

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 4 juin 2018

## **AVIS**

### **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail**

**relatif au « risque d'importation de la dengue en France métropolitaine par des moustiques infectés en provenance de La Réunion »**

---

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.*

*L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.*

*Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.*

*Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L. 1313-1 du code de la santé publique).*

*Ses avis sont publiés sur son site internet.*

---

L'Anses a été saisie le 26 avril 2018 par la Direction générale de la santé (DGS) pour la réalisation de l'expertise suivante : « Évaluation du risque d'importation de la dengue en métropole par des moustiques infectés en provenance de La Réunion ».

## **1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE**

### **1.1 Contexte**

Depuis le début de l'année 2018, une épidémie de dengue due au virus de type 2 (DENV2) affecte La Réunion<sup>1</sup>. Cette épidémie, transmise par *Aedes albopictus*, a débuté fin janvier-début février 2018 après une période de circulation à bas bruit ininterrompue durant l'hiver austral en 2017. Le niveau 3 "épidémie de faible intensité" du dispositif Orsec de lutte contre les arboviroses a été déclaré le 26 mars 2018 ; le nombre de cas de dengue à fin mars étant alors de 588.

Elle touche actuellement principalement l'ouest et le sud de l'île. Au 29 mai, 3756 cas de dengue biologiquement confirmés ou probables ont été signalés depuis le 1er janvier 2018. L'unique sérotype identifié en 2018 est DENV-2 (848 typages). Soixante-dix-neuf cas ont été hospitalisés, dont 10 cas de dengue sévère. Au cours de la dernière semaine de mai, 297 nouveaux cas biologiquement confirmés ou probables ont été enregistrés (Cire-OR 2018 n°42).

---

<sup>1</sup> Située dans le sud-ouest de l'océan Indien, l'île de La Réunion est un département français d'outre-mer, qui fait partie de l'archipel des Mascareignes. L'île couvre une superficie de 2 503,7 km<sup>2</sup> pour une population de 842 767 habitants et une densité de la population de 336,6 habitants au km<sup>2</sup> (donnée Insee 2014).

L'épidémie de dengue survient dans une population réunionnaise largement non-immune et malgré l'entrée dans l'hiver austral, les conditions météorologiques actuelles restent favorables au développement des vecteurs, l'épidémie actuelle pourrait perdurer dans les semaines à venir.

## **1.2 Objet de la saisine**

Dans la situation en cours (mai 2018) d'épidémie de dengue touchant l'île de La Réunion, la Direction générale de la santé (DGS) a saisi l'Anses le 26 avril 2018 pour disposer d'une évaluation du risque d'importation de moustiques infectés en France métropolitaine par le biais des transports aériens et maritimes avant le 1<sup>er</sup> juin 2018, pouvant occasionner des transmissions de type « maladies d'aéroport ».

Le risque d'importation de la dengue lié au transport de moustiques infectés est généralement considéré comme négligeable par rapport au risque lié au transport de cas (personnes) suspectés ou confirmés (estimé 240 fois inférieur d'après (Mier-y-Teran-Romero, Tatem, and Johansson 2017)). Cependant, étant donné que le dispositif anti-dissémination de la dengue en métropole est opérationnel et actif à compter du 1<sup>er</sup> mai et qu'il concerne notamment la surveillance des cas humains importés, il est apparu nécessaire d'estimer le risque dû au transport de moustiques infectés et de chercher à le limiter.

## **1.3 Limites du champ d'expertise**

Selon les termes de la saisine, la présente expertise ne traite pas de la surveillance des cas humains suspects et/ou confirmés importés en métropole depuis La Réunion (considérant que « le dispositif anti dissémination du chikungunya et de la dengue en France métropolitaine » est opérationnel et actif depuis le 1<sup>er</sup> mai), ni de la question de l'information des voyageurs.

Le présent rapport porte exclusivement sur l'évaluation du risque lié à l'importation éventuelle du virus de la dengue par des moustiques infectés qui pourraient être transportés de La Réunion en métropole par le biais des transports aériens et maritimes pouvant occasionner des transmissions virales à l'origine de « maladies d'aéroport ».

## **2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE**

Afin d'instruire la présente expertise, l'Anses a constitué un groupe d'expertise collective en urgence (GECU). Ce GECU « Risque d'importation de la dengue » était composé de sept experts. Ceux-ci ont été recrutés pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de l'entomologie (médicale), de la santé publique, de l'épidémiologie et de l'évaluation des risques, des biomathématiques et des biocides notamment. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

Pour réaliser cette expertise, les experts se sont réunis trois fois en conférences téléphoniques les 16, 25 et 31 mai 2018. Les analyses et conclusions du GECU formulées et validées lors de ces réunions ont été validées par le GECU le 1<sup>er</sup> juin 2018.

Ils ont aussi réalisé 4 auditions de personnes impliquées localement dans la gestion ou l'étude de l'épidémie, des experts de la lutte anti-vectorielle (LAV) ou encore des entomologistes (voir liste des personnes auditionnées dans le Tableau 6, p37 du rapport d'expertise).

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) », avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Agence ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).

### 3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GECU

#### 3.1 Éléments scientifiques, techniques et réglementaires

##### 3.1.1 Le virus de la dengue

Le virus de la dengue a été isolé pour la première fois en 1943 par Hotta et Kimura Hotta (1952). Il appartient au genre *Flavivirus* de la famille des Flaviviridae et comprend 4 sérotypes (DENV-1, -2, -3, -4) qui sont antigéniquement distincts ; l'immunité acquise contre l'un des sérotypes ne protège pas/peu contre l'infection par les autres sérotypes. Le virus se présente sous la forme de particules sphériques de 40-50 nm de diamètre ; une enveloppe formée par une bicouche lipidique entoure une nucléocapside qui est constituée par des protéines de capsidie enfermant l'ARN génomique. Le génome est un simple brin d'ARN de polarité positive de 10,7 kb.

Avec l'épidémie en cours aux Seychelles pour laquelle *Aedes albopictus* serait également le vecteur principal, l'épidémie à La Réunion constitue actuellement la seule circulation épidémique de virus DENV-2 actuellement dans la région de l'Océan Indien.

##### 3.1.2 Le vecteur impliqué dans l'épidémie de dengue à La Réunion

Le vecteur responsable de l'épidémie de dengue en cours à La Réunion depuis début 2018 est le moustique tigre *Aedes albopictus*.

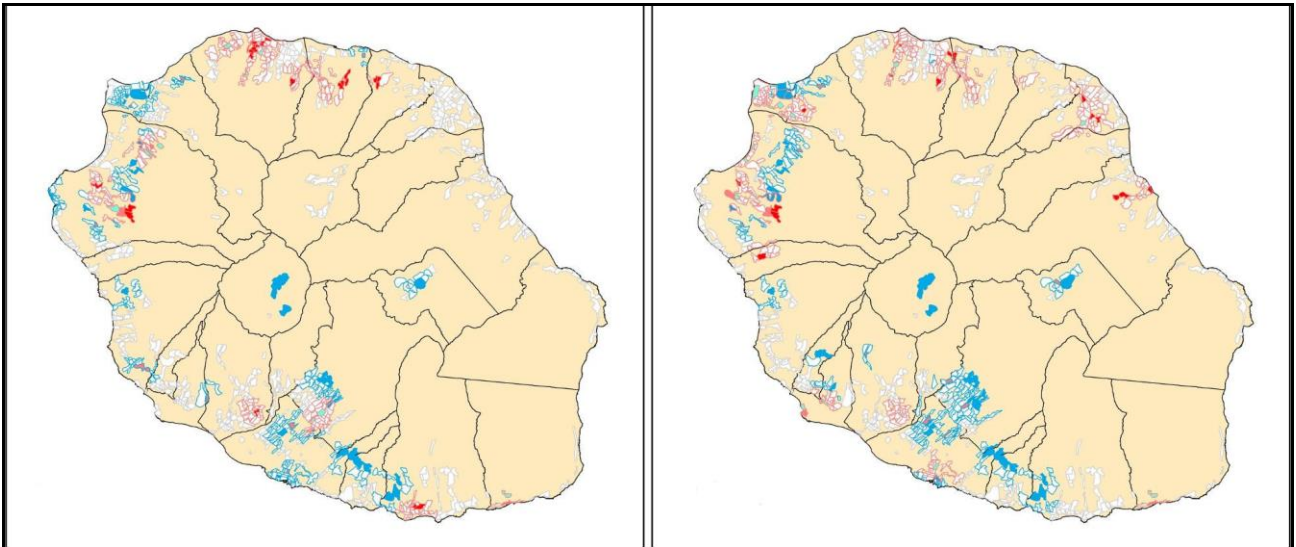
###### 3.1.2.1 Aire de répartition et dynamique saisonnière d'*Aedes albopictus* à La Réunion et en métropole

###### À La Réunion

*Aedes aegypti*, le vecteur majeur des virus de la dengue dans toute la ceinture intertropicale, ne persiste à La Réunion que sous forme de populations résiduelles dans les secteurs de Trois Bassins, Saint-Paul et Saint-Joseph (Le Goff, communication personnelle). Ces populations sont principalement cantonnées dans des environnements naturels (ravines, parfois à proximité d'habitations), et très rarement dans des lotissements. Malgré un contact possible avec l'Homme, *Ae. aegypti* ne peut pas jouer de rôle significatif dans la transmission actuelle du virus du fait de la taille de ses populations, de sa répartition spatiale et écologique.

Le vecteur responsable de la transmission virale au cours de l'actuelle épidémie de DENV-2 à La Réunion est *Ae. albopictus*. Cette espèce, très répandue dans toutes les zones anthropisées de l'île, constitue l'espèce dominante parmi les 12 espèces de moustiques recensées (Delatte et al, 2007). Parmi les autres espèces de moustiques d'intérêt médical, on peut citer *Culex quinquefasciatus* (présent dans toutes les zones littorales de l'île, mais aussi dans les zones d'altitude) et *An. arabiensis* est le seul vecteur potentiel du paludisme sur l'île, maladie qui ne sévit que sous forme de cas importés depuis son élimination en 1979. Ces deux espèces ne sont pas compétentes pour les virus de la dengue.

En hiver à La Réunion, *Ae. albopictus* reste actif jusqu'à 1 200 m malgré des températures moyennes pouvant atteindre 13 °C (Delatte et al. 2007). Une analyse de l'évolution des indices larvaires a suggéré une augmentation de l'infestation (densités plus élevées) de l'île par ce moustique au cours des dernières années (Boyer, Foray, and Dehecq 2014). Les indices larvaires indiquent des densités hétérogènes entre les secteurs (densités les plus élevées dans le Sud et le Nord en comparaison avec l'Est). Dans les zones colonisées, les indices larvaires les plus élevés sont observés sur les communes de Saint-Pierre, Saint-Philippe, Sainte-Suzanne, Sainte-Marie et Saint-Benoît, alors que les plus bas sont observés à Salazie, Cilaos, Plaine des Palmistes et Le Port (Figure 1) (Boyer et al., 2014).

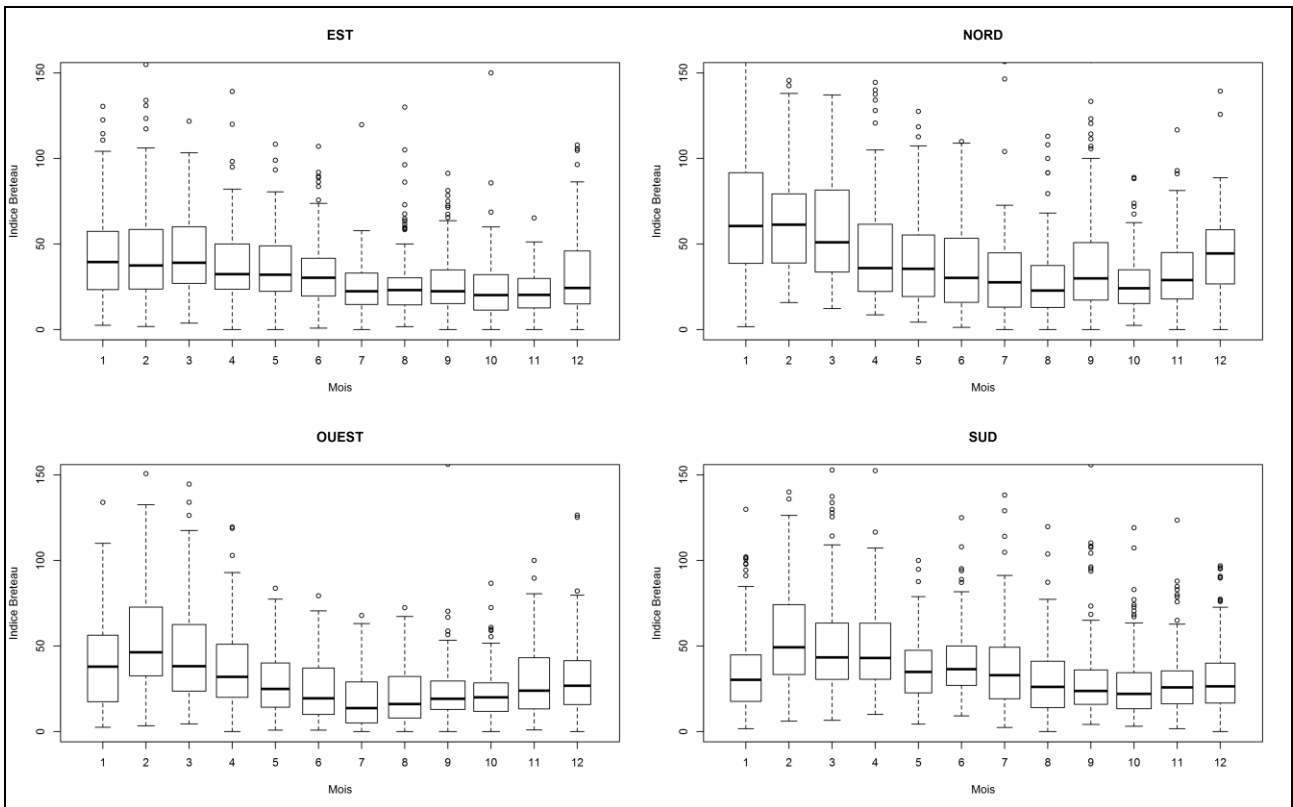


Légende: Les clusters de densités faibles et élevées sont respectivement représentés en bleu et rouge

Source : pour plus de détails, voir Boyer et al., 2014

**Figure 1 : Variations spatiales des densités d'*Ae. albopictus* estimées par l'indice maison (gauche) et l'indice récipient (droite) en 2011**

La dynamique saisonnière semble dépendante des variations climatiques avec des différences en fonction des secteurs géographiques, notamment dans le secteur est (plus humide) et le secteur ouest (plus sec) (Delatte et al. 2013). Les indices larvaires diminuent en général durant l'hiver austral (de mai à décembre), mais la réduction de l'infestation larvaire est moins prononcée dans le Sud (Figure 2).



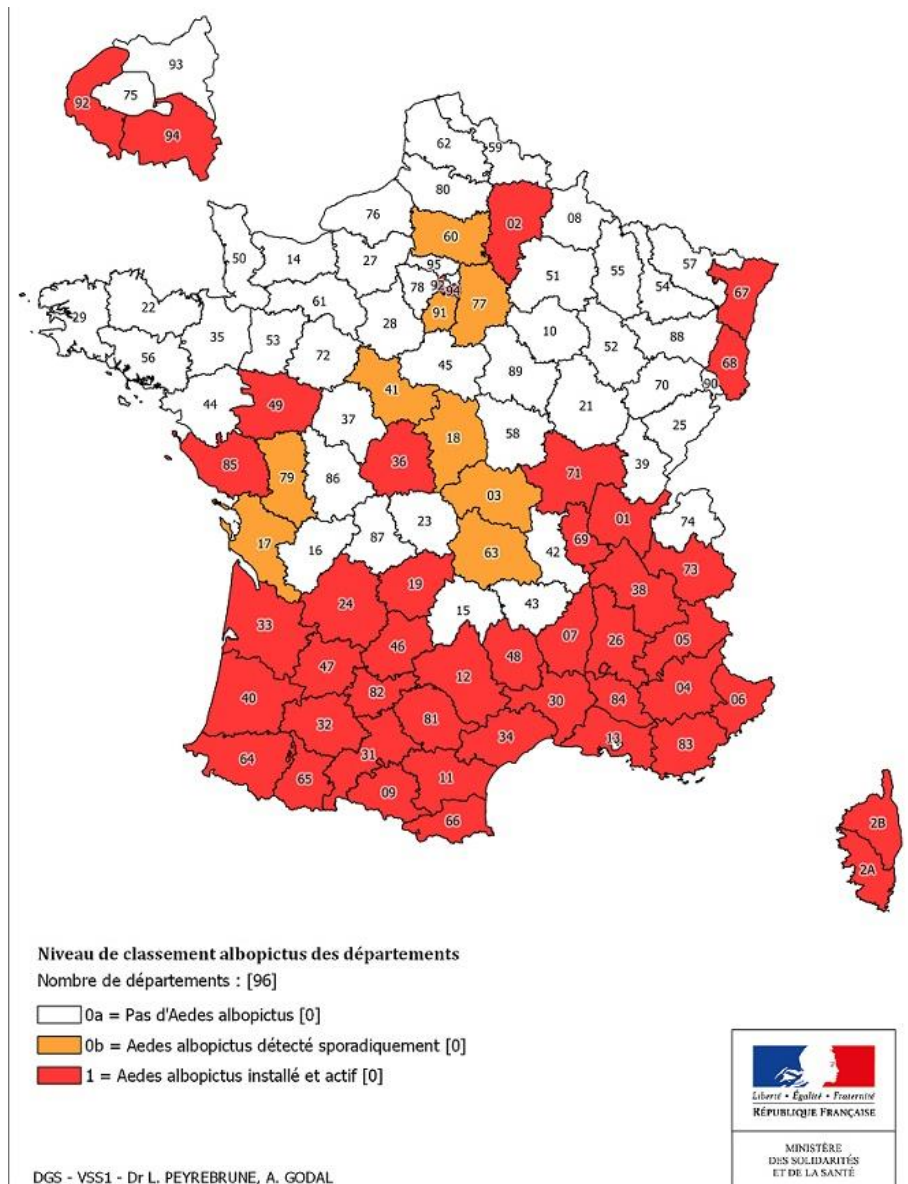
Source : Roiz D avec les données fournies par Dehecq JS, données surveillance (non publiées).

**Figure 2 : Dynamique saisonnière mensuelle de l'indice de Breteau par secteur durant la période 2007-2017**

Les aéroports de Roland Garros et Pierrefonds de La Réunion sont localisés dans des zones colonisées par *Ae. albopictus*.

### **En France métropolitaine**

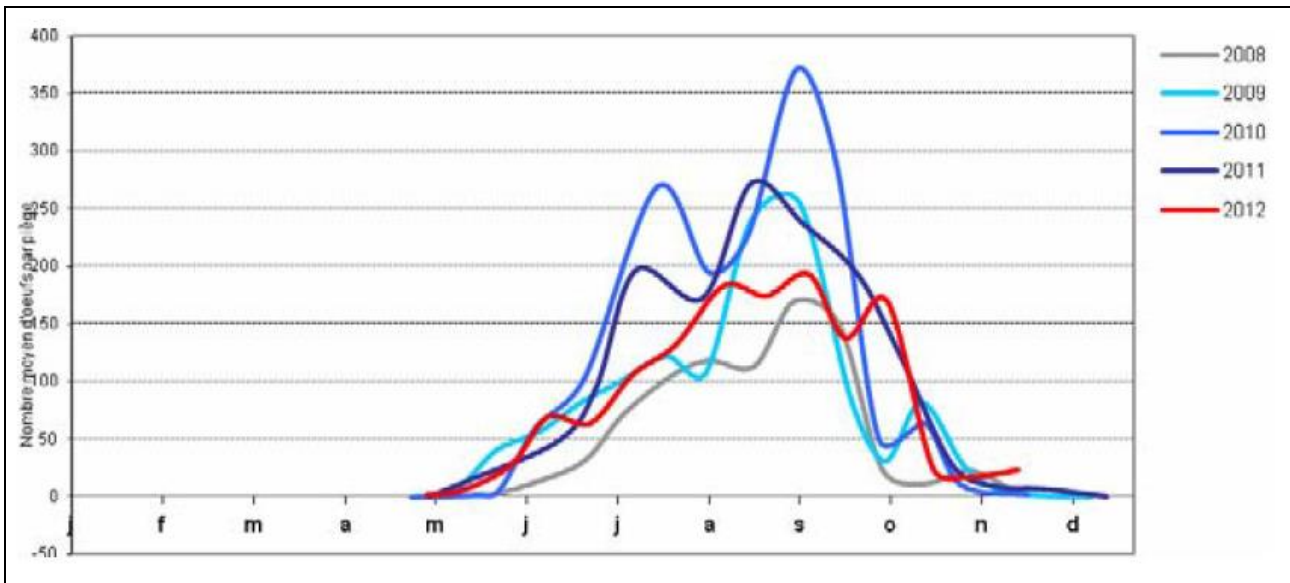
Le moustique tigre est présent dans 42 départements de France métropolitaine en 2018 (cf. Figure 3), faisant craindre la survenue d'une épidémie de dengue autochtone.



Source : Ministère en charge de la Santé

Figure 3 : Situation au 1er janvier 2018 des niveaux de classement « albopictus » en France métropolitaine

La période d'activité de l'espèce se situe dans une fenêtre temporelle allant de mai à novembre (diapause hivernale de novembre à avril). La dynamique temporelle présente d'importantes variations interannuelles, mais peut être caractérisée par des densités maximales observées entre juillet et septembre (Figure 4).



Source : EID rapport 2012

Figure 4 : Suivi des dynamiques saisonnières à Nice à l'aide de pièges pondoirs sur la période 2008-2012

### 3.1.2.2 Compétence vectorielle des populations d'*Ae. albopictus* de l'île de La Réunion et de la France métropolitaine vis-à-vis des virus de la dengue

La compétence vectorielle se définit comme l'aptitude intrinsèque d'un arthropode à s'infecter lors d'un repas de sang infectieux, d'assurer la multiplication ou le développement de l'agent pathogène et de le transmettre à un hôte vertébré lors d'un repas de sang ultérieur. Le niveau de compétence vectorielle tient compte du génotype du vecteur, du génotype de l'agent pathogène et de leurs interactions. Ces interactions, aussi appelées interactions G x G, donnent lieu à une compétence vectorielle unique (Lambrechts et al. 2009).

Alors qu'*Ae. aegypti* est considéré comme le vecteur principal de la fièvre jaune, du DENV, du CHIKV, et du ZIKV, *Ae. albopictus* n'est considéré que comme un vecteur secondaire à l'échelle mondiale, notamment en ce qui concerne la transmission du DENV. Cependant, dans les pays exempts d'*Ae. aegypti*, il peut intervenir comme vecteur majeur.

Sur l'île de La Réunion, où *Ae. aegypti* ne persiste que sous formes de quelques populations résiduelles isolées, *Ae. albopictus* constitue l'espèce dominante (Bagny et al. 2009). À l'exception de quelques ravines localisées, cette dernière espèce représente donc à La Réunion, l'unique moustique capable d'assurer une transmission des virus de la dengue. La dernière épidémie massive de dengue (DENV-2) enregistrée à La Réunion remontant à 1978 (30-35 % de la population infectée) avait impliqué *Ae. albopictus* comme vecteur primaire (Coulanges et al. 1979).

Le virus de la dengue qui circule actuellement à La Réunion appartient également au sérotype DENV-2, qui avec la DENV-1, constituent les sérotypes les plus répandus dans le monde (Messina et al. 2014) et les mieux transmis par *Ae. aegypti* (Nguyen et al. 2013). L'analyse de la dissémination virale dans 10 populations d'*Ae. albopictus* récoltées sur l'île de La Réunion : 4 sur la côte est (La Marine, Ste Marie, Bras-Panon, Ste Suzanne) et 6 sur la côte ouest (L'Ermitage, St Leu, St Paul, St Pierre, Le Port, La Possession) a permis de déterminer le fait que toutes les populations examinées étaient susceptibles à l'infection par la DENV-2 avec des taux d'infection variant de 37 % à 59 % (Paupy et al. 2001).

Une estimation précise de la compétence vectorielle des populations d'*Ae. albopictus* de La Réunion vis-à-vis du virus de DENV-2 circulant actuellement sur l'île nécessiterait une étude

spécifique. Elle permettrait en particulier de tester l'hypothèse d'une potentielle adaptation de la souche virale locale à l'espèce *Ae. Albopictus*, également présente en métropole.

Dans le contexte actuel de l'épidémie de dengue à La Réunion, il est légitime de s'interroger sur l'adaptation de la souche circulante aux populations de cette même espèce en France métropolitaine, car elle pourrait engendrer l'importation de génotypes viraux particulièrement adaptés à la transmission par *Ae. albopictus* et donc plus à même de provoquer des épidémies (en comparaison avec des virus importés de zones géographiques autres que La Réunion où *Ae. aegypti* est le vecteur du virus de la dengue).

D'ailleurs, des cas autochtones d'infection à DENV sont observés de façon récurrente depuis 2010 (DENV-1 en 2010, 2014 et 2015 et la DENV-2 en 2013, 2014, Tableau 1). Pour ce qui concerne la DENV-2, les cas index provenaient de Guadeloupe (2013) et Thaïlande (2014), des zones où la transmission est majoritairement (voire exclusivement pour la Martinique) assurée par *Ae. aegypti*. Pour ces cas autochtones, la transmission du virus a été exclusivement assurée par *Ae. albopictus* (*Ae. aegypti* est absent de métropole). Les populations d'*Ae. albopictus* de France métropolitaine (sud de la France et Corse) se sont avérées compétentes vis-à-vis de la DENV-2 (Moutailler et al. 2009).

Là aussi (en considérant l'existence d'interactions G x G) l'estimation précise de la compétence vectorielle des populations métropolitaines d'*Ae. albopictus* vis-à-vis du virus circulant actuellement à La Réunion nécessiterait une étude spécifique. Elle permettrait de mieux appréhender le risque potentiel d'importation de génotypes viraux particulièrement adaptés à une transmission autochtone par *Ae. albopictus*.

**Tableau 1 : Transmission autochtone de la dengue en France métropolitaine**

Transmission autochtone	Nombre de cas	Cas n°	Lieu	Date	Cas index	DENV	Référence
2010	2	Cas 1	Nice	08/2010	Martinique	1	Ruche 2010
		Cas 2	Nice	09/2010	Martinique	1	
2013	1	Cas 1	Aix en Provence	10/2013	Guadeloupe	2	Marchand 2013
2014	4	Cas 1	Toulon	08/2014	?	1	Giron 2015
		Cas 2	Toulon	09/2014	?	2	
		Cas 3	Aubagne	08/2014	Thaïlande	2	
		Cas 4	Aubagne	09/2014	Thaïlande	2	
2015	7	Cas 1	Nîmes	08/2015	Polynésie française	1	Succo 2016
		Cas 2	Nîmes	08/2015	Polynésie française	1	
		Cas 3	Nîmes	08/2015	Polynésie française	1	
		Cas 4	Nîmes	09/2015	Polynésie française	1	
		Cas 5	Nîmes	09/2015	Polynésie française	1	
		Cas 6	Nîmes	09/2015	Polynésie française	1	
		Cas 7	Nîmes	09/2015	Polynésie française	1	

### 3.1.2.3 Sensibilité des populations d'*Ae. albopictus* vis-à-vis des pyrèthrinoides à La Réunion

Au titre des éléments relatifs à l'efficacité des moyens de lutte, le présent paragraphe fait un point sur la sensibilité de l'espèce *Ae. albopictus* aux pyrèthrinoides.

Dès 1996, le rapport Guillet posait le problème de la résistance des anophèles aux pyrèthrinoides (utilisés dans les avions) (Guillet 1996).



La *deltaméthrine* est une molécule chimique de la famille des pyréthriinoïdes. C'est la principale molécule utilisée comme adulticide en France métropolitaine dans le cadre d'opérations de lutte anti-vectorielle. Elle est utilisée à La Réunion en pulvérisation spatiale autour des cas isolés ou dans les foyers de transmission (chikungunya, dengue).

La sensibilité de six populations d'*Ae. albopictus* de La Réunion vis-à-vis de cet insecticide a été évaluée en 2010 au cours d'une étude indiquant de bons niveaux de sensibilité. En effet, les valeurs de KDt50 (*KDt* = *Knock-down time*) comprises entre 8,89 et 10,77 min de KDt95 (entre 13,11 et 15,40 min), ainsi que les Ratio de Résistance<sup>2</sup> (RR50) entre 0,79 et 1,14 et RR95 entre 0,91 et 1,22 indiquaient l'absence de résistance à la deltaméthrine (Jacquet et al., 2010).

Cependant, des données récentes obtenues en 2017 soulèvent la question d'un début de résistance des *Ae. albopictus* de La Réunion [cf. Audition Jean-Sébastien Dehecq, ARS-OI]. Ces données préliminaires (et non publiées) doivent être consolidées par de nouveaux tests, en particulier dans le contexte épidémique actuel qui entraîne une utilisation accrue de la deltaméthrine et, de ce fait, une exposition plus grande des populations d'*Ae. albopictus* à cet insecticide.

### 3.1.3 Données épidémiologiques

#### 3.1.3.1 À La Réunion

##### **Données historiques**

Historiquement, les épidémies de dengue sont moins fréquentes (mais aussi moins bien documentées pour les plus anciennes) dans les DOM de l'Océan Indien, à l'île de La Réunion et à Mayotte que dans les DOM de la zone Amérique.

##### **À La Réunion**

La première épidémie de dengue identifiée à La Réunion date de 1851. La seconde épidémie se déroula de février à mai 1873 : partie de Zanzibar en 1871, elle gagna Aden, Port-Saïd, Calcutta et Maurice avant d'atteindre La Réunion où malgré son « *extraordinaire puissance explosive* » (d'après les auteurs de l'article), elle n'entraîna qu'une faible mortalité. Une troisième épidémie, due au virus DENV-2, survint en 1977-1978 ; avec un taux d'attaque de 30 %, elle toucha près de 300 000 personnes (Aubry and Gaüzere 2008).

Plus récemment (en 2004), une épidémie de faible importance due au virus DENV1, s'est traduite par la survenue de 200 cas répartis essentiellement sur la côte ouest de l'île. Depuis 2010, une circulation modérée d'environ 20 à 30 cas importés ou autochtones est observée chaque année, avec un arrêt de la circulation virale au cours de l'hiver austral [cf. Audition Cire OI]. Ainsi, en 2014, 44 cas de dengue probables ou confirmés ont été détectés, dont 29 cas autochtones et 15 cas importés. Cette circulation autochtone du virus de la dengue a été observée de mars à juin 2014. Après la fin de cet épisode de transmission, un seul cas autochtone a été identifié au cours du mois d'août et aucun nouvel épisode de circulation n'a été mis en évidence. Cependant, six cas importés de dengue ont été signalés à La Réunion, rappelant que le risque d'introduction du virus est constant sur l'île. Onze typages ont pu être réalisés : 9 DENV-2 ont été identifiés (dont 6 cas autochtones, 2 importés de Mayotte et 1 importé de Tanzanie), 1 DENV-3 (importé) et 1 DENV-1 (autochtone).

<sup>2</sup> Le ratio de résistance  $RR_{50}$  exprime :

- l'absence de résistance lorsque  $RR = 1$  ;
- la tolérance lorsque  $1 < RR = 10$  ;
- la résistance lorsque  $RR > 10$ .

En 2008, la séroprévalence de la dengue a été estimée à 3,1 % chez les donneurs de sang (Larrieu et al. 2013) traduisant de fait l'historique de l'épidémiologie de la dengue dans cette île et révélant la réalité d'une population réunionnaise largement non-immune.

### **À Mayotte**

La première épidémie de dengue identifiée à Mayotte remonte à 1943, suivie d'une deuxième épidémie en 1948.

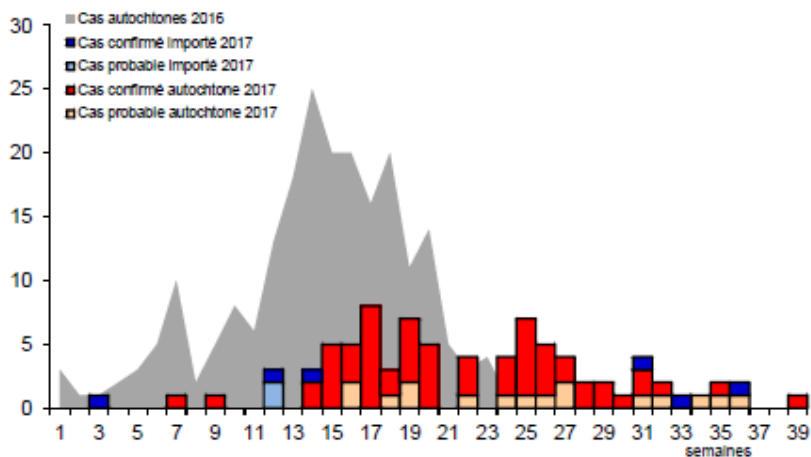
En 1994, une épidémie de dengue de forte intensité (i.e. un taux d'attaque de 26 %), due au virus DENV1, est survenue en Grande Comores. Depuis 2010, une circulation autochtone de la dengue s'est établie à Mayotte où, chaque année, sont enregistrés quelques dizaines de cas de dengue dus aux virus DENV1 ou DENV2.

En 2014, suite à la circulation du virus DENV2 aux Comores à la fin de l'année 2013, Mayotte a été touchée par une épidémie de dengue. Une circulation virale y a été observée en début d'année et s'est progressivement intensifiée jusqu'aux mois de mai-juin où le pic épidémique a été atteint. L'épidémie a ensuite progressivement diminué, mais ne s'est pas totalement éteinte ; des cas sporadiques ayant été détectés jusqu'en fin d'année. Au total, 521 cas de dengue biologiquement confirmés (494 par RT-PCR et 27 par sérologie) ont été notifiés. Tout au long de l'épidémie, des typages réguliers réalisés par le laboratoire du Centre Hospitalier de Mayotte (CHM) ont permis d'objectiver la circulation d'un seul sérotype du virus, le DENV2 [Bulletin de veille sanitaire N°26/2015].

Depuis 2014, on observe à Mayotte une intensification de la circulation virale de la dengue, avec plus de 150 cas détectés chaque année.

### **Données actuelles à La Réunion**

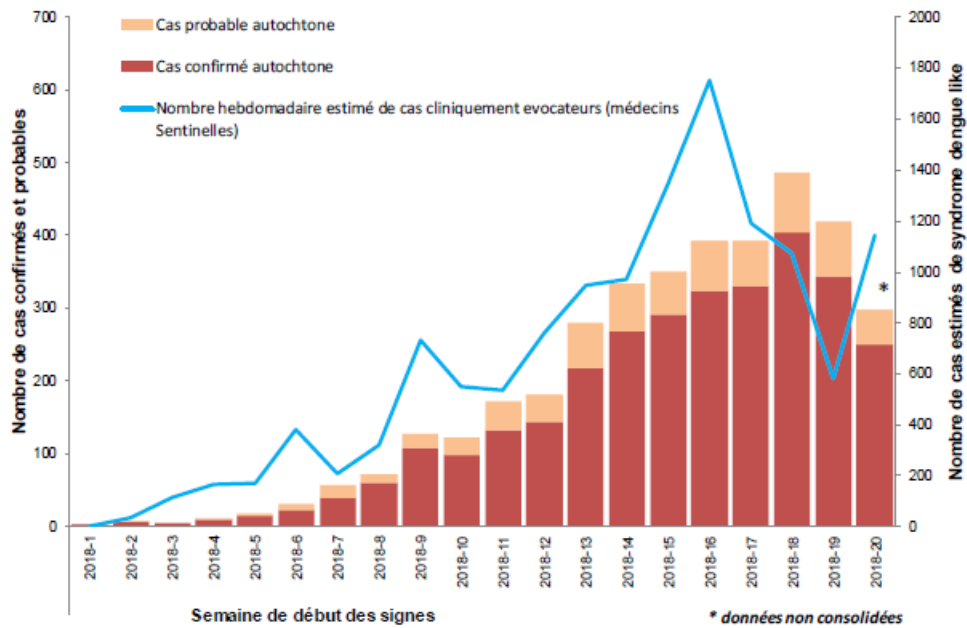
Contrairement à la situation épidémiologique habituellement observée, où la circulation virale s'estompe pour quasiment s'éteindre au cours de l'hiver austral, des cas de dengue ont été signalés durant tout l'hiver austral 2017 (Figure 5) « *faisant craindre le risque de survenue d'une épidémie lors de saison estivale 2018* » (Cire-OI 2017 n°51).



Source : Cire OI, 14 mai 2018

**Figure 5 : Répartition par semaine de début des signes des cas hebdomadaires de dengue signalés en 2016 (n = 231) et en 2017 (n = 84) à La Réunion**

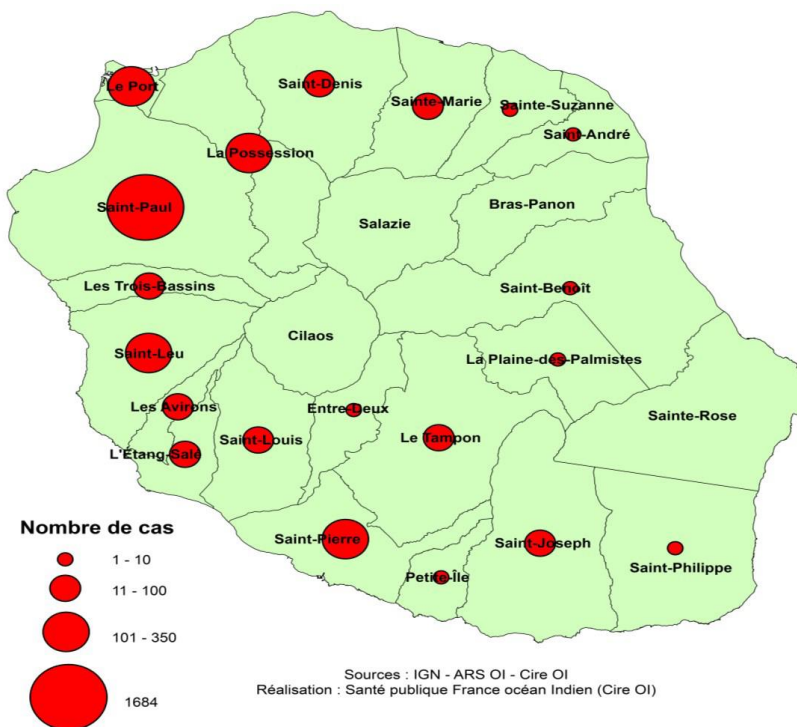
Depuis le début de l'année 2018, 3 756 cas de dengue biologiquement confirmés ou probables ont été signalés par les laboratoires de ville et hospitaliers de La Réunion. L'unique sérotype identifié en 2018 est DENV2 (848 typages) (Cire-OR 2018 n°42).



Source : Cire OI

Figure 6 : Répartition par semaine de début des signes des cas hebdomadaires de dengue biologiquement confirmés ou probables, La Réunion, 2018-S01 à 2018-S20 (n = 3 756 cas autochtones et 9 importés)

Les cas signalés résident majoritairement dans l'ouest, incluant les communes de Saint-Paul (57 % des cas), Le Port (8 %), Saint-Leu (6 %) et la Possession (6 %) et dans le sud, majoritairement dans la commune de Saint-Pierre (12 %) (Figure 7).



Sources : IGN - ARS OI - Cire OI  
Réalisation : Santé publique France océan Indien (Cire OI)

Source : Cire OI, 14 mai 2018

Figure 7 : Répartition géographique des cas de dengue signalés au 14 mai 2018

### **Prévisions**

Les dernières données de séroprévalence de la dengue datent de 2008. Une nouvelle étude est en cours ; pilotée par le CIC, elle est menée sur des donneurs de sang, mais à la date du rapport les données ne sont pas disponibles.

Malgré l'entrée dans l'hiver austral, les conditions météorologiques actuelles restent favorables aux moustiques vecteurs et une persistance du virus pendant l'hiver ferait peser le risque d'une épidémie d'ampleur au cours de l'été austral à la fin de l'année 2018. Des travaux de modélisation sont prévus par Santé Publique France afin d'une part, de modéliser ce que pourrait être la circulation virale au cours des mois de juillet et août afin d'estimer les cas qui pourraient être importés en France métropolitaine et d'autre part, de modéliser l'ampleur que pourrait prendre l'épidémie lors de l'été austral sous l'hypothèse de la poursuite d'une circulation active du virus au cours de l'hiver austral. Aucune donnée n'est actuellement disponible.

#### **3.1.3.2 En France métropolitaine**

Depuis le début de la période de surveillance renforcée<sup>3</sup>, 5 cas importés de dengue confirmés, dont 3 en provenance de La Réunion, ont été signalés en région PACA, au 13 mai 2018 (d'après le bulletin de veille hebdomadaire de l'ARS PACA du 16 mai 2018).

Du 1er mai au 25 mai 2018, 7 cas de dengue ont été importés en France métropolitaine et en provenance de La Réunion [Données Santé Publique France du 31/05/2018].

### **3.1.4 Lutte anti-vectorielle (LAV) : contexte réglementaire et mesures mises en œuvre**

#### **3.1.4.1 Gestion autour des cas humains de dengue**

Le 27 mars 2018, le préfet de La Réunion, en concertation avec le Directeur général de l'ARS Océan Indien (ARS OI), a décidé d'activer le niveau 3 du dispositif spécifique ORSEC de lutte contre les arboviroses (le niveau d'alerte 3 correspond à une « Épidémie de faible intensité »).

---

<sup>3</sup> Une surveillance renforcée est instaurée au cours de la période d'activité du moustique, estimée du 1er mai au 30 novembre. Le dispositif repose sur le signalement à la plateforme régionale de veille et d'urgences sanitaires de l'ARS, par les médecins cliniciens et les laboratoires :

- des cas importés suspects ou confirmés de dengue, de chikungunya et de Zika. En cas de suspicion, ce signalement à l'ARS est couplé à la demande du diagnostic biologique ;
- des cas autochtones confirmés de dengue, de chikungunya et de Zika.

**Tableau 2 : Niveaux du Plan ORSEC de lutte contre les arboviroses**

Niveau		Situation épidémiologique
Veille	1A	Absence de cas ou apparition de cas isolés sans lien avec une épidémie dans la zone d'échange régionale
	1B	Connaissance d'une épidémie d'arbovirose dans la zone d'échange régionale et absence de cas ou apparition de cas isolés.
Alerte	2A	Identification d'une circulation virale modérée autochtone (apparition d'un ou plusieurs regroupements de cas ou de plusieurs cas sporadiques).
	2B	Intensification de la circulation virale autochtone et risque d'évolution vers une épidémie.
Epidémie	3	Épidémie de faible intensité
	4	Épidémie de moyenne intensité
	5	Épidémie massive ou de grande intensité
Maintien de la vigilance		Phase de décroissance - Retour à une circulation virale modérée
Fin de l'épidémie		Fin de l'épisode épidémique et retour à une phase de veille (niveaux 1)

Source : plan ORSEC départemental OI

Ce plan prévoit de limiter la propagation géographique de l'épidémie par la mise en œuvre d'une coordination renforcée des acteurs de la lutte contre les moustiques, le recours à des moyens supplémentaires dans les zones de circulation et le maintien des interventions sur les cas isolés (voir détails dans le Tableau 3). Il fait appel à la mobilisation des collectivités locales, et particulièrement des communes et intercommunalités, au regard de leurs missions de salubrité publique et de prévention auprès de la population ; il permet de recentrer les actions de l'ARS-OI sur l'adaptation de la stratégie de lutte, la programmation des actions de terrain, et l'intervention globale sur les zones de forte circulation et les cas isolés. Il s'appuie également sur d'autres partenaires comme les services du Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS), la Croix Rouge et un ensemble d'associations impliquées dans la lutte contre les moustiques et les maladies vectorielles.

Les modalités d'intervention de la LAV autour des cas humains de dengue (Tableau 3) sont déterminées en fonction de la situation épidémique et du passage au niveau du plan Orsec correspondant (Tableau 2).

**Tableau 3 : Evolutions de la stratégie et des modalités d'intervention de LAV selon les niveaux du dispositif ORSEC**

<b>Niveau et stratégie de LAV</b>	<b>Modalités d'intervention de LAV autour des cas</b>
<p>Niveau 2A :</p> <p>Prévenir l'apparition d'un cycle de circulation autochtone du virus de la dengue</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'intervention de 100 à 150m</li> <li>• Actions menées sur plusieurs jours afin de diminuer le taux des absents</li> <li>• Traitement spatial adulticide dans une zone proche de 500m autour du cas</li> <li>• Contrôle de la zone d'intervention 3 semaines après la première intervention pour la recherche active de cas et la lutte mécanique</li> </ul>
<p>Niveau 2B :</p> <p>Prévenir l'expansion de foyer(s) de dengue à d'autres communes</p> <p>Préparer les partenaires à une épidémie</p>	<p><u>Gestion d'un cas isolé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'intervention de 50 à 100m autour de chaque cas isolé</li> <li>• Actions menées sur une seule journée</li> <li>• Traitement spatial adulticide ciblé dans les quartiers à risque (2 passages espacés de 3 jours)</li> </ul> <p><u>Gestion d'un foyer :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Action multi partenariale de nettoyage renforcé suivie d'une action systématique de traitement péri-domiciliaire</li> <li>• Traitement spatial adulticide systématique (2 passages par semaine pendant un mois)</li> </ul>
<p>Niveau 3 :</p> <p>Eviter la généralisation de l'épidémie à tout le territoire</p>	<p><u>Gestion d'un cas isolé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'intervention de 50 à 100m autour de chaque cas isolé</li> <li>• Actions menées sur une seule journée</li> </ul> <p><u>Gestion d'un foyer émergent : (premiers cas groupés)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition du périmètre du foyer à l'échelle du quartier</li> <li>• Action multi partenariale de nettoyage renforcé suivie d'une action systématique de traitement péri domiciliaire du quartier urbain</li> <li>• Traitement spatial adulticide selon risque (1 passage par semaine)</li> </ul> <p><u>Gestion d'un foyer actif de grande ampleur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Action multi partenariale de nettoyage renforcé suivie d'une action systématique de traitement péri domiciliaire</li> <li>• Traitement spatial adulticide systématique (1 passage par semaine)</li> </ul>

À ces actions de traitement, s'ajoutent celles de mobilisation sociale dans les établissements scolaires ou autres événements thématiques. Des actions de sensibilisation sont aussi mises en œuvre dans les foyers de dengue avec des partenaires associatifs.

Des campagnes de communication généralistes sont aussi diffusées par vagues.

### **3.1.4.2 Mesures mises en œuvre dans et autour des « points d'entrée »**

Un point d'entrée est défini comme étant « un point de passage pour l'entrée ou la sortie internationale des voyageurs, bagages, cargaisons, conteneurs, moyens de transport, marchandises et colis postaux ainsi que des organismes et secteurs leur apportant des services à l'entrée ou à la sortie » (article 1er du RSI).

Dans le cadre du Règlement sanitaire international (OMS, 2005), chaque État doit établir des programmes de surveillance et de lutte contre les moustiques qui constituent également des vecteurs susceptibles de transporter un agent infectieux constituant un risque pour la santé publique dans un périmètre d'au moins 400 mètres à partir des zones des installations au point d'entrée (l'annexe 5 du RSI est consacrée aux mesures particulières concernant les maladies à transmission vectorielle) (qu'il s'agisse de ports ou d'aéroports par exemple).

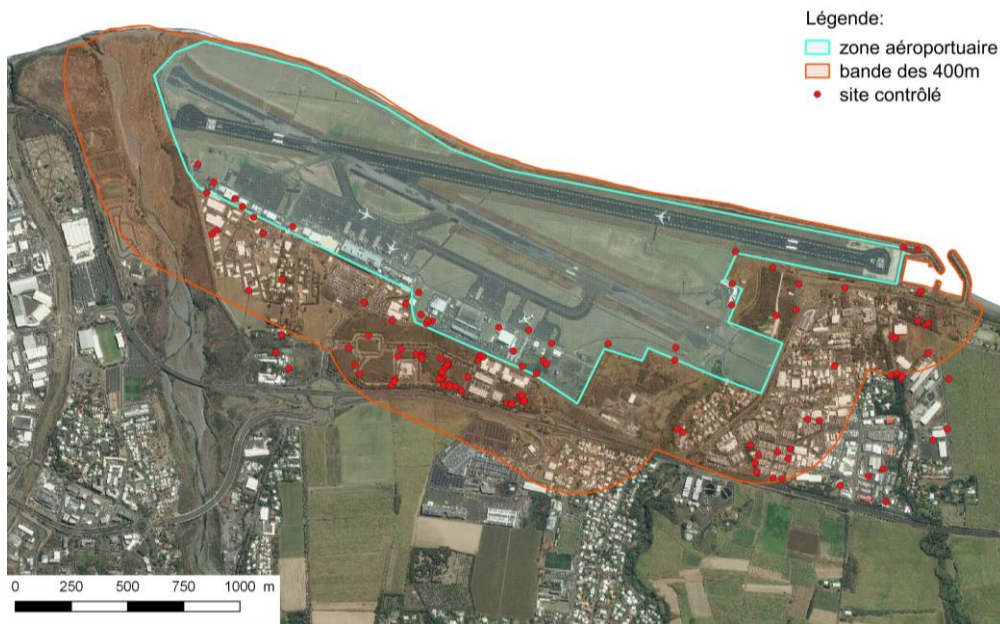
En application de l'article L. 3115-3 du Code de santé publique (CSP) le décret n° 2013-30 relatif à la mise en œuvre du Règlement sanitaire international a été publié le 9 janvier 2013 et codifié dans ses articles R. 3115-1 et suivants. La circulaire n° 2014-249 du 18 août 2014 a pour objectifs de préciser les modalités de mise en œuvre de ce décret. Selon celle-ci, les points d'entrée et le périmètre d'au moins 400 mètres autour de ceux-ci doivent être inclus dans l'arrêté préfectoral portant délimitation des zones de lutte contre les moustiques, pris en application de la loi de 1964 après avis du Conseil départemental de l'environnement, des risques sanitaires et technologiques (CoDERST).

### **Au départ de La Réunion**

Les moyens de transport en provenance directe ou indirecte des zones figurant sur les listes des annexes I et II de l'arrêté du 29 novembre 2016 réalisent les opérations de désinsectisation dans les points d'entrée mentionnés aux articles R. 3115-6 et R. 3821-3 du code de la santé publique. La Réunion figure sur la liste en annexe I de cet arrêté.

Le contrôle sanitaire aux frontières (CSF) a la charge de la vérification de la mise en œuvre effective des mesures prévues par cet arrêté. Il est réalisé par l'ARS. Les modalités de mise en œuvre du CSF sont précisées dans le décret n° 2017-471 du 3 avril 2017 relatif à la mise en œuvre du RSI.

Dans la pratique et en routine, la bande des 400 m autour des aéroports est contrôlée 2 à 3 fois par mois à La Réunion, afin d'y rechercher des collections d'eau et les traiter au Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) si nécessaire. Les gîtes larvaires doivent être éliminés. Les espèces cibles sont les anophèles et aedes.



Source : ARS Océan indien

**Figure 8 : Zone de contrôle RSI autour de l'aéroport Roland Garros à Saint-Denis (La Réunion)**

Cependant, en raison de l'épidémie de dengue en cours et de la mobilisation des équipes en charge de la LAV autour des cas humains de dengue, il n'y a actuellement plus de surveillance des installations dans et autour des points d'entrée depuis fin 2017 [cf. Audition de Jean-Sébastien Dehecq le 25 mai 2018]. De plus, il n'y a actuellement aucune action de LAV autour des ports et aéroports de La Réunion (pas de traitement préventif, ni d'élimination mécanique des gîtes dans la bande des 400 m) [cf. audition ARS OI].

### **À l'arrivée en France métropolitaine**

Les aéroports de la France métropolitaine susceptibles d'accueillir des vols en provenance de La Réunion sont les aéroports d'Ile-de-France (Roissy-Charles de Gaulle et Orly), de Marseille-Provence, Lyon et Toulouse. À l'heure actuelle, aucune population d'*Ae. albopictus* établie n'a été signalée dans les deux aéroports de la région Ile-de-France [cf. audition de l'EID].

Toutefois, le département du Val-de-Marne fait partie des départements de France métropolitaine colonisés par *Ae. albopictus*. La surveillance entomologique est à la charge d'Aéroport de Paris (ADP) depuis que le département est passé en niveau 1 du « plan anti dissémination des arboviroses en métropole » (arrêté du 20 novembre 2015). Cette surveillance entomologique est basée sur la pose de pièges pondoires sur l'ensemble de l'emprise aéroportuaire, permettant de détecter les œufs d'*Ae. albopictus* : 18 pièges pondoires sont répartis sur le site d'Orly. La surveillance est mise en place du 1<sup>er</sup> mai au 30 novembre de chaque année. Elle a été réalisée, pour le compte d'ADP, par le prestataire EID Méditerranée en 2016 et 2017. En 2018, un nouveau prestataire a été désigné par ADP suite à un nouvel appel d'offre (le nom du prestataire n'a pas été communiqué). Les pièges sont relevés 1 fois par mois durant la période de surveillance.

Les résultats de la surveillance en 2017 ont été négatifs sur l'ensemble des pièges pondoires. La conclusion du bilan précise ainsi « *Les résultats obtenus permettent de conclure quant à l'absence de l'espèce Aedes albopictus au sein de l'emprise de l'aéroport de Paris-Orly. Par ailleurs, aucune espèce allochtone susceptible d'être introduite depuis une zone à risque (Zones tropicales par exemple) n'a été détectée* ». Il en avait été de même en 2016 [cf. courriel du CSF pour le Val-de-Marne du 30/05/2018].



Quant à l'aéroport de Marseille-Provence, il est colonisé par *Ae. albopictus* depuis 2015 [cf. audition de l'EID].

### 3.1.4.3 À l'intérieur des avions et des bateaux

La désinsectisation des aéronefs en provenance des zones mentionnées au premier alinéa (qui renvoie aux annexes I et II) de l'arrêté du 29 novembre 2016 relatif aux zones en provenance desquelles les moyens de transport sont désinsectisés doit être réalisée conformément aux méthodes recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (*Aircraft disinsection insecticides*<sup>4</sup>).

Deux méthodes de désinsectisation sont utilisées par les compagnies atterrissant en France métropolitaine et contrôlées dans le cadre du CSF :

- la pulvérisation d'aérosols cales enlevées dans la cabine, le cockpit et les soutes (au décollage) : le contrôle du CSF consiste à vérifier, juste après l'atterrissage, que les aérosols ont bien été pulvérisés et ce, en nombre suffisant (récupération des aérosols vides et vérification de la traçabilité des numéros de série des bombes sur la Déclaration générale de l'aéronef) ;
- le traitement par rémanence (pulvérisation à intervalles réguliers d'un insecticide rémanent sur les surfaces internes de l'aéronef. La fréquence des applications dépend de la durée d'efficacité de l'insecticide (en général 5 à 6 semaines). Ce traitement doit - en principe - être renouvelé chaque fois qu'une surface traitée subit un nettoyage complet ou une remise en état) : le contrôle du CSF consiste à vérifier les durées de validité des traitements rémanents.

Cette seconde méthode est désormais utilisée par la plupart des compagnies aériennes [cf. communication avec le CSF pour le Val-de-Marne le 30/05/2018]. Or, en termes d'efficacité, les traitements par pulvérisation sont plus efficaces (Guillet et al. 1998).

Les cinq compagnies aériennes qui desservent l'axe entre la France métropolitaine et La Réunion indiquent toutes avoir des procédures établies dans leur manuel, décrivant à quel moment doit être utilisé l'aérosol, le message aux passagers, la procédure de contrôle de l'utilisation (report du numéro de l'aérosol sur la déclaration générale et conservation du diffuseur vide) [cf. courriel de la DGAC du 18/05/2018].

Les seuls produits de désinsectisation utilisés à l'intérieur des aéronefs sont de la famille des pyréthrinoïdes. Les compagnies aériennes utilisent principalement des produits rémanents (notamment à base de perméthrine ou D-phénothrine). L'efficacité du traitement est estimée - en théorie - à environ 5-6 semaines. Le traitement rémanent réalisé est conforme aux exigences de l'OMS et des textes du ministère de la santé [cf. courriel de la DGAC du 18/05/2018].

#### ***En pratique, au départ de La Réunion***

L'ARS de La Réunion n'assure pas de contrôle ciblé sur les avions en provenance ou à destination de la France métropolitaine (cela n'est pas imposé par le RSI). En revanche, elle est responsable du contrôle sanitaire aux frontières (CSF) pour les avions qui arrivent dans le cadre du RSI, et contrôle tous les avions qui circulent dans la zone régionale à l'arrivée (notamment ceux qui transitent via l'île Maurice ou Mayotte) [cf. Audition ARS OI].

<sup>4</sup> *Equipment for vector control specification guidelines*. Geneva, World Health Organization, 2010 : [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241500791\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241500791_eng.pdf)  
*Aircraft disinsection insecticides*, World Health Organization / Inter-organization programme for the sound management of chemicals, 2013. <http://www.capsca.org/Documentation/Zika/WHO-IPCSehc243.pdf>

### ***En pratique, à l'arrivée en France métropolitaine : cas de l'aéroport d'Orly***

En ce qui concerne l'aéroport d'Orly, les contrôles sont réalisés sur un échantillonnage d'aéronefs (entre 4 et 6 % des vols contrôlables sont contrôlés), à raison d'une journée de présence par semaine sur site en saison haute. En 2017, 281 avions ont été contrôlés sur 6 479 vols contrôlables au titre du RSI à l'arrivée, toutes provenances confondues. En ce qui concerne La Réunion, ces contrôles concernent trois compagnies (Air France, French Bee et Corsair, qui représentent environ 93 % des contrôles toutes provenances confondues, à proportions égales).

Les désinsectisations sont, dans l'immense majorité des cas contrôlés, correctement effectuées. Ainsi, en 2017, seules 2 non conformités ont été relevées sur 281 contrôles au total. Celles-ci concernaient une seule compagnie ne desservant pas La Réunion [cf. courriel du CSF pour le Val-de-Marne du 30/05/2018].

## **3.1.5 Description du trafic entre La Réunion et la France métropolitaine**

### **3.1.5.1 Trafic aérien**

Les avions au départ de La Réunion vers la France métropolitaine partent uniquement de l'aéroport Roland Garros (à St Denis), l'aéroport Pierrefonds (à St Pierre) n'assurant que des vols vers l'île Maurice et l'île Rodrigues<sup>5</sup> (cf. Figure 9). L'aéroport Roland Garros dessert toute l'année les aéroports de Paris (Orly et Roissy-Charles de Gaulle) et de Marseille en vols directs, les aéroports de Lyon et Toulouse sont également desservis lors de la saison haute touristique.

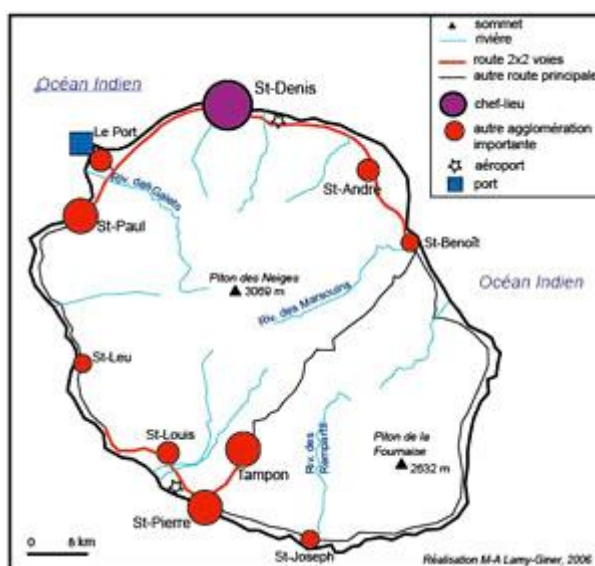
À titre indicatif, sur une semaine comptabilisée en mai, 7 vols sont arrivés à Roissy-Charles de Gaulle et 22 à Orly. Sur une semaine comptabilisée en août (prévisionnel 2018), 11 vols sont à destination de CDG et 29 à destination d'Orly<sup>6</sup>. L'aéroport d'Orly est celui qui est le plus concerné par les échanges avec La Réunion sur le territoire de la France métropolitaine. Il y a au maximum 45 vols par semaine à destination de la France métropolitaine.

Cinq compagnies aériennes desservent l'axe entre la France métropolitaine et La Réunion : Air France, Air Austral, Corsair International, French Bee et XL Airways. Les vols sur Paris sont assurés par Air France, Air Austral, Corsair International et French Bee, ceux sur Marseille par Air Austral et XL Airways, cette dernière compagnie assurant également des vols sur Lyon et Toulouse.

La formule TGV-AIR, proposant un billet d'avion couplé à un billet TGV permet de rejoindre en quelques heures la plupart des villes de province en arrivant à Paris. Certaines compagnies, comme Air France ont également des connections avec les aéroports de province via Hop. En vols indirects, toutes les configurations sont envisageables et il n'est donc pas possible de les décrire même si en toute logique, les vols indirects devraient être pris en compte.

<sup>5</sup> <http://www.pierrefonds.aeroport.fr/destinations/destinations.html>

<sup>6</sup> Idem.



Source : Centre de Recherches et d'Etudes en Géographie (CREGUR)

Figure 9 : Carte des ports et aéroports de l'île de La Réunion

Au total, le trafic aérien entre la France métropolitaine et l'île de La Réunion représente environ 1,3 million de passagers en 2017<sup>7</sup>, avec une augmentation régulière d'environ 2 % par an ces dernières années (cf. Tableau 4) (voire +7,2 % en 2017). Le nombre de vols quotidiens entre La Réunion et la France métropolitaine varie de trois à sept avec une fréquence hebdomadaire allant de 30 à 45 selon les mois. La durée moyenne d'un vol est de 11 heures. Les taux de remplissage sont très importants, souvent supérieurs à 90 % une bonne partie de l'année sur l'axe France métropolitaine - La Réunion. Les avions utilisés sur cette ligne ont des capacités comprises entre 361 sièges (XL Airways) et 521 sièges (Corsair) avec une moyenne de 435 sièges par avion.

Tableau 4 : Trafic aérien total au départ de La Réunion (2010-2013)

	2010	2011	2012	2013
<b>Mouvements d'avions</b>	<b>16 896</b>	<b>17 032</b>	<b>15 823</b>	<b>14 697</b>
<b>Passagers (en milliers)</b>	<b>2 090</b>	<b>2 246</b>	<b>2 164</b>	<b>2 084</b>
Arrivée	1 014	1 096	1 045	1 030
Départ	1 015	1 095	1 050	1 032
Transit	59	54	69	22
<b>Fret (tonnes)</b>	<b>29 313</b>	<b>28 511</b>	<b>25 373</b>	<b>24 656</b>
Arrivée	21 265	20 500	17 973	17 510
Départ	8 048	8 011	7 400	7 146
<b>Poste (tonnes)</b>	<b>5 708</b>	<b>6 349</b>	<b>6 239</b>	<b>6 054</b>
Arrivée	3 809	4 398	4 269	4 187
Départ	1 899	1 951	1 970	1 867

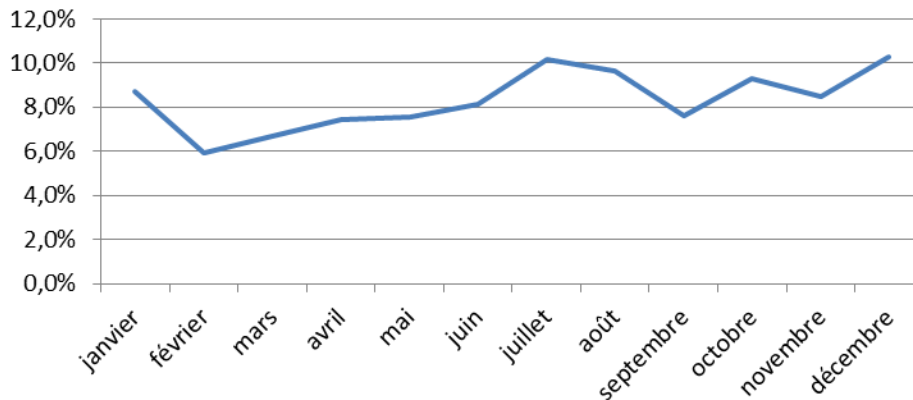
Sources : Société Aéroport de La Réunion, Syndicat mixte de Pierrefonds

La plupart des départs de l'aéroport Roland Garros se font après 19 heures, mais l'augmentation de la fréquence des vols conduit à une augmentation des vols en journée. Ainsi, lorsque la fréquence hebdomadaire est de 30 vols, 17 % d'entre eux partent avant 13 heures. Avec 45 vols hebdomadaires, près de 42 % d'entre eux partent de l'aéroport Roland Garros avant 13 heures.

La Figure 10, basée sur le trafic 2016 pour éviter les effets liés à l'arrivée d'une cinquième compagnie sur le marché, renseigne sur la saisonnalité du trafic direct entre la France

<sup>7</sup> <http://www.air-journal.fr/2018-01-22-traffic-aerien-record-a-la-reunion-23-millions-de-passagers-en-2017-5193520.html>

métropolitaine et La Réunion. Les périodes où les vols sont les plus nombreux sont juillet-août et décembre.



Source : DTA / SDE-MDP (base 2016)

Figure 10 : Saisonnalité du trafic France métropolitaine-La Réunion en pourcentage (%) de passagers transportés

### 3.1.5.2 Trafic maritime

Le port de commerce et d'échanges de La Réunion est implanté dans la ville de Port Réunion<sup>8</sup> (ou Port de la pointe des galets), dans le nord-ouest de l'île. Le port se découpe en deux sites distants de trois kilomètres ; Port Ouest et Port Est qui couvrent ensemble une superficie de 90 ha (plans d'eau non inclus) et assemblent 2,1 km de quais. Port Ouest concentre les activités nautiques, militaires et de pêche alors que port Est a une vocation plus commerciale et industrielle. Port Réunion se situe au premier rang des ports d'Outre-Mer en termes de tonnage et à la quatrième place des ports français pour les conteneurs<sup>9</sup>. Le trafic maritime de marchandises était de 5 380 000 tonnes en 2016 et le nombre de conteneurs était de 324 700 en équivalent vingt pieds (EVP). La Réunion ne correspond pas à une desserte directe pour les lignes conteneurisées. Quatre-vingt pour-cent (80 %) du trafic conteneurisé sont issus d'un transbordement maritime provenant du Moyen-Orient et de Singapour, et seulement 20 % sont issus de lignes directes venant de l'Europe.

<sup>8</sup> Port d'intérêt national français, Port Réunion a été placé sous la houlette de la Chambre des Commerces et d'Industries de La Réunion jusqu'en 2018.

<sup>9</sup> ISEMAR N°180 - Mai 2016



Source : Google map (18/05/2018)

**Figure 11 : Vue aérienne du port de la ville de Port Réunion**

Le trafic maritime de passagers a augmenté fortement ces dernières années grâce à l'essor des croisières, qui représentent dorénavant la quasi-totalité du trafic maritime de passagers : le nombre de croisiéristes s'élevait ainsi à 37 000 en 2016 représentant une hausse de 85 % par rapport à 2015 (Insee 2017). Les bateaux venant de La Réunion desservent les principaux ports français Le Havre, Marseille (Fos sur Mer), Cherbourg, etc<sup>10</sup>. La durée de la traversée d'un roulier entre Le Havre et Port Réunion est de 25 à 30 jours environ<sup>11</sup>.

### **3.2. Probabilité d'importation en France métropolitaine de moustiques infectés par la dengue via les transports aériens et maritimes**

L'objet de la saisine porte sur l'évaluation du risque lié à l'importation éventuelle du virus de la dengue par des moustiques infectés qui pourraient être transportés de La Réunion en France métropolitaine par le biais des transports aériens et maritimes pouvant occasionner des transmissions virales à l'origine de « maladies d'aéroport »<sup>12</sup>.

Le risque lié au transport de voyageurs infectés est généralement considéré significativement supérieur à celui lié au transport de moustiques infectés (Mier-y-Teran-Romero, Tatem, and Johansson 2017). Cependant, la littérature rapporte quelques cas de « maladies d'aéroport » causées par des moustiques : cas de paludisme (Isaacson 1989, Jenkin et al. 1997, Gratz, Steffen, and Cocksedge 2000, Mouchet 2000, Bataille et al. 2009) ou de dengue (Whelan et al. 2012).

<sup>10</sup> <https://www.marinetraffic.com/fr/ais/details/ports/687>

<sup>11</sup> <http://www.outremertransit.com/transport-de-voiture-a-la-reunion/>

<sup>12</sup> Maladie infectieuse contractée chez un ou des sujets n'ayant pas fréquenté les zones d'endémie connue pour cette maladie (ex : paludisme, dengue). Elle concerne le plus souvent des cas travaillant dans un aéroport ou habitant à proximité.

### 3.2.1 Expression générale de la probabilité d'importation

Nous nous intéressons à la situation où des avions effectuent régulièrement le trajet allant d'un point de départ A vers un point d'arrivée B, sans escale, au bout d'un temps  $d$ . Le point A est caractérisé par une activité et circulation de pathogènes dans une population d'humains en interaction avec des populations de moustiques. La question qui nous intéresse est d'estimer la probabilité d'importation par ces avions des moustiques infectés de A vers B (supposé indemne).

Pour ce faire, nous considérons qu'à chaque date  $t$ ,  $N_t$  vols d'avions distincts par jour effectuent la liaison de A vers B. Ainsi, la probabilité  $q_{i,t}$  d'importation de moustiques infectés de A vers B via le vol  $i$  (avec,  $i = 1, 2, \dots, N_t$ ) à la date  $t$  résulte du produit de trois probabilités comme suit :

$$q_{i,t} = I_t \times T_{i,t} \times \phi_{i,t} \quad (1)$$

où :

- $I_t$  : est la probabilité qu'un moustique au point A soit infecté à la date  $t$ . Cette probabilité dépend de l'intensité de l'activité et circulation de l'infection à la date  $t$  entre humains et moustiques, et donc de l'épidémiologie de la maladie considérée au point A ;
- $T_{i,t}$  : est la probabilité qu'un moustique initialement en A à la date  $t$  prenne le vol  $i$  allant vers B. Cette probabilité dépend de la saison des moustiques, de la densité des voyageurs et du type de vol ;
- $\phi_{i,t}$  : est la probabilité qu'un moustique survive au voyage de durée  $d$  allant de A vers B dans le vol  $i$  à la date  $t$ . Cette probabilité dépend de la survie du moustique dans les conditions (notamment la désinsectisation) du vol  $i$  à la date  $t$ .

Les  $N_t$  vols distincts étant indépendants du point de vue de l'importation, la probabilité journalière  $P_t$  d'importation de moustiques infectés à la date  $t$  s'obtient alors par la relation,

$$P_t = 1 - (1 - q_{1,t}) \times (1 - q_{2,t}) \times \dots \times (1 - q_{N_t,t}) \quad (2)$$

Enfin, dans le cas où la période d'activité considérée pour l'importation de moustiques infectés dure  $D$  jours de  $t$  à  $t + D$ , la probabilité totale d'importation  $P_{im}(t, D)$  devient :

$$P_{im}(t, D) = 1 - (1 - P_t) \times (1 - P_{t+1}) \times \dots \times (1 - P_{t+D}) \quad (3)$$

### 3.2.2 Application : importation d'*Aedes albopictus* infectés de La Réunion vers la France métropolitaine

Dans le cas qui nous concerne, il y a entre 3 et 7 vols par jour selon les saisons, d'une durée moyenne de 11h (inférieure à 1 jour), en partance de La Réunion (point A) et desservant la France métropolitaine (point B). Seuls les vols directs ont été pris en compte. Dans une perspective de majoration du risque, nous utiliserons une valeur maximale correspondant au nombre hebdomadaire de vols  $N = 45$  dans l'estimation de la probabilité d'importation.

Les autres paramètres nécessaires à la modélisation ont été estimés selon les modalités décrites ci-après.

### 3.2.2.1 Probabilité qu'un moustique à La Réunion soit infecté à la date $t$

La probabilité  $I_t$  : une bonne approximation de cette probabilité serait d'utiliser la valeur du TIR (*True Infectious Rate*) ou MIR (*Mean Infectious Rate*) d'*Ae. albopictus* à La Réunion. En absence de ces informations,  $I_t$  peut être estimée à partir de la relation,  $I_t = mH / (1 + mH)$ , où  $m$  représente le nombre moyen de cycles gonotrophiques par femelle et  $H$  la prévalence (nombre total de cas/population totale) de la dengue chez les humains sur la période considérée.

Pour *Ae. albopictus* à La Réunion, nous avons utilisé  $m = 3$  à 25°C (Delatte et al., 2009).

Pour ce qui est de la prévalence à la date  $t$ , nous avons :  $H = \omega\tau$ , où  $\omega$  est la fréquence de cas de dengue (nombre de cas humains/unité de temps) et  $\tau$  la durée de virémie. La durée de la phase virémique de la dengue chez l'Homme étant courte (2 à 7 jours), on peut considérer que l'incidence hebdomadaire des cas de dengue est un bon estimateur de la prévalence des cas en phase virémique. Le nombre hebdomadaire de cas incidents peut être estimé à partir du dispositif de surveillance épidémiologique piloté par la Cire-OI qui, à partir du réseau de médecins du réseau « Sentinelles », produit une estimation hebdomadaire à l'échelle de l'île, des cas de syndromes *dengue-like* (*i.e.* cliniquement évocateurs) ayant consulté un médecin. Au stade actuel de l'épidémie, la majorité des cas de syndromes *dengue-like* (SDL) font l'objet d'une demande de confirmation biologique. Les premiers éléments de réponse de 10 médecins sentinelles à une enquête rapide menée par la Cire OI indiquent que le taux de demande de confirmation biologique est compris entre 75 et 99 % [cf. Audition Cire OI]. À la mi-mai, le dispositif de surveillance épidémiologique estimait à 449 le nombre de cas de syndrome *dengue-like* (SDL) et rapportait 338 cas probables ou confirmés ( $n = 388$ ). Par ailleurs, si depuis le début de l'épidémie, le taux de positivité de la PCR prescrite varie entre 30 et 50 % (selon les laboratoires, selon les semaines), un sondage qualitatif auprès des médecins généralistes du réseau « Sentinelles » laisse penser que la quasi-totalité des cas de SDL signalés par ces médecins sont bien des cas de dengue [cf. Audition Cire OI]. On peut donc raisonnablement considérer que, dans le contexte de la flambée épidémique en cours, et en l'absence d'épidémie de leptospirose ou de grippe, la valeur prédictive positive (VPP) d'un SDL est élevée et que, de fait, la très grande majorité de ces syndromes estimés chaque semaine par la Cire-OI sont des (vrais) cas de dengue.

Au pic de l'épidémie en cours (semaine 2018 n°16), ce nombre est estimé à 1 800 cas.

Pour l'estimation du risque, nous avons utilisé  $\tau = 5$  jours pour la durée de la virémie et trois situations ont été considérées :  $\omega = 0,21 \%$ ,  $0,32 \%$  et  $0,38 \%$  par semaine correspondant respectivement à 1 800, 2 700 et 3 240 cas de dengue hebdomadaires (sur une période allant de 1 à 14 jours) pour une population de La Réunion d'environ 850 000 habitants (les 2 700 et 3 240 cas représentant respectivement 50 % et 80 % de plus de cas asymptomatiques [cf. Audition Cire OI]).

Pour les simulations,  $H = \frac{NK}{850000}$  où  $NK$  est aléatoire et obtenu à partir d'une distribution de Poisson de paramètre  $NK = 850000 \times \omega \times \tau$ , où  $NK$  correspond au nombre de cas.

### Éléments de discussion

Les cas cliniquement évocateurs n'ayant pas consulté un médecin (c'est la situation rencontrée lors de cas familiaux rapprochés) n'ont pas été pris en compte. Les premiers éléments issus de l'enquête rapide menée par la Cire OI auprès des médecins sentinelles, montrent que pour les 10 premiers médecins ayant répondu au 31 mai, le pourcentage de consultations au sein d'une famille serait de l'ordre de 50 % [cf. Audition Cire OI]. Pour plus de précisions, une étude pourrait

être menée pour mettre en relation les cas biologiquement confirmés ou probables (géoréférencés) et les cas symptomatiques identifiés par le service de LAV lors de la recherche active autour des cas.

Les cas non encore symptomatiques n'ont pas non plus été pris en compte (la virémie commençant en moyenne 2 jours avant le début des signes cliniques). Aucun facteur correctif n'a été appliqué.

Par ailleurs, s'agissant du risque qu'un moustique infecté soit embarqué dans un avion, il aurait fallu, concernant la prévalence des cas, considérer la zone circonscrite autour de l'aéroport<sup>13</sup> (en prenant en compte le périmètre de vol d'*albopictus* - 150 m en moyenne, avec une maximale de 1000 m). Cette zone aéroportuaire de Roland-Garros à Sainte-Marie se caractérise d'une part, par une faible densité d'habitations et d'autre part, depuis le début de l'épidémie en cours, par une faible incidence estimée de cas hebdomadaire. À proximité de la zone des 1 000 mètres depuis le début de l'épidémie, seuls 3 cas ont été identifiés : 2 cas probables et 1 cas confirmé [cf. Audition Cire OI].

S'agissant du risque qu'un moustique soit embarqué via un bagage personnel, la prévalence estimée à l'échelle de l'île est cohérente.

### 3.2.2.2 Probabilité qu'un moustique se retrouve dans les transports et survive au voyage

#### **Par avion**

Les transports aériens sont un moyen possible de dissémination des moustiques à travers le monde (Lounibos 2002, Tatem, Rogers, and Hay 2006, van der Weijden, Marcelis, and Reinhold 2007, DeHart 2003, Gezairy 2003). Les quelques enquêtes effectuées ont mis en évidence le transport de moustiques dans les avions (Giacomini et al. 1995, Gratz, Steffen, and Cocksedge 2000, Karsh 2000, Cimerman et al. 1997, Guillet 1996). Les avions qui ont fait l'objet de ces enquêtes étaient enregistrés comme désinsectisés, ce qui soulève la question de l'efficacité de la désinsectisation des aéronefs.

Plus récemment, Scholte *et al.* (2010) ont capturé 4 *Culex pipiens* dans un avion en provenance de la Tanzanie et à destination des Pays-Bas (Scholte, Braks, and Schaffner 2010). Suite à cela, les mêmes auteurs ont contrôlé 38 cabines de passagers dès l'atterrissage à l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol aux Pays-Bas en 2010 et 2011. Ils ont trouvé des moustiques vivants dans 10 des 38 avions, tous en provenance d'Afrique (Scholte et al. 2014). Enfin, cette équipe s'est intéressée à la présence de moustiques dans et autour de l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol. Ils ont installé des pièges à moustiques dans et autour de l'aéroport et les ont collectés toutes les deux semaines. Ils ont confirmé l'importation de 6 adultes *Aedes aegypti* sur l'année 2016 (Ibañez-Justicia et al. 2017).

Mier-y-Teran-Romero *et al.* (2017) ont cherché à être exhaustif dans une revue sur le nombre d'études « poolant » les études anciennes et nouvelles et les différentes espèces.

Sukehiro *et al.* (2013) citent une publication en Japonais de 2007 (Haseyama et al. 2007) dans laquelle les auteurs ont inspecté 52 avions parmi 2 161 arrivés à l'aéroport international de Narita (au Japon) en provenance de l'Amérique du Nord et du Sud, l'Asie, l'Océanie et l'Europe durant la période 2001-2005. Ils ont trouvé des moustiques dans 1,2 % des avions (voir Tableau 5).

<sup>13</sup> En matière de risque lié à la dengue, il faut tenir compte de la situation non pas au niveau du pays mais de la zone même où se situe l'aéroport (en l'occurrence l'aéroport de Roland Garros à St Denis) ou le port concerné par la liaison avec la France métropolitaine.



**Tableau 5 : Nombre et espèce de moustiques rencontrés dans les avions arrivés à l'aéroport de Narita (Japon), en fonction de leur provenance**

Taxa	Flight routes (No. of aircrafts inspected)			
	North & South America (1,136)	Asia & Oceania (970)	Europe (55)	All (2,161)
<i>Culex pipiens</i> complex	3/3	7/6	0/0	10/9
Unidentified spp. of <i>Culex</i>	5/5	2/2	0/0	7/7
<i>Anopheles sinensis</i>	2/2	0/0	0/0	2/2
<i>Aedes vexans nipponii</i>	2/1	0/0	0/0	2/1
Unidentified spp. of <i>Aedes</i>	1/1	0/0	0/0	1/1
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	0/0	1/1	0/0	1/1
Unidentified mosquitoes	1/1	3/3	1/1	5/5
<b>Total</b>	<b>14/13 (1.1)*</b>	<b>13/12 (1.2)</b>	<b>1/1 (1.8)</b>	<b>28/26 (1.2)</b>

\*Number in parenthesis shows the percentage of the total number of aircrafts inspected.

Source : Haseyama et al. (2007)

Les probabilités  $T_{i,t}$  et  $\phi_{i,t}$  :

Au final, en l'absence d'informations fiables sur les densités de moustiques et autres caractéristiques associées aux voyageurs et types de vol, nous avons choisi une valeur issue de la littérature obtenue à partir du nombre de moustiques comptabilisés à l'arrivée de 52 avions, donc ayant survécu au voyage (incluant des vols avec et sans désinsectisation) (Haseyama et al. 2007, Sukehiro et al. 2013). La valeur choisie ne permet pas de séparer  $T_{i,t}$  et  $\phi_{i,t}$ . En somme, la probabilité globale,  $T_{i,t} \times \phi_{i,t}$ , de trouver au moins un moustique dans un avion et survive au voyage jusqu'à l'arrivée a été modélisée par une distribution Beta de moyenne  $b = 1,2\%$  tel que  $T_{i,t} \times \phi_{i,t} \sim B(4, 4b/(1-b))$ .

Nous avons considéré que  $T_{i,t} \times \phi_{i,t}$  était identique pour tous les vols à toutes les dates.

### **Eléments de discussion**

D'après Haseyama et al. (2007), le nombre d'*Aedes* trouvés dans les aéronefs est sans commune mesure inférieur à celui du nombre de *Culex*. Le Tableau 5 indique que sur l'ensemble des avions inspectés, un seul contenait l'espèce *Aedes* soit moins de 1 %. On peut supposer que suite à un repas sanguin, les soutes et cabines passager des avions peuvent constituer des lieux de repos, notamment pour des espèces endophiles (qui cherchent à se mettre au repos à l'intérieur de bâtiments pour digérer le sang) comme les *Culex*. Cependant, à La Réunion, l'espèce en cause dans l'épidémie de dengue, est *Aedes albopictus*, qui est principalement exophile<sup>14</sup> : le repos des femelles et des mâles s'effectue majoritairement à l'extérieur, ce qui tendrait à réduire le risque d'importation d'*Aedes albopictus* en provenance de La Réunion par rapport aux autres espèces endophiles, comme *Ae. aegypti*.

À noter que les avions pour la France métropolitaine sont tous sur passerelle climatisée [cf. Audition ARS OI], ce qui minore également le risque de rencontrer un moustique dans l'avion.

Ces éléments n'ont pas été pris en compte dans l'estimation quantitative du risque. On peut considérer qu'en ne tenant pas compte du caractère exophile d'*Aedes albopictus* et de la climatisation des passerelles, le risque a été majoré.

<sup>14</sup> [http://www.inma.fr/wp-content/uploads/2017/08/dip\\_mem\\_2012\\_26\\_vacus.pdf](http://www.inma.fr/wp-content/uploads/2017/08/dip_mem_2012_26_vacus.pdf)

### Par bateau

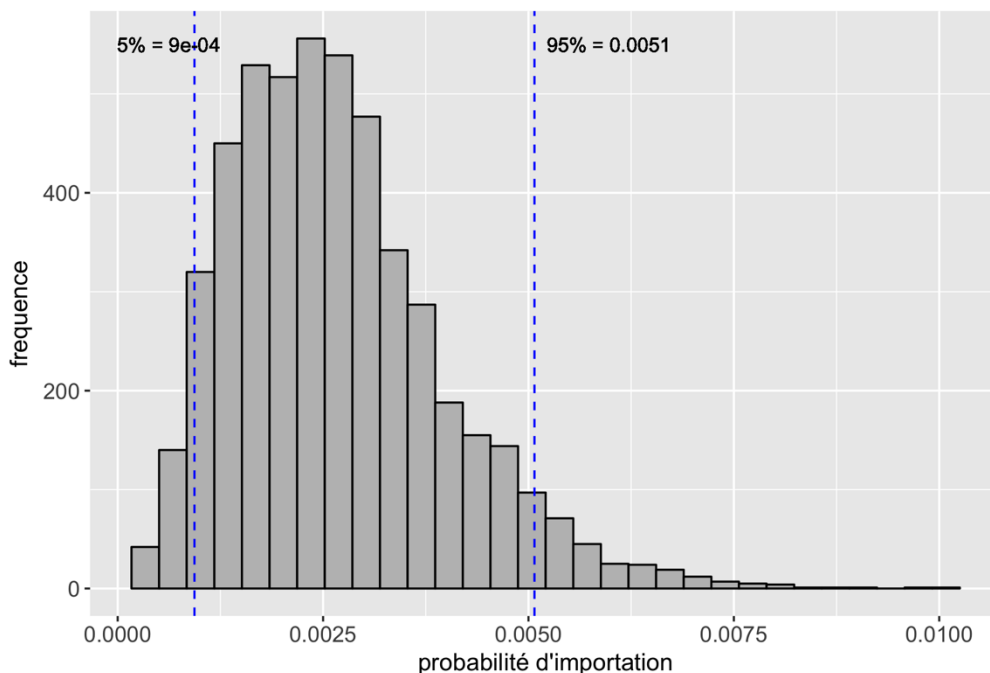
L'importation de moustiques par bateau est un cas fréquent. Historiquement c'est ainsi qu'*Aedes aegypti* a envahi les Amériques, et pénétré plusieurs ports européens (Wilder-Smith and Gubler 2008, Gubler 2002, Craven et al. 1988). *Culex quinquefasciatus* a colonisé de nombreuses îles du pacifique de cette manière et *An. gambiae* a été introduit au Brésil en 1930 (puis éradiqué) (Tatem, Hay, and Rogers 2006b). Plus récemment, c'est par le transport de pneus usagés par bateaux qu'*Aedes albopictus* est arrivé en Europe (Reiter 1998, Tatem, Hay, and Rogers 2006a).

Bien que le transport maritime de marchandises et de passagers soit une source potentielle importante d'introduction de moustiques la complexité du transport maritime direct et indirect au départ de La Réunion et à destination de la France métropolitaine rend toute évaluation quantitative de la probabilité qu'un moustique se retrouve dans un bateau, y reste et survive au voyage jusqu'à son arrivée en métropole très hasardeuse. Dans le cas où un moustique infecté embarque, et vu la durée du trajet, il est certainement plus probable qu'une transmission autochtone s'établisse en premier lieu à bord du bateau, au sein du personnel naviguant ou des passagers.

La transmission verticale (d'une femelle infectée à sa descendance) des DENV n'ayant par ailleurs pas été démontrée chez *Ae. albopictus*, le transport des larves de moustique infectées par le virus de la dengue n'a pas non plus été considéré.

#### 3.2.2.3 Appréciation de la probabilité d'importation de moustiques infectés par avion

Les résultats des simulations utilisant les paramètres présentés précédemment sont présentés Figure 12 et Figure 13.



**Figure 12 : Distribution la probabilité d'importation d'*Ae. albopictus* infectés de La Réunion en France métropolitaine avec une prévalence de cas de dengue virémiques de 0,212 %**

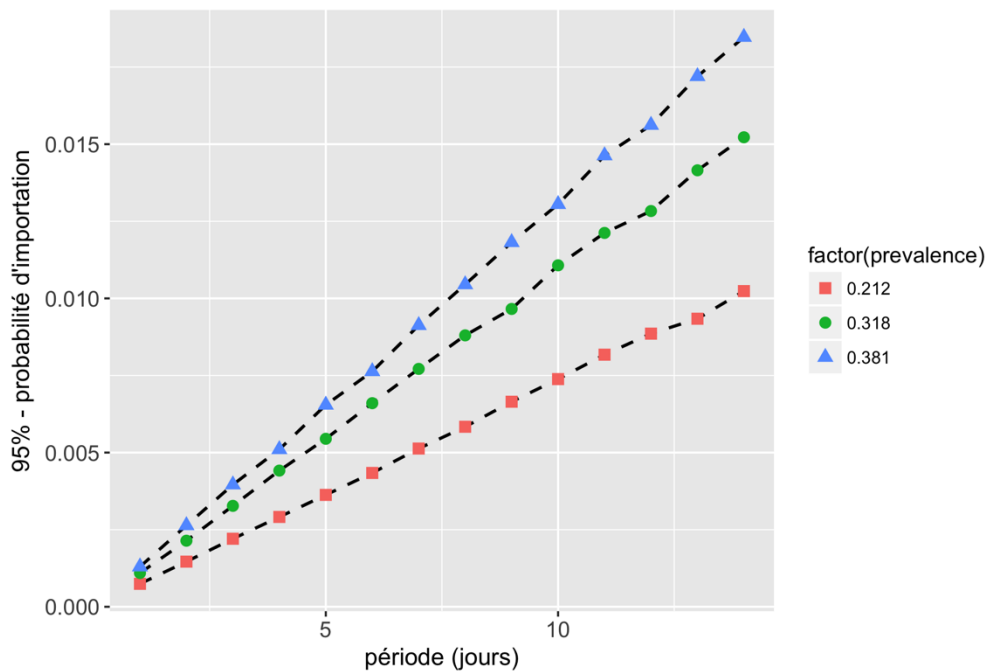
L'axe vertical de la Figure 12 représente la fréquence d'occurrence de la probabilité d'importation (sur l'axe horizontal) (sur 5 000 itérations<sup>15</sup>). Les lignes en pointillés verticales délimitent l'intervalle

<sup>15</sup> Répétition théorique du calcul.

de confiance à 95% en pointant le 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentile de la probabilité d'importation de moustiques infectés.

Avec un taux d'incidence de 0,212 % correspondant à 1 800 cas par semaine, la probabilité moyenne d'importation sur une semaine d'*Ae. albopictus* infectés par le virus de la dengue en provenance de La Réunion en France métropolitaine via les transports aériens est estimée à  $2,5 \times 10^{-3}$  avec IC95% [ $9 \times 10^{-4}$ ,  $5,1 \times 10^{-3}$ ].

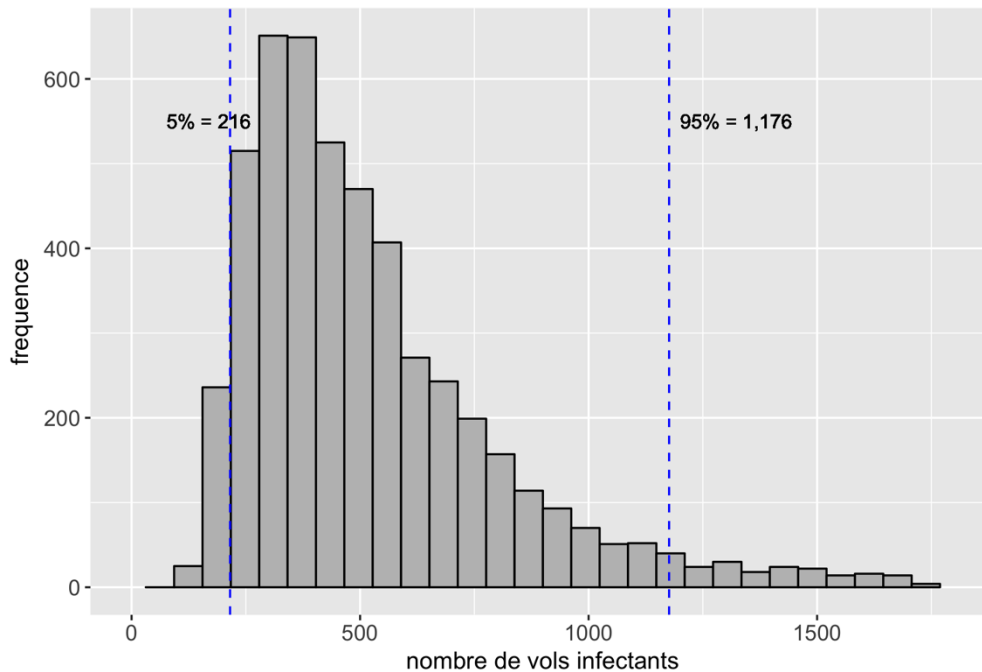
La Figure 13 illustre la variation de la probabilité d'importation en fonction de l'hypothèse formulée sur le taux d'incidence et de la durée de la période d'importation.



**Figure 13 : Probabilité d'importation (au 95<sup>ème</sup> percentile) d'*Ae. albopictus* infectés de La Réunion en France métropolitaine en fonction de la durée de la période d'activité pour trois cas de prévalence**

À titre d'exemple, si on considère que des avions arrivent tous les jours pendant 2 semaines, la probabilité d'importation d'*Ae. albopictus* infectés par le virus de la dengue en provenance de La Réunion en France métropolitaine via les transports aériens est estimée respectivement à 0,01 ; 0,015 et 0,018 sur cette période, pour des prévalences de cas virémiques de 1 800, 2 700 et 3 240 cas de dengue à La Réunion.

Une autre manière d'apprécier le risque d'importation d'*Ae. albopictus* infectés en France métropolitaine est de considérer le nombre de vols nécessaires pour une telle importation sur une période donnée. La Figure 14 illustre la distribution du nombre de vols nécessaires à une telle importation dans un intervalle de temps d'une semaine (correspondant à une probabilité d'introduction de  $1/45 = 0,022$ ).



**Figure 14 : Distribution du nombre théorique de vols sur une semaine pour importer des *Ae. albopictus* infectés de La Réunion en France métropolitaine avec une prévalence de cas virémiques de dengue de 0,212 %**

Avec une prévalence de cas virémiques de 0,212 % correspondant à 1 800 cas par semaine, le nombre moyen de vols sur une semaine nécessaire pour observer l'importation d'un moustique *Ae. albopictus* infecté par le virus de la dengue en provenance de La Réunion en France métropolitaine est estimé à 451 avec IC95% [216, 1 176] (à comparer aux 45 vols hebdomadaires réalisés en saison touristique).

En conclusion, même avec un scénario majorant, le risque d'importation d'un moustique infecté par voie aérienne demeure très faible.

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DU GECU

##### 4.1 Conclusions

Les échanges entre le département de La Réunion, où une épidémie de dengue sévit depuis le début de l'année 2018, et la France métropolitaine sont intenses (entre 3 et 7 vols quotidiens directs selon les saisons, avec un maximum en juillet – août, puis en décembre). Aussi, l'enjeu, en matière de santé publique en métropole, est de prévenir et de circonscrire le risque de développement de foyers autochtones de cas humains de dengue suite à l'importation de voyageurs virémiques au cours de la saison des moustiques (de mai à novembre en France métropole). À cet égard, la surveillance et la gestion des cas virémiques fait déjà l'objet d'un « dispositif anti-dissémination de la dengue en France métropolitaine », actif depuis le 1<sup>er</sup> mai 2018.

En ce qui concerne le risque d'importation d'un moustique infecté par le virus de la dengue en provenance de La Réunion, objet du présent rapport, compte tenu des connaissances scientifiques disponibles et de l'incertitude portant sur certains éléments de l'appréciation du risque, le nombre moyen de vols nécessaire sur une semaine pour observer l'importation d'un moustique *Ae. albopictus* infecté par le virus de la dengue en provenance de La Réunion en France métropolitaine a été estimé à 451 avec IC95% [216, 1 176] dans le cadre d'un scénario majorant le

risque. En d'autres termes, il y a 95 % de chance pour que sur 1 000 vols<sup>16</sup>, il y ait 1 à 5 moustiques infectés importés en France métropolitaine au plus fort de l'épidémie actuelle.

Bien que le transport maritime de marchandises et de passagers soit une source potentielle importante d'introduction de moustiques, la complexité du transport maritime direct et indirect au départ de La Réunion et à destination de la France métropolitaine rend toute évaluation quantitative de la probabilité qu'un moustique se retrouve dans un bateau, y reste et survive au voyage jusqu'à son arrivée en France métropolitaine très hasardeuse. Dans le cas où un moustique infecté embarque, et vu la durée du trajet, il est certainement plus probable qu'une transmission autochtone s'établisse en premier lieu à bord du bateau, au sein du personnel naviguant ou des passagers.

Quoi qu'il en soit, selon les données disponibles, la probabilité d'importation de moustiques infectés en provenance de La Réunion en métropole peut être considérée aujourd'hui comme faible et très inférieure à celle liée au transport de passagers infectés (7 cas importés de dengue entre 1<sup>er</sup> et 31 mai 2018 [données transmises par Santé publique France]). Ces résultats sont cohérents avec une étude qui estime que le risque d'importation par avion de moustiques infectés par la dengue est négligeable (240 fois inférieur) par rapport au risque lié au transport de cas suspectés ou confirmés de dengue (Mier-y-Teran-Romero *et al.*, 2017).

Cependant, il existe plusieurs exemples de cas de maladies d'aéroport dans la littérature et les liaisons entre la France métropolitaine (Paris et Marseille principalement) et La Réunion sont quotidiennes. Le risque d'importation de vecteurs infectés n'est donc pas nul. À noter que l'aéroport le plus exposé en France métropolitaine est celui de Paris Orly (le nombre d'avions arrivant à Orly étant supérieur à celui arrivant à Roissy-Charles de Gaulle) et, dans une moindre mesure, ceux de Roissy-Charles de Gaulle, Marseille-Provence (qui est colonisé par *Ae. albopictus*), ainsi que ceux de Toulouse et Lyon.

Compte tenu de ces conclusions, les experts rappellent que le Règlement sanitaire international (RSI) constitue un cadre dont l'application est utile et nécessaire pour permettre de limiter les risques d'introduction en métropole, de moustiques infectés par le virus de la dengue en provenance de La Réunion et qu'il est donc nécessaire de l'appliquer et de veiller à sa mise en œuvre. Cela passe notamment par la surveillance entomologique des « points d'entrée » du territoire et la désinsectisation des aéronefs et des bateaux.

Par ailleurs, les experts du GECU rappellent que des études anciennes ont montré que les traitements par pulvérisation des aéronefs étaient plus efficaces que les traitements rémanents, mais que le rapport coût-bénéfice de ces traitements reste à évaluer.

## **4.2 Recommandations**

### **4.2.1 Recommandations à destination des autorités locales et nationales impliquées dans la gestion de l'épidémie**

#### ***En matière de lutte anti-vectorielle (LAV)***

Considérant :

- le contexte actuel de l'épidémie de dengue à La Réunion (en mai 2018) ;

---

<sup>16</sup> ce qui correspond environ au nombre d'avions en provenance de La Réunion et arrivant en France métropolitaine sur une période de 6 mois.

- qu'il est nécessaire de veiller à l'adéquation entre la dynamique de la transmission de l'épidémie, le dimensionnement et la nature des actions de LAV ;
- qu'il n'y a actuellement plus de surveillance entomologique des points d'entrée (aéroports et ports) depuis fin 2017 à La Réunion [cf. audition ARS OI] ;
- la proximité de l'île de La Réunion avec le territoire de Mayotte ;

les experts du GECU recommandent :

- de veiller au respect de l'application du RSI, notamment en ce qui concerne le maintien de la surveillance entomologique et du contrôle des gîtes larvaires dans les « points d'entrée » (aéroports et ports) à La Réunion, *a fortiori* en période épidémique ;
- de garantir les moyens permettant à l'ARS Océan indien d'assurer la surveillance entomologique des points d'entrée pendant l'épidémie ;
- de prévenir et notamment de surveiller le risque d'importation de la dengue en provenance de La Réunion sur le territoire de Mayotte (moustiques et surtout voyageurs infectés - information des voyageurs, veille sanitaire...-).

### ***En matière de désinsectisation des aéronefs***

Considérant :

- le risque faible d'importation d'un moustique infecté par le virus de la dengue ;
- que les compagnies aériennes privilégient les traitements insecticides rémanents ;
- que les traitements par pulvérisation des aéronefs sont plus efficaces que les traitements rémanents ;
- les risques potentiels pour la santé du personnel navigant et des passagers liés à l'usage des biocides (en particulier par pulvérisation) ;

les experts du GECU considèrent qu'il n'y a pas lieu de modifier les pratiques des compagnies aériennes en matière de désinsectisation en ce qui concerne les vols entre La Réunion et la France métropolitaine pour lutter contre le risque d'importation de moustiques infectés.

### ***En matière de veille sanitaire***

Considérant qu'il est nécessaire d'estimer l'étendue de la transmission de l'épidémie de dengue et la proportion de cas asymptomatiques à La Réunion, les experts du GECU recommandent :

- de mener une enquête de séroprévalence de la dengue pendant l'épidémie.

### ***En matière d'utilisation des biocides***

Considérant :

- que la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides sont encadrés par le Règlement (UE) 528/2012 (dit Règlement « biocides ») ;
- la nécessité de prévenir l'émergence de résistances aux insecticides sur l'île de La Réunion ;

les experts du GECU recommandent :

- de privilégier les produits disposant d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) pour des usages de LAV, dont l'efficacité est documentée ;
- de réserver l'utilisation de la deltaméthrine aux traitements de lutte anti-vectorielle autour des cas humains de dengue et donc de limiter les traitements préventifs à base de cette molécule, afin de limiter l'apparition de résistances.

#### **4.2.2 Recommandations à destination de la recherche**

##### ***En matière d'évaluation du risque***

Considérant :

- qu'il n'y a pas de données disponibles sur les densités d'*Ae. albopictus* autour des points d'entrée à La Réunion ;
- que l'ARS de l'Océan indien a congelé des moustiques et des larves dans les zones de circulation virale [cf. Audition ARS OI] ;

les experts du GECU Anses recommandent d'étudier pendant l'épidémie :

- les densités de vecteur sur les zones portuaires et aéroportuaires à La Réunion ;
- les taux d'infection d'*Ae. albopictus* par le virus de la dengue ;

et à plus long terme :

- la compétence vectorielle des populations d'*Ae. albopictus* de La Réunion vis-à-vis du virus de DENV-2 circulant actuellement sur l'île. Une telle étude permettrait en particulier de tester l'hypothèse d'une potentielle adaptation de la souche virale à l'espèce *Ae. albopictus*. En effet, l'efficacité actuelle de la transmission sur l'île peut suggérer que le virus est bien adapté à *Ae. albopictus* ;
- la compétence vectorielle des populations d'*Ae. Albopictus* en métropole vis-à-vis du virus circulant actuellement à La Réunion. Une telle étude permettrait de mieux appréhender le risque d'adaptation de la souche virale lié à l'importation de génotypes viraux particulièrement adaptés à la transmission par *Ae. albopictus* et donc plus à même de provoquer une épidémie en métropole (en comparaison avec des virus importés de zones où *Ae. aegypti* est le vecteur) ;
- les taux d'infection *a posteriori*, si cela ne peut pas être fait en temps réel.

##### ***En matière d'efficacité et d'innocuité des biocides***

Considérant :

- qu'il n'y a pour le moment aucune alternative aux insecticides de la famille des pyréthrinoides disponible sur le marché pour les traitements insecticides à l'intérieur des aéronefs ;
- que la deltaméthrine est l'adulticide le plus utilisé pour la lutte anti-vectorielle en France ;
- le manque de données disponibles sur l'efficacité des traitements de désinsectisation utilisés dans les avions ;
- que la question de l'efficacité des traitements (rémanents, par pulvérisation) constitue un enjeu sanitaire ;

- que, d'une manière générale, la résistance des vecteurs aux insecticides pyréthrinoïdes pose problème ;
- les risques potentiels pour la santé liés à l'usage des biocides ;

les experts du GECU recommandent :

- de mieux caractériser et surveiller l'apparition d'une éventuelle résistance à la deltaméthrine sur l'île de La Réunion ;
- d'anticiper l'apparition de résistances en recherchant de nouvelles molécules adulticides en alternative à la deltaméthrine, bien qu'aucune résistance ne soit avérée pour le moment à La Réunion ;
- d'étudier l'efficacité des nouveaux produits de traitement (pulvérisation et traitements rémanents) utilisés pour désinsectiser les aéronefs (cabines et soutes) selon les lignes directrices de l'OMS (WHO 2012) ;
- d'étudier l'impact potentiel des traitements par pulvérisation sur la santé des personnels navigants des aéronefs dans le cadre d'études épidémiologiques.

## **5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE**

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du GECU mobilisé pour l'expertise en urgence d'évaluation du risque d'importation de moustiques infectés par la dengue en métropole en provenance de La Réunion.

Considérant le peu de connaissances scientifiques disponibles sur les paramètres qui pèsent sur le risque d'importation de moustiques infectés par le virus de la dengue et les incertitudes associées à certains d'entre eux, l'Agence rappelle que l'estimation du risque d'importation réalisée dans le cadre de la présente expertise fournit un ordre de grandeur du risque qui doit être utilisé avec précaution.

De plus, l'Agence insiste sur l'importance de pouvoir disposer de données se rapportant à la compétence vectorielle des populations d'*Ae. Albopictus* en métropole vis-à-vis du virus circulant actuellement à La Réunion. Une telle étude permettrait de mieux appréhender le risque d'adaptation de la souche virale lié à l'importation de génotypes viraux particulièrement adaptés à la transmission par *Ae. albopictus* et donc plus à même de provoquer une épidémie en métropole.

Enfin, l'Agence souligne la nécessité de prévenir, notamment par la surveillance, le risque d'importation de la dengue en provenance de La Réunion sur le territoire de Mayotte.

Dr Roger Genet



**MOTS-CLES**

Moustique (*Aedes albopictus*), dengue, transport aérien, transport maritime, Règlement Sanitaire international (RSI), lutte anti-vectorielle.

*Mosquito (Aedes albopictus), dengue, air transport, maritime transport, International Sanitary Regulations (ISR), vector control.*

**BIBLIOGRAPHIE****Publications**

- Aubry, P, and A Gaüzere. 2008. "Histoire des dengues et des syndromes dengue-like dans l'océan Indien." *Bulletin de pathologie exotique* (101):130.
- Bagny, Leïla, Hélène Delatte, Serge Quilici, and Didier Fontenille. 2009. "Progressive decrease in *Aedes aegypti* distribution in Reunion Island since the 1900s." *Journal of medical entomology* 46 (6):1541-1545.
- Bataille, A., A. A. Cunningham, V. Cedeno, M. Cruz, G. Eastwood, D. M. Fonseca, C. E. Causton, R. Azuero, J. Loayza, J. D. Martinez, and S. J. Goodman. 2009. "Evidence for regular ongoing introductions of mosquito disease vectors into the Galapagos Islands." *Proc Biol Sci* 276 (1674):3769-75. doi: 10.1098/rspb.2009.0998.
- Boyer, Sebastien, Coralie Foray, and Jean-Sebastien Dehecq. 2014. "Spatial and temporal heterogeneities of *Aedes albopictus* density in La Reunion Island: rise and weakness of entomological indices." *PLoS One* 9 (3):e91170.
- Cimerman, Sérgio, LC Barata, Antônio C Pignatari, SM Santi Di, Maria Stela Branquinho, Rosa Maria Tubaki, Karin Kirschgatter, and Marcelo N Burattini. 1997. "Malaria Transmission Associated with Airplane Travel." *The Brazilian journal of infectious diseases: an official publication of the Brazilian Society of Infectious Diseases* 1 (3):135-137.
- Cire-OI. 2017 n°51. "Surveillance de la dengue à la Réunion." *Point épidémiologique n°51 au 17 octobre 2017*.
- Cire-OR. 2018 n°42. "Surveillance de la dengue à la Réunion. Point épidémiologique au 29 mai 2018. ." *Point épidémiologique - N°42 au 29 mai 2018*.
- Coulanges, P, Y Clerc, FX Jousset, F Rodhain, and C Hannoun. 1979. "Dengue on Réunion. Isolation of a strain at the Pasteur Institute of Madagascar." *Bulletin de la Societe de pathologie exotique et de ses filiales* 72 (3):205-209.
- Craven, RB, DA Eliason, DB Francy, P Reiter, EG Campos, WL Jakob, GC Smith, CJ Bozzi, CG Moore, and GO Maupin. 1988. "Importation of *Aedes albopictus* and other exotic mosquito species into the United States in used tires from Asia." *Journal of the American Mosquito Control Association* 4 (2):138-142.
- DeHart, Roy L. 2003. "Health Issues of Air Travel." *Annual Review of Public Health* 24 (1):133-151. doi: 10.1146/annurev.publhealth.24.100901.140853.
- Delatte, H., H. Holota, B. Moury, B. Reynaud, J. M. Lett, and M. Peterschmitt. 2007. "Evidence for a founder effect after introduction of Tomato yellow leaf curl virus-mild in an insular environment." *J Mol Evol* 65 (1):112-8. doi: 10.1007/s00239-007-0005-x.
- Delatte, H., C. Toty, S. Boyer, A. Bouetard, F. Bastien, and D. Fontenille. 2013. "Evidence of habitat structuring *Aedes albopictus* populations in Reunion Island." *PLoS Negl Trop Dis* 7 (3):e2111. doi: 10.1371/journal.pntd.0002111.

- Gezairy, Hussein A. 2003. "Travel epidemiology: WHO perspective." *International journal of antimicrobial agents* 21 (2):86-88.
- Giacomini, Therese, Jean Mouchet, Pierre Mathieu, J-C PETITHORY, L BRUMPT, M ROUX, M CARA, and M GENTILINI. 1995. "Etude de six cas de paludisme contractés près de Roissy-Charles-de-Gaulle en 1994: mesures de prévention nécessaires dans les aéroports. Discussion." *Bulletin de l'Académie nationale de médecine* 179 (2):335-353.
- Gratz, Norman G, Robert Steffen, and William Cocksedge. 2000. "Why aircraft disinsection?" *Bulletin of the World Health Organization* 78 (8):995-1004.
- Gubler, D. J. 2002. "Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century." *Trends Microbiol* 10 (2):100-3.
- Guillet, P. 1996. "Rapport LIN/ORSTOM pour la DDASS Seine St Denis sur « Le paludisme des aéroports en région parisienne ». Rapport d'enquêtes sur l'efficacité et l'application des procédures de désinsectisation des aéronefs. Recommandations pour le contrôle sanitaire aux frontières dans les aéroports."
- Guillet, Pierre, MC Germain, T Giacomini, Fabrice Chandre, M Akogbeto, O Faye, A Kone, L Manga, and Jean Mouchet. 1998. "Origin and prevention of airport malaria in France." *Tropical Medicine and International Health* 3 (9):700-705.
- Haseyama, Michio, Shinji Iizuka, Hiroshi Omae, and Yoshio Tsuda. 2007. "Results of mosquito collection from international aircrafts arriving at Narita International Airport, Japan and mosquito surveillance at the airport." *Medical Entomology and Zoology* 58 (3):191-197. doi: 10.7601/mez.58.191.
- Hotta, S. 1952. "Experimental studies on dengue. I. Isolation, identification and modification of the virus." *J Infect Dis* 90 (1):1-9.
- Ibañez-Justicia, A., A. Gloria-Soria, W. den Hartog, M. Dik, F. Jacobs, and A. Stroo. 2017. "The first detected airline introductions of yellow fever mosquitoes (*Aedes aegypti*) to Europe, at Schiphol International airport, the Netherlands." *Parasites & Vectors* 10:603. doi: 10.1186/s13071-017-2555-0.
- Insee. 2017. "Réunion - Bilan économique 2016 - La croissance s'installe." *Insee conjoncture* N°3.
- Isaacson, M. 1989. "Airport malaria: a review." *Bull World Health Organ* 67 (6):737-43.
- Jenkin, G. A., S. A. Ritchie, J. N. Hanna, and G. V. Brown. 1997. "Airport malaria in Cairns." *Med J Aust* 166 (6):307-8.
- Karsh, S. 2000. "Enquête entomologique sur les moustiques importés par les aéronefs à l'aéroport de Roissy-France." *Rapport d'une mission pour l'OMS de juillet à septembre*.
- Lambrechts, Louis, Tessa B Knox, Jacklyn Wong, Kelly A Liebman, Rebecca G Albright, and Steven T Stoddard. 2009. "Shifting priorities in vector biology to improve control of vector-borne disease." *Tropical Medicine & International Health* 14 (12):1505-1514.
- Larrieu, Sophie, Alain Michault, Dominique Polycarpe, François Schooneman, Eric D'Ortenzio, and Laurent Filleul. 2013. "Dengue outbreaks: a constant risk for Reunion Island. Results from a seroprevalence study among blood donors." *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 108 (1):57-59.
- Lounibos, L. P. 2002. "Invasions by insect vectors of human disease." *Annu Rev Entomol* 47:233-66. doi: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145206.
- Messina, Jane P, Oliver J Brady, Thomas W Scott, Chenting Zou, David M Pigott, Kirsten A Duda, Samir Bhatt, Leah Katzelnick, Rosalind E Howes, and Katherine E Battle. 2014. "Global spread of dengue virus types: mapping the 70 year history." *Trends in microbiology* 22 (3):138-146.
- Mier-y-Teran-Romero, L., AJ. Tatem, and MA. Johansson. 2017. "Mosquitoes on a plane: Disinsection will not stop the spread of vector-borne pathogens, a simulation study." *PLoS neglected tropical diseases* 11 (7):e0005683.
- Mouchet, J. 2000. "Airport malaria : a rare disease still poorly understood." *Euro Surveill* 5 (7):75-76.
- Moutailler, Sara, Helene Barre, Marie Vazeille, and Anna-Bella Failloux. 2009. "Recently introduced *Aedes albopictus* in Corsica is competent to Chikungunya virus and in a lesser extent to dengue virus." *Tropical Medicine & International Health* 14 (9):1105-1109.

- Nguyen, Nguyet Minh, Duong Thi Hue Kien, Trung Vu Tuan, Nguyen Than Ha Quyen, Chau N. B. Tran, Long Vo Thi, Dui Le Thi, Hoa Lan Nguyen, Jeremy J. Farrar, Edward C. Holmes, Maia A. Rabaa, Juliet E. Bryant, Truong Thanh Nguyen, Huong Thi Cam Nguyen, Lan Thi Hong Nguyen, Mai Phuong Pham, Hung The Nguyen, Tai Thi Hue Luong, Bridget Wills, Chau Van Vinh Nguyen, Marcel Wolbers, and Cameron P. Simmons. 2013. "Host and viral features of human dengue cases shape the population of infected and infectious *Aedes aegypti* mosquitoes." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (22):9072.
- Paupy, Christophe, Romain Girod, Maximin Salvan, François Rodhain, and Anna-Bella Failloux. 2001. "Population structure of *Aedes albopictus* from La Reunion Island (Indian Ocean) with respect to susceptibility to a dengue virus." *Heredity* 87 (3):273-283.
- Reiter, PAUL. 1998. "Aedes albopictus and the world trade in used tires, 1988-1995: the shape of things to come?" *Journal of the American Mosquito Control Association* 14 (1):83-94.
- Scholte, Ernst-Jan, Marieta Braks, and Francis Schaffner. 2010. "Aircraft-mediated transport of *Culex quinquefasciatus*: a case report." *European Mosquito Bulletin* 28:208-212.
- Scholte, Ernst-Jan, Adolfo Ibáñez-Justicia, Arjan Stroo, Johan De Zeeuw, Wietse den Hartog, and Chantal BEM Reusken. 2014. "Mosquito collections on incoming intercontinental flights at Schiphol International airport, the Netherlands, 2010-2011." *J. Eur. Mosq. Control Assoc.* 32:17-21.
- Sukehiro, N., N. Kida, M. Umezawa, T. Murakami, N. Arai, T. Jinnai, S. Inagaki, H. Tsuchiya, H. Maruyama, and Y. Tsuda. 2013. "First report on invasion of yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*, at Narita International Airport, Japan in August 2012." *Jpn J Infect Dis* 66 (3):189-94.
- Tatem, Andrew J, Simon I Hay, and David J Rogers. 2006a. "Global traffic and disease vector dispersal." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (16):6242-6247.
- Tatem, Andrew J., Simon I. Hay, and David J. Rogers. 2006b. "Global traffic and disease vector dispersal." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (16):6242.
- Tatem, Andrew J., David J. Rogers, and Simon I. Hay. 2006. "Estimating the malaria risk of African mosquito movement by air travel." *Malaria Journal* 5:57-57. doi: 10.1186/1475-2875-5-57.
- van der Weijden, Wouter J, René AL Marcelis, and Wilfred Reinhold. 2007. "24. Invasions of vector-borne diseases driven by transportation and climate change." *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*:439.
- Whelan, Peter, Huy Nguyen, Krispin Hajkovicz, Josh Davis, David Smith, Alyssa Pyke, Vicki Krause, and Peter Markey. 2012. "Evidence in Australia for a Case of Airport Dengue." *PLOS Neglected Tropical Diseases* 6 (9):e1619. doi: 10.1371/journal.pntd.0001619.
- WHO. 2012. "Guidelines for testing the efficacy of insecticide products used in aircraft."
- Wilder-Smith, A., and D. J. Gubler. 2008. "Geographic expansion of dengue: the impact of international travel." *Med Clin North Am* 92 (6):1377-90, x. doi: 10.1016/j.mcna.2008.07.002.

### Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

### Législation et réglementation

Règlement sanitaire international (RSI) adopté par la cinquante-huitième assemblée mondiale de la santé de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) le 23 mai 2005.

Décret n° 2013-30 relatif à la mise en œuvre du Règlement sanitaire international publié le 9 janvier 2013 et codifié dans ses articles R. 3115-1 et suivants du Code de la Santé Publique.

Décret n° 2017-471 du 3 avril 2017 relatif à la mise en œuvre du Règlement sanitaire international.

Arrêté du 29 novembre 2016 relatif aux zones en provenance desquelles les moyens de transport sont désinsectisés publié au JORF n°0005 du 6 janvier 2017 : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/11/29/AFSP1620639A/jo/texte>

Circulaire interministérielle n° 2014-249 du 18 août 2014 relative à la mise en œuvre du décret n°2013-30 du 9 janvier 2013 relatif à la mise en œuvre du Règlement Sanitaire International.

## **ANNEXE 1**

### **Présentation des intervenants**

**PRÉAMBULE** : Les experts sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

#### **GROUPE D'EXPERTISE COLLECTIVE EN URGENCE**

---

Dominique BICOUT, personne compétente dans le vivier d'experts de l'Anses – Chercheur (Université Grenoble Alpes / TIMC-CNRS, VetAgro Sup, Grenoble) - Compétences : biomathématiques, modélisation en épidémiologie

James DEVILLERS, membre du GT « vecteurs » et du CES « biocides » - Directeur du Centre de Traitement de l'Information Scientifique (CTIS) - Compétences : Biocides, écotoxicologie, modélisation

Anna-Bella FAILLOUX, personne compétente dans le vivier d'experts de l'Anses - Directrice de Recherche du département de virologie de l'Institut Pasteur (Paris) - Compétences : entomologie médicale, transmission des arbovirus (dengue notamment)

Christophe PAUPY, membre du GT « vecteurs » - Directeur de Recherche à l'Institut de Recherche et du Développement (IRD) - Compétences : entomologie, arboviroses, caractérisation des vecteurs, lutte anti-vectorielle (LAV), connaissances du contexte de l'Océan indien et de La Réunion notamment

Philippe QUENEL, président du GT « vecteurs », Professeur, Directeur du Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé (LERES) à l'École des Hautes Etudes de Santé Publique (EHESP) - Compétences : santé publique (médecine), épidémiologiste (des maladies vectorielles notamment), bio-statistique

David ROIZ PEREDA, membre du GT « vecteurs », Chargé de recherche à l'IRD - Compétences : entomologie médicale, écologie des arboviroses, écologie et biologie des moustiques, évaluation de l'efficacité des stratégies de LAV

Frédéric SIMARD, vice-président du GT « vecteurs », Directeur de recherche à l'IRD, Directeur de l'UMR « Maladies Infectieuses et Vecteurs : Écologie, Génétique, Évolution et Contrôle » (MIVEGEC) - Compétences : entomologie, arbovirose, écologie des moustiques, LAV

#### **PARTICIPATION ANSES**

---

##### **Coordination et contribution scientifique**

Johanna FITE – Préfiguratrice de la mission « vecteurs » - Anses

##### **Secrétariat administratif**

Régis MOLINET – Anses

**AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES**

**Tableau 6 : Liste des personnes auditionnées et sollicitées par écrit**

Nom	Fonction	date
Olivier REILHES	Directeur Adjoint de la Veille et Sécurité Sanitaire, ARS Océan indien	Auditionné le 22 mai 2018
Nathalie DOMBILDES	Adjointe à la directrice de cabinet, Direction générale de l'aviation civile (DGAC)	Réponse écrite le 23 mai 2018
Christophe LAGNEAU	Directeur Recherche et Développement, EID Méditerranée	Auditionnés le 24 mai 2018
Charles JEANNIN	Chargé de la mise en application du RSI dans les départements, EID Méditerranée	
Pierre GUILLET	Consultant (anciennement IRD et OMS)	
Harold NOEL Marie-Claire PATY	Santé Publique France, Département des maladies infectieuses (DMI)	Auditionnés le 25 mai 2018
Luce MENUQUIER	Coordonnatrice de la Cire Océan indien	Auditionné le 25 mai 2018
Jean-Sébastien DEHECQ	Lutte anti-vectorielle / ARS Océan indien – entomologiste médical	
Florence LABBE	Responsable du Contrôle sanitaire aux frontières, Délégation départementale du Val-de-Marne, Agence régionale de santé (ARS)	Réponse écrite le 30 mai 2018