présente alors aucun risque pour l'Homme (certains *Culex* et *Culiseta*). Certaines espèces ont un spectre alimentaire plus large (opportuniste) alors que les *Aedes* présentent une préférence marquée pour l'Homme. La dynamique des espèces est également variable. Certaines espèces sont univoltines (une seule génération annuelle - *Aedes rusticus*) et d'autres peuvent être extrêmement prolifiques avec plusieurs générations par an en fonction de la dynamique des milieux (*Aedes caspius* et *Aedes cantans* par exemple) (Gabinaud, 1975 ; Schaffner, 2001 ; Becker, 2010).

Du point de vue de leur mobilité, certaines espèces sont très sédentaires en milieu urbain ou forestier (*Aedes rusticus*, *Culex pipiens* et *Aedes albopictus*) ne se déplaçant pas sur plus de quelques centaines de mètres, alors que d'autres espèces peuvent se déplacer sur plusieurs kilomètres (*Aedes sticticus*, *Aedes vexans* ; jusqu'à 50 km pour *Aedes caspius*) à la recherche de leur hôte, attirées par les dégagements importants de CO₂, notamment liés à la respiration (Sinègre, 1974). Des migrations massives et ponctuelles peuvent conduire à des dépassements de seuils « épidémiques ».

Limites de la régulation par les prédateurs naturels

Les moustiques, aux différents stades de leur développement, peuvent constituer des proies pour de nombreux prédateurs - le plus souvent opportunistes -, cependant pour aucun d'entre eux, ils ne constituent une ressource trophique à la base de leur alimentation, dont la survie de leur espèce pourrait dépendre.

En phase aérienne, les moustiques adultes ne représentent qu'une part aléatoire et marginale de la ressource alimentaire des prédateurs tels que les oiseaux ou les chauves-souris (Becker, 2003). Si certaines espèces de chauve-souris peuvent ingurgiter jusqu'à 600 moustiques par nuit, ce prélèvement par prédation reste proportionnellement faible (de l'ordre de 1%). Ainsi la pression de prédation sur les moustiques adultes n'est significativement pas suffisante pour permettre un contrôle des populations en cas de pullulation. **Il est néanmoins essentiel de protéger toutes ces espèces auxiliaires, qui participent à une certaine régulation.**

En phase aquatique, la prédation des larves de moustiques s'exerce par les invertébrés aquatiques d'eau douce tels que les larves d'odonates, les larves d'hétéroptères, les arachnides aquatiques et certains batraciens et poissons. Dans certaines régions d'Afrique, une lutte active par l'élevage de poissons larvivores est pratiquée de façon efficace. Les espèces utilisées sont notamment la gambusie (*Gambusia affinis*) et le guppy. La carpe est également connue pour intégrer les larves de moustiques dans son régime alimentaire. En Asie, des copépodes (petits crustacés) sont élevés pour réguler les larves de moustiques dans les réserves d'eau potable. Dans les bassins d'agrément, l'utilisation de prédateurs naturels tels que les poissons rouges (*goldfish*) peuvent être des solutions ponctuelles intéressantes, mais non transposables en milieu naturel, notamment certains milieux temporaires qui ne permettent pas leur maintien à cause des assèchements fréquents.

En milieu salé ou saumâtre, les prédateurs sont les crevettes, gammarus et autres micro-crustacés. Or, les densités importantes de larves de moustiques du genre *Aedes*, supérieures à 5 larves par litre d'eau et s'élevant parfois à plus de 500 larves par litre, sont principalement rencontrées dans des gîtes non colonisés par les prédateurs naturels. Sur la façade atlantique, il s'agit par exemple de mares temporaires et de dépressions humides dans les secteurs de schorre qui subissent des alternances d'assèchements et de remises en eau peu favorables à l'installation d'une faune prédatrice abondante.

Il existe par ailleurs quelques espèces de moustiques (*Toxorhynchites sp.*, *Lutzia sp.*) dont les larves sont d'efficaces prédatrices des larves d'autres moustiques. Cependant, ces espèces sont essentiellement réparties dans les régions tropicales et subtropicales et sont de fait absentes en Europe.

En conséquence, il n'existe pas de régulation naturelle efficace pour faire face aux pullulations de moustiques vulnérants - pour l'Homme et les animaux -, qui sont considérés comme cibles des programmes de régulation mis en œuvre par les autorités publiques.

Les espèces cibles

Dans le département de la Loire-Atlantique, 35 espèces de moustiques sont recensées, 21 ont été inventoriées sur le territoire de Cap Atlantique en 2022. Compte tenu de ces spécificités entomologiques, seules 7 espèces (2 majoritaire du genre *Aedes* dont *Aedes detritus* et *Aedes caspius*), qui ont la capacité d'exercer une nuisance collective, ont font l'objet d'une surveillance permanente et d'une régulation.

Les produits antilarvaires utilisés en 2022

Conformément à l'article 5 de l'arrêté préfectoral, le biocide exclusivement utilisé est un bio-larvicide d'origine naturelle dont la substance active est issue d'une bactérie naturelle du sol (non OGM) sélectionnée pour son action exclusive sur les larves de Diptères (mouches et moustiques) : le *Bacillus thuringiensis* variété *israelensis*, (*Bti*, sérotype H14).

Seule la souche de *Bti* AM 65-52, distribuée sous licence VectoBac[®], et approuvée par les instances européennes (Directive 2011/78/UE de la Commission Européenne du 20 septembre 2011 modifiant la directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil aux fins de l'inscription de *Bacillus thuringiensis* sous-espèce *israelensis*, sérotype H14, souche AM65-52, en tant que substance active à l'annexe I de ladite directive) a fait l'objet d'études d'évaluation de son incidence, notamment dans le cadre des travaux menés en collaboration entre l'INRA et l'EID Atlantique entre 1998 et 2014.

Les protéines contenues dans le larvicide sont ingérées par la larve de moustique et se transforment en toxines, en milieu alcalin, sous l'action d'enzymes intestinales. Ce mode d'action spécifique lui confère une très grande sélectivité, mais nécessite également l'attention particulière des applicateurs pour optimiser son efficacité qui reste soumise à de nombreux facteurs environnementaux (température, luminosité, vitesse de sédimentation).

A l'issue l'expérimentation scientifique conduite par l'EID Atlantique, les dosages utilisés sont adaptés aux densités larvaires rencontrées, aux conditions de température de l'eau et à la présence éventuelle de couvert végétal. Ils sont largement inférieurs aux doses homologuées (minimum appliqué à 250 g/ha, moyenne appliquée à 400 g/ha pour une dose homologuée qui s'élève à 1 kg/ha) et faisait de l'EID Atlantique un pionnier dans ce domaine au niveau européen.

La formulation utilisée est un granulé auto-dispersible dans l'eau à 37,4% de substance active. La consommation de biocide moyenne, à l'échelle du territoire (2012-2022) est de 67.84 kg de VectoBac[®]WG (minimum en 2012 :46,65 kg de VectoBac[®]WG ; maximum en 2018 : 98,85 kg de VectoBac[®]WG).

Tableau du produit biocide utilisé dans le cadre des traitements anti-larvaires

Substance active	Nom Commercial	Doses maximales autorisées	Doses utilisées	% de matière biologique (substance active)	Type de formulation
Larvicide d'origine biologique à base de <i>Bti</i> (<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> - sérotype H14, souche AM 65-52)	VectoBac®WG	1 kg / ha	0,4 à 1 kg / ha	37,4%	Granulé auto-dispersible

A Noter : Ce larvicide biologique est utilisé dans tous les types de milieux ; il agit uniquement par ingestion ; faible diffusion latérale dans l'eau du gîte larvaire.

Observations particulières : produits non-toxiques, exempts de classement ; aucune protection, ni information particulière nécessaire ; les différentes formulations techniques du VectoBac® bénéficient du label BIO AB délivré par ECOCERT pour une utilisation en agriculture biologique (Cf. Annexe 11 Label ECOCERT).

2.3. Les enjeux

Les moustiques sont également les premiers vecteurs de maladies au monde en nombre d'espèces, d'agents pathogènes transmis et de personnes affectées. Ainsi, conformément à l'avis de l'Expertise collégiale (Fontenille, 2009), réalisée à la demande conjointe de 5 Ministères français (Santé, Recherche, Agriculture, Environnement et Intérieur), tous les moustiques sont aujourd'hui considérés comme vecteurs potentiels de maladies. La notion de Lutte Anti-Vectorielle (L.A.V.) a été requalifiée. Les opérations de régulation des moustiques locaux (y compris leur surveillance) engagées pour du « confort » et du développement touristique sont aujourd'hui des actions de prévention sanitaire en agissant de façon significative pour diminuer les risques de transmission de maladies.

Dans le cadre des évolutions climatiques envisagées par les modèles du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (G.I.E.C.), il est actuellement difficile de prévoir qu'elle sera la réaction des espèces locales de moustiques (répartition, dynamique de population, compétences et capacités vectorielles) en lien avec la circulation de nouveaux agents pathogènes, pour lesquelles certaines espèces autochtones sont reconnues compétentes.

Près de 50% des moustiques inventoriés sur le territoire d'intervention de Cap Atlantique présentent des compétences vectorielles connues et certains sont des vecteurs effectifs. Par exemple, *Aedes detritus* est vecteur effectif de la myxomatose et présente des compétences pour la transmission des virus de la dengue et du chikungunya.

Pour la première fois en 2010, des cas autochtones de dengue (2 cas) et de chikungunya (2 cas) ont été identifiés en métropole dans les départements des Alpes-Maritimes et du Var, soulignant ainsi la possibilité de voir se développer ces maladies dans les départements où le vecteur, *Aedes albopictus*, est implanté. En 2012, pour la première fois depuis l'épidémie majeure de 1927-1928, un cas mortel de dengue a été diagnostiqué en Grèce. Entre 2013 et 2014, les Antilles françaises et plus largement le continent américain ont découvert les premières épidémies de chikungunya.

En 2014, de nouveaux cas autochtones de dengue ont été déclarés dans le Var et les Bouches-du-Rhône, et pour la première fois en métropole un foyer de cas groupés à Montpellier (Hérault). En 2015, un nouveau foyer de cas autochtones de dengue (6) a été observé à Nîmes dans le département du Gard. La vulnérabilité de la métropole se confirme en lien avec l'extension du territoire colonisé par le moustique vecteur *Aedes albopictus* (« moustique tigre »), son extension s'accélégrant vers l'Ouest et le Nord, notamment avec son implantation en Ile-de-France (Val-de-Marne-94 et Hauts-de-Seine-92).

En 2016, l'activité a été particulièrement soutenue à cause du nombre de cas importés de virus zika, contre lequel l'OMS a lancé une alerte sanitaire sur l'Europe, compte tenu de son impact sur les malformations fœtales.

En 2017, un foyer de 15 cas de chikungunya s'est déclaré dans le Var, alors que plus de 400 cas ont été identifiés en Italie, notamment dans la région de Rome. Au-delà du risque sanitaire (au sens strict) lié à ce « nouveau » vecteur, le comportement agressif et vulnérant d'*Aedes albopictus* est connu pour générer des nuisances importantes sur les nouvelles communes colonisées. « L'absence » relative de moustiques sur ces territoires amplifie la perception de la nuisance et engendre une nouvelle demande sociale qu'il est nécessaire d'appréhender en parallèle de la gestion du risque sanitaire.

2.4. Les opérations mises en œuvre par Cap Atlantique en 2022

2.4.1. Liste des communes concernées les interventions

L'ensemble du territoire des communes listé ce dessous est intégré dans le dispositif de lutte, soit 32200 ha :

- ASSERAC
- BATZ-SUR-MER
- GUERANDE
- HERBIGNAC
- LA BAULE-ESCOUBLAC
- LA TURBALLE
- LE CROISIC
- LE POULIGUEN
- MESQUER
- PIRIAC
- SAINT-LYPHARD
- SAINT-MOLF

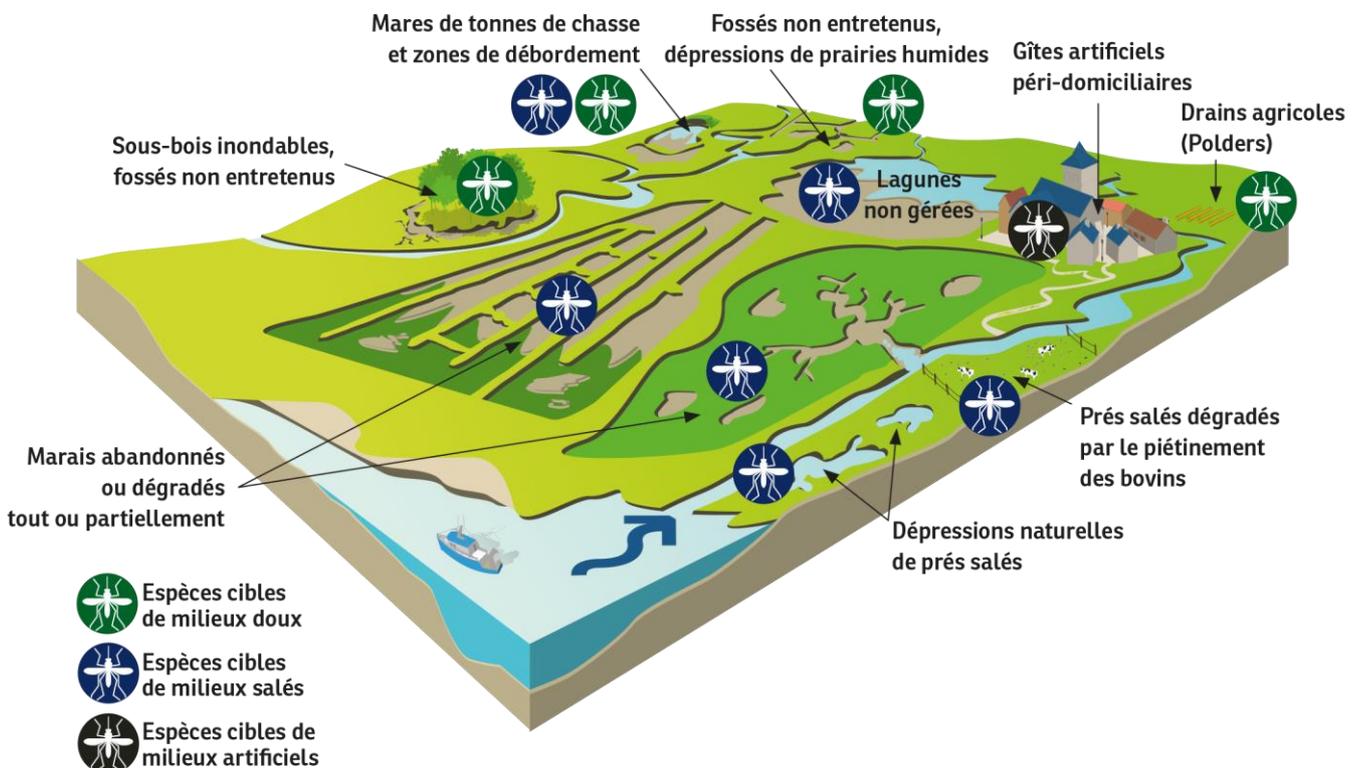
2.4.2. Les habitats favorables à la prolifération des moustiques

Les marais exploités, entretenus et gérés par l'Homme, ne sont en général pas favorables au développement des moustiques.

Les activités humaines en zones humides (agriculture, saliculture, aquaculture et loisirs) ont un impact direct sur les milieux. L'entretien des structures et des ouvrages hydrauliques permet aux exploitants de gérer les niveaux d'eau. En dehors de quelques exceptions, ces gestions permettent de limiter très fortement le développement de gîtes larvaires.

Les études scientifiques ont démontré la corrélation entre les lieux de pontes des moustiques et la végétation (niveaux écologiques), dont la répartition est influencée par plusieurs facteurs dont la nature des sols, leur humidité et leur salinité (Gabinaud, 1975). Par l'intermédiaire de cartes écologiques, basées sur la présence de végétations spécifiques, il est possible de localiser des gîtes larvaires potentiels des espèces de moustiques dans les marais (cartes au 1/5000^{ème}).

Sur la base de ces éléments, la répartition des moustiques permet d'établir un diagnostic sur l'état de fonctionnement du marais et d'évaluer l'impact et les conséquences des gestions hydrauliques sur le milieu (déversements, inondations, recolonisation végétale et fermeture de marais).



Compte tenu de l'étendue des zones humides présentes sur le département et de leur proximité avec les zones urbanisées et principalement touristiques (7% de la population du département se concentre sur les 12 communes inscrites sur 221 communes en 2019), **le territoire de Cap Atlantique est particulièrement vulnérable au risque entomologique lié aux moustiques.**

2.4.3. Les moyens humains et matériels

Cap Atlantique a mis en œuvre les moyens humains suivants :

- 4 agents permanents et un agent saisonnier de 4 mois (3.6+0.33 soit 3.93 ETP)

Afin d'appliquer les traitements anti-larvaires le plus précisément possible en tenant compte de la sensibilité des milieux, **les traitements sont mis en œuvre exclusivement manuellement, par voie terrestre** (appareils à dos à pression entretenue).

Si nécessaire, les services de démoustication de CAP Atlantique sont autorisés à procéder d'office aux interventions, conformément à la loi n°64-1246 du 16 décembre 1964 modifiée. Cependant, l'inaccessibilité physique liée à l'embroussaillement peut remettre en cause la mise en œuvre des interventions (prospections, traitements et contrôles).

2.4.4. Les actions réalisées

Pour lutter contre les moustiques piqueurs, plusieurs types d'actions complémentaires ont été mises en œuvre par Cap Atlantique :

La prévention par des actions de sensibilisation et de communication ciblées et adaptées.

La mobilisation sociale (anciennement appelée « éducation sanitaire ») est une composante essentielle de la stratégie de lutte. Les actions sont ciblées, en fonction des objectifs de prévention ou de lutte, en direction des institutions, des professionnels et du grand public.

Différentes actions d'expertise et de conseil sont conduites :

- Régulation des moustiques anthropophiles par des traitements anti-larvaires ciblés ;
- Conseils de gestion hydraulique préventive auprès des gestionnaires d'espaces naturels ;
- Echanges et collaboration avec les structures animatrices des sites Natura 2000 ;
- Conseils auprès des services d'hygiène des villes ;
- Expertise pour le compte d'établissements ou de gestionnaires privés (Syndics HLM, Parc d'activités,).

La lutte physique par élimination des gîtes larvaires et la gestion des niveaux d'eau

Les agents réalisent des diagnostics fonctionnels des réseaux hydrauliques et participent à la réflexion des programmes d'entretien et de restauration des marais des propriétaires et gestionnaires, publics et privés.

Les objectifs sont de rendre indisponibles les zones de pontes par suppression ou immersion des gîtes larvaires potentiels et de réduire la fréquence des éclosions par une gestion hydraulique concertée afin de limiter le phénomène « assèchement - remise en eau ».

En milieu urbain, il s'agit de couvrir les récupérateurs d'eau de pluie et d'évacuer l'eau stagnante des récipients (coupelles). Il s'agit également de veiller à l'étanchéité des vides sanitaires ou de fermer les fosses septiques conformément aux dispositions du règlement sanitaire départemental (Cf. Annexe 12 - Les gestes simples à pratiquer pour limiter la prolifération des moustiques).

En milieu naturel, il s'agit généralement de travaux hydrauliques pour favoriser l'écoulement et la circulation des eaux tels que l'entretien et le curage de fossés en évitant la création de dépressions temporaires. Les habitats concernés sont exclusivement les lagunes côtières, et plus précisément les lagunes en mer à marées. Cependant, ces travaux peuvent avoir des impacts sur l'environnement et sont soumis à la réglementation de la loi sur l'eau.

En complément de ces aménagements, la gestion des niveaux d'eau limitant la prolifération de moustiques repose sur un principe de renouvellement régulier de l'eau pour éviter tout phénomène d'eutrophisation, tout en maintenant un niveau d'eau constant pour permettre l'installation de la faune prédatrice.

Dans les lagunes côtières, les moustiques du genre *Aedes* pondent sur les vases asséchées et l'éclosion des œufs est provoquée par les remises en eau successives. L'alternance des assèchements et des remises en eau conduit donc à la fois à l'augmentation des surfaces disponibles pour la ponte et au déclenchement des éclosions. Les moustiques femelles sont de plus attirées par ces secteurs de ponte favorables grâce à des phéromones dégagées par les œufs. Aussi, le principe de maintien des niveaux d'eau dans les bassins tout en favorisant le renouvellement de l'eau conduit tout simplement à diminuer les zones de ponte et la fréquence des éclosions (Cf. Annexe 13 - Gestion Hydraulique appliquée en 2022 par les agents de régulation des moustiques). De plus, le maintien d'une qualité et d'une quantité d'eau dans les bassins favorise l'installation des prédateurs naturels qui peuvent participer à la « régulation naturelle ».

Cependant, cette gestion ne peut être mise en place que sur des bassins entretenus disposant d'ouvrages hydrauliques en bon état de fonctionnement et de gestionnaires sensibilisés, qui peuvent prendre en compte l'enjeu de régulation des moustiques, compatible avec les autres objectifs de gestion. D'une façon générale, une gestion hydraulique favorable au développement de la biodiversité aquatique est défavorable à la prolifération de moustiques. En effet, dans les bassins et mares colonisés par une microfaune variée, les larves de moustiques sont présentes en faible densité (inférieure à 5 larves par litre) et ne nécessitent pas de régulation supplémentaire. Une gestion hydraulique favorable au développement de la microfaune aquatique est donc une action efficace et naturelle de lutte contre les moustiques.

En partenariat avec les professionnels du marais (saliculture, ostréiculture, ...) et les associations de protection de la nature et pour compléter ces travaux, un travail continu est mené sur la gestion de l'eau répondant aux objectifs de démoustication et compatible avec les objectifs de conservation des sites pour le maintien de la biodiversité. Il s'agit d'une véritable plus-value écologique limitant les traitements larvicides et renforçant le potentiel biologique des milieux aquatiques.

La prise en compte de la « problématique moustique » dans la gestion des zones humides peut permettre de limiter significativement la production larvaire. Dans ce sens, en 2022, la démarche engagée depuis

2014, auprès des gestionnaires des sites sensibles (réserves notamment) pour formaliser les modalités d'intervention par la signature de protocoles opérationnels a été poursuivie.

La surveillance permanente des espèces de moustiques et de leurs habitats

Une surveillance entomologique permanente est appliquée sur l'ensemble du territoire des communes inscrites à l'arrêté préfectoral.

Les agents procèdent à des prélèvements de larves (prospection active) et à la capture de moustiques adultes en déployant notamment un réseau de pièges (Cf. Annexe 14 - Fiche de procédure prospections/contrôles).

Les échantillons recueillis (larves et moustiques adultes) sont déterminés au bureau (Schaffner et al., 2001). Cette surveillance permet de compléter les inventaires, de suivre la dynamique saisonnière des espèces et de dresser une cartographie des espèces de moustiques, afin de mieux appréhender la vulnérabilité des territoires.

A partir des cartes phyto-écologiques, une traduction technique est effectuée par les agents pour obtenir une cartographie des gîtes larvaires potentiels qui devront être surveillés. L'ensemble des gîtes larvaires identifiés est géoréférencés dans un Système d'information géographique est mis à disposition des agents via le logiciel métier Atlantis. Cette interface fonctionne sur la base de Web-mapping et permet aux agents d'actualiser en permanence la base de données et de renseigner chaque jour leur activité.

Compte tenu de l'écologie particulière des *Aedes*, la première activité des agents consiste à surveiller les variations trop importantes de niveau d'eau, facteurs d'éclosion sur les gîtes larvaires identifiés. Cette surveillance permanente, de janvier à décembre, est renforcée après un passage pluvieux ou lors des cycles de marées de vives eaux. La vigilance est accrue sur les marais « exploités » du fait de la variabilité des gestions hydrauliques (individuelles et collectives) dépendantes de la nature des activités humaines.

Dès que des variations de niveau d'eau sont repérées, les agents se rendent sur les marais afin de vérifier la présence de larves de moustiques. Cette phase de prospection permet de déterminer le niveau de risque qui doit justifier un traitement. Les échantillons sont déterminés afin de confirmer la présence des espèces cibles.

Les traitements anti-larvaires biologiques préventifs ciblés dans l'espace et le temps

Ils sont conformes à la circulaire du 21 juin 2007, « *Pour les gîtes ne pouvant être détruits, un traitement anti-larvaire sera réalisé [...].* »

En conséquence de la surveillance permanente et des prospections actives, une intervention anti-larvaire peut être décidée par intégration de l'ensemble des données recueillies (Cf. Annexe 15 - Fiche de procédure traitements anti-larvaires) :

- Présence d'une espèce cible ;
- Densités larvaires supérieures à 5 larves par litre ;
- Stades de développement larvaires ;
- Surfaces concernées ;

- Températures, notamment de l'eau qui doit être supérieure à 5°C ;
- Localisation au regard de la proximité des habitations et de la mobilité de l'espèce considérée.

Afin de permettre la mise en œuvre de ces opérations, des travaux d'entretien des accès aux gîtes (débroussaillage de passage d'homme) peuvent être, ponctuellement et de façon exceptionnelle, nécessaires. Ces interventions seront réalisées par les propriétaires, privés et publics, en concertation avec les services en charge de la régulation des moustiques.

Les traitements sont mis en œuvre exclusivement manuellement, par voie terrestre (appareils à dos à pression entretenue).

Les mesures de contrôles et de traçabilité

Afin d'évaluer les interventions, les agents intègrent à leur mode opératoire différents niveaux de contrôles et en assure une traçabilité précise.

Un suivi direct de l'efficacité anti-larvaire est effectué dans les jours qui suivent les traitements, par des échantillonnages sur les gîtes et comparaison avec les densités larvaires relevées au moment de la prospection, sur la base des abaques de Carron (2003, 2007). Le contrôle par captures de moustiques adultes permet l'évaluation des résultats en termes de nuisance résiduelle. Il a pour but de vérifier la présence éventuelle d'adultes piqueurs après le traitement initial. Réalisées par piégeage sur appât humain (méthode de capture normalisée par l'OMS, 2012) ou ponctuellement avec des pièges à CO₂, ces mesures permettent également d'assurer une veille entomologique.

Enfin, des enquêtes qualitatives ponctuelles sont conduites auprès des collectivités et des professionnels du tourisme. La traçabilité des opérations repose aujourd'hui sur l'intégration cartographique de l'ensemble des données de terrain qui sont saisies quotidiennement par les agents dans la base de données via le logiciel métier Atlantis.

2.4.5. Les modalités d'intervention

La durée des interventions est variable et dépend principalement de la surface considérée et du type d'opération.

Ainsi, les prospections et les contrôles peuvent être très rapides et ne concernent en général qu'une partie réduite des gîtes larvaires. L'échantillonnage est effectué en bordure de gîte. Sur la base des connaissances des milieux et de l'expérience des agents, des gîtes dits de « référence » servent d'appui à l'analyse. Ainsi ces inspections ciblées permettent d'appréhender un plus large secteur par extrapolation à l'ensemble des gîtes larvaires au faciès et au comportement hydraulique semblables. De ce fait, les prospections sont limitées à quelques gîtes larvaires.

Les opérations de traitement sont mises en œuvre sur les gîtes productifs selon les critères définis dans la fiche de procédure en référence aux indications de densité larvaires notamment (supérieure à 5 larves par litre d'eau).

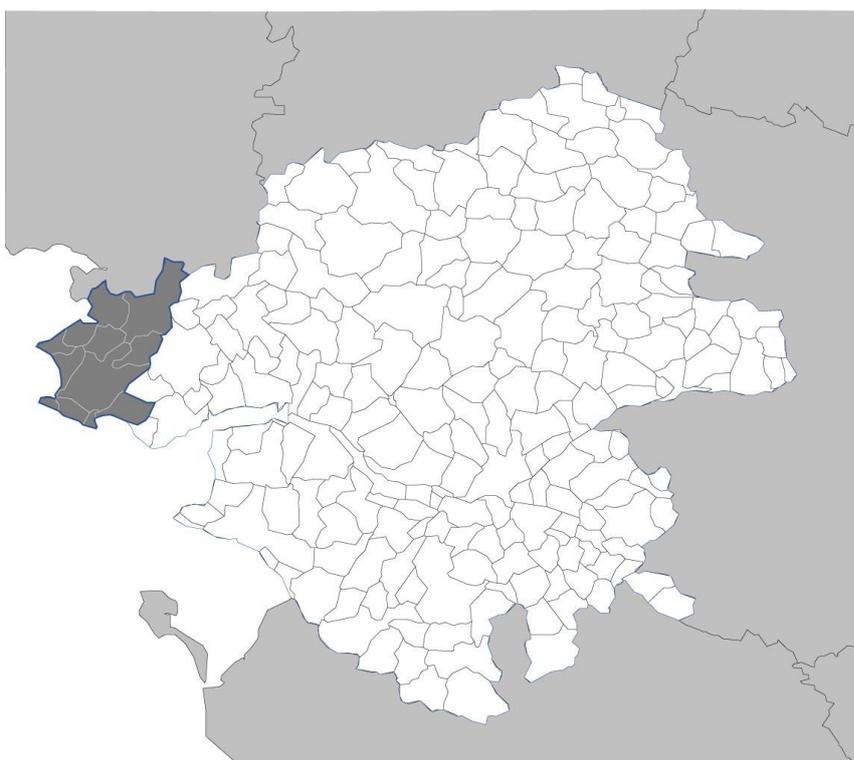
L'ensemble des gîtes larvaires n'est pas traité systématiquement. Le nombre de traitements sur un gîte référencé peut varier de 0 à 15 au maximum sur une année en fonction de la dynamique de remises en eau. Ces opérations se répartissent sur un nombre de jours équivalent et selon une fréquence qui dépend des facteurs d'éclosion (marées, pluies, gestions humaines). La durée minimale entre deux traitements peut être exceptionnellement d'une semaine en cas de cumul des intempéries avec les marées.

A titre d'exemple, un gîte larvaire mis en eau librement (sans intervention humaine) peut être traité jusqu'à un maximum de 15 fois par an, en tout ou partie en fonction des conditions de remises en eau. Le traitement manuel par 2 agents de l'intégralité d'un gîte d'une surface d'1 ha peut varier entre 15 et 30 minutes selon la configuration et la pénibilité du terrain. **Ainsi, les agents en charge des opérations de régulation peuvent être présents, au maximum, moins de 10 heures par an (en temps cumulé) sur chaque gîte.**

3. Etape 2 : localisation du projet

3.1. Cartographie du territoire d'intervention

- ASSERAC
- BATZ-SUR-MER
- GUERANDE
- HERBIGNAC
- LA BAULE-ESCOUBLAC
- LA TURBALLE
- LE CROISIC
- LE POULIGUEN
- MESQUER
- PIRIAC
- SAINT-LYPHARD
- SAINT-MOLF



Carte du dispositif départemental de lutte contre les moustiques sur Cap Atlantique

Les secteurs d'intervention se situent sur le littoral. Les marais de La Loire-Atlantique sont caractérisés par leur diversité d'aménagement et de gestion en lien avec l'exploitation traditionnelle (agriculture, ostréiculture, saliculture), la gestion conservatoire mais aussi les loisirs (chasse).

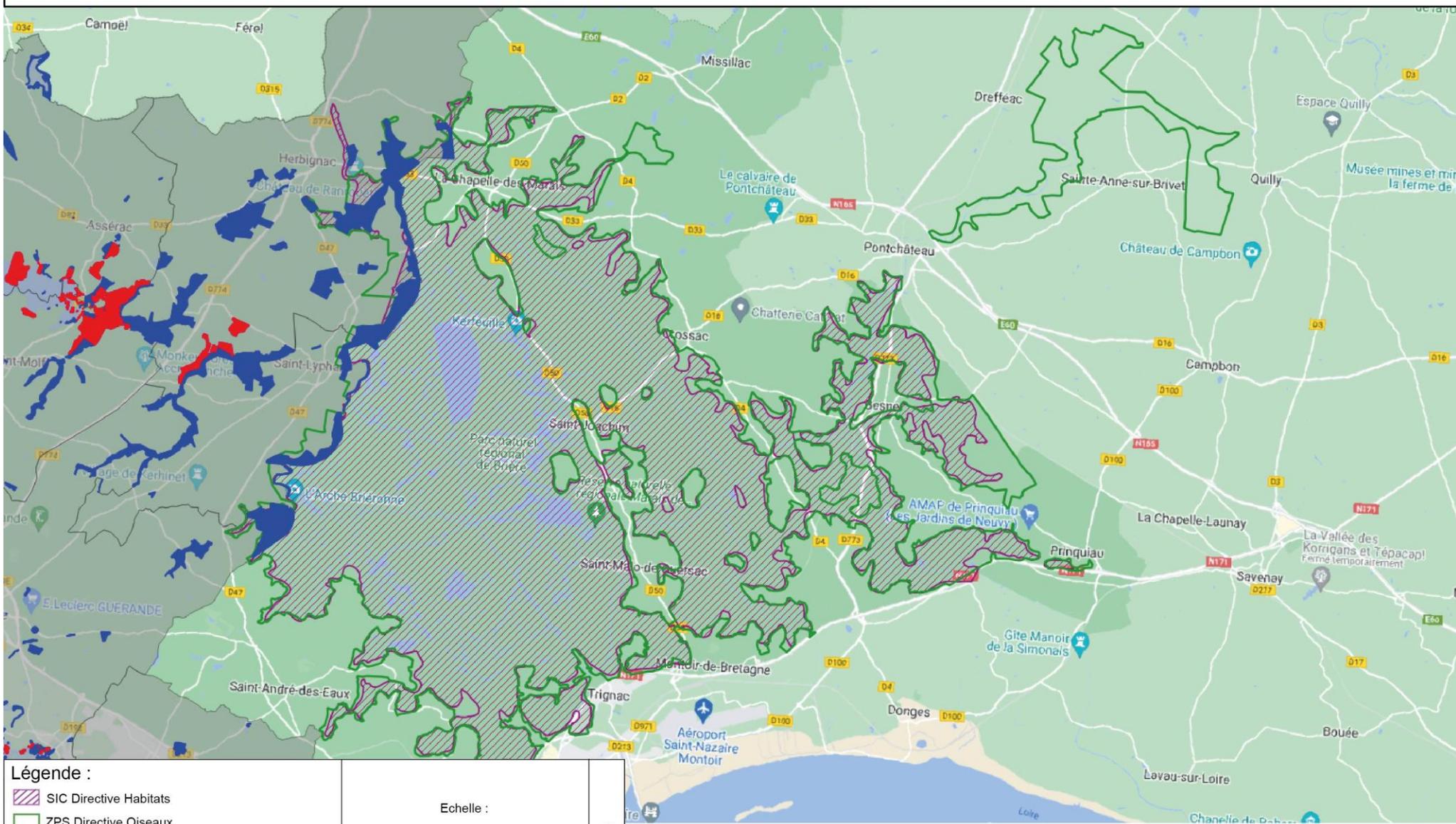
Une partie importante des gîtes larvaires à moustiques se situe sur les zones de marais salants endigués (marais du bassin de Guérande, marais du bassin du Mès) soumis à des mises en eau d'origine marine pluviales ou liées aux manipulations humaines.

3.2. Liste des sites Natura 2000 susceptibles d'être affectés

Sur le territoire de Cap atlantique, 6 sites Natura 2000 (Site d'Intérêt Communautaire (SIC) ou Zone de Protection Spéciale (ZPS) sont concernés par les interventions de CAP Atlantique.

Département	Référence des sites Natura 2000	Dénomination des sites Natura 2000	Type de site
44	FR5200626	MARAIS DU MES, BAIE ET DUNES DE PONT-MAHE, ETANG DU PONT DE FER	SIC
44	FR5200627	MARAIS SALANTS DE GUERANDE, TRAICTS DU CROISIC ET DUNES DE PEN-BRON	SIC
44	FR5200623	GRANDE BRIERE, MARAIS DE DONGES ET DU BRIVET	SIC
44	FR5212007	MARAIS DU MES, BAIE ET DUNES DE PONT-MAHE, ETANG DU PONT DE FER, ILE DUMET	ZPS
44	FR5210090	MARAIS SALANTS DE GUERANDE, TRAICTS DU CROISIC ET DUNES DE PEN-BRON	ZPS
44	FR5212008	GRANDE BRIERE, MARAIS DE DONGES ET DU BRIVET	ZPS

Au regard de la cartographie des interventions, aucune action de traitement n'est effectuée sur les site FR5200623 (SIC) « Grande Brière, Marais de Donges et du Brivet » et FR5212008 (ZPS) « Grande Brière, Marais de Donges et du Brivet ». En outre la surface concernée par la surveillance ne concerne qu'une faible surface de ces sites.



Légende :

-  SIC Directive Habitats
-  ZPS Directive Oiseaux
-  communes inscrites à l'Arrêté Préfectoral
-  gîtes larvaires potentiels
-  gîtes larvaires traités

Echelle :

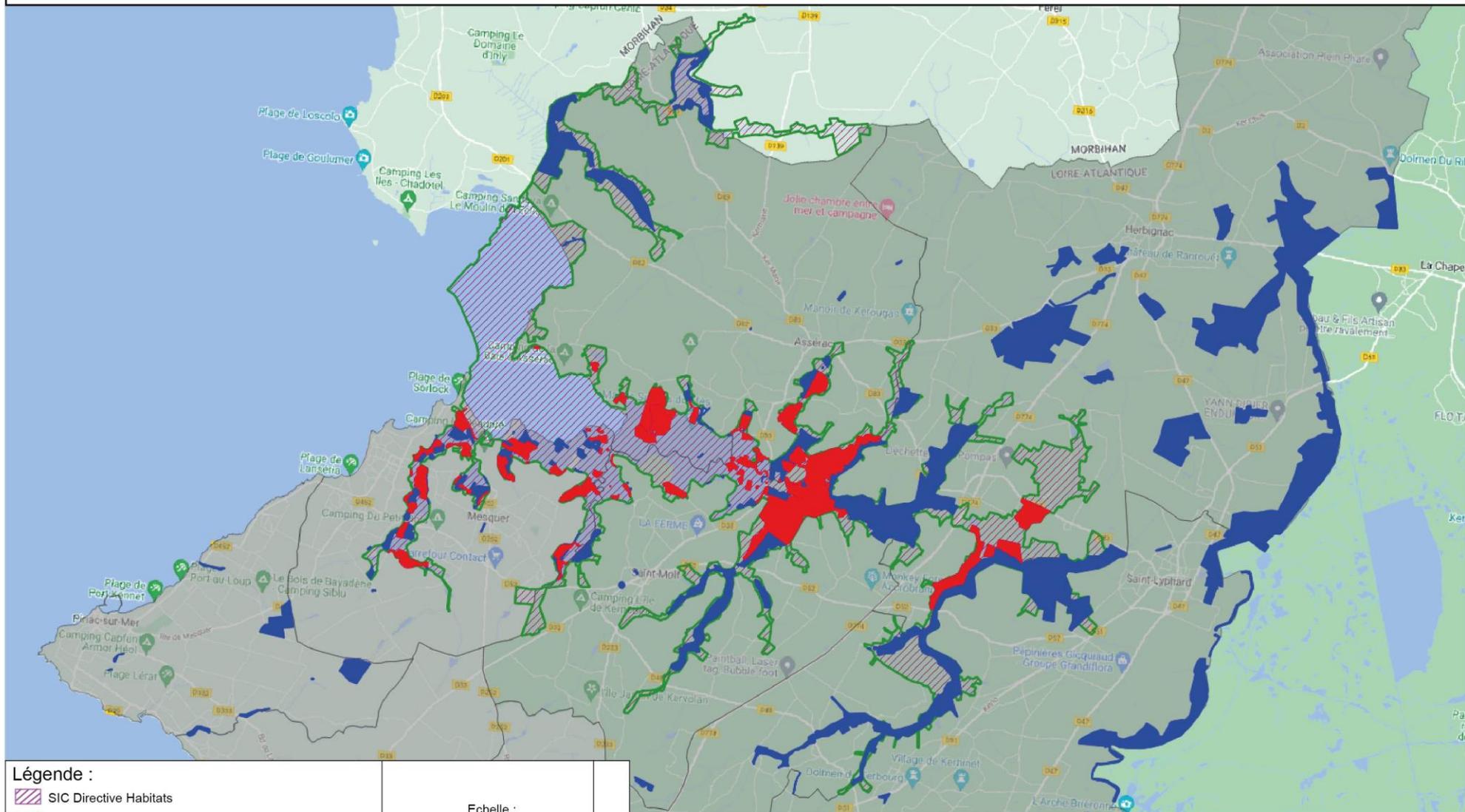


0 3 6
kilomètres

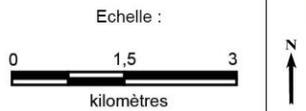


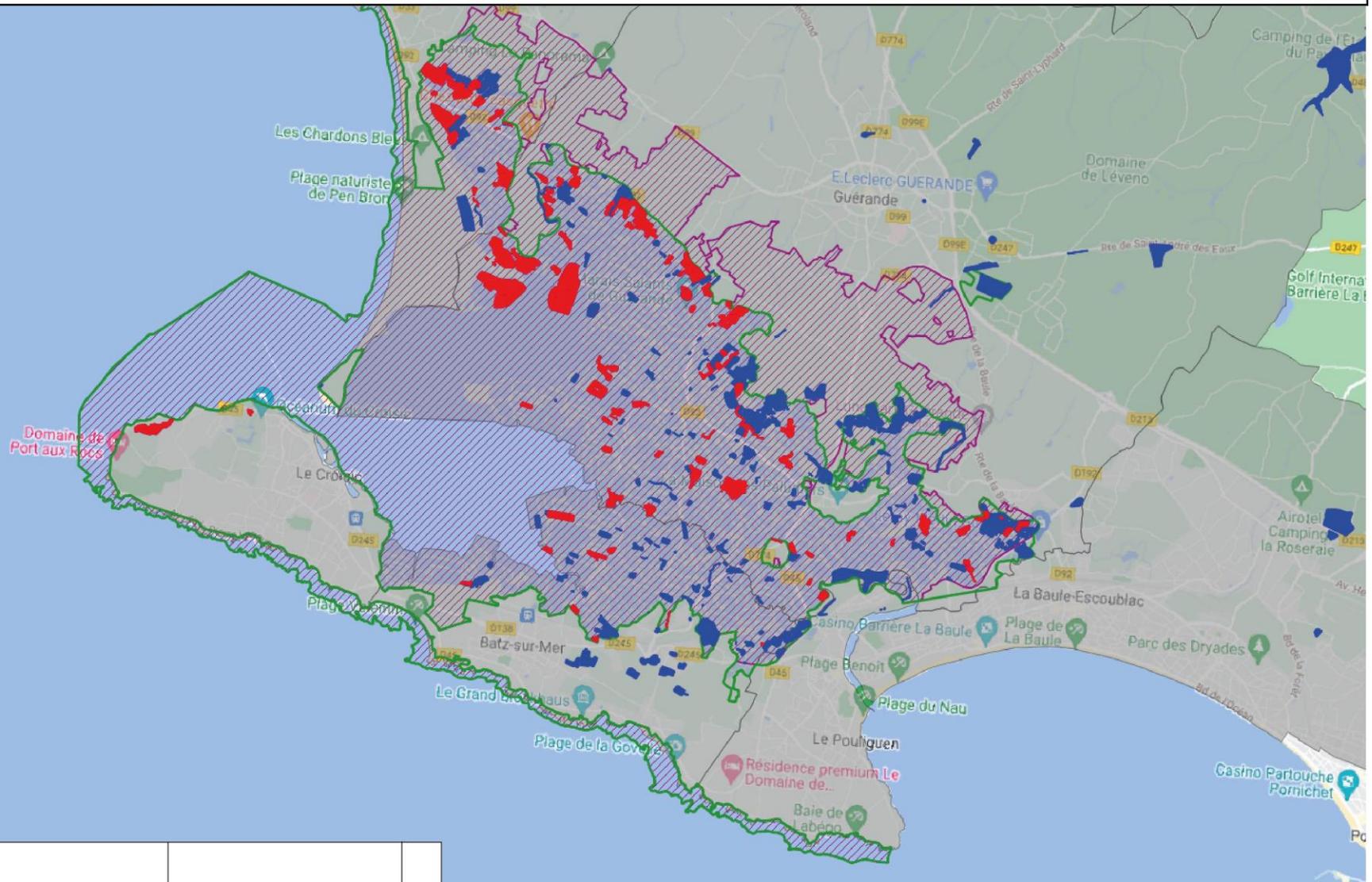
Réalisation : Cap Atlantique
Source : © Google Maps®, INPN, Données Cap Atlantique

09/11/2022



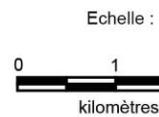
- Légende :**
-  SIC Directive Habitats
 -  ZPS Directive Oiseaux
 -  communes inscrites à l'Arrêté Préfectoral
 -  gîtes larvaires potentiels
 -  gîtes larvaires traités





Légende :

- SIC Directive Habitats
- ZPS Directive Oiseaux
- communes inscrites à l'Arrêté Préfectoral
- gîtes larvaires potentiels
- gîtes larvaires traités



4. *Etape 3 : description de la zone d'influence vis-à-vis des sites Natura 2000*

Compte tenu de l'écologie des moustiques ciblés et du choix de l'action « préventive » anti-larvaire, les secteurs d'intervention sont essentiellement des zones humides sensibles, recouvrant souvent des zones Natura 2000. La zone d'influence des opérations de lutte contre les moustiques sur les sites Natura 2000 peut être constatée sur les 4 cartes présentées dans les pages précédentes.

Sur le territoire de Cap Atlantique, les surfaces de marais concernés par les traitements en 2022 ont représenté :

- **1,75 % de la surface totale des 3 Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) (384.8 ha sur 21 991,84 ha) ;**
- **1,59 % de la surface totale des 3 Zones Spéciales de Conservation (ZPS) (384.8 ha sur 24151.18 ha).**

Les SIC et les ZPS se recouvrant en grande partie avec des surfaces pratiquement équivalentes, l'analyse ci-après porte sur le périmètre des SIC.

Le site le plus concerné (13.48% de la surface totale concernés par les traitements soit 275,37 ha sur 2042,88 ha) est le site FR5200626 - Marais du Mès, Baie et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer, île Dumet (Cf Annexe 16 - Tableau récapitulatif des traitements sur les SIC et ZPS). L'existence de grandes prairies halophiles (marais de Pompas, marais de Pont Mahé) avec des surfaces de gîtes cartographiées importantes, amène un biais dans le calcul car pour le moindre traitement effectué sur ces gîtes, la surface totale du gîte est comptabilisée alors que le traitement peut-être très localisé. Ce chiffre est donc largement surestimé.

Sur la base des données transmises par le DREAL des Pays-de-la-Loire concernant la cartographie des habitats, une analyse croisée a été effectuée en utilisant les données géoréférencées des gîtes larvaires traités. Ainsi, sur les 2 SIC concernés par les traitements entre le 1^{er} janvier et le 31 Octobre 2022, les éléments suivants apparaissent (Cf Annexe 17 - Tableau répartition activités traitement par site) :

- Les gîtes larvaires et les traitements qui y sont associés se répartissent sur plusieurs habitats prioritaires :
 - **5.33 % de la surface de l'habitat « lagunes côtières » - 1150 est concerné par les traitements sur le site FR5200627-**Marais salants de Guérande, Traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron ; la surface de cet habitat représente 24,7% de la surface du site.
 - **15.04 % de la surface de l'habitat « lagunes côtières » - 1150 est concerné par les traitements sur le site FR5200626-** Marais du Mès, Baie et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer ; la surface de cet habitat représente 10,15% de la surface du site.
- L'exploitation de ces données à l'échelle de chaque site laisse néanmoins apparaître des biais liés à la cartographie elle-même. Il y a en effet une surestimation des surfaces traitées pour le l'habitat 1150- Lagunes côtières pour lequel la surface totale du bassin est comptabilisée en traitement alors que les traitements n'en concernent parfois qu'une faible partie.

Ce sont donc de faibles surfaces d'habitats prioritaires qui sont concernées par les traitements anti-larvaires ce qui limite le risque d'impact sur ces habitats.

Résultats de l'analyse préliminaire

Les opérations de lutte contre les moustiques ont déjà fait l'objet de nombreuses études. Des démarches prenant en compte la sensibilité des zones humides ont également été engagées pour mesurer les effets potentiels de ces interventions sur les habitats et les espèces (Cf. Annexe 18a - Notes adressées au Président de l'EID Atlantique par le Pr. Michel MARJOLET et 18b par le Dr. Laurent LAGADIC - 2013). Ainsi, ce dossier a pour objectifs de regrouper les éléments de connaissances disponibles et de présenter les actions mises en œuvre pour apprécier les incidences éventuelles des opérations de régulation des moustiques sur les sites Natura 2000.

Néanmoins, il convient d'appréhender ces actions de contrôle des populations de moustiques ciblés en tenant compte de la typologie des habitats et notamment d'identifier, au sein de la flore et de la faune, les espèces sensibles qui peuvent être impactées.

En conséquence, les modalités d'intervention sont toujours adaptées afin d'atténuer l'incidence éventuelle des opérations.

5. Etape 4 : les espèces et les habitats susceptibles d'être affectés

La suite du document se consacre à l'analyse approfondie des incidences potentielles du projet de lutte contre les moustiques sur les habitats et les espèces d'intérêts communautaires sur les sites Natura 2000 en Loire-Atlantique.

Pour chaque site Natura 2000, les éléments de fonctionnalité ont été identifiés sur la base des documents d'objectifs (DOCOB) lorsqu'ils existent, ou des fiches descriptives des sites Natura 2000 (Fiche Standard de Données; source <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000>) **en lien avec les structures animatrices des sites (espèces et habitats concernés, milieux naturels)** (Cf Annexe 19 - Les principaux enjeux par site Natura 2000).

Seuls les habitats mentionnés à l'annexe I de la Directive « Habitats » et les espèces mentionnées à l'annexe II de la Directive « Habitats », ainsi que les oiseaux mentionnés à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » ou les espèces migratrices sont prise en compte s'ils contribuent à la désignation du site Natura 2000.

Les habitats et les espèces présents au niveau de la zone d'emprise et de la zone d'influence compte tenu de la fonctionnalité écologique des sites potentiellement impactés sont recensés dans les tableaux en annexe 20 (Tableau de recensement des habitats et espèces par site Natura 2000).

- ☞ **24 habitats inscrits à l'annexe I ont été identifiés, dont 8 habitats prioritaires ;**
 - **1150 - Lagunes côtières ;**
 - **2130 - Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises) ;**
 - 2150* - Dunes fixées décalcifiées atlantiques ;
 - 4020* - Landes humides atlantiques tempérées à *Erica ciliaris* et *Erica tetralix*4030 ;
 - 7210* - Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* ;
 - 91E0* - Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* ;
 - 6230* - Formations herbeuses à *Nardus*, riches en espèces, sur substrats siliceux des zones montagnardes ;
 - 9180* - Forêts de pentes, éboulis ou ravins du Tilio-Acerion ;
- *habitats non concernés par les traitements.
- ☞ **44 espèces inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE ont été identifiées.**

6. *Etape 5 : les incidences potentielles de la lutte contre les moustiques sur les sites Natura 2000*

Compte tenu des modalités d'intervention exposées précédemment, les effets induits suivants peuvent être identifiés et décrits :

- ☞ **Effets d'emprise** : piétinement ou destruction lié au passage de personnes ou d'engins mécaniques ;
- ☞ **Effets du biocide pour les espèces des milieux aquatiques et sur les chaînes alimentaires** ;
- ☞ **Effets hydrauliques liés à la gestion de l'eau dans les marais** (eau douce ou salée, temps de submersion, perturbation des habitats liée à des changements de gestion, impact des aménagements) ;
- ☞ **Effets sonores sources de dérangement ou effarouchement d'espèces d'oiseaux ou de mammifères** (nature, intensité, durée du bruit, distance par rapport aux sites) ;
- ☞ **Effets visuels** : durée des passages, sources de dérangement ou effarouchement d'espèces d'oiseaux ou de mammifères.

L'analyse des effets, en termes d'incidences sur les enjeux des sites est résumée dans les Annexes 21 et 22. Les effets décrits à l'étape 3 peuvent être traduits en termes d'incidences directes ou indirectes de la manière suivante :

- **Altération ou destruction d'habitats ou d'espèces** (surfaces habitats détruites ou altérées, risque de destruction d'espèces, par exemple suite au piétinement) ;
- **Dérangement** (perturbation sur les espèces - quantification des perturbations variable selon les périodes et les espèces) ;
- **Dégradation de la ressource trophique** (perturbation des chaînes alimentaires) ;
- **Temporalité de chaque incidence** (temporaire ou non, ponctuelle ou répétée, fréquence).

6.1. Altération ou destruction d'habitats ou d'espèces

6.1.1. Incidences potentielles des aménagements et gestions hydrauliques

Le premier levier d'actions efficace pour lutter contre les moustiques est de supprimer les lieux de ponte. En milieu urbain, il s'agit de couvrir les récupérateurs d'eau de pluie et d'évacuer l'eau stagnante des récipients (coupelles). Il s'agit également de veiller à l'étanchéité des vides sanitaires ou de fermer les fosses septiques conformément aux dispositions du règlement sanitaire départemental.

Conformément à la circulaire du 21 juin 2007 du Ministère de l'écologie « *l'objectif principal de la lutte anti-moustiques est de réduire préventivement la densité des moustiques par des actions les plus précoces et les plus ciblées possibles de destruction des gîtes larvaires et des larves* ». De façon préventive et chaque fois que cela est possible, il convient de supprimer les gîtes larvaires ou de réduire la fréquence des éclosions par une gestion hydraulique concertée afin de limiter les conditions de production de moustiques. Cependant, ces travaux peuvent avoir des impacts sur l'environnement et sont soumis à la réglementation de la loi sur l'eau.

En milieu naturel, il s'agit généralement de travaux hydrauliques pour favoriser l'écoulement et la circulation des eaux tels que l'entretien et le curage de fossés en évitant la création de dépressions temporaires. Les habitats concernés sont exclusivement les lagunes côtières, et plus précisément les lagunes en mer à marées. La gestion hydraulique limitant la prolifération de moustiques repose sur un principe de renouvellement régulier de l'eau pour éviter tout phénomène d'eutrophisation, tout en maintenant un niveau d'eau constant pour permettre l'installation de la faune prédatrice.

Dans les lagunes côtières, les moustiques du genre *Aedes* pondent sur les vases asséchées et l'éclosion des œufs est provoquée par les remises en eau successives. L'alternance des assèchements et des remises en eau conduit donc à la fois à l'augmentation des surfaces disponibles pour la ponte et au déclenchement des éclosions. Les moustiques femelles sont de plus attirées par ces secteurs de ponte favorables grâce à des phéromones dégagées par les œufs. Aussi, le principe de maintien des niveaux d'eau dans les bassins tout en favorisant le renouvellement de l'eau conduit tout simplement à diminuer les zones de ponte et la fréquence des éclosions (Cf. Annexe 23). De plus, le maintien d'une qualité et d'une quantité d'eau dans les bassins favorise l'installation des prédateurs naturels.

Cependant, cette gestion ne peut être mise en place que sur des bassins entretenus disposant d'ouvrages hydrauliques en bon état de fonctionnement et de gestionnaires sensibilisés. En outre, une concertation est parfois nécessaire pour concilier les différents usages.

D'une façon générale, une gestion hydraulique favorable au développement de la biodiversité aquatique est défavorable à la prolifération de moustiques. En effet, dans les bassins et mares colonisés par une microfaune variée, les larves de moustiques sont présentes en faible densité (inférieure à 5 larves par litre) et ne nécessitent pas de régulation supplémentaire. Une gestion hydraulique favorable au développement de la microfaune aquatique est donc une action efficace et naturelle de lutte contre les moustiques.

Compatible avec les besoins des activités traditionnelles, **cette gestion hydraulique est en parfaite adéquation avec les modes de gestion recommandés dans la fiche habitat 1150-1 (Lagunes en mer à marées).**

Cette gestion hydraulique concertée avec les gestionnaires est d'ailleurs reconnue pour son intérêt ornithologique dans les marais salants de Guérande et du Mès comme le prouve des gestions assurées dans le passé par les agents de régulation des moustiques :

- Gestion du secteur des marais de Nord Est Saillé par les agents de régulation des moustiques dans le cadre d'un contrat Natura 2000 signé par la commune de Guérande en 2014,
- Gestion du secteur des marais de Clos Cario par les agents de régulation des moustiques dans le cadre d'un contrat Natura 2000 signé par la commune du Pouliguen en 2016.

En 2022, les agents de régulation des moustiques ont poursuivi la gestion hydraulique de marais privés et public (dont 2.4 Ha d'espaces naturels sensibles du département de Loire Atlantique).

Les agents sont également intervenus, auprès des propriétaires, exploitants et gestionnaires des zones humides pour la mise en œuvre de gestions hydrauliques défavorables au développement des larves de moustiques, adaptées aux enjeux de conservation des habitats et des espèces (Notices de gestion de la Bole de Merquel sur la commune de Mesquer et des marais du Castouillet au Croisic (ENS 44,)programme Life Sallina, Contrat Natura 2000 de la commune de Mesquer). Ces actions ont été menées en concertation avec les animateurs des sites Natura 2000 et les gestionnaires.

En conséquence, sur le territoire de Cap atlantique, les modes d'action et de pilotage des gestions hydrauliques relevant de la responsabilité des gestionnaires (effectuées dans le cadre de convention en partenariat avec les collectivités et les animateurs Natura 2000) contribuent à la conservation de l'habitat prioritaire « Lagunes côtières », à l'accueil et l'alimentation de l'avifaune, ainsi qu'au maintien de la biodiversité inhérente à ces milieux. Dans le cadre d'une stratégie de lutte préventive, en concertation avec les gestionnaires, des gestions hydrauliques défavorables à la prolifération des moustiques sont proposées, compatibles avec les objectifs de conservation des sites. La réalisation de travaux reste subordonnée aux procédures réglementaires en vigueur. En conséquence, les déclarations ou autorisations au titre de la loi sur l'eau, ainsi que l'évaluation de l'incidence sur les habitats et les espèces sont alors de la compétence des propriétaires et/ou des gestionnaires maîtres d'ouvrages de ces travaux.

6.1.2. Incidences potentielles des débroussaillments

Cap Atlantique n'a pas réalisé de débroussaillage dans le cadre de la mise en œuvre des activités de régulation des moustiques 2022.

6.1.3. Incidence potentielle des traitements anti-larvaires

Conformément aux préconisations de la circulaire du 21 juin 2007 relative aux méthodes de lutte contre les moustiques du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, le produit utilisé est à base de *Bti*. Il s'agit exclusivement du VectoBac®WG dont la traçabilité est assurée. La

souche naturelle cultivée pour le VectoBac® a été sélectionnée par l'Institut Pasteur (AM 65-52 du sérotype H14). Les formulations utilisées sont des produits classés non dangereux selon les directives européennes 199/45/CE et 2001/60/CE et l'homologation française. Ce produit bénéficie aujourd'hui du label BIO AB délivré par ECOCERT.

La substance active est un groupe de protéines issues du *Bacillus thuringiensis*, sous-espèce *israelensis*, une bactérie naturelle du sol sélectionnée pour son action pathogène exclusivement sur les larves de Diptères (mouches et moustiques). Les protéines contenues dans le larvicide (pro-toxines inactivées) sont ingérées par la larve de moustique et se transforment en toxines, en milieu alcalin, sous l'action d'enzymes intestinales.

Présent à l'état naturel dans le sol, le *Bti* est très peu rémanent dans l'environnement (Hajajj *et al*, 2005). Les spores et les endotoxines du *Bti* ont montré une faible persistance dans l'environnement. Elles sont rapidement dégradées sous l'effet des rayonnements UV. Le *Bti* est considéré immobile dans le sol (Cf Annexes 24a et 24b Avis de l'AFFSET, 2007).

Des tests d'écotoxicité à court et long terme sur la faune non-cible ont été effectués en laboratoire et en milieu naturel. La synthèse de Boisvert (Boisvert M., Boisvert J., 2000) regroupe les résultats de 635 tests de toxicité réalisés avec le *Bti* sur des vertébrés et des invertébrés.

D'une façon générale, les vertébrés aquatiques, poissons ou amphibiens, et la plupart des invertébrés (mollusques, crustacés ou certains taxons d'insectes), tolèrent des doses importantes de *Bti*.

Les études menées par le Docteur Moulinier ont ainsi confirmé l'innocuité du *Bti* pour les Huîtres (Moulinier, 1981).

En ce qui concerne les espèces terrestres, le *Bti* est non toxique pour les abeilles (Krieg *et al*, 1980). Certains moucherons (Chironomides appartenant à l'ordre des diptères) très proches des moustiques se sont révélés sensibles à de fortes doses de *Bti*, mais ne sont nullement affectés par les doses utilisées pour la destruction des larves de moustiques (Cf. Annexe 25 - Présentation suivi INRA Comité suivi EID Atlantique 2014).

En effet, le mode d'action particulier du *Bti* lui confère une très grande spécificité. Ainsi, l'ensemble des données scientifiques disponibles indique une absence de toxicité sur les oiseaux et les mammifères, due au fait que l'activation des toxines du *Bti* n'est possible qu'en présence des conditions d'alcalinité et de la présence de récepteurs membranaires spécifiques que l'on retrouve dans l'appareil digestif de certains insectes, mais ni chez les mammifères, ni chez les oiseaux (Cf. Annexe 26 - Expertise collégiale sur la lutte anti-vectorielle, 2009).

En plus des essais de toxicité directe du *Bti* sur la faune non-cible, les effets indirects par ingestion de proies infectées par le bacille sur l'entomofaune aquatique notamment ont été étudiés. Les insectes et crustacés prédateurs où se nourrissant d'animaux morts ne seraient pas affectés (Wipfli et Merritt, 1994 ; Roberts, 1995). Le risque encouru par les oiseaux ou mammifères se nourrissant de vers dans les zones adjacentes aux zones traitées n'est pas probable car **le *Bti* n'est pas bio-accumulable**.

De nombreuses expérimentations ont été conduites *in situ*. Ainsi, Charbonneau et son équipe ont réalisé plusieurs expérimentations dans des zones humides du Minnesota dans lesquelles le VectoBac®G était utilisé pour la démoustication. Ils ont mis en place des enceintes dans différents marais dont certaines étaient traitées par du VectoBac®G à différentes doses (5,6 ou 28,1 kg/ha) tandis que d'autres servaient de témoins. Ils n'ont pas observé d'effet négatif des traitements sur la faune benthique (amphipodes, oligochètes, larves de diptères *Chironomidae*), ni sur l'émergence de diptères autres que les moustiques (Charbonneau *et al*, 1994).

Lieber et son équipe ont étudié les effets de deux traitements successifs au VectoBac®G (doses employées : 2,7 – 9 – 22,5 – 45 et 90 kg/ha) sur l'abondance des diptères dans le même type d'écosystème que Charbonneau. A la dose la plus forte, une réduction significative des larves de chironomes a été observée, le retour à la normale s'effectuant 32 jours après le second traitement. Parmi les autres familles de diptères, **aucun effet significatif n'a été observé, quelle que soit la dose appliquée** (Lieber *et al*, 1998).

En 2007, les conclusions du programme national PNETOX, conduit sous l'égide du Ministère de l'écologie, du développement durable et de la mer, indiquent que **le larvicide à base de *Bti* ne présente pas de risque pour les invertébrés aquatiques non-cibles, contrairement à d'autres substances étudiées** (Lagadic, 2007).

6.1.4. Suivi des effets non intentionnels sur les invertébrés non-cibles

De 1998 à 2014, l'équipe Ecotoxicologie et Qualité des milieux Aquatiques dirigée par le Dr. Laurent LAGADIC de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Rennes a mené le suivi à long terme de l'impact potentiel des traitements de démoustication sur les communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles dans les zones humides littorales du Morbihan. Le rapport annexé à ce dossier (Cf. Annexe 27 - Evaluation à long terme des effets non-intentionnels de la démoustication dans les zones humides littorales du Morbihan) regroupe l'ensemble des résultats du suivi des effets non-intentionnels potentiels étudiés dans la station de Local-Mendon sur la période 2006-2011. Cette étude conclut à une absence d'impact des traitements au VectoBac®WG sur les communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles dans cette station, **notamment pour les groupes d'intérêts trophiques pour les oiseaux.**

Ces résultats ont ainsi fait l'objet d'une publication dans une revue scientifique internationale (Cf. Annexe 28 - Lagadic-JAE-2013).

En 2011, l'EID Atlantique a souhaité renforcer ses connaissances relatives aux effets éventuels de la démoustication sur la faune non-cible, en collaboration avec l'INRA pour prolonger l'étude « Evaluation à long terme des effets non-intentionnels de la démoustication dans les zones humides littorales du Morbihan » sur différents sites de la façade atlantique. En effet, si les résultats acquis dans le Morbihan sont transposables aux milieux comparables (habitats de type « prés salés »), il convenait d'étudier les effets des interventions de l'EID Atlantique sur d'autres milieux représentatifs des différents habitats prioritaires concernés par les interventions :

- Lagunes côtières,
- Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Carex davalliana*,
- Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*.

Les résultats définitifs de ce suivi sont annexés à ce dossier (Cf. Annexe 25).

« Cette étude à large échelle, réalisée dans les habitats prioritaires (sensu Natura 2000) dominants dans l'ensemble des secteurs d'intervention de l'EID Atlantique, montre des variations de la composition des communautés d'invertébrés aquatiques, ainsi que de leur richesse et leur diversité, entre les zones de prélèvement (zone témoin versus zone traitée) d'une même station. Ces variations sont cependant indépendantes de la présence de Bti, confirmant les résultats des études réalisées précédemment dans les zones humides atlantiques, ou dans les secteurs d'interventions d'autres opérateurs publics de démoustication.

Les différences de faune invertébrée observées entre zones témoins et traitées au cours du suivi peuvent généralement s'expliquer par certains évènements naturels comme les assèchements ou la zone témoin et la zone traitée au sein d'une même station. Ainsi, dans la station de Mornac-sur-Seudre, qui est la plus sujette aux assèchements, la zone traitée était plus souvent à sec que la zone témoin en 2011. En 2012 et 2013, en revanche, c'est la zone témoin qui s'est asséchée le plus souvent, expliquant qu'entre 2011 et la période 2012-2014, la PRC ait changé de signe.

D'une manière générale, les résultats exposés dans le présent rapport montrent que la plupart des espèces dont l'abondance est plus faible dans la zone traitée ne sont pas sensibles au Bti. C'est le cas, par exemple, des ostracodes qui sont parmi les groupes moins abondants en zone traitée qu'en zone témoin à Olonne-sur-Mer. Des tests de toxicité avec le Bti ont été conduits sur ce groupe de crustacés. Ils ont mis en évidence des seuils de toxicité aiguë 20 fois supérieurs à ceux des chironomes et près de 10 000 fois supérieurs à ceux des Culicidés. Cette observation, et le fait que les ostracodes soient parmi les groupes les plus abondants dans la zone traitée à Budos, montrent que les traitements au Bti ne sont vraisemblablement pas la cause des différences observées entre zone témoin et zone traitée.

*Il en est de même pour les chironomes qui, malgré leur relative proximité phylogénétique avec les moustiques, sont environ 425 fois moins sensibles que ces derniers au Bti. La présente étude montre, une fois de plus, que l'abondance des chironomes n'est pas affectée par la présence de Bti. Dans certains cas, les larves de chironomes sont même sensiblement plus abondantes dans la zone traitée (cf. stations de Mornac-sur-Seudre et Budos). Cette observation, déjà réalisée au cours d'études antérieures dans le Morbihan ou dans les Bouches-du-Rhône (études réalisées par des scientifiques d'instituts différents), n'est vraisemblablement pas le fruit du hasard. En effet, les larves de chironomes ont des relations "mangeurs-mangés" comparables à celles des larves de moustiques. Lorsque les larves de moustiques sont éliminées suite aux traitements au VectoBac, leur niche écologique laissée vacante peut potentiellement être occupée par les larves de chironomes. De ce fait, la biomasse de nourriture disponible pour les prédateurs varierait peu. **L'absence d'effet toxique direct chez des taxons potentiellement sensibles au Bti, rend donc peu probable l'hypothèse d'effets indirects en cascade dans les chaînes alimentaires.** »*

Ces résultats ont été consolidés par les études menées sur 8 sites sur lesquels des opérations de lutte contre les moustiques sont mises en œuvre en France métropolitaine, dans des contextes et des milieux différents soumis aux influences atlantiques, méditerranéennes (y compris Corse) et continentales (Lagadic et al., 2016).

Compte tenu de son efficacité sélective reconnue sur les larves de moustiques, de l'absence de phénomène de résistance, de son profil toxicologique/écotoxicologique non préoccupant par rapport aux autres substances actives et de la disponibilité des produits sur le marché, la substance active *Bti* (AM 65-52) est le larvicide d'intérêt à privilégier pour une utilisation en LAV, dans les conditions d'emploi et de mesures de gestion préconisées (Avis de l'ANSES, 2016). En conséquence, les suivis éco-toxicologiques mis en œuvre les années passées par l'EID Atlantique en collaboration avec l'INRA établissent qu'aucun effet indésirable n'est attribuable aux traitements ainsi mis en œuvre pour la régulation des moustiques dans les zones humides de l'ouest de la France.

6.1.5. Etude des impacts potentiels des traitements sur la faune pollinisatrice

Depuis 2004, le Centre Vendéen de Recherche et de Sélection Apicoles (C.V.R.S.A.) développe en lien avec le Centre National de Recherche Scientifique (C.N.R.S.) de Gif-sur-Yvette, des méthodes de recherche et de sélection des populations d'abeilles de type *mellifera* (abeille noire) permettant la reconstitution et le développement du cheptel apicole.

Ce centre est présidé par Monsieur Frank ALETRU, apiculteur professionnel, initiateur de l'interdiction des pesticides « Gaucho » et « Régent » utilisés en agriculture et à l'origine de la surmortalité des colonies d'abeilles. Il est depuis un expert reconnu et est aujourd'hui membre du groupe « Méthodes Effets sublétaux / Produits Phytosanitaires - Abeilles » piloté par le Ministère de l'Agriculture.

Entre 2011 et 2019, l'EID Atlantique a souhaité compléter les connaissances relatives aux effets éventuels des interventions de régulation des moustiques sur la faune pollinisatrice, et en particulier sur les colonies d'abeilles. Dans cet objectif, l'établissement a engagé un partenariat dans le cadre d'un programme de recherche avec le Centre Vendéen de Recherche Sanitaire Apicoles (C.V.R.S.A.) (Cf. Evaluation des effets éventuels de la préparation larvicide issue du *Bti* sur l'abeille domestique-Sept 2012).

Une première expérimentation a ainsi été conduite sur 5 ruchers placés au cœur des territoires d'intervention, pour mesurer, en comparaison avec des ruchers témoins, les éventuels effets des traitements pratiqués en milieu naturel sur des sites du Conservatoire du littoral.

Cette évaluation a porté sur :

- L'observation de l'activité de butinage,
- Le comportement des abeilles,

- Le développement des colonies,
- La mesure des mortalités.

Ce réseau de surveillance a été activé durant toute la campagne apicole 2011, et s'est terminé lors de la sortie d'hivernage des ruches au printemps 2012.

Les observations ont été conduites dans des secteurs de gîtes larvaires, compatibles avec l'apiculture. Les colonies d'abeilles domestiques sont adaptées aux zones d'implantation des expérimentations et ont préalablement subi une visite sanitaire. 5 ruchers ont été placés dans les sites suivants :

- Le marais de Pont-Mahé, commune de Pénestin (56),
- L'Île de Piemain, commune de Mesquer (44),
- La Pointe d'Arçay, commune de La Faute-sur-Mer (85),
- Le marais de Tirançon, commune de Saint-Georges d'Oléron (17),
- Le domaine de Fleury, commune du Teich (33).

Un rucher « témoin » homogène non exposé au *Bti* a été positionné sur la Vendée en zone agricole biologique. Les critères de sélection des colonies ont été strictement vérifiés (origine et âge de la reine, densité de population, composition du couvain, ...). 4 ruches sont installées sur chaque site expérimental, toutes équipées de balances électroniques interrogeables à distance.

Lors de chaque intervention sur site pour un traitement anti-larvaire, un avertissement était transmis au CVRSA par le technicien de l'EID Atlantique responsable du secteur. L'exposition des abeilles a été observée avant et après chaque cycle de traitement à travers :

- L'activité des colonies : butinage, mortalité, comportement des abeilles, développement des colonies,
- L'état sanitaire des colonies.

Des visites techniques et sanitaires de l'ensemble des ruches ont été effectuées régulièrement par le technicien apicole au cours de l'observation.

En 2013, le suivi a été reconduit sur les deux sites les plus « traités » situés en Gironde et en Charente-Maritime :

- Le marais de la Boirie, commune de Saint-Pierre d'Oléron (17),
- Le domaine de l'Ecalopier, commune du Biganos (33).

Les résultats obtenus au cours de l'année 2011, révèlent que la fréquence et le nombre des traitements anti-larvaires ont été très différents entre les différents sites des 5 départements. Ceci a permis d'évaluer le développement des colonies avec différents niveaux d'exposition des colonies aux traitements anti-larvaires à base de *Bti*.

Au terme de cette période d'observation, le bilan sanitaire de l'ensemble des ruchers est conforme au rucher témoin :

- Absence de perte de butineuses, absence de mortalité d'ouvrières devant les ruches ;
- Absence de phénomène d'essaimage massif ou de désertion des colonies ;
- L'activité de butinage n'a pas présenté de troubles du comportement des butineuses sur les fleurs proches des zones traitées au *Bti* ;

- Aucun trouble du comportement des abeilles d'intérieur, ni des abeilles sur la planche d'envol ;
- Absence de développement ou d'apparition de pathologie.

Le développement du couvain et la dynamique des populations ont été jugés normaux pour les trois ruchers des départements 17, 33 et 85. Les ruchers situés dans le 44 et le 56 ont présenté un retard de l'ordre de 20% dans le développement des surfaces de couvain et des populations comparativement aux trois autres ruchers et au rucher témoin. Ce retard est induit par des conditions climatiques printanières très mauvaises lors des mois de mai et juin sur ces deux départements. Pour ces deux ruchers la récolte de miel a été des plus médiocres, les floraisons des plantes mellifères ayant eu lieu lors des périodes climatiques néfastes pour la miellée. A aucun moment, il n'a été constaté de troubles ou pertes dans les colonies.

Les ruches situées dans le département 33 ont présenté un niveau de récolte record, comparativement aux autres ruchers, ce qui s'explique par des conditions climatiques favorables et la présence de ressources mellifères plus nombreuses et plus constantes tout au long de la saison apicole.

La plus dynamique des ruches de ce rucher a été victime d'une attaque de frelons asiatiques au cours des mois d'août et septembre 2011 ; et s'est vue affaiblie par cette prédation. Une fois le nid de frelon détruit, la colonie a retrouvé un développement normal.

Au printemps 2012, lors de la visite sanitaire de contrôle, il a été constaté que sur les 20 colonies situées en zones traitées au cours de la saison 2011 :

- 17 colonies étaient vivantes,
- 2 colonies étaient mortes suite à la mortalité de la reine dans l'hiver (origine 85 et 44),
- 1 colonie était morte par famine (origine 56).

Les ruchers situés sur le 17 et le 33 n'ont présenté aucune mortalité.

Il est important de noter que le rucher situé sur le site de Le Teich (origine 33) évoluait dans la zone ayant subi le plus grand nombre de traitements.

Le rucher témoin a présenté une mortalité par perte de reine durant l'hiver.

En 2013, les élus de l'EID Atlantique ont décidé de poursuivre cette étude en ciblant les observations sur deux sites situés sur l'Île d'Oléron et sur le bassin d'Arcachon. Les observations ont confirmé les précédents résultats et démontré une fois de plus l'absence d'effet du *Bti* sur les colonies d'abeilles.

Afin de disposer d'un recul suffisant pour confirmer le bien-fondé de ces résultats, le C.V.R.S.A. a reconduit ce réseau d'observation en 2014 en limitant le dispositif à deux sites expérimentaux et un site témoin, qui tous situés sur le département de la Vendée, correspondant à des zones humides et marais littoraux également exposés aux traitements anti-larvaires :

- Marais de la FOYE sur la commune d'Olonne-sur-Mer ;
- Réserve Biologique Dirigée de l'ONF sur la commune de la Faute-sur-Mer.

Les résultats du suivi réalisé en 2014 ont été consolidés en 2015 lors de la reprise d'activité des abeilles à la sortie de l'hiver. Il n'a été constaté aucun effet négatif sur les colonies observées dans les zones de traitement aux doses de VectoBac®WG mises en œuvre par l'EID Atlantique (Cf. Annexe 29

Evaluation des effets éventuels de la préparation larvicide issue du *Bti* sur l'abeille domestique-Sept 2014).

En conclusion, le réseau d'observation apicole n'a pas permis, sur l'ensemble des ruchers situés dans les zones traitées au *Bti*, de mettre en évidence des effets délétères ou des différences notables ou encore des affaiblissements supérieurs aux constats faits sur l'ensemble de ces points dans le rucher témoin.

6.1.6. Evaluation du risque d'impact des interventions vis-à-vis des Odonates

Dans le cadre du plan national d'action en faveur des Odonates, plusieurs rencontres ont été organisées avec Monsieur Franck HERBRECHT, représentant le Groupe d'Etude des Invertébrés armoricains (G.R.E.T.I.A.) missionné par les DREAL des Pays-de-la-Loire et de Basse Normandie pour la mise en place de ce plan. Il est notamment intervenu dans les années passées auprès de l'ensemble du personnel de l'EID Atlantique (dont les 4 agents mutés à Cap Atlantique au 1^{er} janvier 2020) pour une action de sensibilisation sur les Odonates.

Une attention particulière a été accordée au Leste à grands stigmas (*Lestes macrostigma*), dont l'habitat peut à priori être concerné par les interventions de démoustication. Ces échanges ont permis, d'une part de sensibiliser les agents de démoustication à cette problématique, et d'autre part de constater que les gîtes larvaires ciblés par les traitements ne semblent pas coïncider avec les habitats de développement des larves de Leste à grands stigmas du fait de caractéristiques physiques et hydrauliques sensiblement différentes.

*« Nous avons confronté les pratiques actuelles de l'EID dans les deux départements qui nous concernent [Loire-Atlantique et Vendée] avec l'écologie et la répartition du Leste. Il en ressort que, contrairement à la Camargue où l'emploi du Bti est bien plus « inondatif » » (Annexe 30 – JAKOB et POULIN - 2016 - « effets indirects de la démoustication au « Bti » sur les Libellules et les Demoiselles (Odonates) en Camargue), les agents locaux pratiquent de manière différente (ce qui est lié au contexte), par traitements au sol et localisés sur des gîtes larvaires ciblés, et en fonction d'un monitoring de contrôle. Les habitats de développement préférentiels des culicidés-cibles ne semblent pas coïncider avec ceux de *L. macrostigma*, ce qui diminue d'autant le risque d'impact. » (Annexe 31 - Déclinaison régionale du plan national Odonates).*

6.1.7. Conclusion

Les traitements anti-larvaires présentent l'avantage d'être localisés et ciblés sur les gîtes larvaires. Les insecticides utilisés appartiennent au type de produit « Biocide n°18 » selon la classification européenne (et non « phytosanitaires »). Le dispositif communautaire « Biocides » mis en place par la directive européenne 98/8/CE assure un processus d'autorisation des produits biocides afin d'assurer un niveau de protection élevé de l'homme, des animaux et de l'environnement en limitant la mise sur

le marché des produits biocides dont l'efficacité est prouvée et qui ne présentent pas de risque inacceptable pour l'Homme et l'environnement.

Actuellement, parmi les principes actifs anti-larvaires, le *Bti* présente le meilleur profil écotoxicologique et de ce fait le seul autorisé en milieu naturel (Avis de l'ANSES, 2011). Il s'agit du *Bacillus thuringiensis*, sous-espèce *israelensis* (*Bti*-sérotype H14, souche AM 65-52), une bactérie naturelle du sol connue pour son action pathogène exclusive sur les larves de diptères (mouches et moustiques). Les protéines contenues dans le larvicide (pro-toxines inactivées) sont ingérées par la larve de moustique et se transforment en toxines, en milieu alcalin. Ces toxines, au nombre de 4, doivent se fixer sur des récepteurs spécifiques de la paroi intestinale des larves de moustiques. Ce mode d'action spécifique lui confère une très grande sélectivité, mais nécessite également l'attention particulière des applicateurs pour optimiser son efficacité qui reste soumise à l'activité biologique des larves et à de nombreux facteurs environnementaux (température, luminosité, vitesse de sédimentation). **L'ensemble des données scientifiques disponibles conclut à une innocuité sur les organismes non-cibles.**

De plus, le *Bti* est très peu rémanent ce qui en fait un produit de lutte privilégié en matière de protection de l'environnement. Pour ces raisons, ce bio-insecticide est préconisé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire, ex-AFFSET : Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail) en remplacement des insecticides chimiques (Cf. Annexes 24a et 24b avis AFFSET).

Le *Bti* est par ailleurs homologué pour son usage dans la lutte biologique contre les moustiques dans les marais salants dans le cahier des charges pour la production de sel labellisé « Nature et Progrès® » et la spécialité commerciale VectoBac™ bénéficie du label bio « AB » délivré par Ecocert (Cf. Annexe 32 cahier des charges Nature et progrès).

Sur le territoire de Cap Atlantique, sur les 21 991,84 ha des sites Natura 2000 (SIC), seuls 384.8 ha ont été concernés par des traitements anti-larvaires entre le 1^{er} janvier et le 31 Octobre 2022, soit 1.75 % de la superficie totale.

En conséquence, compte tenu de la matière active utilisée, de son dosage, de la manière dont elle est mise en œuvre et des faibles superficies concernées, aucun effet notable négatif sur l'état de conservation d'un ou plusieurs sites Natura 2000 n'a été constaté.

6.2. Dérangement

Les opérations de lutte contre les moustiques requièrent des interventions sur le milieu. Ces interventions se font exclusivement à pied, à l'appareil à dos, ce qui limite notablement le dérangement : absence de nuisance sonore, foulement très localisé par les pas de l'homme, intervention très ponctuelle dans le temps.

Néanmoins, afin de limiter le dérangement de l'avifaune, notamment en période de reproduction, les interventions ont été menées en concertation avec les gestionnaires des sites et adaptées en fonction des enjeux de conservation et du risque entomologique. Ainsi, sur les marais de Guérande et du Mès, les observations menées par les gestionnaires lors des interventions, n'ont pas révélé de dérangement induisant une incidence significative sur le comportement des oiseaux.

Aucun effet notable négatif sur l'état de conservation des sites Natura 2000 du territoire de la presqu'île de Guérande, en lien avec le dérangement occasionné par les actions de démoustication, n'a été constaté.

6.3. Dégradation de la ressource trophique

La pression de prédation sur les populations de moustiques n'est significative que sur les stades larvaires, et principalement par les invertébrés aquatiques d'eau douce tels que les larves d'odonates, les larves d'hétéroptères, les arachnides aquatiques et certains poissons et batraciens. En milieu salé ou saumâtre, les prédateurs sont les crevettes, gammarés et autres micro-crustacés (Becker, 2003). Or, sur le long-terme, la quantité d'invertébrés potentiellement utilisable comme ressource alimentaire par les oiseaux, n'est pas affectée par les traitements au VectoBac®WG, ce qui permet raisonnablement d'exclure tout risque d'impact sur les chaînes alimentaires (Cf. Annexe 33 - Lagadic, Note août 2013).

Les résultats d'une étude de 5 ans menée sur les marais de Camargue, n'ont révélé aucun effet des traitements effectués avec du VectoBac® sur la densité et sur la diversité des communautés de phytoplancton, dont la structure semble plus largement sensible aux variations des paramètres environnementaux (Fayolle et al., 2015). La réduction de plus de 80% de la densité de larves de moustiques (consommatrice de micro-algues) ne semble donc pas influencer la ressource trophique primaire.

En phase aérienne, les moustiques adultes ne représentent qu'une part aléatoire et marginale de la ressource alimentaire des prédateurs tels que les oiseaux ou les chauves-souris. Une étude conduite en Allemagne en 2003 montre que la part des moustiques dans l'alimentation des oiseaux (mésange charbonnière, mésange bleue, hirondelle des fenêtres, rousserolle effarvate et gobe mouche noir) reste très faible même lorsque les moustiques sont présents en quantité très importante (Becker, 2003).

La régulation des populations de moustiques cibles aux stades larvaires diminue significativement la présence de larves de moustiques dans les milieux aquatiques productifs (gîtes larvaires) et de ce fait induit une baisse significative de la présence de moustiques adultes. Des impacts indirects pourraient être attendus sur les prédateurs d'insectes par la diminution de leur ressource trophique.

Les traitements sont déclenchés dans les mares, dépressions ou bassins dans lesquels les moustiques sont des espèces pionnières, présents en densité très importante (densité supérieure à 5 larves par litre d'eau). De ce fait, les interventions de régulation n'ont pas d'incidence sur le réseau trophique des prédateurs aquatiques.

Concernant les impacts des opérations sur les prédateurs de moustiques adultes, les études scientifiques ont montré que les moustiques adultes ne sont pas des proies quantitativement importantes ni pour les oiseaux, ni pour d'autres espèces ressources pour les oiseaux. De plus, plusieurs études de suivi des oiseaux ont été conduites à La Réunion afin d'évaluer l'impact sur l'environnement de l'utilisation de biocides dans la lutte anti-vectorielle. Les résultats de ces études ne mettent pas en évidence d'impact majeur des traitements insecticides ni sur la faune des jardins en mars 2006, ni sur la reproduction des salanganes, espèce typique de l'île, ou sur la présence de chiroptères chimiques (Cf. Annexes 24a et 24b avis AFFSET).

Cependant, Poulin *et al* ont titré un article en 2010 « *Red flag for green spray : adverse trophic effects of Bti on breeding birds* » concluant que les traitements au *Bti* aux doses recommandées peuvent avoir des effets détectables dans les strates supérieures des réseaux trophiques, affectant les populations de vertébrés (Cf. Annexe 34- Article de Poulin *et al*, 2010). Ces conclusions reposent sur le postulat que les traitements au *Bti* pratiqués en Camargue impactent fortement les populations de chironomes, constituant une part importante de la ressource trophique des hirondelles de fenêtrés.

Pourtant, Pierre HEURTEAUX (Directeur de Recherche au C.N.R.S., détaché à la Tour du Valat de 1959 à 1995) avait publié dans le Courrier de la Nature en 1999 un article dans lequel il précisait que **"les larves de moustiques constituent un chaînon alimentaire utile mais non indispensable. Elles cohabitent avec des larves d'autres diptères, les Chironomidés qui ont des relations mangeurs-mangés comparables et qui sont en bien plus grand nombre. Si l'on pouvait détruire sélectivement les larves de moustiques, leur "niche écologique" laissée vacante serait occupée par les larves de Chironomidés et la biomasse de nourriture disponible pour les prédateurs varierait peu."**

Par ailleurs, les travaux de Didier PONT, dont il est question dans l'article, avaient montré qu'il y avait ponctuellement (uniquement 5 jours après traitement) moins de larves mais autant d'émergences de chironomes dans des microcosmes traités à la dose de *Bti* (VectoBac®12AS) de 1,6 mg/l. Dans des microcosmes traités avec 3,3 et 6,7 mg/l, l'émergence était décalée de 2 jours, mais il n'y avait pas moins d'émergents, même si la structure de la communauté de chironomes présentait respectivement, des variations 12 et 6 jours après traitement.

Il semblerait que le *Bti* produise effectivement ce résultat. C'est en tous cas ce que l'équipe du Dr Laurent LAGADIC a clairement démontré dans le Morbihan et dont il est fait référence dans son article (Cf. Annexe 33 - Lagadic-JAE-2013).

Précisons d'une part que si certains moucheron (Chironomidés appartenant à l'ordre des diptères) très proches des moustiques se sont révélés sensibles à de fortes doses de *Bti*, aucune autre publication n'a démontré jusqu'à présent d'impact des chironomes par les traitements *in situ*. Au contraire, l'A.F.F.S.E.T. affirme que les chironomes ne sont nullement affectés par les doses utilisées pour la destruction des larves de moustiques (Annexe 24a et 24b - Avis de l'A.F.F.S.E.T., 2007) et l'étude menée par l'INRA dans le Morbihan a conclu à l'absence de perturbation des structures des communautés d'invertébrés aquatiques non-cibles (Annexe 35 - Publication de Caquet *et al*, 2011).

D'autre part, les doses qui sont mises en œuvre par les agents de démoustication en presqu'île de Guérande sont très largement inférieures aux doses en question dans cet article (d'un facteur 2 à 5).

Enfin, le Dr Laurent LAGADIC conclut un article récent intitulé « *Effet non-intentionnels du Bti : entre certitudes et hypothèses* » publié dans la lettre du C.N.E.V. de septembre 2012 en affirmant que la principale difficulté à laquelle sont confrontées les études *in situ* sur les effets non-intentionnels du Bti est liée à la variabilité naturelle des conditions environnementales des zones humides.[...] Seule la nécessité de mettre en place un suivi environnemental destiné à accompagner, sur le long terme, les opérations de lutte anti-larvaire reste une certitude (Cf Annexe 36 Article du Dr Laurent LAGADIC dans la lettre du C.N.E.V., septembre 2012).

6.4. Temporalité de chaque incidence

Dans le cadre d'une veille entomologique permanente, les opérations seront réalisées **du 1^{er} janvier jusqu'au 31 décembre de chaque année**, sous réserve du respect du protocole décrit dans le présent dossier. En effet, la surveillance et les prospections des gîtes larvaires ont lieu tout au long de l'année et des interventions ponctuelles peuvent être réalisées à toutes saisons (Cf. Annexe 37 Planning des interventions en 2021).

Néanmoins, en fonction de la dynamique des milieux et des résultats des prospections (évaluation de la productivité larvaire) le nombre maximum d'intervention par site ne dépasse pas 15 traitements.

Les différences entre le planning prévisionnel et le calendrier effectif des interventions sont essentiellement dues aux conditions météorologiques (précipitations, ensoleillement) dont la fréquence et l'incidence restent difficilement prévisibles.

6.5. Conclusion de l'évaluation approfondie

L'analyse des effets potentiels exposés précédemment permettent de conclure sur le caractère non dommageable ou non significatif du projet de lutte contre les moustiques sur l'intégrité des sites Natura 2000 de la presqu'île de Guérande, au regard des objectifs de conservation des habitats et des espèces présentes.

Précisons que « *l'intégrité du site au sens de l'article 6.3 de la directive Habitats peut être définie comme étant la cohérence de la structure et de la fonction écologique du site, sur toute sa superficie, ou des habitats, des complexes d'habitats ou des populations d'espèces pour lesquels le site est classé. La réponse à la question de savoir si l'intégrité est compromise doit partir des objectifs de conservation du site et se limiter aux dits objectifs (BCEOM/ECONAT, 2004)* ».

7. Etape 6 : les mesures d'atténuation

7.1. Mise en œuvre et application des protocoles opérationnels de gestion

Sur les communes d'interventions, afin de réduire les incidences éventuelles sur les habitats et les espèces sensibles, la concertation engagée avec les gestionnaires des sites sensibles a été renforcée par des protocoles techniques qui sont proposés aux animateurs des sites Natura 2000 et aux gestionnaires des sites sensibles (Réserves, Espaces Naturels Sensibles)

A ce titre, 2 protocoles ont été signés en 2015 et 2016 et sont toujours d'actualité pour les sites suivants :

- Le site FR5200626 - Marais du Mès, baie et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer et le site FR5200627-Marais salants de Guérande, traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron, avec Cap Atlantique
- Le site FR5200623 - Grande Brière et marais de Donges, avec le P.N.R.B. ;

Ces protocoles rappellent les modalités de mise en œuvre des interventions prenant en compte la sensibilité des sites et confirment la compatibilité de la régulation des moustiques avec les objectifs de gestion des différents sites :

- Rappel des objectifs définis dans les plans de gestion ;
- Détail du protocole d'intervention sur le site ;
- Détail du contenu des restitutions et des échanges d'informations.

Liste des sites et des opérateurs en charge de Natura 2000

Référence du site	Dénomination du site	Opérateur ou animateur
FR5200626 FR5212007	Marais du Mès, Baie et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer, île Dumet	Cap Atlantique
FR5200627 FR5210090	Marais salants de Guérande, Traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron	Cap Atlantique
FR5200623 FR5212008	Grande Brière, Marais de Donges et du Brivet	PNR de Brière

7.2. Collaboration avec le chargé de mission Natura 2000 des sites des marais salants de Guérande et du Mès

Des échanges réguliers sont menés avec le Chargé de mission Natura 2000 (qui est aussi un agent de Cap Atlantique) des sites des marais salants de Guérande et du Mès concernant notamment les

interventions des équipes de régulation des moustiques (prospection, traitement, contrôle et gestion des niveaux d'eau). Ce dernier a, par exemple, suivi le 18 août 2022 une équipe d'agents lors d'un cycle de prospection-traitement sur les marais de Cancro (Assérac). Il a ainsi pu prendre connaissance concrètement de la méthodologie employée sur le terrain et par ailleurs rappeler les enjeux de conservation liés à certains habitats ou certaines espèces.

Un travail spécifique a aussi permis, après un croisement des données de suivi ornithologique avec celles des interventions de régulation des moustiques, d'identifier quelques bassins qui nécessitent une attention particulière au vu des enjeux nidification des laro-limicoles qu'ils représentent.

7.3 Eviter, réduire, « compenser »

Afin d'adapter les interventions à la sensibilité des milieux, une réflexion engagée pour améliorer la gestion différenciée dans l'espace et dans le temps en fonction des informations transmises par les structures animatrices s'est poursuivie.

Sur la base des cartes détaillées des habitats (Cf. Annexes 17 - Exemple de l'analyse des traitements par habitat sur les sites Natura 2000), une analyse cartographique croisée a été réalisée pour mieux appréhender l'impact des interventions sur les différents habitats, notamment sur les habitats les plus fortement concernés.

La réduction des dosages « *Bti* » s'est également poursuivie en 2022.

7.4. « Alternatives »

Les méthodes de piégeage individuelles ou collectives ne constituent pas d'alternative « crédible » compte tenu de leur efficacité et de leur coût. Au mieux, ces dispositifs constituent des mesures complémentaires d'appoint.

Cap Atlantique a poursuivi en 2022 :

- La diffusion des messages de prévention permettant de limiter la prolifération des moustiques par la mise en œuvre de gestes simples ;
- L'appui aux exploitants et gestionnaires des zones humides afin qu'ils procèdent à des travaux d'aménagement de l'environnement (restauration d'habitats dégradés par le piétinement des bovins, travaux d'aménagement et gestion hydraulique concertée) compatibles avec les enjeux de conservation des sites et de régulation des moustiques ;
- La sensibilisation des propriétaires et gestionnaires sur la nécessité de maintenir les accès terrestres pour la mise en œuvre des interventions.

8. Etape 7 : conclusion sur la nature des effets générés

6 sites Natura 2000 (SIC et ZPS) sont concernés, mais principalement 6 habitats et un groupe d'espèces sont potentiellement impactés par les interventions. Les agents de régulation des

moustiques de Cap atlantique s'appuient toujours sur la méthodologie qui repose sur une surveillance entomologique préalable pour identifier précisément les moustiques cibles (9 espèces autochtones sur les 36 espèces de moustiques recensées sur la façade atlantique).

Pour adapter les modalités opératoires à la sensibilité des sites Natura 2000, les agents participent activement au réseau Natura 2000, non seulement dans le cadre des Comités de pilotage, mais aussi par de nombreuses rencontres avec les opérateurs et animateurs Natura 2000.

Pour limiter les incidences sur le milieu, et en particulier préserver la quiétude des sites pour les oiseaux, les interventions sont réalisées exclusivement manuellement.

Les études scientifiques conduites pour améliorer les connaissances sur les impacts éventuels des opérations de régulation des moustiques, en collaboration avec l'équipe du Dr LAGADIC de l'INRA de Rennes ont conclu à l'absence d'impact des traitements réalisés par l'EID Atlantique sur la faune aquatique non-cible. Le partenariat de recherche engagé avec le C.V.R.S.A. pour étudier les impacts potentiels des interventions sur la faune pollinisatrice a démontré l'absence d'effet délétère sur les abeilles ou d'affaiblissement des colonies causé par les traitements réalisés par l'EID Atlantique.

L'EID Atlantique s'était engagé auprès du G.R.E.T.I.A., pour prendre en compte le risque d'impact sur les Odonates, dans le cadre de la déclinaison régionale (Pays-de-la-Loire) du Plan nationale d'action en faveur des Odonates. Cap atlantique s'engage à poursuivre cet engagement.

Ainsi, compte tenu des pratiques de régulation des moustiques et des différences d'habitats de développement préférentiels entre les Culicidés-cibles et ceux du Leste à grands stigmas (*Leste macrostigma*), le risque d'impact apparaît faible.

Ainsi, l'ensemble de ces éléments permet de conclure à une incidence non significative du projet de régulation des moustiques sur les habitats et les espèces ayant justifié la désignation des sites Natura 2000 (Cf Annexe 38 - Récapitulatif de l'évaluation d'incidence pour chaque site Natura 2000)

En conséquence, il apparaît que l'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 ne remet pas en cause l'autorisation de la lutte contre les moustiques sur le département de la Loire-Atlantique. Cap Atlantique respecte les modalités d'intervention et les mesures présentées dans le présent dossier.

Conclusion

Les opérations de régulation des moustiques menées par Cap Atlantique sont essentiellement réalisées dans des secteurs Natura 2000 du fait de la présence d'habitats favorables à la prolifération des moustiques anthropophiles sur ces espaces.

La gestion hydraulique préventive assurée par les agents de Cap Atlantique constitue la méthode prioritaire de lutte contre les moustiques. Elle n'a aucune incidence négative sur les sites Natura mais est au contraire favorable à la conservation de l'habitat prioritaire 1150 - Lagunes côtières.

Les traitements anti-larvaires constituent la méthode de lutte alternative présentant le ratio efficacité/risques pour l'Homme et l'environnement le plus intéressant. Le biocide *Bti*, est en effet reconnu pour sa sélectivité, sa non-toxicité à l'égard des espèces non-cibles et son absence de rémanence dans le milieu. De plus les opérations de prospection et de traitement tel qu'elles sont menées n'ont pas d'impact dommageable ou significatif sur l'intégrité des sites Natura 2000 de la presqu'île de Guérande, au regard des objectifs de conservation des habitats et des espèces présentes.

Références bibliographiques

Publications relatives à « l'innocuité » du *Bti* :

Aguilar-Alberola, J.A. & Mesquita-Joanes, F. (2012) Acute toxicity tests with cadmium, lead, sodium dodecyl sulfate, and *Bacillus thuringiensis* on a temporary pond Ostracod. *International Review of Hydrobiology*, 97, 375-388.

Ali, A. (1981) *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis* (ABG-6108) against chironomid midges and some nontarget invertebrates. *Journal of Invertebrate Pathology* 38, 264-272.

Ali, A. & Lobinske, R.L. (2002) Laboratory and field use of *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* against pestiferous Chironomidae (Diptera): an assessment. *Proceedings of the Third International Conference on Biopesticides, Kuala Lumpur, Malaysia*, 71-79.

Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (2011) Recherche d'insecticides potentiellement utilisables en lutte antivectorielle. *Avis de l'Anses & Rapport d'expertise collective*, 141 pp.

Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (2013) Hiérarchisation des insecticides potentiellement utilisables en lutte anti-vectorielle (LAV). *Avis de l'Anses & Rapport d'expertise collective*, 52 pp.

Balcer, M.D., Schmude, K.I., Snitgen, J. & Lima, A.R. (1999) Long-term effects of the mosquito control agents *Bti* (*Bacillus thuringiensis israelensis*) and methoprene on non-target macro-invertebrates in wetlands in Wright County, Minnesota (1997-1998). Report to Metropolitan Mosquito Control District, St. Paul, Minnesota. 76 pp.

Barnes, P.B. & Chapman, M.G. (1998) Effects of the larvicide VectoBac 479 on assemblages of benthic invertebrates in Bicentennial Park. Centre for Research on Ecological Impacts of Coastal Cities, Sydney.

Bars, R., Broeckaert, F., Fegert, I., Gross, M., Hallmark, N., Kedwards, T., Lewis, D., O'Hagan, S., Panter, G.H., Weltje, L., Weyers, A., Wheeler, J.R. & Galay-Burgos, M. (2011) Science based guidance for the assessment of endocrine disrupting properties of chemicals. *Regulatory*

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.

Boisvert, J. & Lacoursière, J.O. (2004) Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. Envirodoq no ENV/2004/0278, Ministère de l'Environnement, Québec.

Blum, S., Basedow, Th. & Becker, N. (1997) Culicidae (Diptera) in the diet of predatory stages of anurans (Amphibia) in humid biotopes of the Rhine valley in Germany. *Journal of Vector Control*, 22, 23-29.

- Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S.S. & Soberón, M. (2011) *Bacillus thuringiensis* : A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41, 423–431.
- Caquet, Th., Roucaute, M., Le Goff, P. & Lagadic, L. (2011) Effects of repeated field applications of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on non-target saltmarsh invertebrates in Atlantic coastal wetlands. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1122–1130.
- Carlberg G., Tikkanen L. et al., (1995) Safety testing of *Bacillus thuringiensis* preparation, including *israelensis*, using the salmonella assay. *J. Invertebr. Pathol.*, 66, 68-71.
- Charbonneau, C.S., Drobney, R.D. & Rabeni, C.F. (1994) Effects of *Bacillus thuringiensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13, 267-279.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001) *Change in Marine Communities : an Approach to Statistical Analysis and Interpretation*, 2nd ed., PRIMER-E, Plymouth.
- Clements, W.H., Kashian, D.R., Kiffney, P.M. & Zuellig, R.E. (2015) Perspectives 503 on the context-dependency of stream community responses to contaminants. *Freshwater Biology*, doi:10.1111/fwb.12599.
- Crickmore, N. (2005) Beyond the spore – past and future developments of *Bacillus thuringiensis* as a biopesticide. *Journal of Applied Microbiology* 101, 616–619.
- Després, L. Lagneau, C. & Frutos, R. (2011) Using the bio-insecticide *Bacillus thuringiensis israelensis* in mosquito control. *Pesticides in the Modern World - Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment* (ed. M. Stoytcheva), pp 93-126. InTech, Rijeka, Croatia.
- Duchet C., Franquet E., Caquet Th., Larroque M., Lagneau Ch. & Lagadic L., (2008). Effects of spinosad and *Bacillus thuringiensis israelensis* on a natural population of *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera) in field microcosms. *Chemosphere*, 74, 70-77.
- Duchet C., Caquet Th., Franquet E., Lagneau Ch. & Lagadic L., (2010a). Influence of environmental factors on the response of a natural population of *Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera) to spinosad and *Bacillus thuringiensis israelensis* in Mediterranean coastal wetlands. *Environmental Pollution*, 158, 1825-1833.
- Duchet C., Coutellec M.A., Franquet E, Lagneau Ch.& Lagadic L., (2010b). Population-level effects of spinosad and *Bacillus thuringiensis israelensis* in *Daphnia pulex* and *Daphnia magna* : comparison of laboratory and field microcosm exposure conditions. *Ecotoxicology* DOI 10.1007/s10646-010-0507-y.
- Duchet, C., Tetreau, G., Marie, A., Rey, D., Besnard, G., Perrin, Y., Paris, M., David, J.-P., Lagneau, C. & 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.

Duchet, C., Franquet, E., Lagadic, L. & Lagneau, C. (2015) Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* and spinosad on adult emergence of the non-biting midges *Polypedilum nubifer* (Skuse) and *Tanytarsus curticornis* Kieffer (Diptera: Chironomidae) in coastal wetlands. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 115, 272-278..

Duguma, D., Hall, M.W., Rugman-Jones, P., Stouthamer, R., Neufeld, J.D. & Walton, W.E. (2015) Microbial communities and nutrient dynamics in experimental microcosms are altered after the application of a high dose of Bti. *Journal of Applied Ecology*, 52, 763-773.

ECHA – European Chemical Agency (2010) Practical Guide 2: How to report weight of evidence. 22 pp (Version française accessible via le lien suivant : http://echa.europa.eu/documents/10162/13655/pg_report_weight_of_evidence_fr.pdf)

Fayolle, S., Bertrand, C., Logez, M. & Franquet, E. (2015) Does mosquito 527 control by Bti affect the phytoplankton community? A 5-year study in Camargue temporary wetlands (France). *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 51, 189-198.

FMCA-FDACS (2012) Best Management Practices for Integrated Mosquito Management. Florida Mosquito Control Association & Florida Department of Agriculture and Consumer Services. 6 p.

Fourcy, D., Jumel, A., Heydorff, M. & Lagadic L. (2002) Esterases as biomarkers in *Nereis* (Hediste) diversicolor exposed to temephos and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* used for mosquito control in coastal wetlands of Morbihan (Brittany, France). *Marine Environmental Research*, 54, 755-759.

Goss-Custard, J.D. West, A.D., Yates, M.G., Caldow, R.W.G., Stillman, R.A., Bardsley, L., Castilla, J., Castro, M., Dierschke, V., Le V. dit Durell, S.E.A., Eichhorn, G., Ens, B.J., Exo, K.-M., Udayangani-Fernando, P.U., Ferns, P.N., Hockey, P.A.R., Gill, J.A., Johnstone, I., Kalejta-Summers, B., Masero, J.A., Moreira, F., Nagarajan, R.V., Owens, I.P.F., Pacheco, C., Perez-Hurtado, A., Rogers, D., Scheiffarth, G., Sitters, H., Sutherland, W.J., Triplet, P., Worrall, D.H., Zharikov, Y., Zwarts, L. & Pettifor, R.A. (2006) Intake rates and the functional response in shorebirds (Charadriiformes) eating macro-invertebrates. *Biological Reviews*, 80, 501-529.

Granadeiro, J.P., Santos, C.D., Dias, M.P. & Palmeirim, J.M. (2007) Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 587, 291-302.

Hajaj, M., Carron, A., Deleuze, J. Gaven, B., Setier-Rio, M.-L., Vigo, G., Thiéry, I., Nielsen- LeRoux, C. & Lagneau, C. (2005) Low persistence of *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* spores in four mosquito biotopes of a salt marsh in southern France. *Microbial Ecology*, 50, 475-487.

Hanowski, J.M., Niemi, G.J., Lima, A.R & Regal, R.R. (1997a) Response of breeding birds to mosquito control treatments of wetlands. *Wetlands* 17, 485-492.

Hanowski, J.M., Niemi, G.J., Lima, A.R. & Regal, R.R. (1997b) Do mosquito control treatments of wetlands affect red-winged blackbird (*Agelaius phoeniceus*) growth, reproduction, or behavior? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16, 1014-1019.

- Hershey, A.E., Shannon, L., Axler, R., Ernst, C. & Mickelson, P. (1995) Effects of methoprene and Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) on non-target insects. *Hydrobiologia*, 308, 219-227.
- Hershey, A.E., Lima, A.R., Niemi, G.J. & Regal, R.R. (1998) Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) and methoprene on non-target macroinvertebrates in Minnesota wetlands. *Ecological Applications*, 8, 41-60.
- Heurteaux, P. (1999) A propos des moustiques de Camargue... et de la démoustication. *Le Courrier de la Nature*, 177, 17-21.
- Kaufman, M.G., Chen S. & Walker E.D. (2008) Leaf-associated bacterial and fungal taxa shifts in response to larvae of the treehole mosquito, *Onchlerotatus triseriatus*. *Microbial Ecology*, 55, 673-684.
- Krieg A., Hassan s. & al. (1980) Comparison of the effect of the variety *israelensis* with other varieties of *Bacillus thuringiensis* on nontarget organisms of the order Hymenoptera: *Trichogramma cacoeciae* and *Apis mellifera*. *Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 53, 81-83.
- Lacey, L.A. & Merritt, R.W. (2004) The safety of bacterial microbial agents used for black fly and mosquito control in aquatic environments. *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.
- Lagadic L. et al. (2016) - No association between the use of *Bti* for mosquito control and the dynamics of non-target aquatic invertebrates in French coastal and continental wetlands - *Science of the Total Environment* 553 (2016) 486–494.
- Lagadic, L., Roucaute, M. & Caquet, Th. (2014) *Bti* sprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands. *Journal of Applied Ecology* 51, 102-113.
- Lagadic et al., (2009) « Quels sont les effets non intentionnels de la LAV », CD-ROM : 433-500, in D. Fontenille et al. : *La lutte antivectorielle en France*, Marseille, IRD Éditions, coll. Expertise collégiale, 536 p. + CD-ROM.
- Lagadic L. (2009) Avis concernant les effets comparés du Vectobac 12AS et du Vectobac WG sur les communautés d'invertébrés aquatiques des zones humides littorales du Morbihan - INRA Equipe Ecotoxicologie et Qualité des milieux aquatiques, Rennes, 1p.
- Lagadic L., Caquet T., Fourcy D. & Heydorff M. (2002) Évaluation à long terme des effets de la démoustication dans le Morbihan. Suivi de l'impact écotoxicologique des traitements sur les invertébrés aquatiques entre 1998 et 2001. Rapport scientifique de fin de programme, Conseil Général du Morbihan, 215 p.
- Lagadic L. (2007) Evaluation du risque environnemental des traitements de démoustication : harmonisation des méthodes applicables aux invertébrés non-cibles dans les zones humides littorales

- méditerranéennes et atlantiques – Rapport final du Programme National d'écotoxicologie-PNETOX / Ministère de l'écologie et du développement durable. 41 p.
- Land, M. & Miljand, M. (2014) Biological control of mosquitoes using *Bacillus thuringiensis israelensis* : a pilot study of effects on target organisms, non-target organisms and humans. Mistra EviEM Pilot Study PS4 (www.eviem.se).
- Le Drean Quenec'hdu, S. & Mahéo, R. (1997) Régime alimentaire des limicoles dans les traicts du Croisic et impact sur les populations de mollusques bivalves. *Spatule*, 3, 19-24.
- Liber, K., Schmude, K.L. & Rau, D.M. (1998) Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to chironomids in pond mesocosms. *Ecotoxicology*, 7, 343-354.
- Lima, J.B.P., de Melo, N.V. & Valle, D. (2005) Persistence of Vectobac WDG and Metoprag S-2G against *Aedes aegypti* larvae using a semi-field bioassay in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo*, 47, 7-12.
- Lundström, J.O., Schäfer, M.L., Petersson, E., Persson Vinnersten, T.Z., Landin, J. & Brodin, Y. (2009) Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 117-125.
- Lundström, J.O., Brodin, Y., Schäfer, M.L., Persson Vinnersten T.Z. & Östman, Ö. (2010a) High species richness of Chironomidae (Diptera) in temporary flooded wetlands associated with high species turnover rates. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 433-444.
- Lundström, J.O., Schäfer, M.L., Petersson E., Persson Vinnersten T.Z., Landin, J. & Brodin, Y. (2010b) Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 117-125.
- MacKenzie, R.A. (2005) Spatial and temporal patterns in insect emergence from a Southern Maine salt marsh. *The American Midland Naturalist*, 153, 257-269.
- Maletz, S., Wollenweber, M., Kubiak, K., Müller, A., Schmitz, S., Maier, D., Hecker, M. & Hollert, H. (2015) Investigation of potential endocrine disrupting effects of mosquito larvicidal *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) formulations. *Science of the Total Environment*, 536, 729-738.
- Merritt, R.W., Dadd R.H. & Walker E.D. (1992) Feeding behavior, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. *Annual Review of Entomology*, 37, 349-376.
- Miura, T., Takahashi R.M. & Mulligan III, F.S. (1980). Effects of the bacterial mosquito larvicide, *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 on selected aquatic organisms. *Mosquito News*, 40, 619-622.
- Moulinier C. I., Mas J-P., Moulinier Y., De Barjac H., Giap G. et Couprie B. (1981) Etude de l'innocuité de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* pour les larves d'huitre. *Bulletin de la société de pathologie exotique*. 74 : 381-391.

- Mulla, M.S., Federici, B.A. & Darwazeh, H.A. (1982). Larvicidal efficacy of *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 against stagnant-water mosquitoes and its effects on nontarget organisms. *Environmental Entomology*, 11, 788-795.
- Mulligan, F. S., III & Schaefer, C. H.. 1982. Integration of a selective mosquito control agent *Bacillus thuringiensis* serotype H.14, with natural predator populations in pesticide-sensitive habitats. *Proceeding of the California Mosquito Vector Control Association*, 49, 19-22.
- Niemi, G.J., Hershey, A.E., Shannon, L., Hanowski, J.M., Lima, A., Axler, R.P. & Regal, R.R. (1999) Ecological effects of mosquito control on zooplankton, insects, and birds. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 549-559.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Steven, M.H.H. & Wagner, H. (2013) vegan 2.2-0. Community Ecology Package. <http://cran.r-project.org/web/packages/vegan>.
- Östman, Ö., Lundström J.O. & Persson Vinnersten T.Z. (2008) Effects of mosquito larvae removal with *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) on natural protozoan communities. *Hydrobiologia*, 607, 231-235.
- Painter, M.K., Tennessen, K.J. & Richardson, T.D. (1996) Effects of repeated applications of *Bacillus thuringiensis israelensis* on the mosquito predator *Erythemis simplicicollis* (Odonata: Libellulidae) from hatching to final instar. *Environmental Entomology*, 25, 184-191.
- Persson Vinnersten, T.Z., Lundström, J.O., Schäfer M.L., Petersson E. & Landin J. (2010) A six-year study of insect emergence from temporary flooded wetlands in central Sweden, with and without *Bti*-based mosquito control. *Bulletin of Entomological Research*, 100, 715-725.
- Pont, D., Franquet, E. & Tourenq, J.N. (1999) Impact of different *Bacillus thuringiensis* variety *israelensis* treatments on a chironomid (Diptera: Chironomidae) community in a temporary marsh. *Journal of Economic Entomology*, 92, 266-272.
- Pedro, P. & Ramos, J.A. (2009) Diet and prey selection of shorebirds on salt pans in the Mondego estuary, Western Portugal. *Ardeola*, 56, 1-11.
- Reish, D.J., Lemay, J.A. & Asato, S.L. (1985) The effect of *B.t.i.* (H-14) and methoprene on two species of marine invertebrates from southern California estuaries. *Bulletin of the Society for Vector Ecology* 10, 20-22.
- Russell, T.L., Kay, B.H. & Skilleter, G.A. (2009) Environmental effects of mosquito insecticides on saltmarsh invertebrate fauna. *Aquatic Biology*, 6, 77-90.
- Rydzanicz, K., Sobczyński M. & Guz-Regner K. (2010) Comparison of activity and persistence of microbial insecticides based on *Bacillus thuringiensis israelensis* and *Bacillus sphaericus* in organically polluted mosquito-breeding sites. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19, 1317-1323.

- Santos, C.D., Granadeiro, J.P. & Palmeirim, J.M. (2005) Feeding ecology of Dunlin *Calidris alpina* in a Southern European estuary. *Ardeola*, 52, 235-252.
- Stark, J.D. (2005) A review and update of the report "Environmental and health impacts of *Bacillus thuringiensis israelensis*" 1998 by Travis R. Glare and Maureen O'Callaghan. New Zealand Ministry of Health, Wellington. 32 p.
- Szöcs, E., van den Brink, P.J., Lagadic, L., Caquet, Th., Roucaute, M., Auber, 626 A., Bayona, Y., Liess, M., Ebke, P., Ippolito, A., ter Braak, C.J.F., Brock, T.C.M. & Schäfer, R.B. (2015) Analysing chemical-induced changes in macroinvertebrate communities in aquatic mesocosm experiments: A comparison of methods. *Ecotoxicology*, 24, 760-769.
- Su, T.Y. & Mulla M.S. (1999a) Microbial agents *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* suppress eutrophication, enhance water quality, and control mosquitoes in microcosms. *Environmental Entomology*, 28, 761-767.
- Su, T.Y. & Mulla, M.S. (1999b) Field evaluation of new water-dispersible granular formulations of *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* against *Culex* mosquitoes in microcosms. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 15, 356-365.
- Timmermann, U. & Becker, N. (2003) Die Auswirkung der Stechmückenbekämpfung auf die Ernährung auenbewohnender Vogelarten. *Carolinea*, 61, 145-165.
- US EPA – United States Environmental Protection Agency (1998) Reregistration Eligibility Decision (RED) – *Bacillus thuringiensis*. United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Washington, D.C., 157 p.
- US-EPA – US Environment Protection Agency (2011) EDSP - Weight-of-Evidence: Evaluating Results of EDSP Tier 1 Screening to Identify the Need for Tier 2 Testing. US-EPA, Washington, USA.
- Van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F. (1999) Principal response curves: Analysis of time dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 138-148.
- Van den Brink, P.J., Van Wijngaarden, R.P.A., Lucassen, W.G.H., Brock, T.C.M. & Leeuwangh, P. (1996) Effects of the insecticide Dursban® 4E (active ingredient chlorpyrifos) in outdoor experimental ditches: II. Invertebrate community 651 responses. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15, 1143-1153.
- Viain, A., Corre, F., Delaporte, P., Joyeux, E. & Bocher, P. (2011) Numbers, diet and feeding methods of Common Shelduck *Tadorna tadorna* wintering in the estuarine bays of Aiguillon and Marennes-Oléron, western France. *Wildfowl*, 61, 121–141.

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.

WHO – World Health Organization (1999) Microbial Pest Control Agent *Bacillus thuringiensis*. Geneva, World Health Organization (Environmental health criteria; 217), 105 p.

Wipfli M. S., Merritt R. W. (1994) Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic insects through direct and indirect exposure. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 13, 190-205. Worrall, D.H. (1984) Diet of the Dunlin *Calidris alpina* in the Severn Estuary. *Bird Study*, 31, 203-212.

Xu, Y., Chen S., Kaufman M.G., Maknoja S., Bagdsarian M. & Walker E.D. (2008) Bacterial community structure in treehole habitats of *Ochlerotatus triseiatus*: influences of larval feeding. *Journal of American Mosquito Control Association*, 24, 219-227

Yiallourous, M., Storch, V. & Becker, N. (1999) Impact of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on larvae of *Chironomus thummi thummi* and *Psectrocladius psilopterus* (Diptera: Chironomidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 74, 39-47.

Publication relative à l'impact environnemental du Bti :

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.

Jakob et Poulin (2016) - Indirect effects of mosquito control using Bti on dragonflies and damselflies (Odonata) in the Camargue. *Insect Conservation and Diversity*, 9 p.

Réglementation

Loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 modifiée relative à la lutte contre les moustiques / JO 18-12-1964 p. 11265-11266

Loi n° 2004-809 du 13 août 2004 relative aux libertés et responsabilités locales / NOR : INTX0300078L / J.O. du 17/08/2004 texte n°1 (page 14569) / (Art. 72 (III et IV) : Création, par arrêté préfectoral, de zones de lutte contre les moustiques - Remplacement de l'art. 1er et insertion de l'art. 7-1 dans la loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964

Loi de finances pour 1975 (n° 74-1129 du 30 décembre 1974) / JO 31-12-1974 p. 13250 / (Art. 65 : Financement de la lutte contre les moustiques)

Décret n° 65-1046 du 1^{er} décembre 1965 pris pour l'application de la loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 relative à la lutte contre les moustiques / JO 04-12-1965 p. 10852-10853

Décret n° 2005-1763 du 30 décembre 2005 pris pour l'application des articles 71 et 72 de la loi n°2004-809 du 13 août 2004 relative aux libertés et responsabilités locales, et modifiant le code de la santé

publique (dispositions réglementaires), ainsi que le décret n° 65-1046 du 1^{er} décembre 1965 pris pour l'application de la loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 relative à la lutte contre les moustiques / NOR : SANP0524533D / J.O. du 31/12/2005 texte n° 132 (pages 20846/20847) / (Art. 3 : Organisation des opérations de lutte contre les moustiques et sanctions pénales pour non-respect des prescriptions - Remplacement des art. 1^{er}, 2 et 9 ; modification des art. 3, 4, 6, 7 et 8 et abrogation de l'art. 10 du décret n° 65-1046 du 1^{er} décembre 1965)

Circulaire DPPR/DGS/DGT0 du 21 juin 2007 relative aux méthodes de lutte contre les moustiques et notamment à l'utilisation de produits insecticides dans ce cadre (et cas particulier de produits à base de téméphos) (date d'application : immédiate) / NOR : DEVP0700245C / B.O. DU MEDAD du 15 août 2007 – Texte 29 / 36

Publications relatives aux moustiques, à la démoustication et à la lutte anti-vectorielle

AFSSET (2007) La lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya sur l'île de la Réunion : évaluation des risques et de l'efficacité des produits larvicides. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, octobre 2007, 5357 p.

AFSSET – 2007 - La lutte anti-vectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya sur l'île de la Réunion : évaluation des risques liés à l'utilisation des produits insecticides d'imprégnation des moustiquaires et des vêtements. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, juillet 2007, 91 p.

Balenghien T., 2007 – Les Moustiques vecteurs de la Fièvre du Nil occidental en Camargue. N° 146 de la revue Insectes, P. 13 à 17.

Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C. et Kaiser A. (2010) Mosquitoes and their control – Second Edition- Springer : 577 p.

Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Lane J. et Kaiser A. (2003) Mosquitoes and their control. kluwer academic / plenum publishers, new york : 577 pages

Carron A. (2007) traits d'histoire de vie et démographie du moustique *Aedes caspius* (pallas, 1771) (diptera : Culicidae) : impact des traitements larvicides. Thèse de doctorat de l'université paul valéry – montpellier iii, 220 p.

Carron, A., Duchet, C., Gaven, B. & Lagneau, C. (2003) An easy field method for estimating the abundance of Culicidae larval instars. Journal of the American Mosquito Control Association 19 (4), 353-360.

ECDC – European Centre for Disease Prevention and Control (2014) Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe. ECDC, Stockholm, Sweden. ISBN 978-92-9193-599-4.

Fontenille D. et al., (2009) La lutte anti-vectorielle en France. Marseille, IRD Éditions, coll. Expertise collégiale, 536 p. + CD-ROM.

Gabinaud A. (1975) Ecologie de deux *Aedes* halophiles du littoral méditerranéen Français ; *Aedes* (*Ochlerotatus*) *caspius* (PALLAS, 1771) – *Aedes* (*Ochlerotatus*) *detritus* (HALIDAY, 1833) (Nematocera-Culicidae) ; Utilisation de la végétation comme indicateur biotique pour l'établissement d'une carte écologique. Application en dynamique des populations. Thèse présentée devant l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences, 451p.

Rioux J-A. (1958) Les Culicidés du « Midi » Méditerranéen. Encyclopédie entomologique – Edition Paul LECHEVALIER Paris VIe, 301p.

Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hervy J., Rhaïem A. et Brunhes J. (2001) The mosquitoes of Europe - identification and training program. IRD Editions, Montpellier, France (cd-rom).

Service M.W. (1993) Mosquito Ecology - Field sampling methods. Chapman and Hall, London : 988 p.

Sinegre G. (1974) Contribution à l'étude physiologique d'*Aedes* (*Ochlerotatus*) *caspius* (pallas, 1771) (Nematocera - Culicidae). eclosion - dormance - développement - fertilité. Thèse de doctorat, Montpellier, université des sciences et techniques du Languedoc : 285 p.

Cousserans J., Gabinaud A. et Sinegre G. (1977) La démoustication, réflexion sur une méthodologie. Conseil Scientifique et Technique du 4 novembre à Paris, 68p.

Gabinaud A., Guille G., Salieres A., Sinegre G. avec la collaboration de Raynal J. (1985) La faune annexe des gîtes larvaires à Culicidés – Fascicule 1, laboratoire d'entomologie de l'E.I.D. Méditerranée, 28p.

Guilloteau N. (2003) Etude préalable à la lutte contre les moustiques dans les marais de Châtelailon et de la baie d'Yves, 39p.

Mas J-P. (1976) Etude des milieux culicidogènes littoraux atlantiques des marais noirmoutrins à l'estuaire de la Gironde. Mémoire en vue de l'obtention de la maîtrise de géographie à l'Institut de Géographie Bordeaux III, 90p.

Mas J-P. (1971) Etude phyto-écologique des aires culicidiennes de l'Îles de Ré. Thèse présentée à l'Université de Bordeaux I pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université (mention sciences), 121p.

Menard M-F. (1976) Etude phyto-écologique des marais de Mesquer. Note de synthèse, 6p.

Sinegre G., Rioux J-A. et Salgado J. (1979) Fascicule de détermination des principales espèces de moustiques du littoral méditerranéen français. Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen.

Marjolet M., coll. Technique Guilloteau J., (1980) Moustiques et nuisances en presqu'île guérandaïse-. « Marais salants » : contribution à l'étude écologique de la presqu'île guérandaïse. Monographie, Bull. Hors Série, Soc. Sc. Nat. Ouest de la France. pp. 285-288.

- Vermeil C. (1966) Contribution à l'étude des culicidés (Diptera Nematocera) de l'île d'Hoedick. Cahiers des Naturalistes Bull N.P., n° 22 , 93-94.
- Vermeil C. , Rehel H., Marguet S. (1967) Contribution à l'étude toxicologique des Culicidés (Diptera Nematocera) de Loire-Atlantique. Bull. Soc. Pharmacie Ouest. 9, 17-3.
- Vermeil C. (1972) La disparition du paludisme dans la région du Lac de Grandlieu. Sciences Naturelles CRDP. n°1, 31-38. (97è Congrès National des Sociétés Savantes. Nantes, section Sciences III, 195-197).
- Glaud Y., Marjolet M., Menard M-F. (1975) Bases écologiques de la présence de moustiques dans les marais de Guérande et conditions de lutte. Penn Ar Bed, 81, 107-113.
- Marjolet M. (1975) Etude systématique et écologique des culicidés des marais salants de la Presqu'île guérandaise : étude des sites permettant l'application de mesures pratiques de lutte . Rapport EID Atlantique, 30p.
- Marjolet M. (1977) Les Culicidés des zones humides de Loire - Atlantique. Aspects écologiques et nuisances. Thèse Dr Médecine Nantes 24 juin, 168 p + biblio XIIp.
- Marjolet M., Vermeil C. (1977) Les Culicidés (Diptera , Nematocera) des zones humides de Loire Atlantique. Aspects écologiques et nuisances ; Activités Economiques et occupation humaine des marais littoraux des Pays-de-la-Loire. 1er Rapport de Recherches Groupe SERS, Façade atlantique, (386 pages) , pp 74-101.
- Marjolet M. (1978) Une enquête sur les Culicidés (Diptera, Nematocera) de Loire-Atlantique : présence au stade larvaire d'Aedes (Ochlerotatus) flavescens (Muller, 1764) et d'Aedes (Ochlerotatus) sticticus (Meigen, 1838). Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr. 76 , 41-45.
- Marjolet M., Morin O., Vermeil C. (1979) Paludisme d'importation au CHU de Nantes (1968 - 1978). Bull Soc. Pathol. Exot. 72, n°5-6, 435-442.
- Marjolet M. (1980) Moustiques et nuisances en Presqu'île Guérandaise pp 285-288 . « in » (ouvrage collectif) « Marais Salants ». Connaissance des Richesses naturelles de la Loire Atlantique. Contribution à l'Etude écologique de la Presqu'île Guérandaise. 326 p., SSNOF Ed. (Prix J. SAINTENY 1980).
- Marjolet M., Guilloteau J., Vermeil C. (1985) Techniques de démoustication et colères de paludiers : Une tempête dans les marais salants de la presqu'île guérandaise. 4ème Rapport de Recherche du Groupe SERS Façade atlantique. Université de Nantes. RCP 08-068. tome II, 17-38.
- Medlock, J.M. & Leach, S.A. (2015) Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. The Lancet Infectious Diseases 15, 721-730.
- Guilloteau J., Marjolet M. (1990) Culicidés du littoral Atlantique. Méthodes actuelles de lutte. Gestion des milieux humides. Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série, tome 12 (2), 68-71.

Guilloteau J., Marjolet M., Pecout J. M., Prinnet A., (1997) Les marais de Bourgneuf-en-Retz (Loire-Atlantique)-. Levé d'une carte phyto-écologique appliquée aux culicidés. Etude de l'hydraulique. Bull. Soc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série, tome 19, (4).

Guilloteau J., (1990) Culicidés du littoral atlantique- méthodes actuelles de lutte- gestion des milieux humides-. Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série, tome 12, (2).

Le Goff F., Marjolet M. Guilloteau J. Humphery-Smith I. Chastel C. (1990) Characterization and ecology of mosquito spiroplasma from atlantic biotopes in France. Ann. Parasitol. Hum. Comp., 65 (3), 107-110.

Cormier I. (1990) Etude rétrospective au sujet de 152 cas de paludisme d'importation diagnostiqués par le Laboratoire de Parasitologie du CHU de Nantes. de Janv. 1984 à Déc. 89. Doctorat Médecine, Nantes. (Dir. M. Marjolet).

Marjolet M., Guilloteau J. (1990) Présence d'*Aedes vexans* (Meigen, 1830) - Diptera Culicidae, en Loire-Atlantique. Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série, tome 12 (2), 68-71.

Marjolet M., Le Goff F., Guilloteau J., Humphery-Smith I., Chastel C. (1992) Moustiques et spiroplasmes du Littoral Atlantique Français. ICOPA VII Paris. Bull. Soc. Fr. Parasitologie, 8 (suppl. 2), 1220.

Marjolet M., Le Goff F., Humphery-Smith I., Chastel C., Guilloteau J. (1990) Arthropodes hématophages et milieux humides. Moustiques et spiroplasmes du Littoral Atlantique Français. 5ème Rapport de Recherche du Groupe SERS, Université de Nantes, décembre 1990, 63-76.

Brutus L. (1992) Contribution à l'étude de deux *Aedes* halophiles du littoral atlantique français : *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday, 1833) et *Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas , 177) (Diptera, Culicidae). Cartographie écologique. Recherche d'espèces jumelles et d'autogenèse. DEA Interactions Hôtes – Parasites. Université Paris XII Faculté de Médecine de Créteil.

Brutus L., Guilloteau J., Gauvrit D., Mas J-P., Marjolet M. (1992) Les aires Culicidogènes des Marais Littoraux du Morbihan. Congrès Société Française de Parasitologie, BREST, 26-29 Mai.

Brutus L., Guilloteau J., Monteny N., Marjolet M. (1993) Mise en évidence des deux espèces jumelles A et B du complexe *Aedes detritus* (Halliday, 1833). sur le littoral Atlantique français. Congrès Soc. Fr. Parasitol., PARIS, 15-16 JANVIER.

Marjolet M. (1993) La Lutte Génétique. Protection contre les arthropodes vecteurs et nuisibles pour l'homme et les animaux. Bull.Soc.Sc.Nat.Ouest de la France suppl. hors série, pp 61-63.

Marjolet M., Guilloteau J., Agoulon A., Brutus L. (1993) Culicidés (Diptera Nematocera) du littoral et des îles atlantiques - Notes faunistiques complémentaires Bull.Soc.Sc.Nat.Ouest de la France NS.

Brutus L., Riandey M-F., Guilloteau J., Monteny N., Sannier C., Marjolet M. (1994) Mise en évidence des deux espèces jumelles A et B du complexe *Aedes detritus* (Halliday, 1833) sur le littoral atlantique français. Parasite (ex Ann. Parasitol. Hum. Comp.), 1, 167-170.

- Brutus L. (1992) Etude préalable à une démoustication dans le Morbihan. Rapport technique et scientifique, EID Littoral Atlantique. 39 p+ cartes .
- Brutus L., Guilloteau J., Gauvrit D., Mas J-P., Marjolet M. (1993) Les aires culicidogènes des marais littoraux du Morbihan - Eléments cartographiques. Bull. Soc. Fr. Parasitol., 11(2), 237-24.
- Agoulon A. (1993) Contribution à l'étude de deux *Aedes* halophiles du littoral atlantique français : *Aedes detritus* et *Aedes caspius*. Dynamique des populations. Rôle dans la transmission des spiroplasmes. Annecy 5-7 avril 1993. Séminaire Laveran. Biodiversité. In Proceeding du séminaire Laveran. Fondation Marcel MERIEUX 99p.
- Bergeon L. (1994) Le Paludisme d'Importation à Nantes à travers une étude rétrospective de cas et une enquête sur le conseil aux voyageurs. Doctorat Pharmacie, Nantes.
- Agoulon A., Guilloteau J., Marjolet M. (1994) Recherche d'espèces jumelles au sein du taxon *Aedes caspius*. Symposium - outils de la biologie moléculaire pour le diagnostic, la biosystématique et la génétique des populations - Orléans 23-25 mars - publié dans : Veterinary Research, 25, 601-602.
- Agoulon A., Desrieux M., Guilloteau J., Marjolet M. (1994) Répartition des espèces jumelles sympatriques A et B du complexe *Aedes detritus* (Haliday, 1833) sur le littoral en fonction des gîtes et mise en évidence de l'autogénèse. Journées annuelles de la Société Française de Systématique 12-14 septembre Paris.
- Bergeon L., Guibert P-H. Marjolet M. (1995) Le Paludisme à Nantes à travers une étude rétrospective de cas. Médecine Tropicale, 55, n°3 supplément, 45. 2ème Actualités du Pharo et de l'Hôpital Laveran, Marseille 8 sept 1995.
- Desrieux M. (1994-1995) Contribution à l'étude isoenzymatique des espèces jumelles sympatriques A et B du complexe *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday , 1833). Maîtrise de Biochimie Université Nantes, 32p.
- Agoulon A., Desrieux M., Brutus L., Guilloteau J., Marjolet M. (1995) Répartition des espèces jumelles A et B du complexe *Aedes detritus* (Haliday, 19833) et d'*Aedes caspius* (Pallas, 1771) sur le littoral atlantique et mise en évidence de l'autogénèse. Congrès de la Soc. Fr. Parasitol., Chatenay Malabry.
- Agoulon A., Desrieux M., Brutus L., Guilloteau J., Marjolet M. (1995) Génétique des populations de moustiques *Aedes detritus* A et B et *Aedes caspius* sur le littoral atlantique et mise en évidence de l'autogénèse. 99ème Congrès de la Société Zoologique de France, Nantes 3-5 Juillet. Bulletin Soc Zool France.
- Agoulon A. (1996) Ecologie de deux *Aedes* halophiles du Littoral Atlantique français : *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday, 1833) et *Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas, 1771) (Diptera, Culicidae) Identification, Génétique des populations, Recherche d'autogénèse. Dr Sciences de la Vie et de la santé. Ecole doctorale Chimie-Biologie. Université Nantes, (très Honorable, félicitations du Jury) - Dir Marjolet M..

Gauvrit D., Guilloteau J., Marjolet M. (1996) Mosquitoes control : *Aedes (Ochlerotatus) caspius* , *Aedes (Ochlerotatus) detritus* in the salt marshes of the french atlantic coast - From a punctual physical control to a global program of natural sites re-creation or hydraulic patrimony restoration. p 57. X European Meeting SOVE (Society for Vector Ecology) - Strasbourg 2-6 Septembre.

Papy J-P. (1996) Génétique des populations de deux Culicidés halophiles du Littoral Atlantique Français. *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday,1833) et *Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas,1771), par la technique de l'électrophorèse des isoenzymes.

Gros O., Saillard C., Helias C., Le Goff F., Marjolet M., Bove J.M., Chastel Cl. (1996) Serological and Molecular Characterization of *Mesoplasma seiffertii* Strains Isolated from *Haematophogous* Dipterans in France. International Journal of Systematic Bacteriology. 46, n°1, pp 112-115.

Agoulon A., Marjolet M. (1996) Ecology of two halophilous *Aedes* of the french atlantic coast : *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday, 1833) and *Aedes (Oc.) caspius* (Pallas, 1771) (Diptera , Culicidae) p 43-44. X European Meeting SOVE (Society for Vector Ecology) - Strasbourg 2-6 septembre.

Prinet A., Guilloteau J., Pecout J-M., Gauvrit D., Marjolet M. (1996) Etude préalable à la démoustication dans les marais des communes de Bourgneuf en Retz et des Moutiers en Retz - carte phytoécologique - carte de l'hydrologie de surface - rapport EID Atlantique, 18 p.

Cachereul A.I. (1997) Les moustiques : cycle de développement , aspects anatomo - physiologiques et régulation du cycle ovarien. Thèse Dr Vétérinaire. Faculté Médecine Nantes (Pr. Marjolet M.).

Lepelletier D.; Guibert Ph., Moreau C. Marjolet M. (1997) Imported Malaria in NANTES - 3 years of surveillance (1984-96). Fith International Conference on Travel Medicine. 24-27 - Genève.

Prinet A., Gauvrit D., Guilloteau J., Marjolet M. (1997) Aperçu du Marais Breton (Bourgneuf- les Moutiers) à travers la réalisation d'une carte phyto - écologique appliquée aux Culicidés et d'une étude de l'hydraulique. Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France NS., 19, 173-185 (+ insert cartes).

Osman Abd. (1998) le Paludisme d'importation des immigrés. Thèse Doctorat Médecine, Nantes.

Prinet A., Guilloteau J., Mas J-P., Marjolet M., Pecout J-M. (1998) Levée d'une carte phytoécologique appliquée aux Culicidés dans le marais Breton (Bourgneuf, les Moutiers en Retz - Loire Atlantique -) - Conférence Internationale Francophone d'Entomologie - Saint Malo (France), 5- 9 juillet.

Agoulon A., Guilloteau J., Marjolet M. (1998) Biodiversité du taxon *Aedes detritus* (Diptera, Culicidae) sur le littoral français. Conférence Internationale Francophone d'Entomologie - Saint Malo (France), 5- 9 juillet.

Marjolet M., Guilloteau J. (1999) Hydraulique de l'Ensemble de la Paroisse et Populations d'Aediniés halophiles (Culicidés). choix des gestions passées, état de l'hydraulique, propositions. Bulletin Spécial " Une Réserve Biologique dans les Marais Salants de Guérande : la Réserve de la Paroisse". Bull. Soc.Sc.Nat.Ouest.Fr, NS tome 21, n° 1, 29-38 +insert cartes.

Agoulon A., Guilloteau J., Marjolet M. (1999) Le taxon *Aedes detritus* (Haliday, 1833) sur le littoral atlantique français (Diptera : Culicidae) - Actes de la IVème Conférence Internationale Francophone d'Entomologie - Saint Malo (France), 5- 9 juillet 1998- in Annales de la Société Entomologique de France, 35, supplément, pp 263-267.

Chateau S., Deubel V., Poveda J-D., Marjolet M. (1999) La Dengue, maladie émergente ? - une situation très confuse en France - Médecine tropicale, 59, n°2 suppl,76 CB12.

Chouin S., Guilloteau J., Gauvrit D., Marjolet M. (1999) Etude préalable à la lutte contre les moustiques (Culicidés) dans l'estuaire de la Loire de Donges - Paimboeuf à Nantes (1998-1999). Rapport d'étude - contrat de recherche 117D (EID Atlantique- Université de Nantes). Conseil Général de L-Atl., 58p + annexes + atlas cartographique 56p.

Chateau S. (1999) La Dengue, maladie émergente. Attitude du Médecin Généraliste face aux cas d'importation en France métropolitaine. Dr. Médecine, Nantes (Dir M.Marjolet).

Chouin S. (2000) L'estuaire de la Loire de Donges à Nantes – une évolution des milieux sources de nuisances. SSNO, Muséum de Nantes - 5 avril.

Marjolet M. in " (2001) Colloque Gestion et Pathologie des Oiseaux d'eau et marins, 15ans du Centre de soins, 20 - 21 octobre 2000, ENV Nantes ". Gestion des problèmes pathologiques des oiseaux d'eau et marins et de leurs conséquences sur la faune domestique et la santé publique. Problèmes de Santé publique liés aux oiseaux d'eau et marins. - pp 63-66 - Publication ENV Nantes – avril.

Cheviet G. (2001) Arboviroses, pathologies hétérogènes. A propos de 2 cas un de retour d'Asie du sud-est et un de retour de Martinique. Mémoire de Capacité Médecine Tropicale, Nantes, Sept (Dir Marjolet M.).

Marjolet M. (2003) Colloque de restitution. Contrôle des moustiques nuisants dans les espaces naturels méditerranéens. Proposition méthodologique pour la gestion durable d'un site "Ramsar" en Languedoc - Roussillon France) 27 mars 2003 A.G.R.O.M. Montpellier Réseau entomologie - réunion du groupe des insectes hématophages - I.R.D. Montpellier.

Marjolet M. (2003) Changements climatiques et risques de maladies tropicales émergentes (maladies à transmission vectorielle). Université permanente (Université de Nantes) 19 décembre.

Huneau V. (2006) Etude socio environnementale de la présence des moustiques dans l'est du Golfe du Morbihan. Mémoire Fin étude Ingénieur agriculture ESITPA-Rouen ESITPA Rouen, Direct. Chouin. S., Pr. Marjolet M.

Argenti G. (2008) « Le vol du moustique dans l'estuaire de la Loire : le parcours d'un acteur sensible entre le ciel et la terre »Mémoire Master Spécialité ETE (Emploi, Travail , Entreprise) Université Nantes. 176 p.

Marjolet M., Pecaud D., Chouin S., Chastel C. (2008) L'Institut Pasteur a 120 ans. L'EID fête ses 40 ans. Entomologie médicale et vétérinaire – La formation des entomologistes médicaux et vétérinaires. Ses applications dans le domaine des nuisances. Le regain d'intérêt de l'entomologie face aux émergences de maladie et à la mondialisation.

Chouin S. (2008) l'EID atlantique : 40 ans d'activités. 21 novembre. Fac Médecine Nantes. Université permanente.

Pecaud D. (2008) le programme ESTUAE. Cl. Chastel: émergences virales récentes dans un contexte de mondialisation. M. Marjolet: formation des entomologistes médicaux et vétérinaires.

Le Boucher C. (2009) De la gêne à la prise en charge collective : dynamique de construction de la plainte. L'exemple de la lutte contre les moustiques à Frossay (44). Mémoire Master 2 PDES (Diagnostic expertise sociologique), Université Nantes.

Beneteau S. (2009) La gestion du moustique dans le débat public. Mémoire Master 2 PDES (Diagnostic expertise sociologique), Université Nantes.

Pecaud S. (2009) Eléments pour la professionnalisation des agents de démoustication de l'EID atlantique. Mémoire Master 2 PDES (Diagnostic expertise sociologique), Université Nantes.

Marjolet M., Lefebvre B., Bossuet L., Gindre D., Pecaud D., Keruanton J-L., Hubert B., Walkstein C. (2010) Nuisances et risques sanitaires dans l'estuaire de la Loire. Les Journées scientifiques de l'Université. Colloque 9,7 juin. Université Nantes. Programme ESTUAE.

Marjolet M., Chouin S., PLANCHENAUULT M., Meurgey F. (2011) Les moustiques à Nantes - 7 avril - Muséum Nantes – Journée formation des personnels de la ville et métropole.

Chouin S., Marjolet M., De Maupeou J. (2013) Contribution à la mobilisation sociale pour la surveillance d'*Aedes albopictus*, un nouvel outil : iMoustique. Forum international « veille sanitaire et réponse en territoires insulaires » La surveillance, l'investigation et la lutte anti-vectorielle. 11-13 juin - St Denis La Réunion.

Marjolet M. (2012) Alphonse Laveran (1845-1922). Premier Prix Nobel de Médecine français. Biofutur n°328. Systématique réorganiser le vivant. p 60 –63

Marjolet M. (2015) Des Moustiques et es Hommes. Maison du Lac de Granlieu. 25 Mars (résumé Maison du Lac) - P.point 74 diasPdf.

Reiter, P. (2010) Yellow fever and dengue: a threat to Europe? Euro Surveillance 15(10): pii=19509. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19509>

US Fish and Wildlife Service (2011) Final Mosquito Management Plan and Environmental Assessment for the San Pablo Bay National Wildlife Refuge. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Pacific Southwest Region, Sacramento, 61 p + 17 appendices.

Washington State Department of Ecology (2004) Best Management Practices for Mosquito Control. Washington State Department of Ecology Water Quality Program, Olympia, WA 98504-7600, USA. 58 p.

WHO (2012) Handbook for Integrated Vector Management. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 68 p.