

# Surveillance du moustique *Aedes albopictus* en France métropolitaine Bilan 2016



**Année 2016**



Direction Technique

**Entente interdépartementale pour la démoustication  
du littoral méditerranéen**



Ce bilan sur la surveillance du moustique *Aedes albopictus* en France métropolitaine a été réalisé par l'EID Méditerranée, pour le compte de la Direction Générale de la Santé. Ces deux organismes sont liés par la convention du 22 septembre 2016.

Les partenaires de cette surveillance sont :

L'EID Rhône-Alpes (EIRAD)

L'EID Atlantique (EID Atlq)

Le Syndicat de Lutte contre les Moustiques - Lauterbourg, 67 (SLM67)

La Brigade Verte du Haut Rhin (BVHR)

L'Agence Régionale de Santé de Corse (ARS Corse)

Le conseil départemental du Val-de-Marne (CD94)

La coordination du projet a été assurée par l'EID Méditerranée (EID Med).



# SOMMAIRE

Introduction.....	7
1. Dispositif de surveillance.....	9
1.1 Pièges pondoires : méthodologie .....	9
1.2 Organisation et définition des sites de piégeages.....	10
1.3 Zones de piégeage.....	11
2. Suivi de la zone colonisée.....	16
2.1 Historique et résultats antérieurs.....	16
2.2 Expansion de la zone colonisée.....	18
2.3 Signalements par les particuliers via le site national.....	20
3. Bilans régionaux et sectoriels de la surveillance en 2016 .....	22
3.2 Point de situation en région Provence-Alpes-Côte-D'azur.....	23
3.3 Point de situation en région Occitanie.....	24
3.4 Point de situation en région Auvergne-Rhône-Alpes .....	26
3.5 Point de situation en région Bourgogne-Franche-Comté.....	27
3.6 Point de situation en région Nouvelle Aquitaine.....	28
3.6 Point de situation en région Pays-de-la-Loire .....	30
3.6 Point de situation en région Grand-Est .....	31
3.7 Point de situation en Ile de France.....	32
3.8 Point de situation en région Centre-Val-de-Loire .....	34
3.11 Principales conclusions de l'année 2016 .....	36
4. Bilans des opérations de lutte antivectorielle .....	37
5. Evaluation de la sensibilité des populations d' <i>Aedes albopictus</i> de métropole .....	39
5.1 Contexte expérimental.....	39
5.2 Matériel et méthode.....	40
5.3 Résultats.....	40
6. Evaluation de la stratégie d'autodissémination de larvicide pour la lutte contre <i>Aedes albopictus</i> .....	42
6.1 Matériel et méthodes.....	43
6.1.1 Dispositif Auto10.....	43
6.1.2 Zones expérimentales .....	45
6.1.3 Etude opérationnelle.....	47
6.1.4 Analyse statistiques.....	49
6.2 Résultats.....	50
6.2.1 Efficacité théorique du dispositif d'autodissémination.....	50
6.2.2 Etude Auto10 en conditions opérationnelles.....	52
6.3 Discussion .....	55



## Introduction

Le moustique *Aedes albopictus* est surveillé en métropole depuis 1998 dans le cadre d'une convention entre le Ministère de la Santé (Direction Générale de la Santé) et les opérateurs publics de surveillance entomologique et de démoustication.

Le plan national antidissémination du chikungunya et de la dengue prévoit pour la métropole le renforcement de la surveillance entomologique et épidémiologique afin de permettre (1) la détection précoce de la présence du vecteur *Aedes albopictus* et de patients potentiellement virémiques, et (2) la mise en œuvre rapide et coordonnée de mesures de contrôle du vecteur et de protection des personnes. Les modalités de mise en œuvre du plan sont rappelées dans l'instruction DGS/R11/2016/103 du 1er avril 2016 mettant à jour le guide relatif aux modalités de mise en œuvre du plan antidissémination du chikungunya et de la dengue en métropole.

Dans les départements où *Aedes albopictus* a été identifié et est installé de manière pérenne, des arrêtés préfectoraux de lutte contre le moustique *Aedes albopictus* ont été adoptés. Les départements concernés en 2016 sont les Alpes-Maritimes, le Var, la Corse du sud, la Haute-Corse, les Bouches-du-Rhône, l'Hérault, le Gard, les Alpes-de-Haute-Provence, l'Aude, les Pyrénées-Orientales, Le Lot-et-Garonne, la Haute-Garonne, la Gironde, le Rhône, l'Isère, l'Ardèche, la Drôme, le Vaucluse, la Savoie, la Saône-et-Loire, le Bas-Rhin, le Tarn, le Tarn-et-Garonne, les Pyrénées-Atlantiques, les Landes, le Lot, le Dordogne, le Vendée, le Val-de-Marne et l'Ain. Ils visent (1) à la mise en œuvre de la surveillance épidémiologique et entomologique, (2) au renforcement de la lutte contre le moustique et (3) à l'information du grand public et des professionnels de la santé.

Dans ce cadre, sous l'égide du Ministère de la santé (DGS) (surveillance à l'échelle de la métropole) l'EID Méditerranée, l'EID Rhône-Alpes, l'EID Atlantique, la brigade verte du Haut-Rhin et le Syndicat de Lutte contre les Moustiques 67 et le Conseil Départemental du Val-de-Marne interviennent en tant qu'opérateurs publics. Concernant la Corse, la surveillance entomologique est assurée par l'ARS Corse qui confie cette mission par convention à l'Office de l'Environnement de la Corse. La lutte anti-vectorielle est assurée en Corse par les services de démoustication des Conseils généraux.

Ce rapport présente les résultats de la surveillance entomologique réalisée en 2016 en France métropolitaine dans ce contexte.



# 1. Dispositif de surveillance

Le dispositif de surveillance repose sur des réseaux sentinelles de pièges pondoirs dont l'objectif est de détecter précocement la présence du moustique *Aedes albopictus* et de fournir des données sur son introduction, sa dispersion et la densité des populations présentes afin d'induire et de cibler les actions de surveillance épidémiologiques préventives pour la circulation de dengue ou de chikungunya.

En complément de ce réseau de piège, un site de signalement ([www.signalement-moustique.fr](http://www.signalement-moustique.fr)) est mis à disposition du grand public pour informer de la présence d'un insecte ou moustique suspect qui pourrait être un spécimen d'*Aedes albopictus*. Ainsi, tous les particuliers résidants dans une zone intégrée ou non au réseau de pièges pondoirs peuvent contribuer à la surveillance nationale. Cette stratégie est particulièrement pertinente compte-tenus du caractère nuisant et fortement anthropophile d'*Aedes albopictus*, et du manque de sensibilité des pièges pondoirs en milieu urbain où l'abondance en gîtes de ponte génère une forte compétition qui diminue leur attractivité pour les femelles gravides présentes. Chaque opérateur public de démoustication a également en complément de ce dispositif national des sites Internet et/ou des numéros verts permettant aux particuliers d'effectuer des signalements.

## 1.1 Pièges pondoirs : méthodologie

Le piège pondoir est un outil permettant la détection d'espèces de moustiques pondant dans des petits gîtes sombres (trous d'arbres en milieu naturel, containers artificiels). Le but est de proposer un site de ponte attractif pour l'espèce cible, stable dans le temps et dans l'espace (restant en place) et contenant de l'eau en permanence, localisé dans un environnement lui-même attractif pour l'espèce ciblée (végétation dense, proximité d'hôtes). Le piège est constitué d'un seau noir (3l minimum pour des relevés mensuels, 1l minimum pour des relevés bihebdomadaires) étiqueté, contenant de l'eau, une pastille d'insecticide (par exemple du *Bacillus thuringiensis israelensis* ou Bti, type Vectobac DT<sup>®</sup>) et un support de ponte constitué d'un carré de polystyrène d'environ 5x5 cm (figure 1.1). Ce support de ponte flottant suit les variations de niveau d'eau. Les moustiques femelles gravides viennent pondre sur la tranche (qui reste humide) et les œufs ne sont théoriquement pas submergés par la remontée du niveau d'eau, ce qui limite considérablement la possibilité d'éclosion des œufs. L'insecticide est tout de même ajouté pour garantir l'absence de tout développement larvaire (espèce cible ou autre), et empêcher l'émergence de larves issues d'œufs d'*Aedes albopictus* potentiellement présents sur les rebords du seau en cas de précipitations. Ce piège permet avant tout de détecter la présence d'une espèce dans une zone indemne. Il peut éventuellement fournir des données sur la densité de la population en zone colonisée si l'échantillonnage est correctement réalisé (densité suffisante de pièges pondoirs distribués aléatoirement dans une zone circonscrite).

Le piégeage est permanent, avec un relevé généralement mensuel en zone indemne et peut être bimensuel en zone colonisée afin de suivre la dynamique saisonnière de la population installée ; il peut être parfois plus espacé en période hivernale et sur les sites très éloignés.

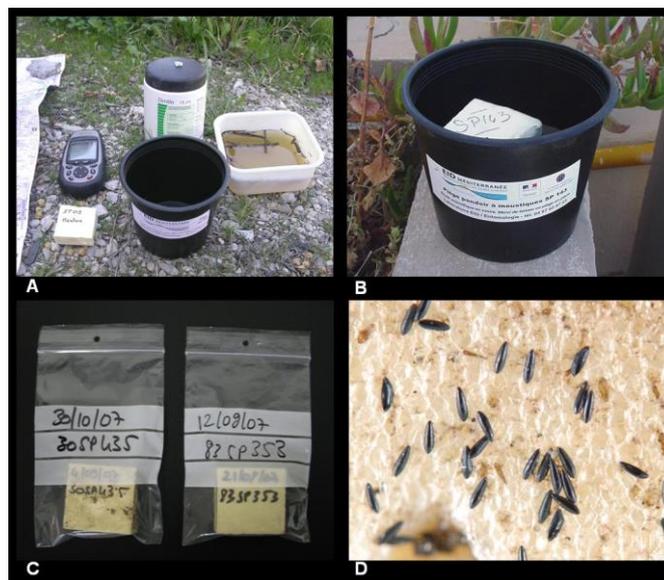


Figure 1.1 : Mise en œuvre du piège pondoir. A – Carte, GPS, polystyrène extrudé 5\*5\*2cm, seau noir avec étiquette, tablette insecticide (anciennement Dimilin®, remplacé par le Vectobac DT®), eau. B – Piège en place. C – Polystyrène prêt pour le transport ou l'envoi au laboratoire de l'opérateur. D – Polystyrène avec œufs d'*Aedes albopictus* en observation binoculaire

## 1.2 Organisation et définition des sites de piégeages

La propagation du moustique *Aedes albopictus* est en constante progression depuis sa première détection à Menton en 2004. Son principale mode d'expansion est la diffusion « en tâche d'huile » autour de ses lieux d'implantation via les transports de personnes, principalement par voies routières. Le transport de marchandises peut également contribuer au déplacement de stocks d'œufs pondus sur celles-ci. La distance entre les sites d'origine (œufs) et les sites d'éclosion peut être considéré comme un facteur de risque (relation négative), si ces sites ont des caractéristiques climatiques très différentes (adaptation). Le transport de proche en proche est donc particulièrement favorable à la diffusion d'*Aedes albopictus*, comme le prouvent les données historiques de surveillance.

Le transport de marchandise intra-national est donc un élément à fort potentiel de diffusion d'*Aedes albopictus*. Si celui-ci peut se faire par voies routières, ferroviaires ou navigables, l'essentiel du transit reste dévolu au secteur routier (784 915 milliers de tonnes de marchandises), le fer et le fluvial restant plus anecdotiques (respectivement 65 769 et 28 936 milliers de tonnes (Sources : données statistiques du ministère transport, de l'équipement, du tourisme et de la mer 2005). Le réseau routier est également le moyen de transport le plus utilisé pour les déplacements de personne au niveau national. Compte-tenu de ces deux facteurs de diffusions (personnes et marchandises), l'essentiel de l'effort de surveillance est basé sur le réseau autoroutier.

Les marchés d'intérêts nationaux, zones d'échanges intra-nationaux intenses pouvant contribuer à la propagation d'*Aedes albopictus* provenant de la zone colonisée (transport d'adultes ou de marchandises portant des œufs) sont inclus dans le réseau de surveillance (voir carte 1).

Les points d'entrée internationaux (ports, aéroports etc.) constituent le portail privilégié de diffusion transcontinental de l'espèce ; cependant les populations transportées ne retrouvent pas forcément les conditions idéales à leur développement à leur arrivée, ce qui limite leur potentiel invasif. Ils doivent cependant être surveillés pour éviter toute introduction et diffusion potentielle éloignée de la zone colonisée.

Les priorités de choix des sites de surveillance sont définies comme suit :

- Sites en bordure de la zone colonisée (année n-1)

- Principaux axes de transport routier en provenance de la zone colonisée
- Communes et agglomérations un peu plus éloignées, mais à proximité de la zone colonisée
- Points d'arrêts des axes de communications (tous types confondus) partant de la zone colonisée (française, italienne ou espagnole)
- Grandes agglomérations sensibles (axes routiers, distances à la ZC, fret, plates-formes logistiques, marché d'intérêts nationaux)
- Points d'entrée internationaux (ports, aéroports, ferroutage etc.)

Une fois ces principales zones couvertes, des sites sont rajoutés dans les zones non surveillées pour couvrir la plus large portion du territoire possible.

### 1.3 Zones de piégeage

Le déploiement du réseau de 2016 est adapté à la progression observée durant l'année précédente (figure 1.2). En début de saison 2016, le Bas-Rhin, le Tarn, le Tarn-et-Garonne, les Pyrénées-Atlantiques, les Landes, le Lot, le Dordogne, le Vendée, le Val-de-Marne et l'Ain ont été classés parmi les départements colonisés par *Aedes albopictus*. Le réseau national tient donc compte de cette évolution et la surveillance est implémentée dans les départements adjacents.

Les axes de transports routiers restent le facteur supportant l'essentiel du réseau de surveillance. Les principaux ports et aéroports sont surveillés (voir figure 1.2) et les marchés d'intérêts nationaux (MIN) restent incorporés au dispositif.

A l'échelle nationale, le réseau permet un maillage global du territoire, tout en conservant une cohérence entre la pression de piégeage et le risque d'introduction/colonisation (voir figure 1.2). L'axe autoroutier Sud-Nord est un vecteur de dispersion d'*Aedes albopictus* jusqu'à Paris, voire plus au Nord et reste intensément surveillé. Des pièges sont également placés en Ile-de-France dans, et autour de Paris suite à l'installation de l'espèce dans la région. En 2016, seules la région Champagne-Ardenne, relativement isolée des flux de transports en provenance de la zone colonisée, reste exempte de surveillance active par piégeage, les habitants de ces régions pouvant néanmoins signaler aux opérateurs les observations de moustiques suspects (figure 1.4). Le projet de surveillance annuel est soumis à l'examen du CNEV (Centre National d'Expertise sur les Vecteurs) et adapté en accord avec les opérateurs en fonction des remarques et avis émanant.

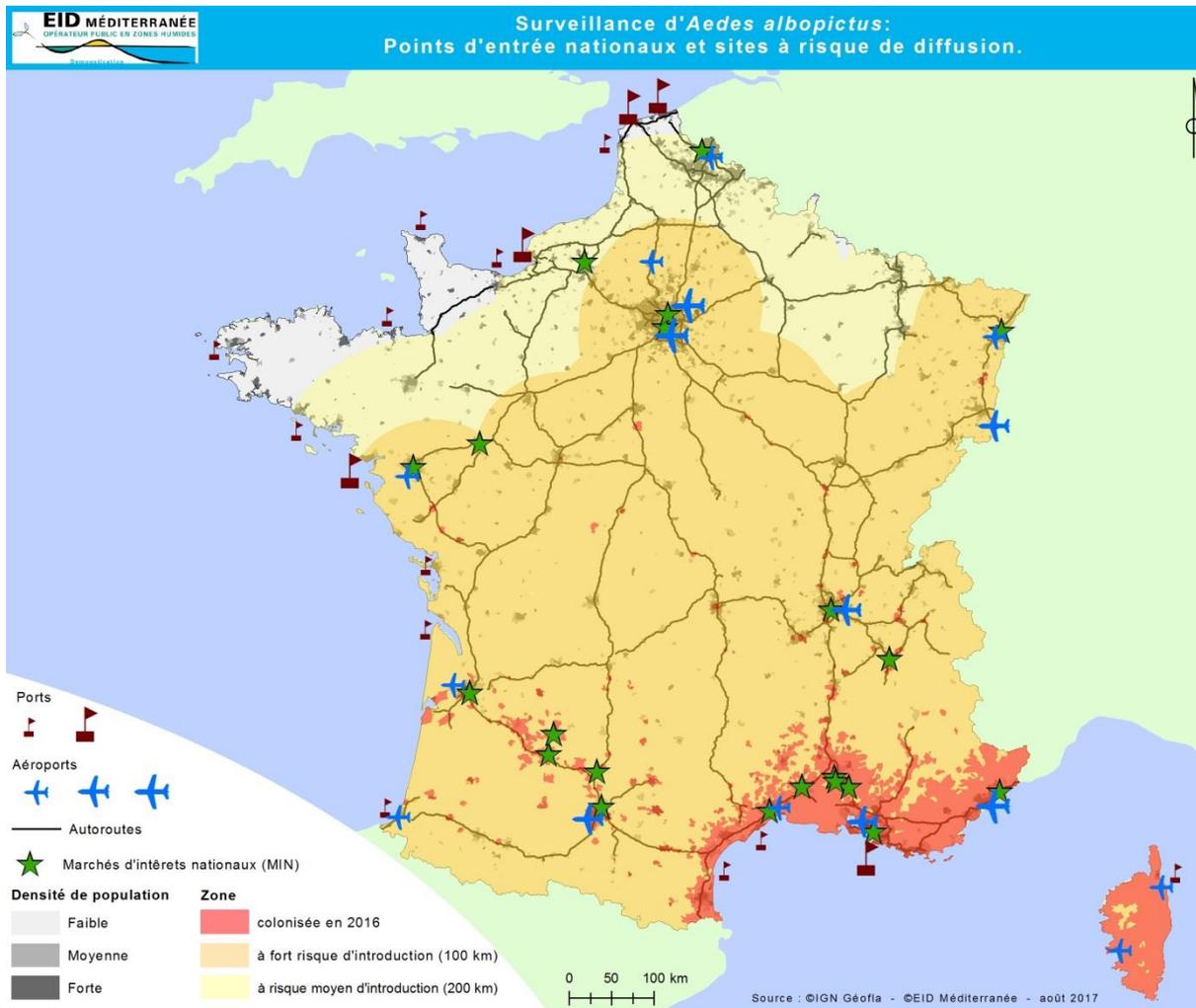


Figure 1.2 : Zone colonisée par *Aedes albopictus* en 2015 et sites à risque d'introduction en métropole

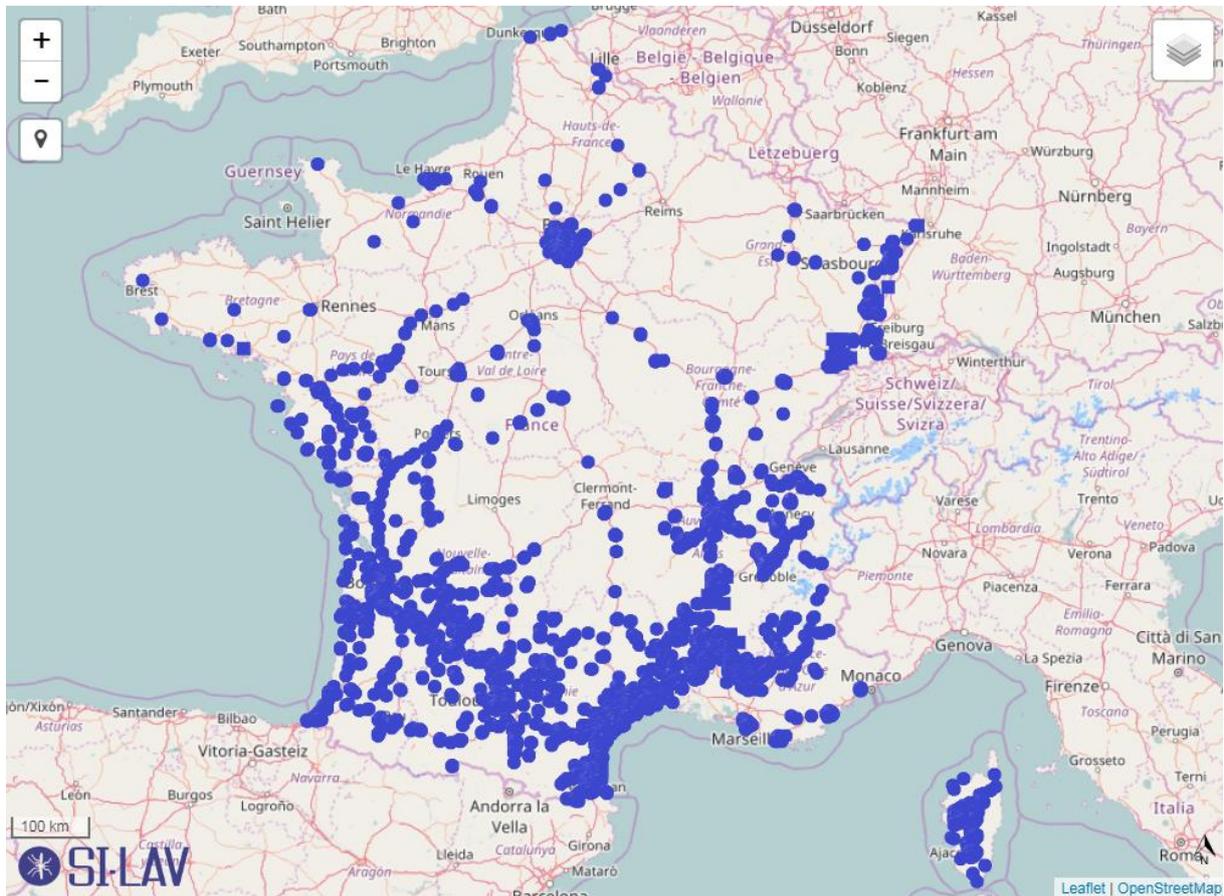


Figure 1.3 : réseau sentinelle de pièges pondoirs déployé en 2016 en France métropolitaine (source : SILAV)

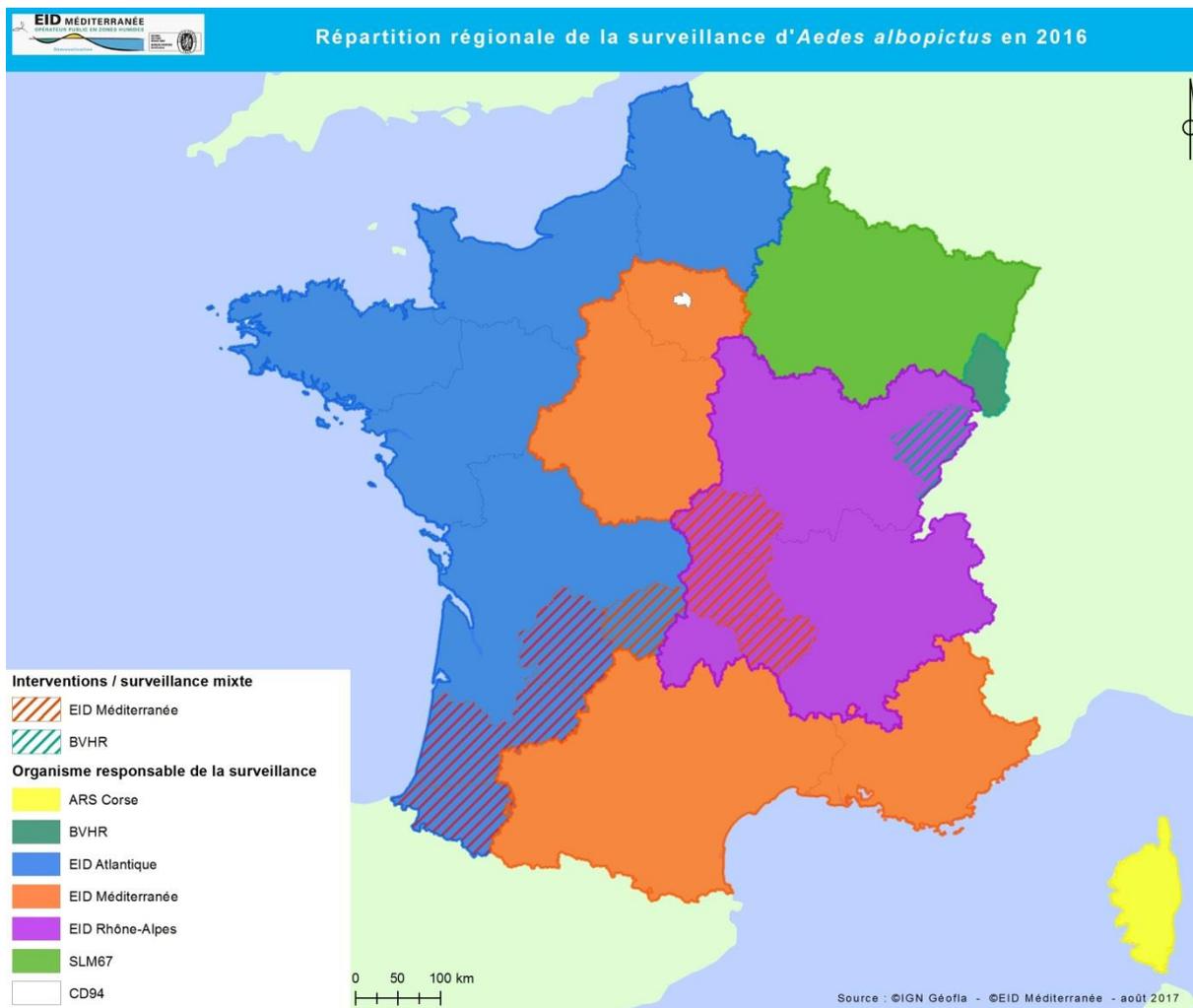


Figure 1.4 : Organisation régionale de la surveillance entre les opérateurs en 2015

Département	Nb pièges pondoirs
Ain*	52
Aisne	16
Allier	2
Alpes-de-Haute-Provence*	39
Hautes-Alpes	28
Alpes-Maritimes*	49
Ardèche*	29
Ariège	26
Aude*	68
Aveyron	32
Calvados	16
Charente	25
Charente-Maritime	47
Cher	6
Corrèze	14
Corse (2A+2B)*	60 = 36+24
Deux-Sèvres	33
Dordogne*	54
Doubs	49
Drôme*	39
Essonne	46
Eure	4
Finistère	9
Gard*	50
Haute-Garonne*	54
Gers	14

Gironde*	371
Hauts-de-Seine	11
Hérault*	102
Ille-et-Vilaine	4
Indre	14
Indre-et-Loire	16
Isère*	79
Landes*	55
Loire	35
Loir-et-Cher	6
Loire-Atlantique	25
Loiret	13
Lot*	4
Lot-et-Garonne*	61
Lozère	13
Maine-et-Loire	17
Meurthe-et-Moselle	15
Morbihan	12
Moselle	7
Nord	22
Oise	4
Orne	4
Paris	38
Pas-de-Calais	4
Puy-de-Dôme	9
Pyrénées-Atlantiques*	53
Pyrénées-Orientales*	85
Hauts-Pyrénées	8
Bas-Rhin*	117
Haut-Rhin	82
Rhône*	150
Saône-et-Loire*	31
Savoie*	53
Haute-Savoie	30
Seine-Maritime	22
Seine-Saint-Denis	22
Seine-et-Marne	18
Tarn*	48
Tarn-et-Garonne*	32
Val-de-Marne*	34
Var*	36
Vendée*	79
Vienne	20
Yvelines	3
<i>Total</i>	2725

<u>Opérateurs</u>	
Brigade verte du Haut-Rhin	
SLM 67	
EID Rhône-Alpes	
EID Atlantique	
ARS Corse	
Conseil départemental 94	
EID Méditerranée	

Tableau 1.5 : Répartition des pièges pondoirs par département (\* Département colonisé début 2016)

Soixante-dix départements ont été surveillés activement en 2016 par les différents opérateurs en démoustication. Deux départements colonisés et classés en niveau 1 du plan antidissémination ne présentaient pas de pièges pondoirs sur leur territoire (exemple : Bouches-du-Rhône déjà quasi intégralement colonisé).

Environ 2725 pièges ont été déployés durant la saison sur tout le territoire métropolitain français, dont 880 dans les départements exempts d'*Aedes albopictus* (classé en niveau albopictus 0 du plan) et dont la surveillance est financée par la DGS.

## 2. Suivi de la zone colonisée

### 2.1 Historique et résultats antérieurs

- **2002 – 2003** : surveillance par un réseau de 13 pièges pondoires disposés sur les communes de Menton, Roquebrune-Cap-Martin et La Turbie (aire d'autoroute), de juillet à novembre 2002 et de mai à novembre 2003, tous restés négatifs pour *Aedes albopictus*.
- **2004** : surveillance par ce même réseau de 13 pièges pondoires, d'avril à novembre.
  - **Détection du moustique *Aedes albopictus* dans un piège du jardin botanique Val Rahmeh, à Menton (06) le 26 juillet.**
  - Renforcement du réseau de pièges (plus de 90) après les traitements effectués, sur Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Gorbio et Castellar, de début septembre à mi-octobre : tous les pièges sont restés négatifs.
- **2005** : surveillance par un réseau d'une vingtaine de pièges pondoires
  - De mai à juillet sur les communes de Menton, Roquebrune-Cap-Martin et La Turbie (aire d'autoroute) : premiers pièges positifs dans le jardin du Val Rahmeh le 13 juillet suivis de traitements.
  - Déplacement de pièges vers 7 autres communes de la côte et prospections de terrain : **courant novembre, 6 communes étaient positives en *Aedes albopictus*** : Menton (dès le 13/07/05), Roquebrune-Cap-Martin (16/09/05), Cap-d'Ail (23/11/05), Èze (23/11/05), Beaulieu-sur-Mer (23/11/05) et Nice (13/09/05).
  - Dans le même temps, les communes de La Turbie (A8), Cannes, Antibes-Juan-les-Pins et Villeneuve-Loubet sont restées négatives.
- **2006** : des observations laissent présager du maintien d'une population active des moustiques dans des serres pendant tout l'hiver (Saint-Jean-Cap-Ferrat ; récolte d'œufs le 7/03/06).
  - Dans le cadre du plan de lutte contre l'introduction du chikungunya et de la dengue en métropole, annoncé par le ministre de la santé le 17 mars 2006, la surveillance a été renforcée dans le sud de la France, notamment dans les Alpes-Maritimes. Elle a permis de constater en 2006 l'installation du moustique dans 23 communes des Alpes-Maritimes pour une emprise d'ensemble estimée à 266 Km<sup>2</sup> et une population concernée estimée à 576 100 habitants (*listing et carte présentés dans le bilan de surveillance 2006*).
  - **L'installation du moustique est également constatée dans 31 communes de Haute-Corse** pour une emprise de 475 km<sup>2</sup> et une population concernée estimée à 69 700 habitants.
  - Un réseau allégé a été maintenu dans les Alpes-Maritimes pendant l'hiver 2006-2007 afin d'appréhender la levée de diapause de la population (*listing des pièges présenté dans le bilan de surveillance 2006*). Aucune activité n'a été détectée avant la fin du mois d'avril 2007.
- **2007** : Le niveau de surveillance dans les Alpes-Maritimes est maintenu pour l'année 2007 (Circulaire N°DGS/RI1/DEUS/EA/2007/278 du 12 juillet 2007 relative aux modalités de mise en œuvre du plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole. du 12 juillet 2007). Le réseau est allégé dans la zone précédemment colonisée et intensifié sur tout son pourtour. **Les premières détections d'*Aedes albopictus* dans le Var** ont lieu dans les communes de Fréjus et de Sainte-Maxime. **L'espèce est également détectée pour la première fois en Corse-du-Sud**, sur les communes de Solenzara et Porto-Vecchio.

- **2008** : Le niveau de surveillance est maintenu pour l'année 2008 (plan de lutte contre l'introduction du chikungunya et de la dengue en métropole, circulaire n°DGS/DUS/RI1/2008/138 du 17 avril 2008). Le réseau est allégé dans la zone précédemment colonisée et intensifié sur tout son pourtour.
- **2009** : Le niveau de surveillance est maintenu pour l'année 2009 (plan de lutte contre l'introduction du chikungunya et de la dengue en métropole, circulaire N°DGS/RI1/2009/156 du 08 juin 2009). Le réseau est allégé dans la zone précédemment colonisée et intensifié sur tout son pourtour. **Aedes albopictus est détecté dans les Bouches-du-Rhône, dans deux quartiers de la ville de Marseille.**
- **2010** : *Aedes albopictus* est désormais installé sur **toute la zone littorale comprise entre Menton, à l'est, et Marseille, à l'ouest.**
  - Le département des Alpes-Maritimes est colonisé dans sa quasi-totalité (excepté les zones d'altitude), ainsi qu'une grande partie du département du Var.
  - Dans les Bouches-du-Rhône, l'espèce a été détectée dans plusieurs villes, dont certaines présentent un degré d'implantation assez avancé (Arles : 6 pièges positifs ; Aix-en-Provence : 3 pièges positifs).
  - Le département de la Haute-Corse est désormais colonisé dans sa quasi-totalité. En Corse-du-Sud, l'installation de l'espèce s'est poursuivie, notamment avec l'apparition de deux nouveaux foyers de dispersion, dans les régions de Porto et D'Ajaccio\*.
  - Enfin, le département des **Alpes-de-Haute-Provence a été classé en niveau 1** du plan antidissémination du chikungunya et de la dengue en France métropolitaine, suite à la découverte de l'installation d'*Aedes albopictus* sur la commune d'Entrevaux, à la frontière des Alpes-Maritimes.
- **2011** : De nouvelles détections sont rapportées, assez éloignées du front de colonisation, en Languedoc-Roussillon.
  - **Le Gard et L'Hérault sont classés en niveau 1** du plan, après la découverte de pièges pondoires positifs dans les villes de Saint-Ambroix, Nîmes et Montpellier.
  - Des prospections entomologiques révèlent une installation en fin de saison d'*Aedes albopictus* dans le département du Vaucluse, aux alentours d'Avignon.
  - Le front de colonisation progresse globalement peu (continuum), cependant des pièges positifs ont été retrouvés jusqu'en région Rhône-Alpes et en Aquitaine
- **2012** : Les détections observées dans les départements du Vaucluse et du Lot-et-Garonne se révèlent finalement les signaux d'installations irréversibles à Avignon et sa périphérie et sur la commune de Marmande. De nombreux signalements de foyers d'infestations ont été rapportés dans le Rhône, l'Ardèche, l'Isère et la Drôme, l'Aude, les Pyrénées-Orientales, la Haute-Garonne et le Lot-et-Garonne.
  - **Le Vaucluse et le Lot-et-Garonne sont classés en niveau 1**
- **2013** : Huit nouveaux départements sont désormais touchés -parfois très localement- par des foyers d'infestations. L'intégralité de l'Arc Méditerranéen est désormais colonisée. *Aedes albopictus* est détecté en Gironde, ce département sera classé en niveau 1 après la saison de surveillance, début 2014.
  - **Sont classés en niveau 1 : le Rhône, l'Ardèche, l'Isère et la Drôme au nord, l'Aude, les Pyrénées-Orientales, la Haute-Garonne et le Lot-et-Garonne à l'ouest.**
- **2014** : La Savoie et la Haute-Saône sont désormais colonisées. Des détections -sans installation- sont de plus en plus septentrionales sont rapportées sur les axes autoroutiers et des sites d'échanges intra, ou internationaux (Yonne, Loir-et-Cher, Paris, Bonneuil-sur-Marne, Roissy Charles-de-Gaulle, Euroairport). Des populations de moustique-tigre sont détectées dans une configuration urbaine propice à leur installation pérenne à Fontenay-le-Comte (Vendée) et à Schiltigheim (Bas-Rhin)
  - **Sont classés en niveau 1 : la Savoie et la Saône-et-Loire**
- **2015** : De nombreuses nouvelles installations sont constatées dans les départements du Sud-Ouest, ainsi qu'à proximité de Créteil et de Strasbourg où les tentatives d'éliminations ont échouées. L'espèce persiste également en Vendée en dépit des traitements réalisés.

- **Sont classés en niveau 1 : le Bas-Rhin, le Tarn, le Tarn-et-Garonne, les Pyrénées-Atlantiques, les Landes, le Lot, le Dordogne, le Vendée, le Val-de-Marne et l'Ain**

## **2.2 Expansion de la zone colonisée**

### **Point général :**

Le réseau de surveillance a été mis en place à partir du mois d'avril 2016. Le réseau est ajusté en permanence à la situation (ex : détections) et aux contraintes de terrain. Les relevés ont été effectués mensuellement, voire plus régulièrement sur les secteurs nécessitant une surveillance accrue (ex : nouvelles détections).

Les résultats des piégeages permettent de visualiser les communes colonisées par *Aedes albopictus* en 2016 sont présentés dans la figure 2.1.

Au début de saison 2016, 30 départements présentent, plus ou moins localement, des populations d'*Aedes albopictus* installées. Cette emprise colonisée représente un risque accru de voir le vecteur se disperser depuis celle-ci vers de nouveaux territoires indemnes. Durant la saison 2015 le moustique tigre a été identifié fréquemment dans des secteurs non colonisés et beaucoup plus septentrionaux que les précédentes saisons. En effet la progression de l'emprise colonisée par l'espèce est inédite, au total dix nouveaux départements ont été classés en niveau 1 durant l'exercice 2015 (figure 2.2). Pendant la saison 2016, la zone colonisée s'est étendue beaucoup plus modérément, seuls trois départements ont fait l'objet de signalement de populations d'*Aedes albopictus* sans qu'il ait été possible de l'éradiquer localement, et hormis le Haut-Rhin les deux autres départements (Aveyron et Gers) sont plus proches des secteurs historiquement colonisés et plus probablement soumis à des introductions répétées depuis ceux-ci.

Trois foyers populations installées et sources probables de colonisation potentielles, bien distants des secteurs plus infestés, sont désormais identifiés en France en Vendée, en Alsace, et en Ile-de-France.

Le moustique-tigre progresse encore un peu plus fortement dans grand Sud : l'espèce est implantée dans le Gers et l'Aveyron, et des détections ponctuelles ont été rapportées d'Ariège et de Lozère

En Alsace, l'espèce progresse également et est retrouvée implantée de façon irréversible dans le Haut-Rhin, elle reste active dans l'agglomération Strasbourgeoise ; les deux départements Alsaciens et frontaliers sont classés en niveau 1.

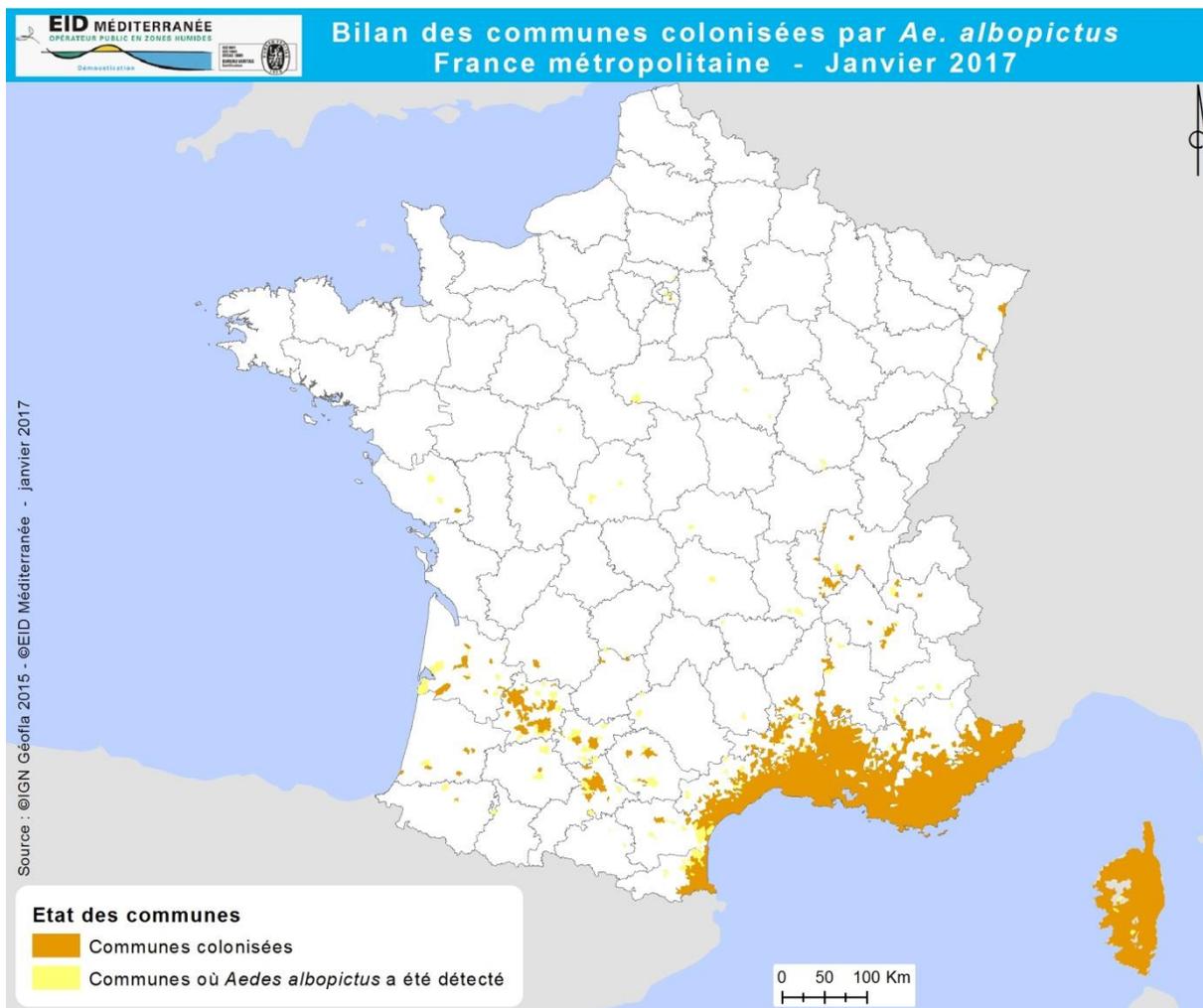


Figure 2.1 Communes colonisées et détections d'*Aedes albopictus* en 2016

Année	Département en N1
2006	2 (06+2B)
2007	3 (+2A)
2008	4 (+83)
2009	4
2010	6 (+13+04)
2011	8 (+34+30)
2012	10 (+84 +47)
2013	17 (+69+38+07+26+11+66+31)
2014	20 (+33+71+73)
2015	30 (+67+81+82+64+40+46+24+85+94+01)
2016	33 (+32+12+68)

Figure 2.2 Evolution du nombre de départements classés en niveau 1 depuis 2006

Le commerce de pneumatiques usagés est une des voies principales de propagation du moustique tigre. Les importateurs suivants ont été sélectionnés en fonction des quantités et de l'origine des marchandises (pays d'origine) remise à jour en fonction de l'état de la colonisation par *Aedes albopictus* dans ces derniers. Sur la base de ces données, un indice de risque d'importation de moustiques exotique a été défini. La liste des sites à surveiller pour 2016 a été remise à jour d'après les données douanières de l'année 2015. Les sites ont été investigués, dans un premier temps afin de connaître les modalités de stockage des pneus (connaissance antérieure des sites, photos aériennes et prise de contact téléphonique) puis, lorsqu'ils sont conservés en extérieur, des prospections entomologiques ont été réalisées.

Région	Département	Dépt	Commune
Alsace-Lorraine-Champagne-Ardennes	Haut-Rhin	68	HOMBOURG
Bourgogne-Franche-Comté	Doubs	25	ARC-SOUS-MONTENOT
Normandie	Calvados	14	SAINT-PIERRE-SUR-DIVES
Normandie	Manche	50	VALOGNES
Normandie	Orne	61	MONTSECRET
Bretagne	Finistère	29	PLOMELIN
Bretagne	Morbihan	56	LORIENT
Bretagne	Morbihan	56	PONTIVY
Nord-Pas-De-Calais-Picardie	Aisne	02	LAON
Nord-Pas-De-Calais-Picardie	Oise	60	LE MESNIL-EN-THELLE
Poitou-Charentes-Limousin-Aquitaine	Vienne	86	NAINTRÉ
Auvergne-Rhône-Alpes	Loire	42	SAINT-PIERRE-DE-BŒUF
Auvergne-Rhône-Alpes	Ain	01	NIEVROZ
Bourgogne-Franche-Comté	Yonne	89	AVALLON
Auvergne-Rhône-Alpes	Haute-Savoie	74	PERRIGNIER

Les 15 sites sélectionnés parmi une centaine d'importateur couvrent la plus grande partie du risque d'introduction de vecteurs exotiques en métropole, basé sur l'indice de risque calculé prenant en compte les tonnages importés et l'origine des marchandises (situation entomologique par pays mise à jour annuellement).

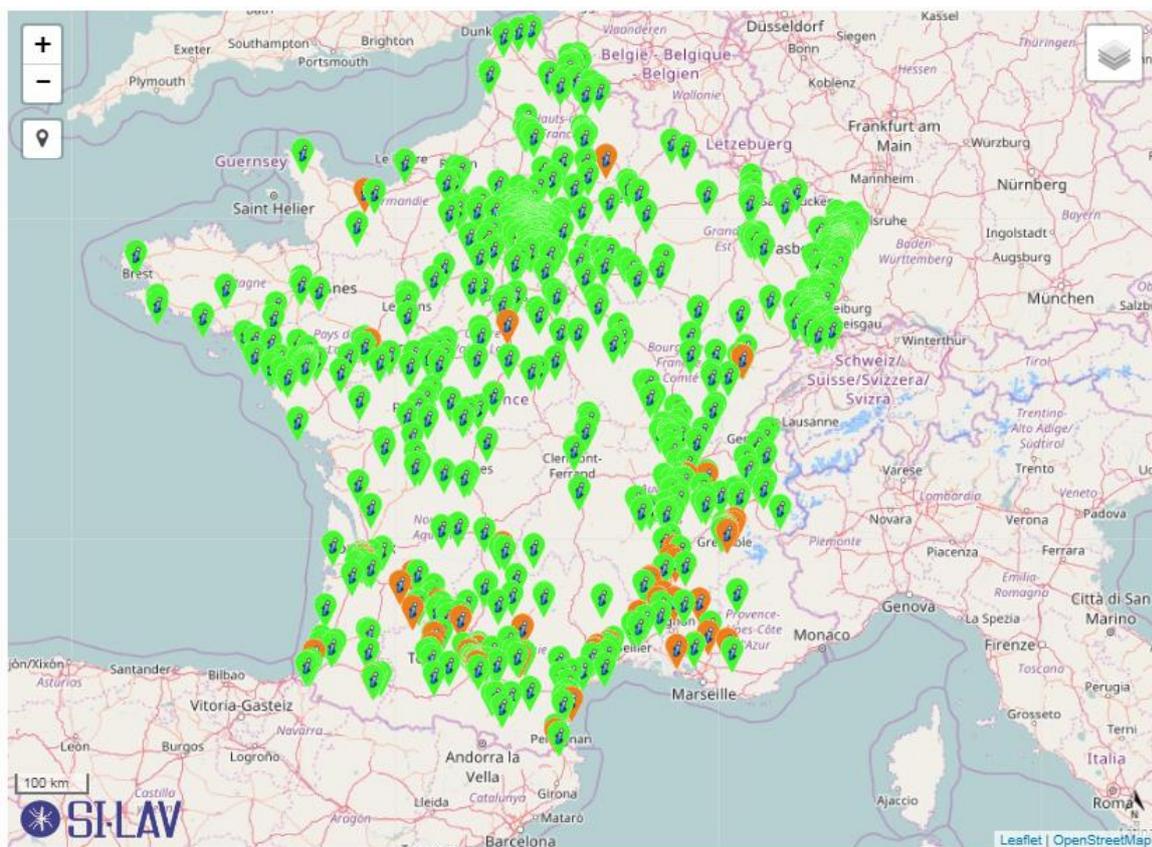
Parmi les importateurs visités, aucun ne présentait de vecteurs exotiques invasifs en 2016 à l'exception du site de Laon. Sur celui-ci, les investigations commencées en juillet 2015 comprenant l'installation d'un réseau de pièges n'ont pas révélées la présence d'espèces invasives durant la saison. En revanche courant décembre, lors du démantèlement du dispositif, deux pièges pondoires étaient positifs, et de nouveau pièges positifs ont été rapportés en juillet 2016. Depuis, trois traitements antilarvaires et antiadultes ont été pratiqué sur le secteur occupé par cet importateur de pneumatiques. Les relevés de mi-septembre semblent indiquer que le moustique-tigre commence à sortir de l'emprise occupée par l'importateur, toutefois aucune activité biologique d'*Aedes albopictus* n'a plus été observée depuis mi-octobre 2016. La situation est assez préoccupante, la décision de classement ou non de ce département est reportée à la lumière de données entomologiques attendues en 2017.

### 2.3 Signalements par les particuliers via le site national

Suite à la médiatisation de la problématique *Aedes albopictus* en métropole, de plus en plus de particuliers, en présence d'un insecte volant inhabituel, pensent identifier le fameux moustique tigre. Plusieurs sites internet proposent d'ailleurs le signalement de ce moustique, sans confirmation aucune de l'identité de l'insecte capturé. Les opérateurs en démoustication proposent d'identifier les spécimens suspects trouvés par les particuliers. En effet, depuis la mise en place de la surveillance en métropole, la transmission de spécimens ou de photos d'insectes capturés a permis à plusieurs reprises d'identifier la présence d'*Aedes albopictus* sur des

territoires où il n'avait pas été mis en évidence par le réseau de pièges pondoirs sentinelle, en particulier en milieu urbain, où la compétition du réseau avec les gîtes naturels est très importante et se traduit par une réduction de la sensibilité du dispositif. Une grande majorité des signalements ne concernent pas les espèces exotiques recherchées par ce biais, et l'essentiel des rapports de présence du moustique tigre proviennent de zones où *Aedes albopictus* est présent depuis plusieurs mois ou années. Pour limiter ces signalements non pertinents et suite aux recommandations du groupe de travail sur la surveillance d'*Aedes albopictus* organisé dans le cadre du CNEV (Centre National d'Expertise sur les Vecteurs), un portail internet de signalement et de pré-identification national est désormais disponible (<http://www.signalement-moustique.fr/>) renvoyant les signalements vers les opérateurs publics en charge de la surveillance dans le département concerné pour validation et mise en œuvre des mesures de lutte adaptées.

A l'échelle nationale, plusieurs milliers de signalements ou demandes d'identifications d'insectes suspects ont été reçus par les partenaires de la surveillance, tous médias confondus. Un récapitulatif des signalements réceptionnés via le portail internet est présenté en figure 2.3. Le portail de signalement et de pré-identification en ligne mis en place en 2014 permet de limiter la mobilisation des opérateurs uniquement sur les signalements les plus pertinents (réponse automatisée en zone colonisée et critères de pré-identification simples). En 2016, des demandes d'identification sont parvenues de toutes les régions. L'intégration de ces signalements à la surveillance par pièges pondoirs est donc un bon moyen d'affiner la sensibilité du dispositif national en couvrant des secteurs moins densément surveillés par le réseau de pièges pondoirs. Parmi tous les signalements émis, 941 provenaient de communes non colonisées et ont permis de récolter une information pertinente sur l'extension de l'espèce (environ une centaine de nouvelles communes colonisées). Deux signalements d'Ile de France (Val-d'Oise et Paris), un du Doubs et un du Maine-et-Loire ont entraîné la réalisation d'enquêtes de terrain dans ces quatre départements non-colonisés.



**Légende :**

-  Demande d'intervention (en cours d'investigation ou absence de moustiques vecteurs)
-  Demande d'intervention (présence de moustiques vecteurs confirmée)

Figure 2.3 Origine des signalements et des demandes d'identifications d'*Aedes albopictus* et d'autres espèces d'insectes traités via le site [www.signalement-moustique.fr](http://www.signalement-moustique.fr) et I-moustique en 2016 (source : SILAV)

## 2.4 Détections par le réseau sentinelle en 2016

L'extension, toujours exponentielle et irréversible de l'emprise colonisée par *Aedes albopictus* en métropole augmente le risque de propagation de l'espèce, et sa remontée vers le nord. Heureusement, toutes les détections ne traduisent pas une implantation irréversible de l'espèce, soit parce que des opérations de contrôles ont été réalisées (traitements insecticides) soit parce que la configuration du terrain et les facteurs environnementaux n'étaient pas propice à une installation pérenne (saisonnalité, absence de gîtes larvaires, etc.). En 2016, *Aedes albopictus* a été détecté sur 10 départements antérieurement indemnes sans constater d'installation (niveau 0-b, voir figure 2.4)). Trois départements supplémentaires ont été classés en niveau 1, enfin, un département présente une installation semi-contrôlée autour d'un importateur de pneumatiques. Certaines de ces détections doivent faire l'objet d'une surveillance particulière en 2016, compte-tenu de leur identification relativement tardive et de l'entrée en diapause de l'espèce, progressive sur le mois de septembre, qui peut se traduire par des relevés négatifs (faux-négatifs) en fin de saison. L'état de ces détections est détaillé dans les bilans régionaux et présenté en figure 2.4.

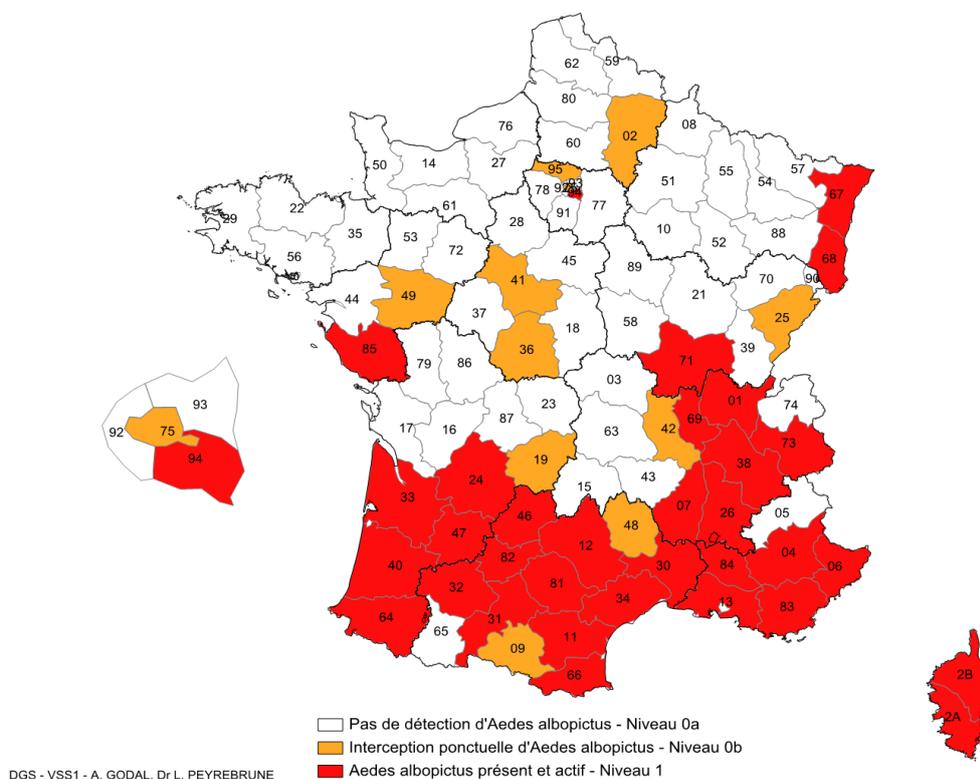


Figure 2.4 Classement des départements suite aux résultats entomologiques de la saison de surveillance 2016

## 3. Bilans régionaux et sectoriels de la surveillance en 2016

En début de saison 2016, trente départements colonisés par *Aedes albopictus* sont classés en niveau 1 du plan antidissémination sur neuf régions : Corse, Provence-Alpes-Côte-D'azur,

Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Nouvelle-Aquitaine, Pays-de-la-Loire, Grand-Est et Ile-de-France. Le moustique tigre a également été détecté en région Centre-Val-de-Loire et Hauts-de-France.

### 3.1 Point de situation en région Corse

La Corse est identifiée comme un des premiers territoires colonisés en 2006 (Haute-Corse), des détections et une confirmation de la présence d'*Aedes albopictus* étant confirmée dès l'année suivante en Corse-du-Sud. La quasi-totalité du territoire présente d'es populations de moustique-tigre, seules quelques communes en altitude n'ont à ce jour pas fait l'objet de détections. Durant la saison 2016 aucune progression n'a été constatée, bien que l'île soit assez largement colonisée (voir figure 3.1).

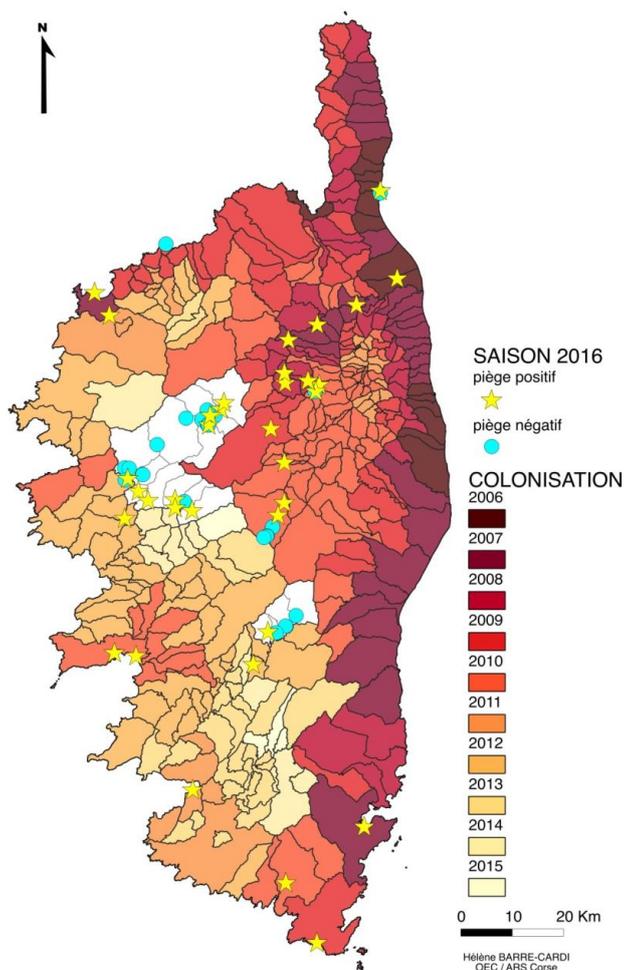


Figure 3.1 : colonisation de la Corse par *Aedes albopictus* de 2006 à 2016

### 3.2 Point de situation en région Provence-Alpes-Côte-D'azur

*Aedes albopictus* est largement installé dans tous les départements de la région PACA - historiquement la première région colonisée- à l'exception des Hautes-Alpes. La plus grande partie du département des Alpes-Maritimes est colonisée, seuls les secteurs de l'arrière-pays restent préservés, grâce au relief important, à la faible densité d'habitation et aux voies de communication limitées. Dans le Var et les Bouches-du-Rhône, comme dans le département précédent, la quasi-totalité de l'espace est touchée par le moustique tigre, qui est par ailleurs très

abondant sur la frange littorale. Les Hautes-Alpes restent indemnes de la présence d'*Aedes albopictus* en 2016.

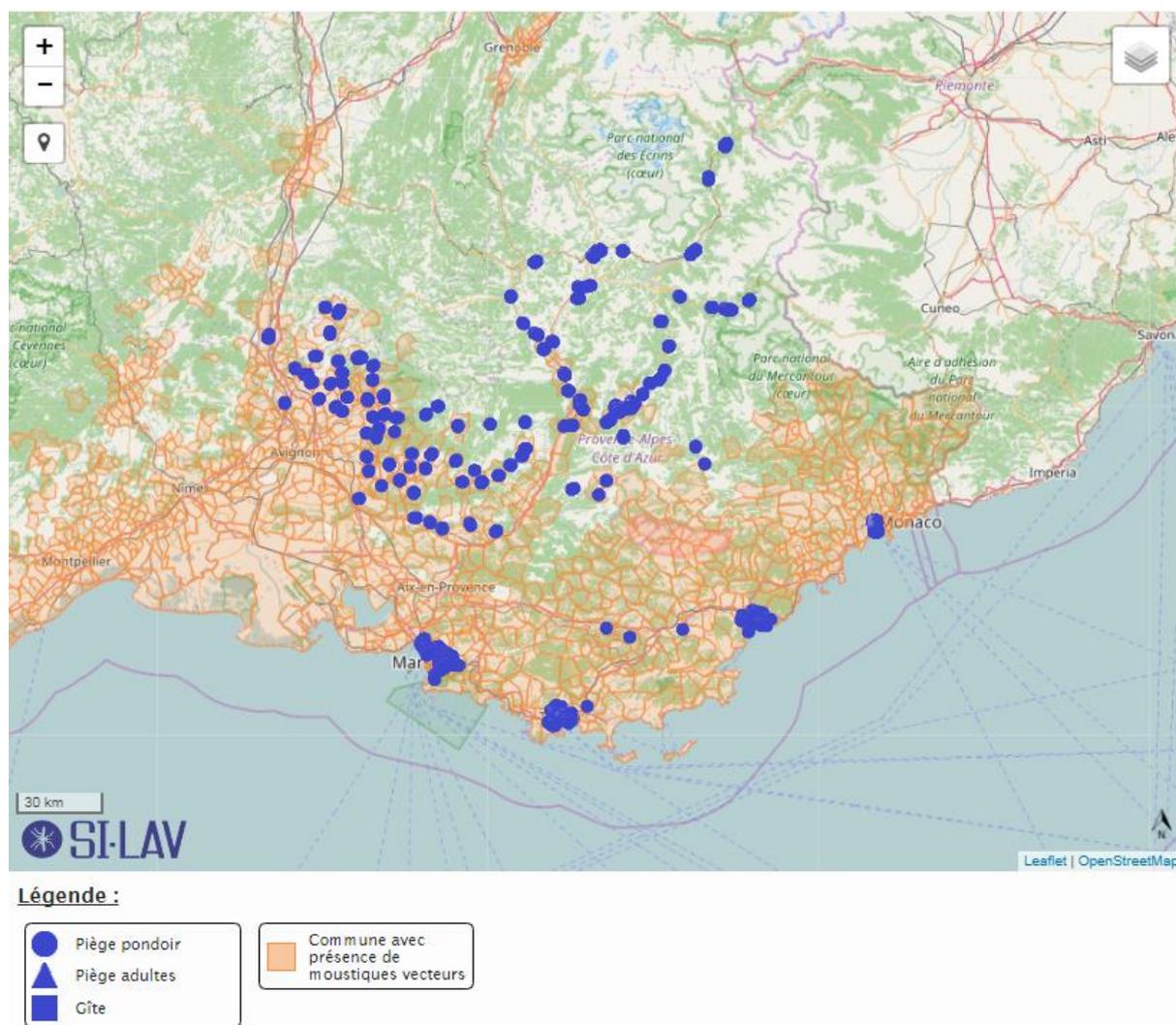


Figure 3.2 Communes colonisées et réseaux de pièges disposés en région PACA

### 3.3 Point de situation en région Occitanie

En 2016, près de 340 pièges pondoirs ont été déployés sur les communes de la région (voir figure 3.3). *Aedes albopictus* poursuit sa colonisation et est rapporté, par les réseaux de pièges et les portails internet de signalements sur 24 nouvelles communes dans l'Hérault, 17 dans le Gard, 3 dans l'Aude, 18 dans les Pyrénées-Orientales, 10 en Haute-Garonne, 1 du Lot, 4 du Tarn, et 2 du Tarn-et-Garonne. *Aedes albopictus* reste essentiellement présent sur la frange littorale même s'il poursuit son expansion dans l'arrière-pays. Suite à la détection et au classement des départements du Gers et de l'Aveyron, en Occitanie, seuls les Hautes-Pyrénées, l'Ariège et la Lozère restent exemptes de colonisation par le moustique-tigre, bien que ces deux derniers départements aient fait l'objet de détections (voir ci-dessous).

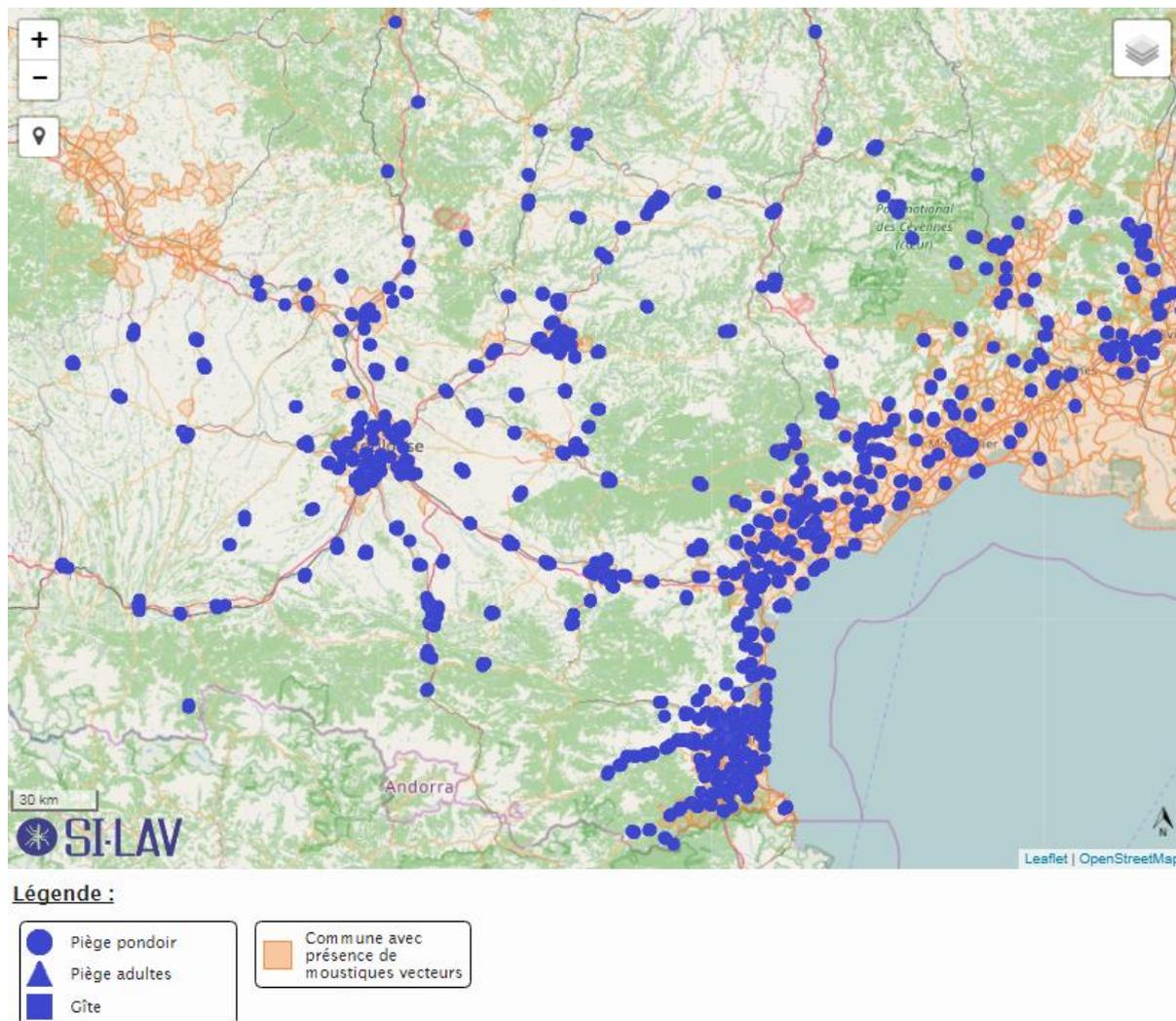


Figure 3.3 : Situation des pièges pondoirs et des communes colonisées en région Occitanie (Source : SILAV)

Les premiers départements de la région ont été classés en 2011 (Gard, Hérault). En 2013 les Pyrénées-Orientales, l'Aude et la Haute-Garonne les rejoignaient. En 2015 trois nouveaux départements présentaient des populations de vecteurs installées (Tarn-et-Garonne, Tarn et Lot). La même année des détections sont également survenues dans deux autres départements (Ariège et Aveyron).

### Aveyron

Le 22 juillet 2016, 5 œufs d'*Aedes albopictus* sont détectés dans le piège pondoir n° 12-16-007 situé dans la commune de Villefranche-de-Rouergue. Suite à ce relevé positif, une enquête est réalisée sur le terrain du 28 au 29 juillet afin de déterminer si *Aedes albopictus* est durablement implanté dans ce secteur. La première enquête de terrain met en évidence la présence d'adulte sur la commune, des pièges complémentaires sont ajoutés et le deuxième relevé montre une présence de l'espèce certes modérée, mais néanmoins généralisée sur l'ensemble de la commune ; la zone touchée est vaste et il n'est pas possible de la circonscrire précisément. Dans ces conditions la réalisation d'un traitement d'élimination n'est raisonnablement pas envisageable. Par ailleurs, une détection survient en fin de saison à Séverac-la-Châteaux, l'installation du moustique tigre en Aveyron jugée réelle et irréversible.

### Gers

Lors du relevé du réseau de pièges de juillet, deux d'entre eux présentaient des œufs d'*Aedes albopictus* sur deux communes distinctes du Gers : Auch et Lectoure. L'implémentation du réseau de

piègeage à proximité, ainsi que les opérations de prospections menées sur ces communes révèlent une présence forte du moustique tigre à Lectoure (tous les pièges posés sont relevés positifs à l'exception d'un seul), et une présence plus discrète à Auch, mais de part et d'autre des berges du Gers qui rend impossible le recours aux produits adulticides. Dans ces conditions, il semble illusoire d'éliminer l'ensemble des moustiques présents sur ces communes, et la colonisation de ce département est considérée comme irréversible.

### **Ariège**

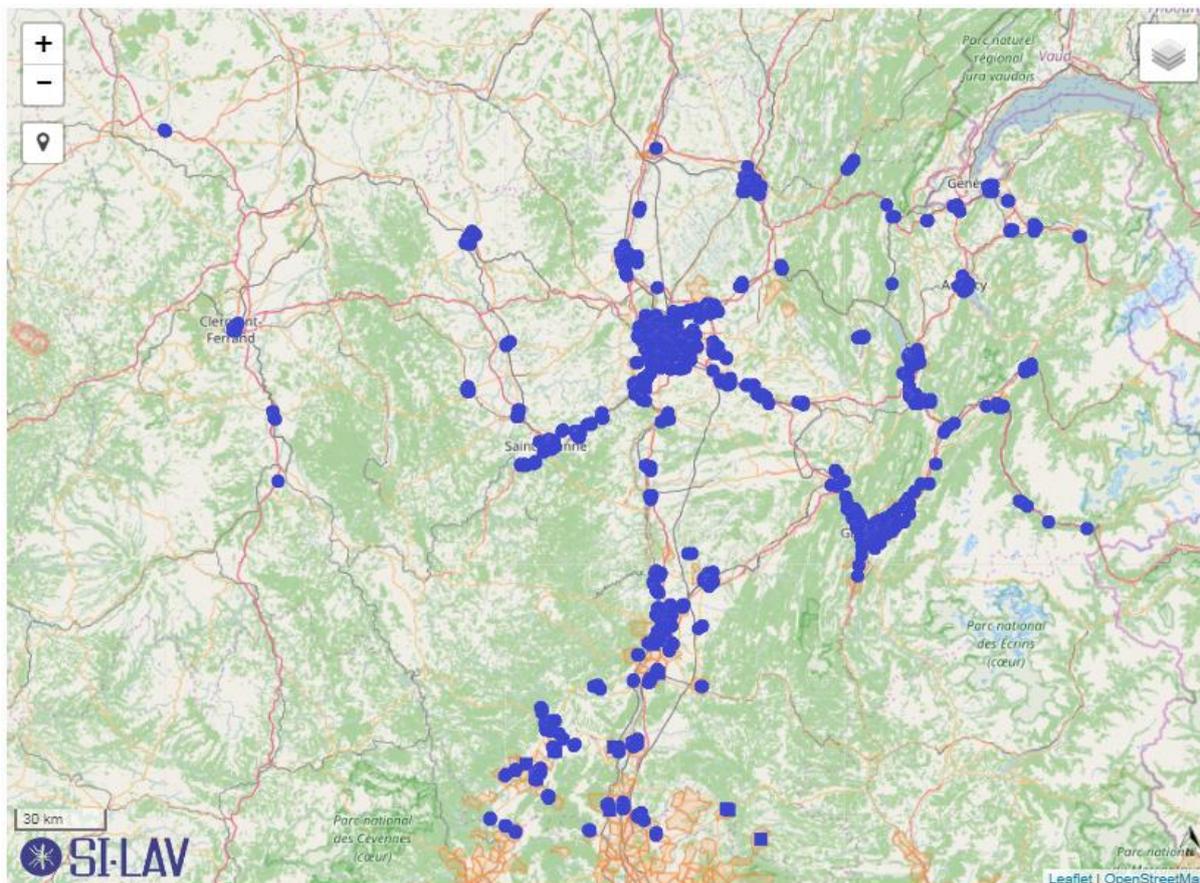
Le 26 septembre, un piège positif est rapporté de Lavellanet, à l'Est de Foix. Les investigations menées les 6 et 7 octobre autour du piège positif et la lecture des pièges complémentaires ajoutés lors des enquêtes et relevés après 15 jours montrent une absence de moustique tigre dans le périmètre, malgré la présence des gîtes larvaires propices à son développement. Toutefois ce signalement tradif doit être considéré avec précaution compte-tenu de la saisonnalité d'*Aedes albopictus* avant de pouvoir statuer sur la réelle absence de l'espèce dans ce secteur. Par ailleurs l'Ariège présente des détections pour la deuxième année consécutive.

### **Lozère**

Des détections sont régulièrement rapportées de Lozère sans qu'aucune population installée n'y ait jamais été constatée. En 2016, un piège positif est une nouvelle fois relevé à Florac en septembre présentant 6 œufs. Les conditions météorologiques se dégradant assez rapidement, les enquêteurs ne retrouvent aucun piège positif lors de leur passage. Le milieu présentent de nombreux gîtes larvaires potentiels pour le moustique-tigre, et parmi les maisons visitées seules deux gîtes positifs ont été retrouvé, traduisant une colonisation très faible du secteur. Les gîtes ont été détruits, la tenue d'un traitement complémentaire adulticide n'apparaît pas opportune étant donnée les températures très basse (gels nocturnes) observées sur le terrain. La surveillance à Florac doit néanmoins être maintenue et suivie avec attention lors de la prochaine saison.

## **3.4 Point de situation en région Auvergne-Rhône-Alpes**

L'ex-région Rhône-Alpes a été surveillée dès 2005. Les premières détections ont eu lieu en 2009 en Savoie, *Aedes albopictus* a ensuite progressé dans sa colonisation de la région. Sept départements sont actuellement classés en niveau 1 : l'Ain (6 communes colonisées), l'Ardèche (22 communes), la Drôme (15 communes), l'Isère (19 communes) le Rhône (14 communes) et la Savoie (6 communes). L'espèce a relativement peu progressé en 2016 avec respectivement 1, 6,7,4,1 et 0 communes nouvellement touchées ; des détections ont par ailleurs été observées ponctuellement dans 19 autres communes. La carte présentant les communes colonisées par le moustique tigre et les réseaux de pièges est présentée en figure 3.4



**Légende :**

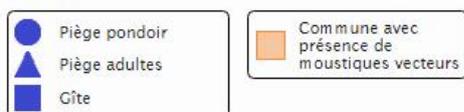


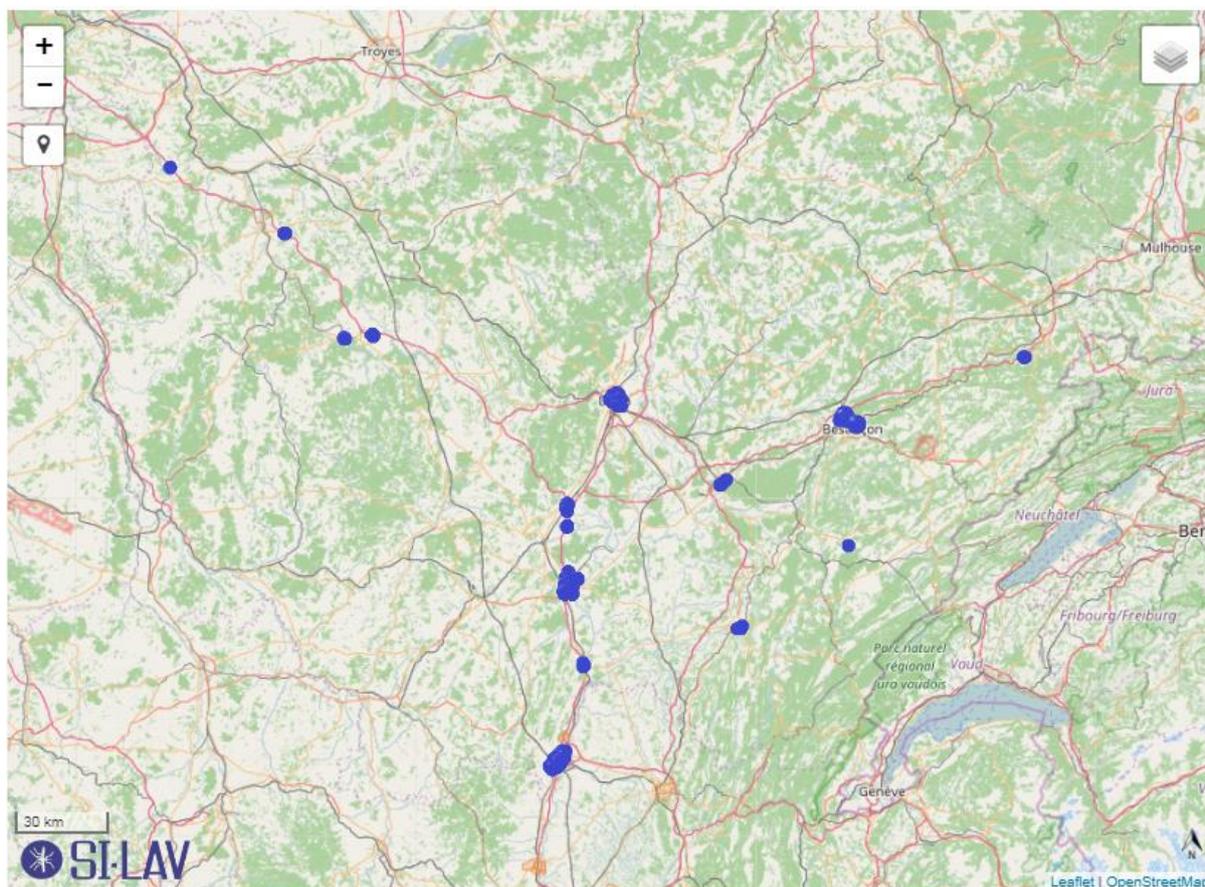
Figure 3.4 : Situation des pièges pondoirs et des communes colonisées en région Auvergne-Rhône-Alpes (Source : SILAV)

### 3.5 Point de situation en région Bourgogne-Franche-Comté

Seule le département de la Saône-et-Loire est actuellement classé en niveau dans cette région suite à la détection d'*Aedes albopictus* à Mâcon en 2014. Depuis, l'espèce n'a quasiment pas progressé et reste cantonnée sur cette commune.

#### Doubs

Le Doubs a fait l'objet de détections depuis 2015, des pièges positifs rapportés d'Ecole-Valentin avaient alors déclenché une intervention d'élimination durant la saison passée. En 2016, aucune activité n'a été constatée à Ecole-Valentin, en revanche un signalement de moustique tigre a été émis de Besançon le 4 septembre. Les enquêtes de terrain ont rapidement été menées sur places, des gîtes larvaires potentiels ont été supprimé et traités, et un réseau de piège complémentaire a été installé sur la zone de provenance de l'insecte. Des relevés de pièges ont été organisés après 8, 15 jours et jusqu'à la fin de la saison de surveillance sans qu'aucune trace de présence de l'espèce n'ait été constatée. La saisonnalité de l'espèce justifie une persistance de la surveillance de ce secteur, bien qu'il ne semble pas s'y être installé de façon pérenne.



Légende :

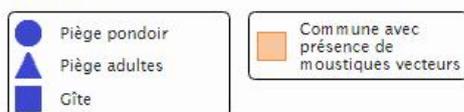


Figure 3.5 : Situation des pièges pondoirs et des communes colonisées en région Bourgogne-Franche-Comté (Source : SILAV)

### 3.6 Point de situation en région Nouvelle Aquitaine

La Nouvelle-Aquitaine est directement concernée par la problématique du moustique-tigre depuis le classement en niveau 1 du Lot-et-Garonne en 2012, puis de la Gironde en 2014. En 2015 les départements des Pyrénées-Atlantiques, des Landes et de la Dordogne ont rejoints les deux précédents suite à la détection de populations d'*Aedes albopictus* implantées localement.

En 2016, l'espèce est déclarée implantée dans 15 nouvelles communes du Lot-et-Garonne (65 communes colonisées au total), 2 de Gironde (15 colonisées), 1 des Pyrénées-Atlantiques (pour un total de 2), 2 des Landes (6 au total) alors que le moustique-tigre reste en Dordogne cantonné à Bergerac. Dans ces derniers départements nouvellement classés, la présence globalement discrète d'*Aedes albopictus* après le classement des départements en niveau 1 est un phénomène connu, l'espèce gagnant d'abord localement en densité avant de coloniser activement ou passivement de nouveaux territoires. La carte présentant les communes colonisées et les réseaux de piège est présentée en figure 3.5.1 et 3.5.2

#### Corrèze

Deux signalements positifs sont rapportés de Corrèze en 2016 :

Le premier le 13 juillet 2016, 35 œufs d'*Aedes albopictus* sont détectés dans un piège pondoir situé dans la commune de Liourdres, sans qu'aucune trace de présence de moustique-tigre n'ait été mise en évidence lors des enquêtes de terrain, la surveillance de ce secteur est néanmoins implémentée et restera négative jusqu'en fin de saison.

Le second, début septembre un piège pondoir présente 24 œufs d'*Aedes albopictus*. Ce piège est situé à Beaulieu-sur-Dordogne, commune rurale à proximité de la zone colonisée du Lot, et à quelques kilomètres de Liourdres. Lors des prospections aucune larve ou adulte d'*Aedes albopictus* n'a été retrouvée. Les pièges pondoirs de Beaulieu-sur-Dordogne ainsi que ceux d'Astailac et de Liourdres ont été relevés mais aucun ne présentait d'œufs d'*Aedes albopictus*. Pour s'assurer de l'absence du moustique-tigre, de nouveaux pièges ont été posés sur cette commune et sont restés négatifs durant la fin de la saison.

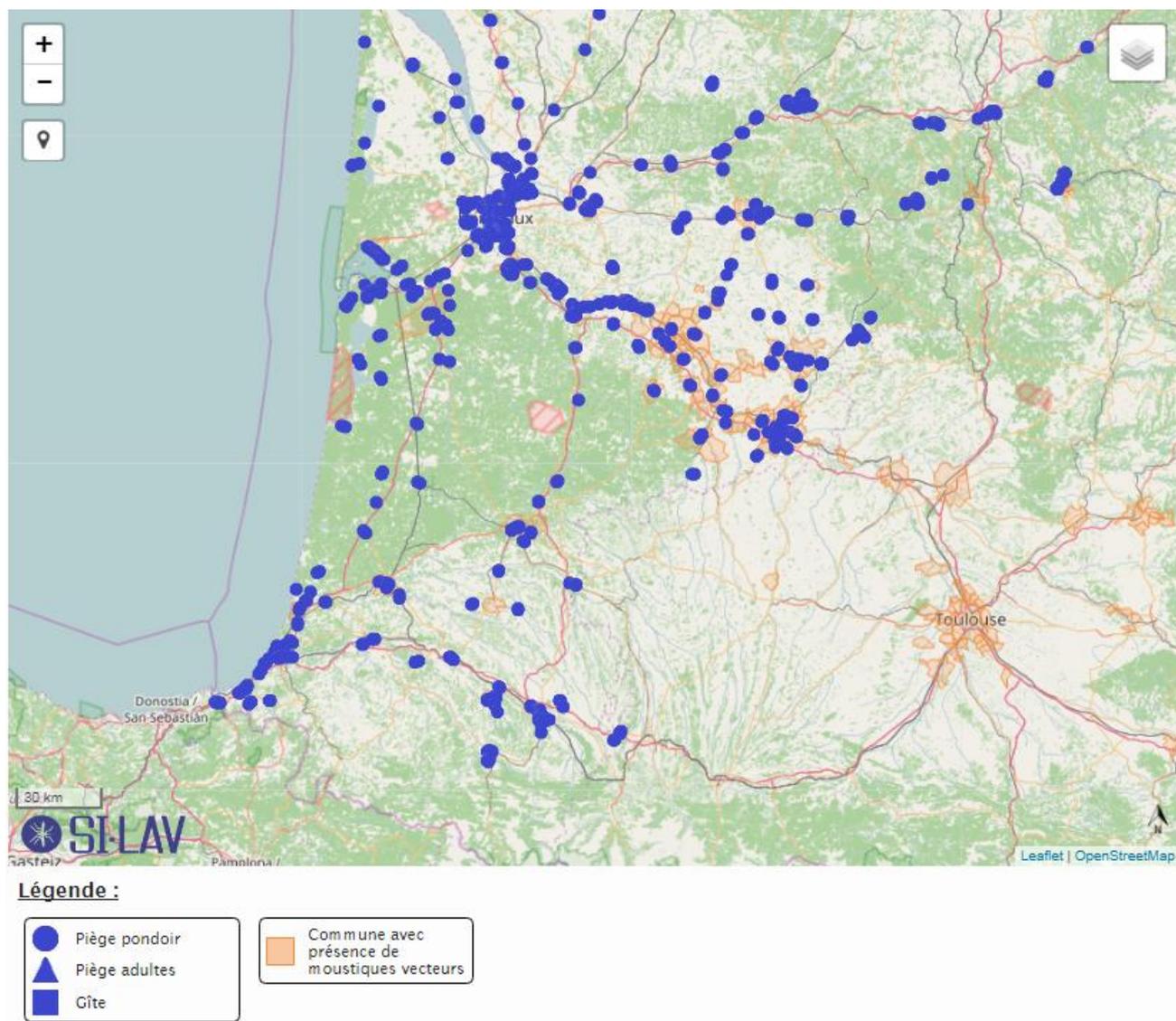


Figure 3.5.1 : Situation des pièges pondoirs et des communes colonisées dans le Sud de la Nouvelle-Aquitaine (Source : SILAV)



**Légende :**

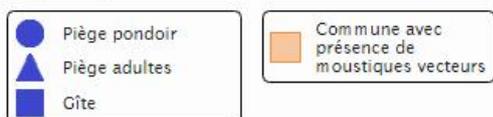


Figure 3.5.2 : Situation des pièges pondoirs et des communes colonisées dans le Nord de la Nouvelle-Aquitaine (Source : SILAV)

### **3.6 Point de situation en région Pays-de-la-Loire**

Seul le département de la Vendée est actuellement colonisé par *Aedes albopictus* suite à la détection de l'espèce à Fontenay-le-Comte et en dépit des interventions d'éliminations qui s'en suivirent (fin 2014-2015). Dans ce département l'espèce reste pour l'instant cantonnée à cette même commune, même si d'autres communes ont pu faire l'objet de détection durant la saison 2016 (voir figure 3.6). Toutefois, dans le département du Maine-et-Loire, un signalement d'*Aedes albopictus* a été rapporté de Trélazé, et les enquêtes réalisées sur le secteur ont montrées la présence de l'espèce aux stades larvaires et adultes. Afin d'éviter l'implantation pérenne de l'espèce un traitement d'élimination a été pratiqué, et si aucune observation n'a plus été faite après ce traitement, la dynamique temporelle du moustique-tigre nécessite la prise en considération de l'activité entomologique dans ce secteur en 2017.

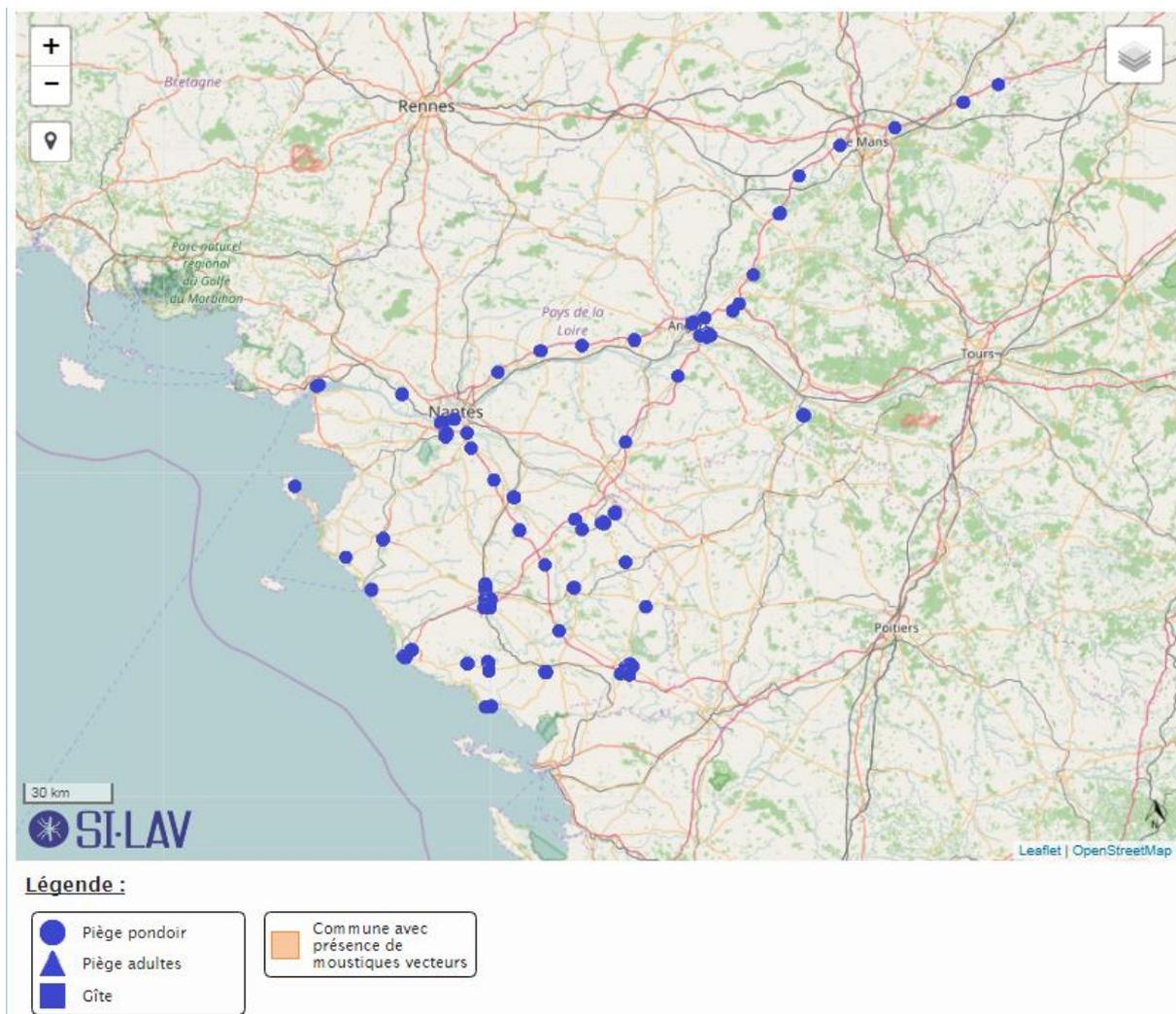
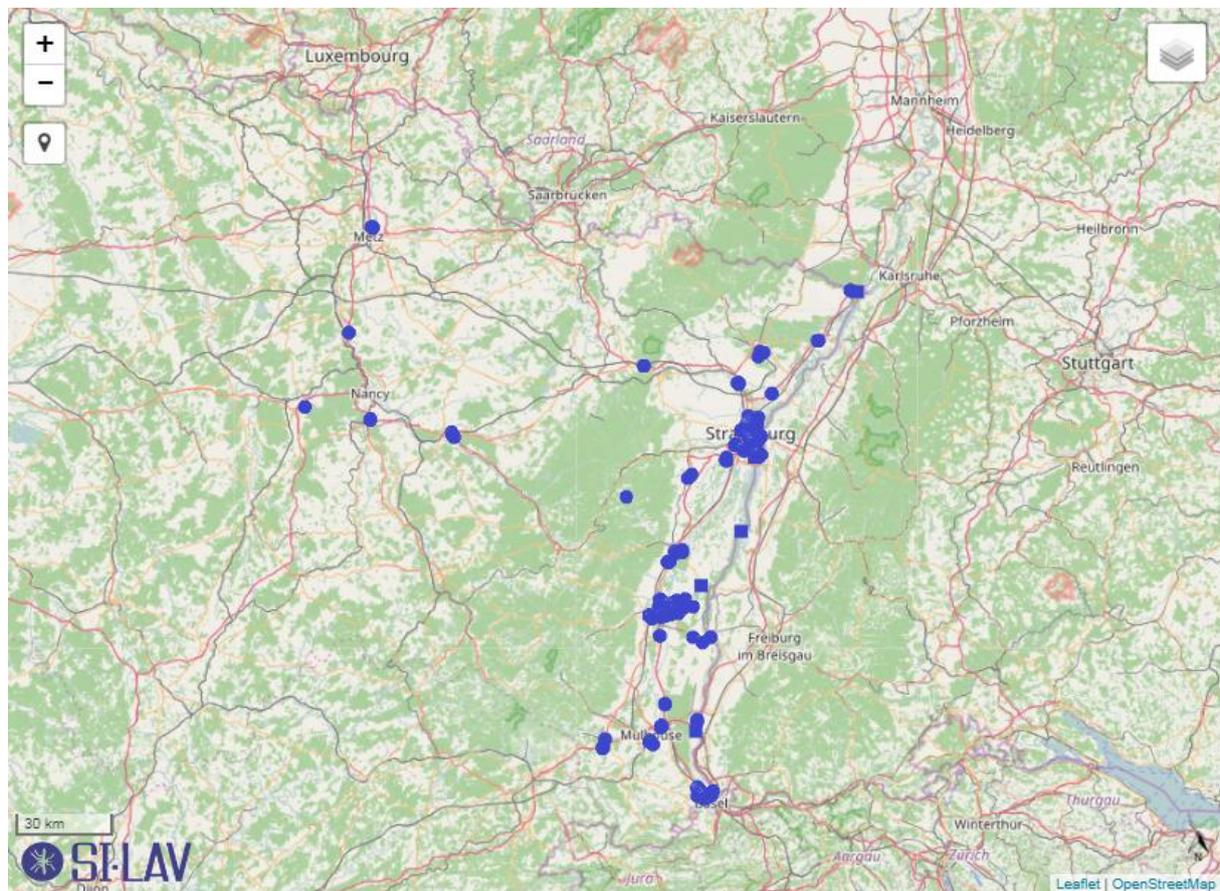


Figure 3.5.2 : Situation des pièges pondoirs en Pays-de-la-Loire (Source : SILAV)

### 3.6 Point de situation en région Grand-Est

La région Grand-Est n'est concernée directement par *Aedes albopictus* que depuis 2015 où l'espèce a été détectée dans l'agglomération de Strasbourg sans qu'il ait été possible de l'éliminer des jardins et autres gîtes qu'elle avait colonisé, entraînant le classement en niveau du département du Bas-Rhin. Le moustique-tigre est retrouvé cette année sur ces mêmes secteurs.

En 2016, un piège pondoir positif est rapporté de la commune de Porte-du-Ried (Haut-Rhin) le 20 juillet, le réseau est immédiatement densifié afin de circonscrire le périmètre d'installation du moustique-tigre et relevé de façon hebdomadaire. Un traitement d'élimination couplant la destruction et le traitement des gîtes larvaires, et la pulvérisation d'adulticide est réalisé début août. La présence de nombreux cours d'eau limite partiellement le recours à ses produits, mais les traitements antilarvaires se poursuivent autour des pièges relevés positifs sur cette commune et sur la commune voisine de Wickerschwihr jusqu'en octobre. La zone touchée étant assez étendue, et la fréquence de relevé de signaux positifs, bien que modérée, restant régulière, l'implantation d'*Aedes albopictus* est estimée réelle et irréversible dans le Haut-Rhin.



Légende :

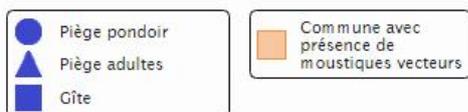


Figure 3.6 : Situation des pièges pondoïrs en région Grand-Est (Source : SILAV)

### 3.7 Point de situation en Ile de France

La région Ile de France est restée exempte de moustique-tigre jusqu'en 2015 où une population a été détectée très localement à Vincennes et Créteil. Les traitements d'élimination ayant échoué sur cette dernière commune, le Val-de-Marne s'est vu classé en niveau 1 en fin de saison précédente. Le département s'est saisi de la compétence démoustication dans le cadre du plan de prévention des arboviroses, et la surveillance des autres départements est restée sous la responsabilité de l'opérateur historiquement chargé de cette région ou s'exerce également une surveillance des points d'entrée sur les aéroports d'Orly et de Roissy Charles-de-Gaulle. Dans le département du Val-de-Marne *Aedes albopictus* est resté relativement discret en 2016, ne s'étendant quasiment pas de son aire d'implantation initiale identifiée durant les enquêtes de terrain réalisées durant la saison précédente.

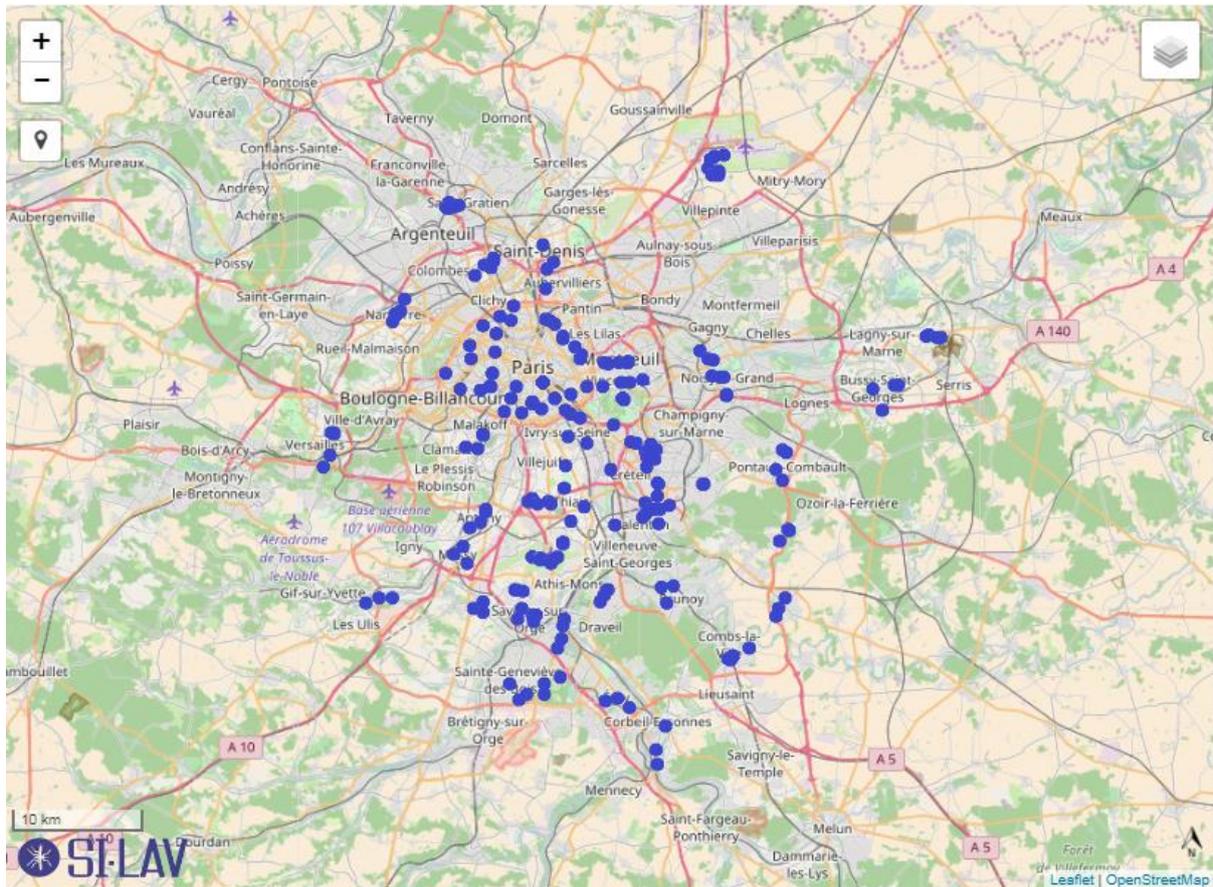
#### Paris

Un signalement d'*Aedes albopictus* capturé à Paris dans le dixième arrondissement entre les gares du Nord et de l'Est a été envoyé le 6 septembre. L'enquête est programmée du 19 au 23 septembre, les services environnementaux et d'hygiène (SMASH) avec lesquels l'EID méditerranée est en contact pour la surveillance de Paris sont informés de ce signalement et expriment le souhait de se joindre à l'équipe d'enquêteurs, renforçant ainsi les capacités de

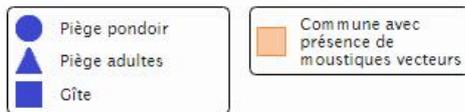
prospections de l'équipe. L'enquête réalisée sur le terrain a permis de mettre en évidence à plusieurs reprises et à proximité immédiate du site de signalement la présence de gîtes très fréquemment colonisés par *Aedes albopictus* sans qu'aucune larve ni adulte n'ait pu être observée. De très nombreux gîtes ayant été identifiés dans ce secteur lors des prospections il semble clairement évident que la zone n'est pas colonisée par le moustique-tigre. Néanmoins, il n'est pas exclu que quelques spécimens, déplacés par exemple au cours des congés estivaux aient pu modestement se développer dans le secteur sans pour autant y proliférer. Une vigilance particulière doit être portée sur cette zone lors de la saison de surveillance 2017

## Val-de-Marne

Un signalement de moustique suspect a été reçu le samedi 30 juillet via le site internet national. Les photos laissent peu de doute sur l'espèce photographiée. Le signalement est toutefois incomplet (numéro de rue manquant) : une demande est adressée par email le 1<sup>er</sup> août pour définir la provenance exacte de ce spécimen et plusieurs tentatives de contacts téléphoniques restent infructueuses. Sans avoir pu recueillir plus d'information, une enquête est programmée du 11 au 13 août pour évaluer la situation. Sur les 94 maisons enquêtées, 15 ont pu être prospectées intégralement et seules 4 étaient positives en moustiques, mais aucune en *Aedes albopictus*. Six pièges pondoirs ont été disposés dans la zone et ont été retrouvés positifs lors du relevé de fin septembre. Lors des enquêtes de terrain, aucun spécimen n'a été rapporté. Par ailleurs, tous les pièges de la zone étaient alors négatifs. Ce second signalement confirme une présence, encore cryptique toutefois, d'*Aedes albopictus* à Sannois sur un secteur apparaissant comme très restreint. Les précipitations de fin août ont pu mettre en eaux des gîtes larvaires contenant des œufs, ayant ainsi permis un développement de l'espèce sur les semaines suivantes et s'étant traduit par la présence d'œufs sur deux des pièges de la zone lors du relevé de fin septembre. L'absence de trace de présence lors des investigations de terrain est probablement la conséquence de la chute des températures observée début octobre, et de l'entrée progressive d'*Aedes albopictus* courant septembre. Sans plus d'information, il apparaît donc que l'espèce est en phase d'installation sur une zone encore très limitée de Sannois, et présente par à-coup sur la saison estivale 2016. Puisqu'aucune stratégie ovicide efficace n'existe actuellement pour éliminer les œufs diapausants probablement présents sur le terrain, il apparaît utile de poursuivre l'information des résidents sur la prévention du développement du moustique-tigre, d'encourager les signalements via le portail internet (ces deux actions ont été menées lors de deux missions d'investigations) et de recommander de couvrir, nettoyer ou éliminer les gîtes potentiels de développement présents sur l'ensemble du quartier. Une surveillance affinée de l'évolution de la situation par piégeage en début de saison 2017 est également indispensable.



**Légende :**



**Figure 3.7 : Situation des pièges pondoirs en région Ile-de-France (Source : SILAV)**

### 3.8 Point de situation en région Centre-Val-de-Loire

La région Centre-Val-de-Loire n'est pas colonisée, toutefois lors de la saison 2015 des détections sont survenues dans l'Indre à Ciron, et dans l'Indre-et-Loire à Saint Avertin, l'espèce y avait alors été éliminée et aucun classement en niveau 1 n'avait été jugé nécessaire.

En 2016 trois signalements distincts sont constatés dans la région

#### Indre

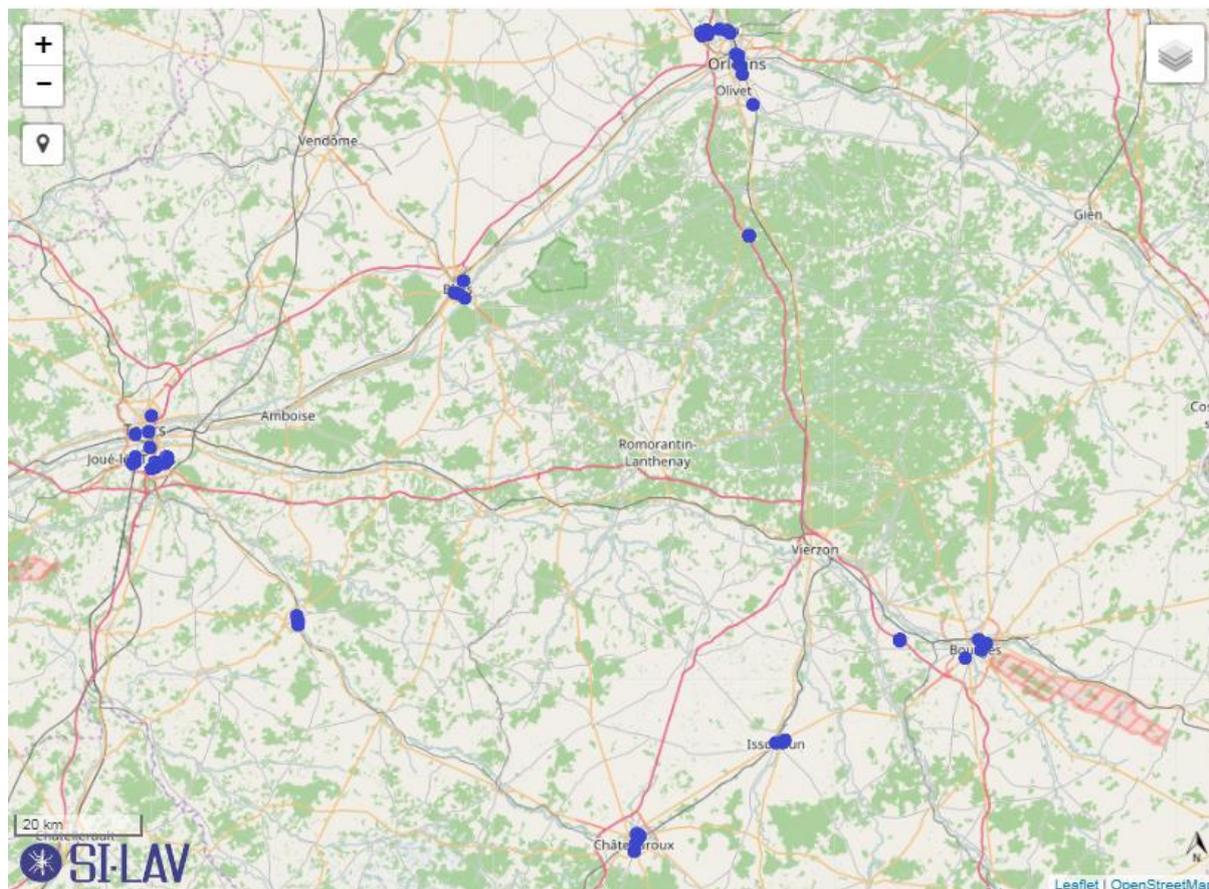
Au mois d'août, un piège pondoir a été relevé positif à Châteauroux. Le piège a été relevé le 11 et identifié formellement au laboratoire le 18 de ce même mois. Au cours des enquêtes aucun résident n'a remarqué de présence inhabituelle de moustique ni de piqûre particulière, hormis en début d'été suite aux inondations des berges de l'Indre. Le temps très sec n'a pas favorisé la présence et persistance de gîtes larvaires sur les secteurs investigués. Des très grandes quantités de larves ont été identifiées chez un fleuriste, présentant de multiples collections d'eaux : seules des larves de *Culex sp.* et de *Culiseta sp.* ont été retrouvées. Des captures d'adultes ont confirmé ces analyses. Lors de l'enquête les relevés de pièges présents sur la zone ont tous été négatifs. Les prospections

n'ont pas permis d'identifier de trace de présence du moustique tigre dans le périmètre investigué. Des pièges supplémentaires sont installés dans le secteur pour préciser ce diagnostic. Au cours du relevé suivant un piège installé en périphérie Est de la zone de présence suspectée est retrouvé positif (voir carte 3), une seconde enquête est entreprise. Lors des investigations menées sur le terrain un nouveau piège est positif. La zone de présence manifeste de l'espèce semble limitée au cimetière Saint Denis et à ses abords. Les prospections sont étendues sur la zone Est, à proximité du premier piège, et le cimetière est de nouveau investigué. Aucune larve ni adulte n'est rencontrée lors des inspections domiciliaires, en revanche un prélèvement de larves originaire du secteur Ouest du cimetière présente de nombreux spécimens d'*Aedes albopictus*. L'espèce est donc bien présente dans le cimetière Saint Denis, mais le degré d'implantation apparaît comme modéré. Un traitement de désinsectisation est réalisé sur, et autour du cimetière.

A Ciron, un traitement de primo-infestation exhaustif a été mené fin septembre 2015, depuis aucune trace de présence de l'espèce n'avait été constatée. Lors du relevé de septembre 2016, 29 œufs ont été observés sur un piège de cette commune. Le voisinage immédiat du piège a été prospecté, incluant le point focal de 2015. Aucun larve ni adulte d'*Aedes albopictus* n'y a été observée. Les pièges relevés sur place étaient négatifs. Il est possible qu'une présence résiduelle de moustique-tigre persiste à Ciron, néanmoins celle-ci serait extrêmement faible. Une réintroduction ponctuelle est également possible, des habitants faisant régulièrement des allers-retours dans le Sud-est de la France, largement colonisé. La situation ne semble pas trop préoccupante, en l'état aucun traitement n'est préconisé.

### **Loir-et-Cher**

Les aires de services de La Ferté-Saint-Aubin et de Chaumont-sur-Tharonne ont été le lieu de détections d'œufs d'*Aedes albopictus* à plusieurs reprises les années précédentes. En 2016, un des pièges présentait des œufs de moustique tigre à deux reprises. L'aire de service, de petite taille et en réaménagement a été traitée début septembre, aucun œufs n'y a depuis été retrouvé.



**Légende :**

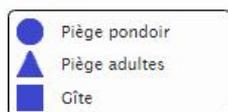


Figure 3.7 : Situation des pièges pondoirs en région Centre-Val-de-Loire (Source : SILAV)

### 3.11 Principales conclusions de l'année 2016

La progression d'*Aedes albopictus* se poursuit en France métropolitaine et reste irréversible. Les 33 départements désormais colonisés par le vecteur sont essentiellement situés dans le Sud de la France, mais si l'arc Méditerranéen représentait l'essentiel de la zone colonisée, *Aedes albopictus* est maintenant bien implanté dans le grand Sud-ouest, en région Rhône-Alpes, en Vendée, dans le Haut-Rhin, le Bas-Rhin, et en région parisienne dans le Val-de-Marne.

L'implantation du moustique-tigre de plus en plus vaste représente également un risque accru de diffusion de l'espèce, après une période d'adaptation aux conditions climatiques locales rencontrées dans ces nouveaux foyers, vers des zones proches au caractéristiques éco-climatiques similaires. La région parisienne, de par son importante densité de population et la centralisation des échanges nationaux de personnes et de marchandises, est un point stratégique pour la diffusion du moustique tigre vers de nouveaux secteurs encore vierges de la métropole. Les détections sur les communes de Châteauroux (36), Sannois (95), Trélazé (49) et Laon (02) sont particulièrement sensibles et doivent être surveillées avec attention, l'installation du moustique tigre sur ces communes éloignées des secteurs colonisés représenterait des zones sources pour la diffusion de l'espèce.

## 4. Bilans des opérations de lutte antivectorielle

Dans les départements colonisés par *Aedes albopictus* (classés en niveau 1 du plan), les cas suspects de dengue ou de chikungunya importés sont signalés aux opérateurs en charge de la lutte pour les Conseils Départementaux concernés, par les Agences Régionales de Santé. Conformément au plan national de lutte contre la dissémination de la dengue et du chikungunya, les opérateurs réalisent un diagnostic entomologique et, si nécessaire, des interventions de lutte antivectorielle en ayant recours aux substances adulticides et larvicides autorisées. Ces interventions sont réalisées dans les plus brefs délais après le signalement d'un cas potentiellement positif pour l'une de ces deux maladies dont le moustique tigre peut être vecteur. Les investigations entomologiques sont réalisées après réception du signalement sur tous les lieux de séjour du patient suspecté d'infection, dans le but de confirmer la présence de vecteurs sur ces sites, justifiant la conduite d'interventions de lutte antivectorielles (LAV). L'objectif de ces opérations est d'enrayer les premiers cycles de transmissions potentiels, et ainsi de limiter le risque d'apparition d'épidémie

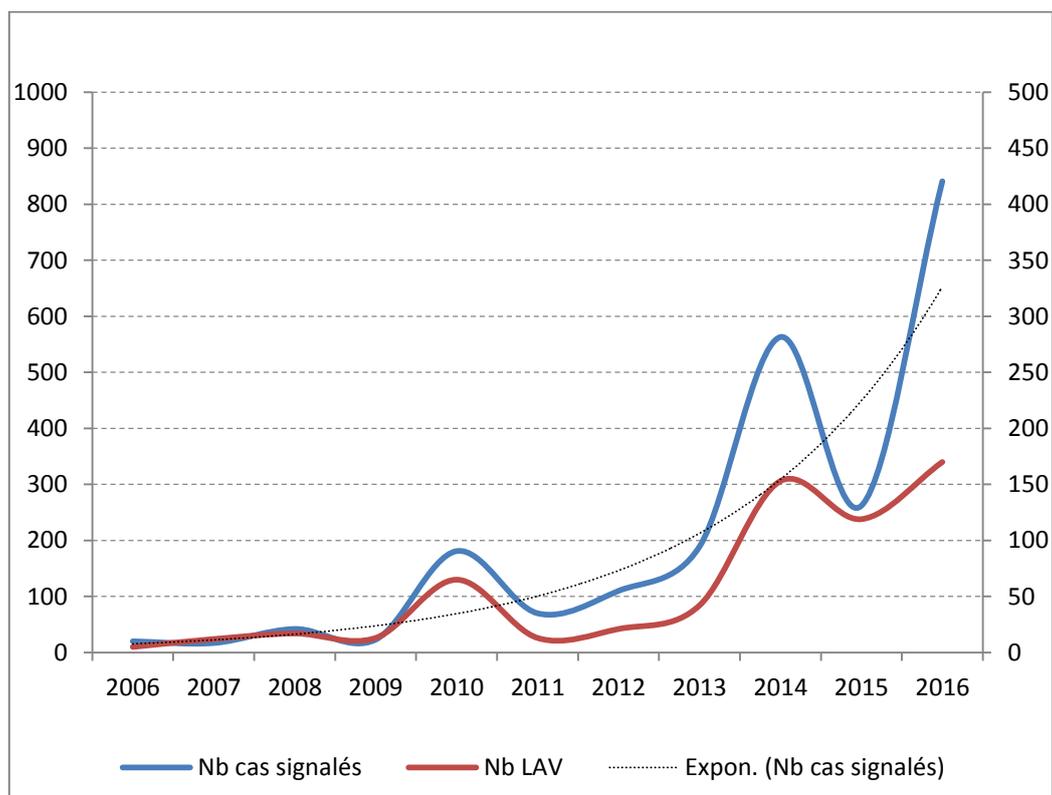


Figure 4.1 : nombre de signalements de cas suspects et d'interventions LAV avec traitement adulticides par département en 2016

En 2016, l'inclusion du Zika comme arbovirose à risque de transmission par *Aedes albopictus* est le principal facteur responsable de l'explosion du nombre de signalement de cas suspects reçus (voir figure 4.1), et pour lesquels des interventions de terrain (enquêtes et traitements) ont été nécessaires. Les capacités de réactions des opérateurs publics, dotés d'agents formés et d'engins de traitements ont été fortement mises à contribution, sans toutefois aboutir à des situations d'incapacité de réponse durables, la solidarité entre opérateurs ayant parfois permis de faire face à cette situation épidémique. En effet, comme en 2010 et 2014, le contexte épidémiologique mondial et particulièrement celui des territoires connectés à la métropole (essentiellement les DFA) a largement influencé le risque d'importation et donc les actions curatives à mettre en œuvre en métropole (voir figure 4.1). Pour la première fois depuis 2012, aucun cas d'arbovirose autochtone à transmission vectorielle n'a été rapporté durant la saison 2016.

Globalement, l'extension de l'emprise colonisée par *Aedes albopictus* augmente également le nombre de départements à risque vectoriel avéré, classés en niveau 1 du plan antidissémination et donc les mesures entomologiques à prendre autour des cas signalés d'arboviroses (voir figure 4.2). Si ces derniers sont particulièrement abondants dans les départements les plus densément peuplés, les interventions de LAV (donc avec présence concomitante de patient virémique et de vecteurs actifs) restent principalement localisées dans les départements méditerranéens les plus anciennement colonisés, où les populations de vecteurs sont les plus abondantes (Régions PACA et Est de l'Occitanie) (voir figure 4.3).

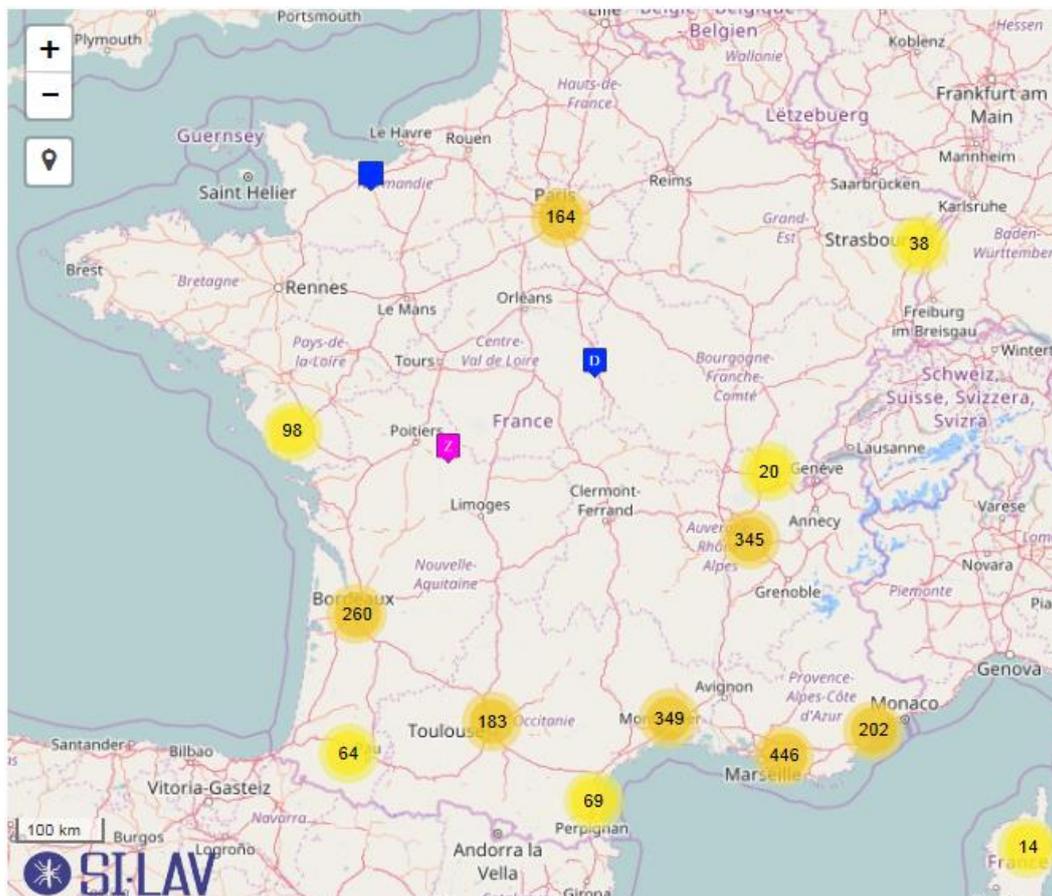


Figure 4.2 : Nombre de sites investigués dans le cadre des actions de LAV par secteur géographique

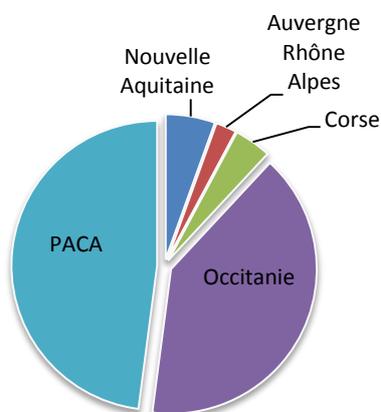


Figure 4.3 : répartition des traitements de lutte antivectorielle réalisés (présence concomitante de cas suspect et de vecteur actif) par région

## 5. Evaluation de la sensibilité des populations d'*Aedes albopictus* de métropole



### 5.1 Contexte expérimental

Dans le cadre des actions de lutte antivectorielle, les opérateurs publics mais également les particuliers et de nombreuses structures privées de démoustication ont recours aux insecticides pour détruire les larves (antilarvaire de type Bti) ou les adultes (adulticides ou imagocide de type pyréthrine ou pyrethroïdes). Pour cette dernière famille, l'apparition de résistance des populations naturelles serait très problématique, c'est en effet la seule famille d'insecticide (adulticide) actuellement autorisée en France et elle constitue le fer de lance des actions de LAV visant à éliminer les vecteurs adultes potentiellement en cours d'infections.

Aussi, l'étude suivante a pour but d'évaluer les sensibilités des populations de terrain d'*Ae. albopictus* (Diptera : Culicidae) provenant de l'Hérault (Souche Vertbois), de la Gironde (Souche Atlantique), du Rhône et de la Drôme (Souche SMH-69) et de la Corse (Souche Corse) vis-à-vis, du *Bti* (Vectobac® 12AS) et de la deltaméthrine (Sigma-Aldrich). Cette étude est réalisée au moyen de deux biotests selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

La sensibilité au *Bti* est exprimée sous forme de concentrations létales (CL50 et CL90)  $\pm$  l'intervalle de confiance (IDC). La sensibilité à la deltaméthrine est mesurée par la dose diagnostique de 0,05% qui est exprimée sous forme de KDt50 et KDt90 (Knock down time)  $\pm$  l'intervalle de confiance (IDC).

Chaque biotest est répété trois fois. Les résultats de ces biotests sont comparés à l'espèce *Ae. aegypti*, souche Bora Bora sensible et de référence au laboratoire dont les CL50 et CL90 sont respectivement 0,049 mg/l  $\pm$  0,006 et 0,103 mg/l  $\pm$  0,002, et les KDt50 et KDt90 sont respectivement de 14,23  $\pm$  0,18 min et 21,44  $\pm$  0,37 min.

Les ratios de résistance (RR) calculés permettent de déterminer l'apparition d'une forme de résistance à l'insecticide utilisé.

Les ratios de résistance obtenus, pour les souches provenant de la Gironde (Souche Atlantique) du Rhône et de la Drôme (Souche SMH-69), de la Corse (Souche Corse) et de l'Hérault (Souche Vertbois) vis-à-vis du *Bti* (Vectobac® 12AS) et de la deltaméthrine, montrent qu'aucun phénomène de résistance n'est présent. Les CL50 CL90 et les KDt50 et KDt90 sont similaires aux résultats obtenus sur la souche de référence (*Ae. aegypti* Bora Bora).

## 5.2 Matériel et méthode

Essais biologiques Vectobac 12 AS :

Formulation commerciale (titre 1200 U.T.I. /mg) :

Préparation de la suspension primaire (240 mg/l).

- Avant prélèvement, bien homogénéiser la formulation.
- Peser 240 mg de formulation à l'aide d'une pipette dans une nacelle de pesée
- Diluer la formulation dans 1000 ml d'eau osmosée.

Préparation de la suspension secondaire par dilution au 1/10 de la suspension primaire (24mg/l).

- Prélever 10 ml de la suspension primaire et ajouter un volume d'eau osmosée de 90 ml.
- Homogénéiser la suspension secondaire avec l'agitateur magnétique

Les trois biotests sont réalisés dans des gobelets en plastique blanc d'une capacité de 200 ml.

Cinq concentrations sont testées, à savoir 0,02, 0,04, 0,08, 0,12, et 0,16 mg s.a./l. Trois gobelets de 100 ml d'eau osmosée contenant vingt larves âgées de 4 à 5 jours (stade L3) servent de témoin. Chaque concentration est répétée cinq fois. Les gobelets sont maintenus en étuve à  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  et à l'obscurité pendant toute la durée de l'essai.

Le nombre de larves mortes est comptabilisé 24 heures après le début de l'expérimentation

Essais biologiques deltaméthrine :

Une solution mère est préparée à la concentration voulue en diluant l'insecticide dans un mélange contenant un tiers d'huile de silicone et deux tiers d'acétone.

Les moustiques sont au contact de l'insecticide via un papier imprégné (papier Whatman n°1). Le protocole OMS stipule qu'un papier à 1% correspond à 367 mg de m.a / m<sup>2</sup>, soit, 6,63 mg de matière active par papier. Des solutions à la concentration de la dose diagnostique (théoriquement deux fois la concentration létale tuant 90 % des individus) sont réalisées également. Afin de pouvoir comparer nos résultats, il est choisi de réaliser des doses diagnostiques les plus citées dans la littérature scientifique, soit 0,05% pour la deltaméthrine.

Les papiers Whatman préalablement découpés au format 12x15 cm sont imprégnés avec 2 ml de la solution préparée précédemment. Après un temps de séchage de 24h, les papiers imprégnés sont stockés à l'abri de la lumière (dans du papier aluminium + sachet hermétique) et au réfrigérateur à 4°C.

Les moustiques âgés de 3 à 6 jours sont exposés à la dose diagnostique de 0,05% de deltaméthrine pendant 1h, suivant le protocole décrit par l'OMS (WHO 2009). Durant l'heure d'exposition, le nombre de moustique, subissant un effet choc, est relevé toutes les minutes. Ces données permettront de calculer les  $KD_{t50}$  et  $KD_{t90}$ .

20 femelles sont sélectionnées et insérées dans le tube d'observation. Un souffle léger fait passer les moustiques du tube d'observation au tube d'exposition. Après une heure d'exposition les moustiques sont replacés dans le tube d'observation. Les deux tubes sont séparés et le tube d'observation contenant les moustiques est conservé afin de compter le nombre de moustiques morts après 24h.

## 5.3 Résultats

Pour le test larvicide, la sensibilité est exprimée sous forme de concentrations létales (CL50 et CL90). Le calcul des CL, exprimées en mg s.a./l, est effectué à l'aide du logiciel logiciel CalcuSyn®. Les moyennes sont calculées sur la base des trois essais.

Lorsque la mortalité du témoin est comprise entre 5 et 20%, la mortalité est corrigée selon la formule d'Abbott.

Pour le test imagocide, les « Knock down » sont déterminés à l'aide du logiciel CalcuSyn®. Lorsque la mortalité du témoin est comprise entre 5 et 20%, la mortalité est corrigée selon la formule d'Abbott.

L'apparition de phénomènes de résistances aux insecticides s'évalue par le calcul de ratio de résistance (RR) entre les concentrations létales entraînant la mort de 50% des individus (CL50) entre les populations testées et les populations sensibles de référence.

Le calcul pour les Résistances Ratios est le suivant :

$$RR = CL_{50\text{terrain}}/CL_{50\text{sensible}}$$

- Test larvicide au *Bti*

Les CL50 moyennes  $\pm$  IDC à T+24h obtenues au cours des trois essais, exprimées en équivalent substance active, pour les souches de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont respectivement égales à  $0,071 \pm 0,009$  mg/l,  $0,053 \pm 0,002$  mg/l ;  $0,043 \pm 0,008$  mg/l et  $0,07 \pm 0,015$  mg/l.

Les CL90 moyennes  $\pm$  IDC à T+24h obtenues au cours des trois essais, exprimées en équivalent substance active, pour les souches de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont respectivement égales à  $0,174 \pm 0,028$  mg/l,  $0,128 \pm 0,034$  mg/l ;  $0,097 \pm 0,017$  mg/l et  $0,157 \pm 0,05$  mg/l.

Les CL50 ont été déterminées avec un Vectobac titrant à 2162 UTI (Unités Toxiques Internationales). Les RR obtenus pour le rapport des souches de de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sur l'espèce *Ae. aegypti* souche Bora Bora de référence, sont respectivement de 1,45 ; 1,08 ; 0,88 et 1,43.

Ces RR, conformément à l'OMS qui stipule,  $RR < 5$  : faible résistance,  $5 < RR < 10$  : résistance modérée et  $RR > 10$  : résistance élevée, montrent **qu'aucun phénomène de résistance au Bti n'est mise en évidence lors de ces tests réalisés sur ces populations de terrain.**

- Test imagocide à la deltaméthrine

Les KDt50 moyens  $\pm$  IDC obtenus au cours des trois essais, exprimés en minutes pour les souches de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont respectivement égaux à  $10,6 \pm 0,4$  min,  $10,1 \pm 3,43$  min,  $8,76 \pm 1,43$  min et  $14,23 \pm 0,18$  min.

Les KDt90 moyens  $\pm$  IDC obtenus au cours des trois essais, exprimés en minutes pour les souches de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont respectivement égaux à  $14,43 \pm 0,57$  min,  $17,9 \pm 2,52$  min,  $13,63 \pm 1,73$  min et  $21,44 \pm 0,37$  min.

Les valeurs obtenues pour les souches terrain de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont similaires à la souche *Ae. aegypti* Bora Bora, souche de référence sensible.

Les valeurs de ratio de résistance obtenues pour les souches de l'Hérault, de Drôme-Rhône, de la Gironde et de la Corse sont respectivement de 0,86 ; 0,82 ; 0,71 et 1,15.

**Conformément à l'OMS, ces ratios de résistances montrent qu'aucune résistance à la deltaméthrine n'est mise en évidence lors de ces tests.**

## 6. Evaluation de la stratégie d'autodissémination de larvicide pour la lutte contre *Aedes albopictus*

### Résumé :

La présente étude (Auto10) est basée sur celle réalisée en 2015 qui mettait en avant une réduction de 50% de l'effectif de « moustiques tigre » obtenue par l'installation de stations d'autodissémination de pyriproxifène à une densité de 1,5 station/hectare. En 2016, les objectifs principaux ont pour but de confirmer l'efficacité de la méthode et de déterminer des pistes d'amélioration pour son potentiel opérationnel à court/moyen terme, notamment grâce à l'affinement des connaissances sur les modalités de fonctionnement de la méthode Auto10 (en conditions de laboratoire et de terrain).

Ainsi, le quartier traité avec succès l'année dernière présente en août 2016 (période à laquelle la nuisance est la plus forte) près de 2,5 fois plus de moustiques sans dispositif qu'en 2015 à la même période.

De plus, la limite de déploiement de stations grâce au démarchage en porte-à-porte est établie à **3/hectare** dans le cas d'une station par maison. Au-dessus, il sera nécessaire de faire appel à certaines structures telles que les mairies, syndicat de copropriété, etc. L'attractivité est à améliorer par une optimisation du prototype (meilleur accès moustique) et également grâce à une diminution des gîtes larvaires alentours (en contexte de lutte intégrée par exemple).

Les captures au sein des pièges collants et pièges pondoirs font état de visites de diptères (autres moustiques, autres diptères tels que syrphes, mouches, sciaridés), de fourmis du genre *Crematogaster sp.* et d'araignées diverses. La présence des autres classes d'insectes et d'autres arthropodes semble négligeable (occurrence < 1/340 par jour de piégeage).

Pendant les 2 premières sessions de l'expérimentation, la mise en place d'une grille blanche à mailles fines (<5mm) au niveau des entrées des stations a très fortement diminué l'attractivité de celles-ci pour le moustique tigre (obstacle visuel et/ou physique). Les moustiques n'entrant pas (ou peu) dans les stations, la dissémination du pyriproxifène a été fortement limitée ce qui a réduit l'inhibition du développement des larves dans la majorité des gîtes du quartier, ce qui explique l'absence d'effet sur la courbe de densité des pièges-pondoirs. A la troisième session, cette grille n'a pas été installée sur les stations ce qui a permis la dissémination du pyri (près de 40% de gîtes contaminés) et par conséquent la diminution progressive de la densité de moustiques tigres au sein des quartiers traités (visible par suivi de densité par pièges-pondoirs).

Enfin, l'étude ciblée sur les quartiers témoins et tests ont mis en avant des lacunes de connaissances sur les gîtes à *Ae. albopictus* : la majorité des résidents étant vigilant concernant les eaux stagnantes au sein de leurs propriétés, les gîtes intradomiciliaires sont de plus en plus rares et de faibles volumes ; à cela s'opposent les densités toujours très fortes de moustiques tigres dans ces mêmes quartiers. Les campagnes de gîtes intra-domiciliaires ont exposé la possible mise en cause des regards téléphoniques qui stockent de grosses quantités d'eau de pluie (entre 20 et 400L par RT), à l'abri de l'évaporation et qui nécessitent un outil particulier pour leur ouverture (et donc leur traitement), ainsi que d'autres potentiels gîtes de grandes capacités (réservoir d'eau enterrés, installations de protections des inondations, etc), jusqu'ici très peu connus et donc très peu gérés par les particuliers et les communes.

## 6.1 Matériel et méthodes

### 6.1.1 Dispositif Auto10

#### Prototype

Le prototype utilisé en 2015 se présente en 2 parties, une chambre d'attraction et une chambre de contamination/transfert, toutes deux en plastique noir :

- La chambre d'attraction compose la partie basse de la station. Elle est remplie de 2L de solution attractante pour attirer les femelles gravides à la recherche d'un gîte de ponte. La solution est un mélange à parts égales d'infusion de chêne et d'eau du réseau (Rapport de stage, Philibert 2012). Une moustiquaire en polymère à maille fine est collée sur l'ouverture pour empêcher le passage des moustiques.
- La paroi de la chambre de transfert est percée de 2 ouvertures d'un diamètre de 6,5 centimètres, recouvertes de grillage à maille fine (1cm) pour interdire l'accès aux gros insectes (abeilles, guêpes, etc.) et les manipulations humaines ou animalières. L'intérieur de la chambre est recouvert de coton. Le coton est imprégné de poudre contaminante, destinée à être transférée sur les moustiques. Les deux parties de la station sont fixées ensemble par des boulons.

Le prototype 2016 est identique à celui-ci, à la différence que la maille de la grille d'entrée a été réduite à 0,5cm afin de convenir aux recommandations de protection pour les abeilles et autres insectes sensibles par l'ANSES. L'impact de cette grille sur l'accès et l'attractivité pour les moustiques tigre a été testé en laboratoire. La fixation entre les deux chambres est maintenant composée de clips métalliques, plus simples à mettre en place et à retirer que les tiges filetées avec boulons.

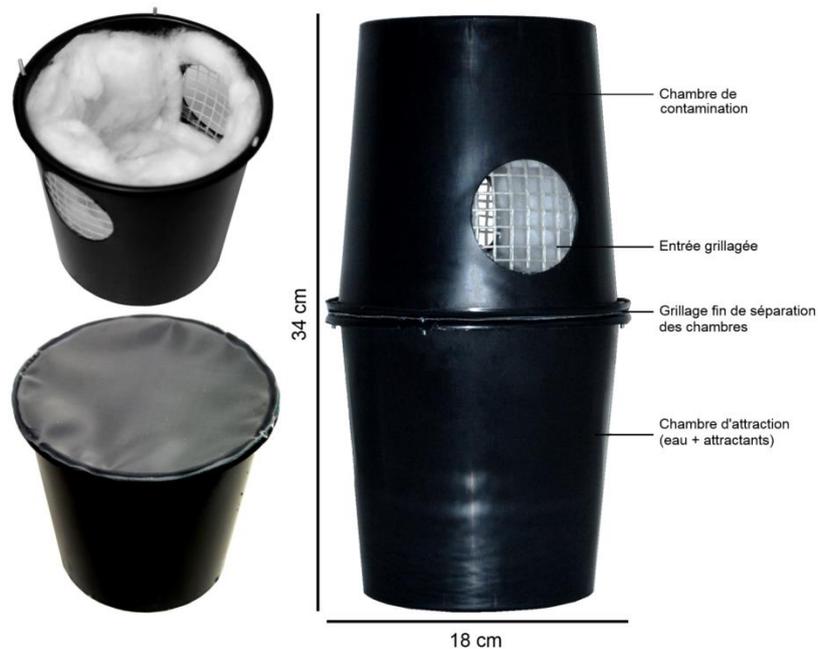


Figure 1. Station d'autodissémination (Prototype 2015)

#### Poudre contaminante

La poudre sert à la contamination des chambres de transfert des stations d'autodissémination, ainsi que des adultes dans les expérimentations en laboratoire.

Le pyriproxifène (Sumilarv TG) a été acheté chez Sumitomo, suite à la décision de la direction de s'approvisionner chez le seul fournisseur à soutenir l'homologation européenne de cette matière active.

La poudre contaminante est composée d'un mélange de talc et de pyriproxifène, à parts égales. Le talc constitue une matrice efficace et économique pour le pyriproxifène. La poudre est

préparée en dissolvant 250g de pyriproxifène et 250g de talc dans 600ml d'acétone. La préparation est étalée puis laissée à sécher pendant 5 à 7 jours sous hotte aspirante. En fin de chaîne, elle est passée au broyeur à billes, à 3000 tours/min pendant 6 minutes afin d'obtenir une poudre très fine.

### **Efficacité des stations**

L'efficacité des stations d'autodissémination et du PPF a été testée en laboratoire et en conditions semi-contrôlées. Les principales conclusions des expérimentations sont résumées ici.

#### **a. Efficacité des transferts de PPF sur les imagos :**

En 2015 (cf. rapport Auto10 précédent), la capacité de transfert avait été déterminée en plaçant les femelles *Ae. albopictus* au sein de cônes plastiques transparents dont la base était constituée de coton imprégné de poudre contaminante. Cette approche, bien qu'instructive et utile pour prouver l'adhérence de la poudre sur le corps du moustique tigre, avait le défaut de ne pas reproduire un comportement de référence de l'animal au sein de la station (importance des zones d'attraction, de la lumière, des contrastes sur le temps et la localisation des repos de l'individu entré). De plus, il ne s'agissait pas d'une approche quantitative mais qualitative uniquement.

Les tests en laboratoire de 2016 ont été réalisés afin de s'approcher au maximum de cette réalité : Quatre chambres de transfert sont préparées en imprégnant le coton soit de poudre contaminante (50% fluoresceïne<sup>1</sup>, 50% talc) soit de talc pur puis placées chacune à l'intérieur d'une cage où 15 femelles y sont laissées durant 2h à 27°C dans l'obscurité.

Les femelles sont ensuite isolées dans des gobelet-pondeurs individuels. Chaque gobelet pondeur contient 20mL d'eau osmosée et est fermé par un tulle avec un coton imbibé de solution sucrée. Les gobelets sont placés dans l'obscurité à 27°C durant 24 heures pour stimuler le comportement de ponte. La quantité de fluoresceïne présente dans l'eau des gobelets pondeurs est ensuite testée à l'aide d'un spectrofluoromètre.

#### **b. Durée d'utilisation des stations :**

Cette expérience a pour but de déterminer l'évolution de la capacité des stations d'autodissémination à contaminer les moustiques y entrant, après différentes durées d'expositions aux conditions de terrain. Les trois stations sont préparées en imprégnant le coton de chacune des chambres de transfert de 10g de poudre contaminante (50% fluoresceïne et 50% talc). Les stations contaminées sont disposées à l'extérieur, sous la végétation, autour du bâtiment de l'EID. Les 3 stations contaminées sont prélevées chaque semaine à partir de la semaine de pose et sont testées en laboratoire : le protocole est identique au précédent.

#### **c. Attractivité des stations :**

Cette expérience a pour but de compléter les résultats précédents, en caractérisant le taux de visite des stations d'autodissémination par les femelles de moustiques tigre. Pour cela, un réseau de « sticky trap », des pièges collants basés sur les designs actuel et potentiel des stations Auto10, a été mis en place dans un quartier où un suivi de populations était en cours mais non utilisé dans l'expérimentation de terrain principale. En amont, la colle a été testée en laboratoire pour confirmer sa capacité à coller les « moustiques tigres » ainsi que son absence de caractère répulsif/attractif sur l'espèce. Au total, 38 sticky trap dispersés sur 6 hectares ont été relevés chaque semaine entre la semaine 32 et la semaine 46. Plusieurs aspects de la station y ont été testés : présence/absence de grille, couleur de la zone de contamination, structure intérieure, etc.

---

<sup>1</sup> La fluoresceïne est une substance colorée et fluorescente utilisée en hydrogéologie notamment. Elle est facilement quantifiable à une dose similaire aux doses d'efficacité du pyriproxifène (env. 1ppb) sous la simple condition de posséder un fluorimètre. Elle est utilisée ici comme remplaçant du pyriproxifène dans un but pratique et économique.

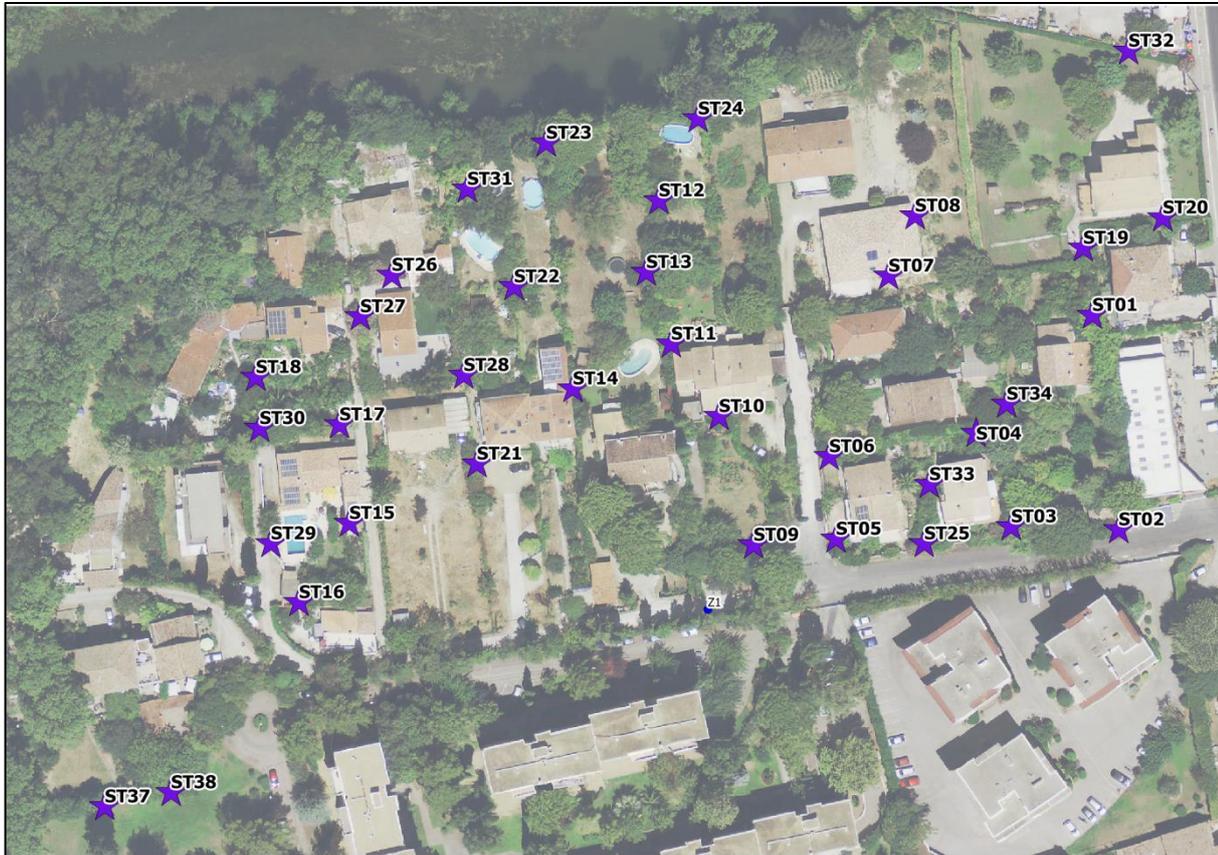


Figure 2. Carte de l'emplacement des Sticky Trap dans la rue Courte Oreille à Montpellier.

### 6.1.2 Zones expérimentales

L'objectif principal de cette étude est de suivre et de comparer l'évolution de la valeur sélective de populations de moustiques tigres entre des quartiers témoins et traités sur l'agglomération de Montpellier.

#### Sélection des quartiers

L'expérimentation se déroule dans les villes de Montpellier et en limite de Castelnaud-le-Lez, colonisées par *Ae. albopictus* depuis 2013. 4 quartiers pilotes ont été sélectionnés (Montpellier : Vert-Bois, Pompignane ; Castelnaud-le-Lez : Chevalerie et Volhe) en fonction des paramètres techniques suivant :

- Une occupation du sol de type « habitat résidentiel individuel avec jardin », propice à générer les densités les plus fortes de moustiques tigre. La sélection a été affinée par la modélisation spatiale de l'évolution saisonnière de la densité moyenne de vecteurs (*Tran et al. 2013*).
- Un aménagement du domaine public permettant l'installation pérenne d'un réseau de pièges-pondoir à une densité minimum de 0,5/ha.

Ce dernier critère, indispensable pour le suivi, nécessite deux phases : une présélection des quartiers via l'outil de visualisation à distance « street view » de Google ; puis la cartographie de ces ensembles urbains grâce à des confirmations visuelles directes.

Le premier pic annuel de densité de ponte sera comparé entre les quartiers afin d'affiner la sélection des quartiers tests et des quartiers témoins.

#### Suivi de la dynamique de population d'*Aedes albopictus*

La valeur sélective des populations sauvages de moustiques tigre est suivie indirectement au moyen d'un réseau dense de pièges-pondoirs (PP). Cette valeur, exprimée en nombre d'œufs moyens par piège pondoir par semaine, est représentative d'une nuisance passée (2 à 9j de décalage en fonction de la saison). Les PP sont remplis d'un à deux litres d'eau claire, sans biocide ajouté. Ils sont relevés et changés chaque semaine. Les relevés sont comptés de façon exhaustive et absolue à l'aide d'une loupe binoculaire au laboratoire de confinement. Une valeur moyenne d'œufs par PP et par quartier est calculée pour chaque semaine de relevés.

Pour déterminer l'emplacement des PP, une cartographie des zones potentielles au sein de chaque quartier est créée ; à l'aide de ces cartes, les positions théoriques des PP sont fixées afin de s'approcher le plus possible d'une répartition homogène (**cf. figure 3**).

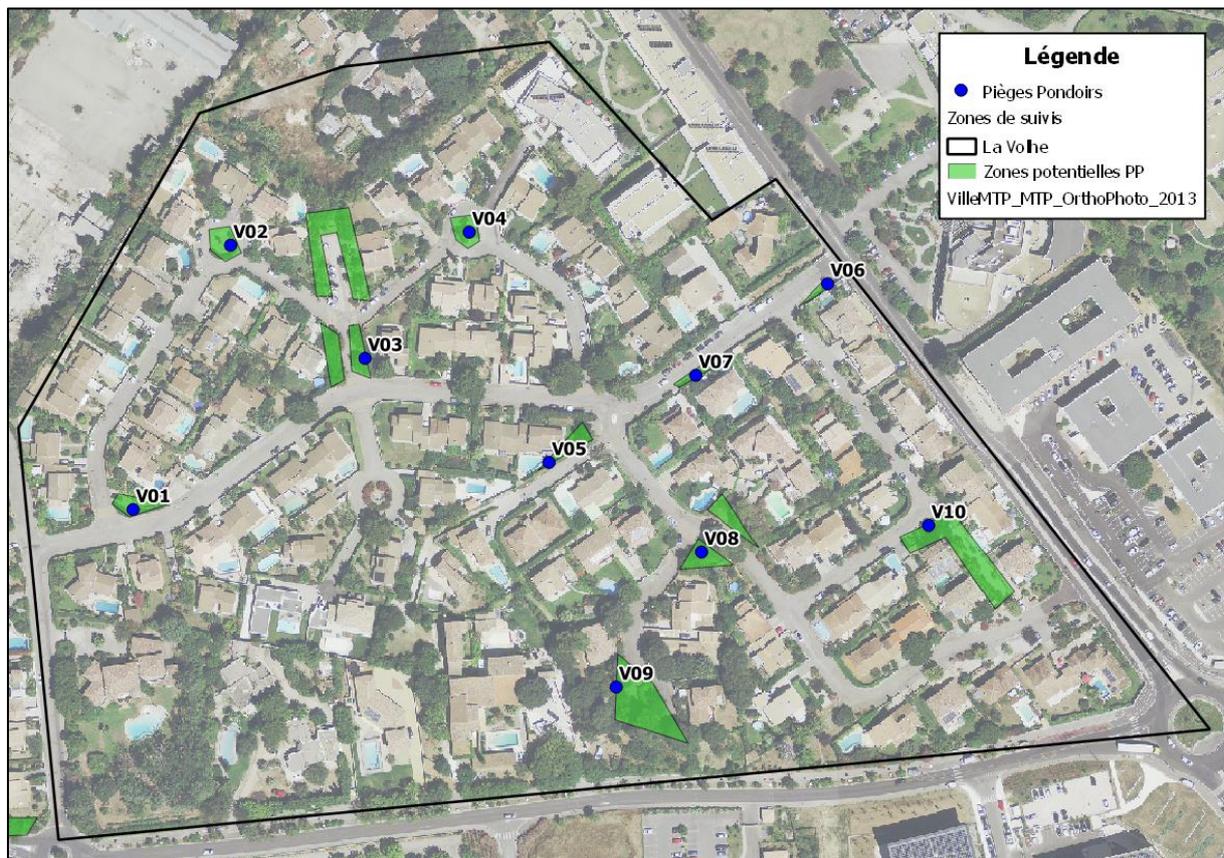
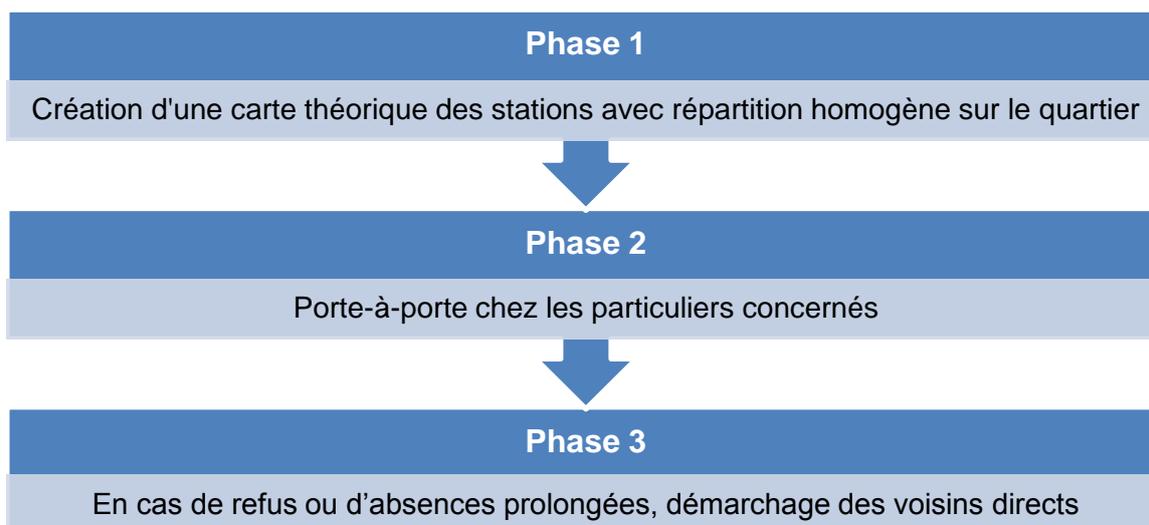


Figure 3. Aide à la décision de la position des PP par rendu cartographique. Exemple du quartier « La Volhe ».

## Sélection des volontaires

Au sein de chaque quartier test, le réseau de volontaires est démarché en 3 phases :



Lors de l'installation des pièges-pondoirs, un courrier d'information aux riverains a été distribué dans chaque boîte aux lettres. Ce courrier est composé d'une lettre d'information et d'une affichette.

### 6.1.3 Etude opérationnelle

#### Mise en place des stations

Les stations d'autodissémination sont mises en place au cours de la semaine 27. Elles sont transportées démontées, avec la chambre de contamination sous cellophane et à l'abri de la lumière. Sur place, la chambre d'attraction est remplie de 2 litres d'eau boisée à 50%, afin de rendre les stations les plus attractives possibles dès leur installation, puis la station est montée et placée dans les jardins des riverains volontaires. La position de la station au sein de chaque jardin doit répondre à un maximum de critères parmi les suivants (ordre d'importance décroissant) :

Critères	Explications
1- Position stable	Inactivation de la station en cas de chute
2- A l'abri du soleil, du vent et de la pluie	Optimisation de la durée de vie et de l'attractivité de la station
3- Sous une végétation de feuillus	Optimisation de l'attractivité de la station
4- A proximité du point théorique pointé par l'outil cartographique	Homogénéité de la répartition des stations
5- Privilégier une couverture arborée à une couverture arbustive	Optimisation de l'attractivité de la station

La cellophane de la chambre de contamination est retirée une fois la station installée pour diminuer au maximum les risques de dispersion non désirée de produit.

#### Echantillonnage du pyriproxifène au sein des gîtes et pièges-pondoirs

Comme en 2015, un prestataire externe (Eurofins<sup>2</sup>) est chargé de doser le PPF dans les échantillons (seuil inférieur de quantification = 0,02µg/L).

<sup>2</sup> Eurofins Hydrologie SUD, 75 Chemin de Sommières, 30130 VERGEZE

Les échantillons soumis à l'analyse sont des prélèvements d'eau réalisés au sein de gîtes intradomiciliaires ainsi que dans les pièges-pondoirs (*cf. tableau I*).

		Semaines de prélèvement						
Origine	Type	34	35	36	39	40	41	Effectifs totaux
Vert-Bois	Pièges pondoirs		X			X	X	9
	Gîtes			X		X		7
Chevalerie	Pièges pondoirs		X			X	X	14
	Gîtes			X	X	X	X	22
Volhe	Pièges pondoirs		X			X	X	13
	Gîtes	X		X				8
Pompignane	Pièges pondoirs		X			X	X	3
Laboratoire	Gamme témoin						X	15

Tableau I. Origine, type et date de prélèvement des différents échantillons analysés pour le pyriproxyfène.

a. Prélèvement de l'eau des pièges-pondoirs :

Les relevés ont été programmés afin que l'eau demeure au moins 21 jours dans les PP dans le but de maximiser la durée d'exposition potentielle au PPF. En été, cette période de temps est suffisante pour permettre le développement complet des stades immatures ; afin d'éviter que les PP ne produisent des imagos, l'eau a été tamisée au moyen d'une épuisette et les niveaux complétés lors du relevé hebdomadaire des pondoirs. Cependant, certains pondoirs sont parfois renversés ou disparaissent du fait de l'entretien de la végétation, de l'action d'animaux domestiques ou du nettoyage par des résidents n'ayant pas été touchés par la campagne d'information par courrier. La durée de présence d'eau en continue avant prélèvement a donc été calculée pour chaque échantillon.

L'eau de chaque PP actif dans les quartiers traités a été versée dans une bouteille de verre brun d'une contenance d'1L. Les bouteilles étaient ensuite stockées à l'abri de la lumière puis conservées au réfrigérateur avant analyse (envoi groupé semaine 43).

b. Prélèvement de l'eau des gîtes intradomiciliaires :

Les gîtes larvaires dits « naturels » ont été prélevés au cours de plusieurs sessions de porte-à-porte dans les quartiers traités (Chevalerie, Volhe, Vert-Bois) entre le 06/09 et le 12/10/16.

L'eau de chaque gîte larvaire positif a été prélevée dans une bouteille en verre brun d'1L avec la matière organique qu'il contenait, car le PPF a une grande affinité avec cette dernière. Lorsque les échantillons d'eau ne pouvaient être récupérés sans outils annexes, un entonnoir et des pipettes jaugées ont servi aux prélèvements, chacun rincés 2 fois à l'eau claire avant et après toute utilisation. Lorsque le volume d'eau présent dans le gîte était supérieur à 1L, l'eau était remuée pour la mélanger avec la matière organique afin de pouvoir prélever un échantillon représentatif du gîte larvaire.

Lors de l'opération, les agents ont noté différentes informations pour chaque gîte trouvé positif en *Ae. albopictus* : le type de gîte et leur localisation précise, le volume d'eau potentiel et réel, les différents stades et leur densité (Abacus 5, Carron et al. 2003).

Divers indices ont été calculés à partir de ces données :

*Indice de rétivité* = pourcentage de maisons qui refusent la visite des agents de démoustication.

Cet indice est d'intérêt sociologique et reflète la proportion de propriétés qui échappent aux opérations de lutte/suivi dans le contexte de leur réalisation.

*Indice maisons* = pourcentage de maisons avec au moins un gîte positif en larve(s)/nymphe(s) d'*Ae. albopictus*.

*Indice de Breteau* = nombre de gîtes larvaires positifs pour 100 maisons.

Ces deux indices entomologiques sont des indicateurs du comportement de la population en termes de lutte contre le moustique tigre (mise en pratique des bons gestes). Toutefois ils ne prennent pas en compte la productivité des gîtes et donc la nuisance qui en résulte.

*Indice gîtes et productivité d'adultes (IGPA)* = pourcentage de gîtes positifs en larves de stade 4 (L4) et nymphes (N) parmi les gîtes positifs.

Cet indice correspond à la densité vectorielle générale dans la zone visitée.

#### 6.1.4 Analyse statistiques

##### a. Robustesse de l'échantillonnage :

Sauf rares exceptions (corrigées par pondération), les relevés des pièges pondoires ont eu lieu tous les 7 jours. L'erreur systématique maximale, i.e. le risque que certaines populations échantillonnées ne soient pas représentatives de la population de référence, est donc de 2 jours sur 7, soit 29%. Cela compromet la confiance dans les résultats statistiques pour les très petits échantillons ( $n < 4$  semaines) lorsqu'est utilisé un test trop puissant, à l'instar du test de Friedman. Les très petits échantillons doivent donc être analysés par un test non paramétrique : les données de dynamique temporelle (non paramétriques) sont analysées dans un premier temps par des tests de Friedman et/ou de Kruskal-Wallis.

##### b. Lissage par moyenne mobile :

Le but d'un lissage par moyenne mobile est de faire apparaître l'allure de la tendance.

Il s'agit donc de faire disparaître la saisonnalité et de réduire au maximum le bruit blanc :

- Suppression d'une composante saisonnière de période P avec une moyenne mobile d'ordre P ;
- Effacement du bruit d'autant plus que l'ordre de la moyenne mobile est grand ;
- Mais perte des caractéristiques de la tendance avec une moyenne mobile d'ordre trop élevé (jusqu'à obtenir une tendance constante).

Dans le cas d'un suivi de dynamique de populations d'*Ae. albopictus* par piège pondoire, il est connu que la semaine de relevé n'est pas indépendante des semaines immédiatement précédente et suivante. La moyenne mobile d'ordre 2 est donc un outil efficace pour lisser la courbe de la dynamique saisonnière de population du moustique tigre de manière à s'approcher des valeurs réelles.

##### c. Agrégation moyenne de Lloyd :

L'agrégation des œufs par ponte et la dispersion des pontes dans les pièges pondoires sont analysées par le calcul de la droite de régression de la densité moyenne hebdomadaire d'œufs par pièges pondoires (m) et l'agrégation moyenne de Lloyd ( $m^*$ ), dont la formule est la suivante :

$$m^* = m + S^2/m - 1$$

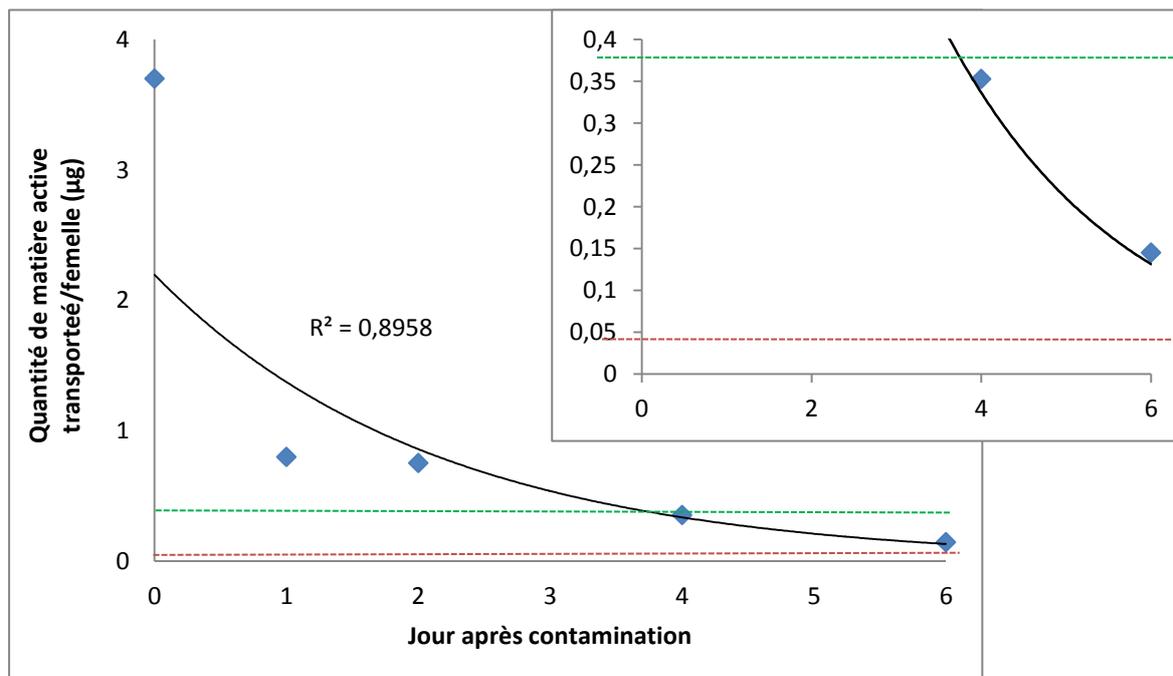
L'ordonnée à l'origine indique le nombre moyen d'œufs par ponte, elle vaut 0 pour un œuf pondu par ponte. La pente mesure le degré d'agrégation des pontes, elle vaut 1 avec une distribution au hasard.

## 6.2 Résultats

### 6.2.1 Efficacité théorique du dispositif d'autodissémination

#### Adhésion de la poudre sur les femelles

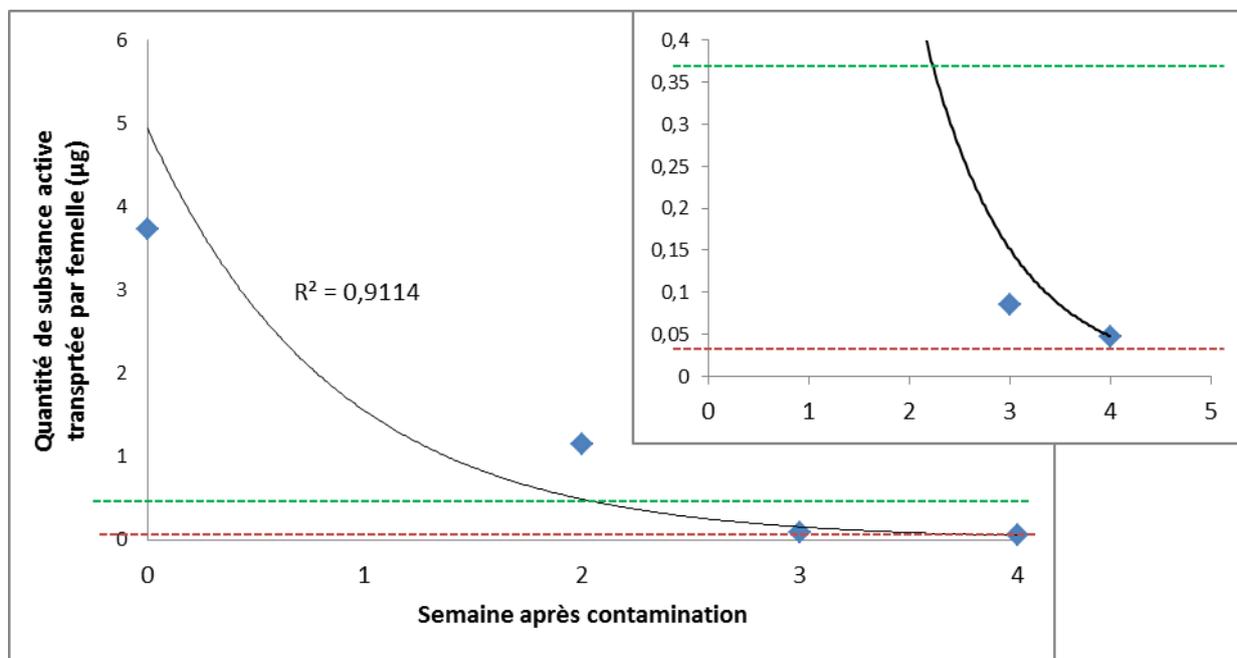
Les femelles « moustiques tigre » ont une capacité de transport maximale de 3,75µg de substance active pour une formulation à 50% avec du talc. Cette valeur est cependant limitée dans le temps, puisqu'après 24h elle diminue à 0,8µg et jusqu'à 0,15µg 6 jours après l'adsorption. Durant les 48 premières heures, la femelle transporte suffisamment de pyriproxifène pour contaminer un gîte de 2L à une concentration au moins égale à la CL90 et à une concentration au moins égale à la CL50 jusqu'à 6 jours post-contamination (**cf. figure 4**). Il faut souligner que la quantité adhérente est fortement variable au sein d'un pool d'individus.



**Figure 4. Evolution de la quantité de matière active transportée en moyenne par une femelle « moustique tigre » en laboratoire.** Le losange bleu indique les valeurs moyennes mesurées, la courbe en noir modélise son évolution, la bande verte représente la valeur de la CL90 et la rouge celle de la CL50, pour le pyriproxifène au sein d'un gîte d'un litre.

#### Durée d'utilisation des stations

Le prototype présenté dans cette étude développe une capacité d'adhésion maximale de 3,75µg de substance active par femelle au moment de son installation. Cette valeur tend cependant à diminuer dans le temps (**cf. figure 5**) : ainsi, après 2 semaines d'exposition aux conditions extérieures, cette capacité est réduite de 70% (1,14µg/femelle) de sa valeur initiale et de 98,5% (0,05µg/femelle) après 4 semaines. Après deux semaines placées à l'extérieur, la poudre contaminante est fixée par les femelles « moustique-tigres » à un niveau suffisant pour que celles-ci contaminent en un seul passage un gîte de 3L à une concentration supérieure à la CL90. Durant les deux semaines suivantes, ce niveau d'adhésion est suffisant pour contaminer un gîte d'un litre au moins à la CL50. Comme dans l'expérience précédente, le taux d'adhésion inter-individuelle présente une forte variabilité. Concernant la variabilité entre les stations, elle est forte au moment de l'installation mais négligeable pour les autres semaines de tests (S2, S3, S4).



**Figure 5. Evolution de la quantité de substance active fixée en moyenne par une femelle « moustique tigre » après un passage dans le prototype de station Auto10.** Le losange bleu indique les valeurs moyennes mesurées, la courbe en noir modélise son évolution, la bande verte représente la valeur de la DL90 et la rouge celle de la DL50 pour le pyriproxifène.

### Attractivité des stations

#### a. En laboratoire :

Les tests concernant la maille de la grille et la colle ont été réalisés en une seule expérimentation. Ainsi, il apparaît que la colle ne présente pas d'effet répulsif et possède un pouvoir collant suffisant : jusqu'à 100% de moustiques contenus dans une cage sont capturés en moins de 24h grâce à elle.

Quant à la maille de la grille, elle ne constitue pas un obstacle visuel et/ou physique à l'entrée des moustiques à l'intérieur des stations puisque les stations avec et sans grille possèdent un pourcentage d'entrée similaires en laboratoire, respectivement 90 +/- 4% et 98 +/- 10%.

#### b. Sur le terrain :

Les tests par sticky-trap, dès le début de leur installation entre les semaines 32 et 35, révèlent pour les stations avec une grille de maille fine un taux de visite proche de zéro. En absence de grille, le taux de visite est positif mais reste très faible (environ une femelle par semaine par station). Pour comparaison, un prototype légèrement différent (lié au design interne) cumule en moyenne un taux de visite presque 5 fois supérieur au prototype actuel sans grille. Bien que la valeur du taux de visite soit probablement sous-évaluée, elle permet une estimation basse importante pour la connaissance de la méthode. De plus, cette expérimentation a mis en évidence deux faits marquants :

- l'attractivité du prototype peut être significativement améliorée
- l'effet d'obstacle fort de la grille à maille fine, qui remet en cause l'expérimentation Auto10 qui a lieu en parallèle de la campagne de sticky-trap.

Au vu de cette dernière donnée (et d'autres, notamment le suivi de P, il a été nécessaire de prolonger l'expérimentation Auto10 avec cette fois-ci une recharge avec des stations sans grille afin de ne pas faire obstacle à l'entrée des moustiques dans les stations, ce qui constitue le critère principal sur lequel repose toute la méthode.

## 6.2.2 Etude Auto10 en conditions opérationnelles

### Homogénéité des quartiers

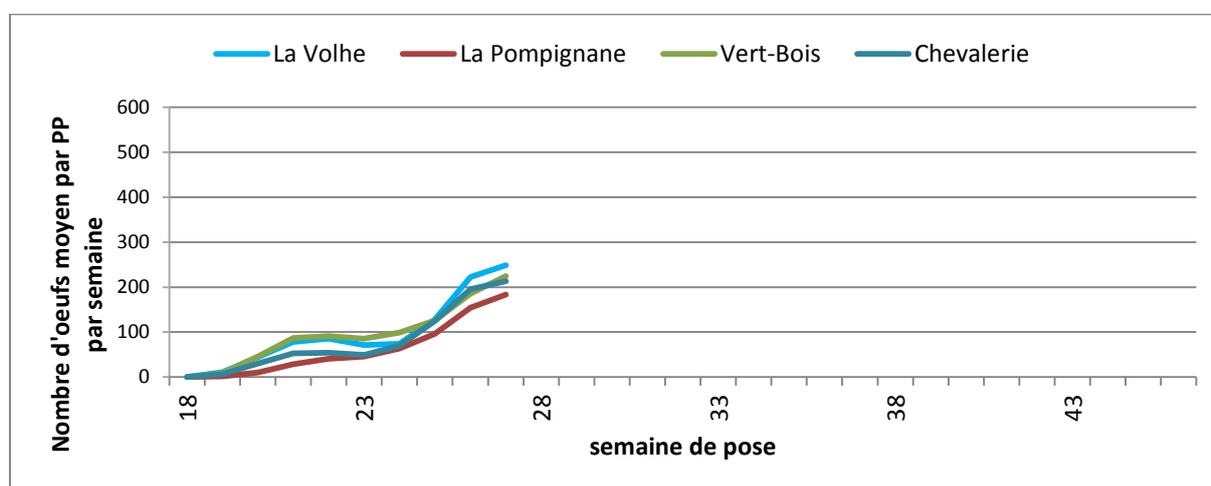
L'homogénéité des quartiers a été vérifiée sur plusieurs critères : des données de tissu urbain, le niveau de densité en moustique tigre et le comportement de ponte de ce dernier.

#### a. Tissu urbain :

Les quartiers suivis pour l'expérimentation ont été sélectionnés au sein de l'agglomération de Montpellier et ses environs immédiats, avec une superficie de plus de 5 ha chacun. Le tissu urbain recherché était de type « habitat résidentiel individuel avec jardin » avec une densité d'habitations de 10 à 13 habitations à l'hectare. Enfin, la présence de zones végétalisées devait permettre l'installation d'un réseau de pièges pondoirs efficace.

#### b. Densité en moustique tigre :

Les densités de populations sont suivies par la méthode du réseau de pièges pondoirs. La comparaison des niveaux de densité en moustique tigre en début de saison, avant le traitement par Autodissémination, permet d'écarter les quartiers présentant une colonisation faible et/ou partielle de l'espèce. Ainsi, la **figure 7** permet de confirmer la présence forte du moustique tigre dès le début de saison dans ces quartiers : avant l'installation des stations d'autodissémination, les courbes de densité dépassaient les 150 œufs par piège pondoir par semaine, valeur également atteinte par les quartiers de référence de 2015 à cette même période.



**Figure 6. Dynamique saisonnière de la densité de ponte des quartiers-pilotes entre le début de la période de ponte et le démarrage de l'expérimentation Auto10 (semaines 18 à 27).**

#### c. Comportement de ponte :

Les régressions linéaires effectuées sur les données complètes de la saison d'activité prédiapausante (**cf. figure 8**) confirment un comportement de dispersion des œufs équivalent entre les populations des différents quartiers avec une pente environ égale à 1,2, de type dispersion au hasard à tendance agglomérative. On constate cependant des différences d'ordonnées à l'origine, qui correspondent au nombre moyen d'œufs pondus par femelle sur chaque pondoir. Ainsi, les femelles du quartier de la Pompignane semblent pondre plus d'œufs sur chaque pondoir que dans les autres quartiers. Le nombre de gîtes visités par cycle gonotrophique étant inversement proportionnel au nombre d'œufs pondus par gîtes de ponte, il s'agit d'une raison supplémentaire pour utiliser le quartier de la Pompignane comme quartier de référence, sans installation de station d'autodissémination.

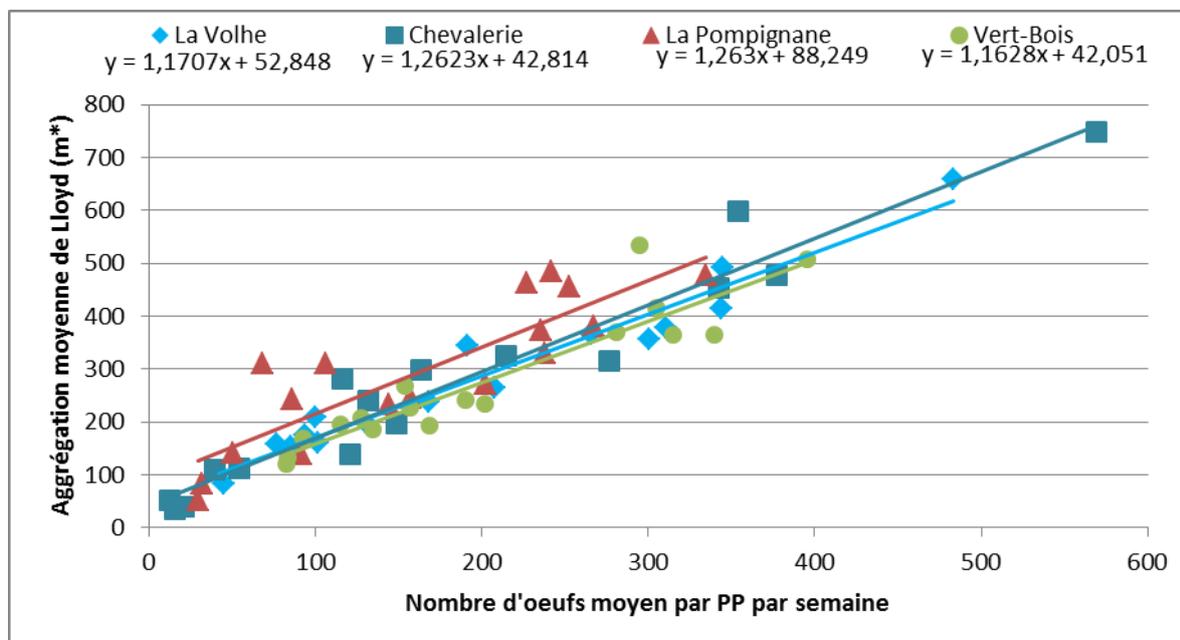


Figure 7. Comportement de ponte entre le début de la période de ponte et jusqu'à l'initiation de la diapause (semaines 20 à 36).

#### Densité :

Concernant le suivi du début de la saison d'activité d'*Ae. albopictus*, déjà traité plus, la dynamique générale, le comportement de ponte et le niveau de densité sont comparables entre les deux groupes de quartiers (traités/témoin). Au début de l'expérimentation, entre l'installation des stations et leur première recharge en pyriproxifène, une relative stabilité de la densité s'observe pour les deux groupes de quartiers qui ne présentent aucune différence statistique durant cette période. Le niveau de densité est cependant élevé, aux alentours de 200 œufs/PP/semaine, ce qui correspond à une nuisance déjà importante. Contrairement aux résultats attendus, une augmentation très nette de la densité au sein des quartiers traités survient en parallèle d'un accroissement relativement faible dans le quartier témoin.

Durant la dernière période de traitement, après la seconde recharge (avec modifications des grilles de protection des entrées), la dynamique de population des quartiers traités entre dans une phase de chute rapide et régulière, en passant de presque 400 à seulement 100 œufs/PP/semaine (diminution de 400%). A l'inverse, le quartier témoin conserve une stabilité assez visible en descendant de 220 à 170 œufs/PP/semaine, qui correspond à une décroissance de seulement 25%. Pour la première fois depuis le début du suivi de population de 2016, la densité en moustique tigre est significativement inférieure dans les quartiers traités.

Après l'épisode cévenol qui marque la fin de l'expérimentation Auto10 en semaine 41, les densités des deux groupes de quartiers ne sont plus significativement différentes et atteignent 0 en semaine 45.

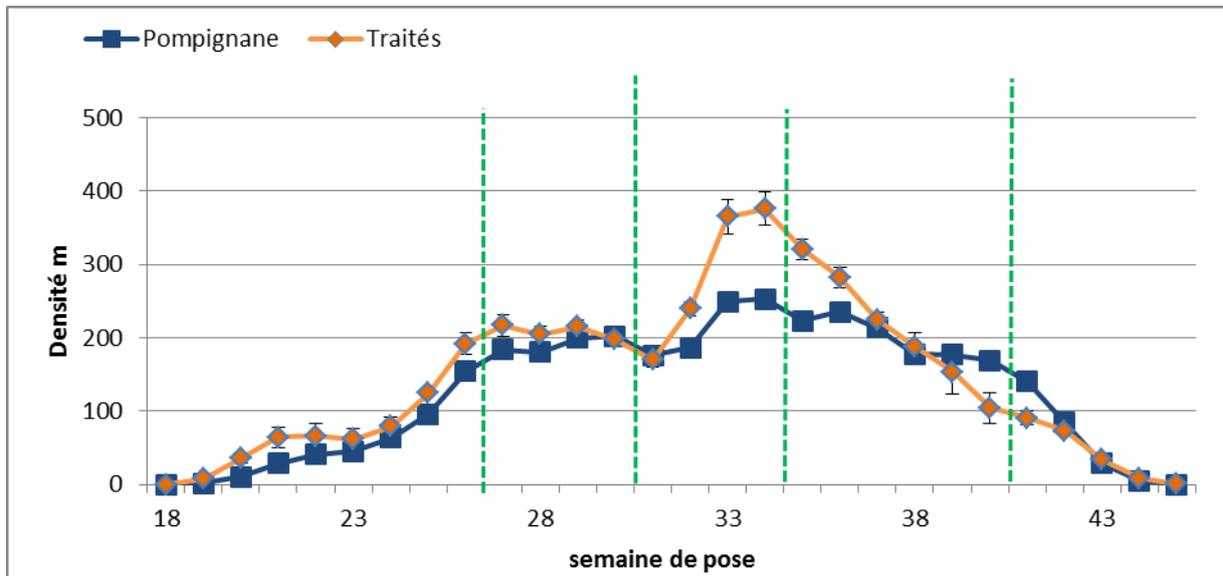


Figure 8. Comparaison de densité en moustiques tigre du groupe des quartiers traités versus le quartier témoin pendant la saison d'activité d'*Ae. albopictus* 2016.

### Dissémination du pyriproxifène



Figure 9. Carte d'échantillonnage des gîtes en eau dans le quartier de « la Chevalerie », à Castelnau-le-Lez. En rouge, les habitations où l'accès a été refusé ; en blanc, les habitations où aucun gîte larvaire à *Ae. albopictus* n'a été trouvé ; en noir, les habitations où au moins un gîte larvaire a été trouvé.

Dans l'exemple du quartier de la Chevalerie (Castelnau-le-Lez), où la pression d'échantillonnage a été la plus forte, la plupart des riverains permettent aux agents de l'EID, dans le cadre de

l'expérimentation Auto10, de réaliser une recherche de gîte à moustique tigre dans leur jardin (indice de rétivité à environ 8%). Parmi ces habitations, la recherche de gîte a été positive au moins une fois dans la saison dans 41% d'entre elles. Cependant, l'indice de Breteau reste très faible, seulement 53 en cumulant l'ensemble des gîtes trouvés sur la saison contre 113 dans le quartier des Goélands en 2015 en un seul passage.

Sur l'ensemble du dispositif, 37% des gîtes se sont révélés positifs en pyriproxifène. Ces gîtes se trouvent dans un rayon de 6 à 40m de la station la plus proche, certains gîtes se trouvant plus près (3-4m) n'étaient pas contaminés. Aucun gîte se trouvant à plus de 40m de la station la plus proche n'a été trouvé et donc analysé.

Sur ces 37%, 20 présentaient une concentration en pyriproxifène supérieur à la CL50 et leur production en moustique tigre en était donc impactée.

Dans le détail, les gîtes de grande capacité (> 10L effectifs) et/ou les gîtes situés à proximité d'une station (< 10m) sont les gîtes les plus fréquemment contaminés au pyriproxifène.

## 6.3 Discussion

Les effets de l'autodissémination sur la dynamique de populations du moustique tigre au sein des quartiers traités ne sont pas aussi contrastés que ceux durant l'expérimentation de 2015 : aucun impact significatif n'est observé avant la semaine 35 ; au contraire, la dynamique est plus favorable au sein des quartiers traités durant la période la plus dense en moustique. Si cet évènement n'est pas lié à l'expérimentation, elle souligne cependant la difficulté de comparaison entre différents quartiers, chacun pouvant présenter une densité variable en moustique en fonction de son potentiel maximum de nuisance, du comportement des résidents face aux gîtes et de la fiabilité du réseau de pièges-pondoirs. Cette variabilité connaît pourtant certaines limites :

- la densité, passé un certain seuil (aux environs de 150 œufs par piège-pondoir), est toujours signe d'une nuisance importante ;
- la connaissance de la dynamique d'un quartier, années après années, permet d'avoir un point de référence fiable, excepté en cas d'évènements météorologiques exceptionnels ou de traitement de grande ampleur.

Pour revenir aux effets de l'autodissémination sur la dynamique de populations, l'absence d'impact de la méthode avant la semaine 35 a été déterminé et expliqué, au moins partiellement. Une fois le problème corrigé, l'effet significatif sur la baisse de densité bien plus rapide au sein des quartiers traités a confirmé une nouvelle fois le fonctionnement de la méthode, même à une saison défavorable au concept de la méthode d'autodissémination (**Fonseca et al., 2015**). Cette différence de dynamique est une nouvelle fois rapidement éliminée en fin de saison par les très fortes pluies de l'épisode cévenol en semaine 41 en diluant les gîtes contaminés au pyriproxifène et en diminuant très fortement l'efficacité des stations (baisse d'attractivité par augmentation de la compétition en gîtes attractifs et baisse d'efficacité par détérioration du support du pyriproxifène).

Une autre donnée intéressante est la comparaison entre l'année 2015 et l'année 2016 pour le quartier Vert-Bois qui a bénéficié d'un suivi de densité pour les deux années. L'absence d'effet de l'expérimentation en 2016 au mois d'août (semaines 31 à 35) permet de nouveau de valider la baisse de 50% des effectifs qu'a infligée la méthode à la population de moustique tigre en 2015.

Les données fortes de l'expérimentation de 2016 concernent la dispersion du pyriproxifène en conditions réelles. Ces éléments n'ont jusqu'ici été mis en évidence dans aucune des études sur la méthode d'autodissémination. Ainsi, les moustiques ont transporté la substance active à au moins 40m de distance depuis la station la plus proche et contaminé 37% des gîtes échantillonnés en moins de 4 semaines de traitement (depuis la recharge n°2). Il s'agit d'une valeur minimale de la proportion de gîtes contaminés pour plusieurs raisons : en septembre, l'initiation de la diapause joue sur le comportement de ponte d'*Ae. albopictus*, qui modifie ses préférences de choix de gîtes et diminue la dispersion de ses œufs (**Fonseca et al., 2015**) ; l'analyse en extraction liquide-liquide qui sous-estime potentiellement la concentration en substance active du fait de la forte affinité de celle-ci pour la matière organique (**Suman et al., 2013**) ; la baisse de l'attractivité des stations du fait d'un évènement pluvieux important (>40 mm) 6 jours après l'installation de celles-ci.

La taille des gîtes et leur proximité aux stations semblent être deux facteurs importants pour la contamination par le pyriproxifène :

- plus le gîte possède un volume important, plus la probabilité de contamination est forte. Ce lien est certainement dû au fait que les gîtes de grands volumes cumulent un plus grand nombre de passage de femelles en oviposition car ils sont plus attractifs (car signal olfactif plus fort) et plus stables dans le temps. En effet, les gîtes de plus de 10L d'eau sont pour la plupart soit des réservoirs d'eau stockée volontairement, soit des volumes d'eau non connus par les résidents.
- La proximité des stations est un facteur très dépendant de la faible mobilité d'*Ae. albopictus*, d'environ 30 mètres en moyenne de déplacement au cours d'un cycle gonotrophique (**Davis et al., 2016**). De plus, la majorité de la substance active fixée sur chaque femelle se dépose dans l'eau à la première ponte, plus un gîte sera proche de la station et plus la probabilité d'être le premier gîte visité par une femelle en sortie de station sera importante.

La présence de pyriproxifène au sein de produits phytosanitaires destinés au public (accessible depuis le site Simmbad<sup>3</sup>) représente cependant une source alternative, possible bien que peu probable, de substance active au sein des échantillons positifs. La campagne d'échantillonnage de l'année 2017 sera réalisée afin d'écartier tout soupçon sur une éventuelle contamination des échantillons par une source externe à la méthode d'autodissémination.

En laboratoire, les données ont permis de quantifier la capacité de contamination d'une femelle en sortie de station « neuve » : chaque femelle peut transporter jusqu'à 3,75 µg de substance active, soit 7,5 µg de poudre contaminante. Ceci représente environ 0,3% de son poids, une charge qui ne semble pas impacter leurs capacité de vol et bien faible en comparaison de celle du repas sanguin de plus de 30% de la propre masse d'une femelle. Cette quantité de substance active permet en théorie de traiter un gîte de 10L à une CL90 en un seul passage d'une femelle contaminée. Cette valeur, encore jamais publiée dans les études sur l'autodissémination, est bien plus élevée que celle estimée à 0,05µg par observation microscopique en 2012 à l'EID et conforte la théorie de la méthode.

Cependant, cette valeur tend rapidement à diminuer dans le temps (baisse de 70% en deux semaines et 98,5% en quatre semaines) dû certainement à la détérioration du coton, support de la poudre contaminante au sein de la station. De plus, la variabilité du taux de fixation de substance active souligne un manque d'homogénéité dans la contamination des femelles, certainement lié à la dispersion hétérogène de la poudre contaminante au sein des stations due au volume important de la matrice (>750cm<sup>3</sup>). Au vu de ces éléments, une amélioration du prototype peut s'axer sur la sélection d'une matrice de support de la poudre contaminante plus durable et moins volumineuse. Ces deux améliorations sont en plus légitimes d'un point de vue économique : augmentation de la durée de vie de la station et diminution de la quantité de substance active nécessaire par station.

Sur le terrain, l'expérimentation par sticky-trap a mis en avant un faible taux de visite des femelles dans le prototype, voir même nul dans le cas où il est équipé de grille de protection à maille fine. Bien que cette méthode ne permette pas nécessairement une évaluation absolue, elle permet une évaluation relative : ainsi, avec un prototype légèrement différent, le taux de visite est multiplié par un facteur supérieur à 4. Dans le même contexte climatique et de tissu urbain, les données de piégeages par sticky-trap à Rome en Italie s'élèvent à une dizaine de femelles en visite par semaine (**Manica et al, 2016**). Si l'objectif est de se rapprocher de cette valeur de référence, les stations d'autodissémination nécessitent des « améliorations » qui impacteront certainement le taux de visite de façon négative (petites ouvertures, protections contre la pluie, accès à la réserve d'eau impossible pour le moustique, etc).

Cette seule expérimentation a permis d'obtenir plusieurs informations clés sur le taux de visite des prototypes actuels : la grille de protection à maille fine a été identifiée comme un obstacle fort pour l'accès à la station des moustique-tigres ; le passage des moustique-tigres dans les prototypes non grillagés est avéré, donnée qui conforte les résultats d'analyses positives de pyriproxifène au sein de gîtes naturels ; l'attractivité du prototype est sujet à forte amélioration.

Concernant la grille de protection, il existe un fort contraste entre les tests en laboratoire et ceux de terrain : si en laboratoire la grille ne semble pas être un obstacle, elle pose un réel problème

---

<sup>3</sup> Le site "Grand public" de Simmbad dresse un inventaire des produits biocides présents sur le marché français qui ont été déclarés, qu'ils disposent ou non d'une AMM : <https://simmbad.fr/public/servlet/produitList.html>

pour l'entrée des moustiques dans la station sur le terrain. Au vu du résultat en cage, il ne s'agit pas d'une dimension trop faible pour que l'individu puisse entrer, donc une explication comportementale semble désignée : là où la station constitue pour le moustique la seule possibilité d'échapper à la lumière en laboratoire, il dispose sur le terrain d'une quantité d'abris très élevée, particulièrement grâce à la végétation. Ainsi, la difficulté d'accès et/ou le répulsif visuel que peut constituer la grille est effacée en conditions de laboratoire mais bien présente en conditions de terrain. Ce cas souligne le biais d'expérimentations basées sur le comportement du moustique en laboratoire, en déconnexion forte avec la réalité opérationnelle.

