

Santé environnement

Epidémies de piqûres de moustique à Nantes, 1995-2010

Influence des facteurs météorologiques

Sommaire

Abréviations	2
1. Contexte et objectifs de l'étude	3
1.1 Contexte	3
1.2 Description des moustiques <i>Aedes caspius</i>	3
1.3 Objectifs	5
2. Méthodes	5
2.1 Sources de données	5
2.2 Période d'étude	7
2.3 Détermination des "épidémies de piqûres"	7
2.4 Analyse des données	8
3. Résultats	9
3.1 Description des épidémies de piqûres	9
3.2 Description des conditions météorologiques et des marées	12
3.3 Etude des facteurs favorisant les éclosions des œufs d' <i>Aedes halophiles</i>	12
3.4 Etude des facteurs favorisant les épidémies de piqûres	14
4. Discussion	16
4.1 Interprétation des principaux résultats	16
4.2 Limites de l'étude	17
5. Conclusion	17
Références bibliographiques	19
Annexes	20

Epidémies de piqûres de moustique à Nantes, 1995-2010

Influence des facteurs météorologiques

Rédaction

Noémie Fortin, Bruno Hubert, Institut de veille sanitaire (InVS), Cire Pays de la Loire

Relecteur

Franck Golliot, InVS, Cire Languedoc-Roussillon

Ayant contribué à l'étude

Patrick Guérin, association SOS Médecins de Nantes

Sébastien Chouin, Laurence Thibaud, Etablissement public interdépartemental pour la démoustication (EID) du littoral Atlantique

Yves Le Lann, Météo France de Nantes

Remerciements pour leur participation à cette étude

Bénédicte Albade, Cire Aquitaine

Marlène Faisant, Cire Ouest

Delphine Barataud, Nicole Robreau, Cire Pays de la Loire

Abréviations

ARS	Agence régionale de santé
CDC	Centers for Disease Control
CNEV	Centre national d'expertise sur les vecteurs
EARS	Early Aberration Reporting System
EID	Etablissement public interdépartemental pour la démoustication
IC	Intervalle de confiance
InVS	Institut de veille sanitaire
OR	Odds ratio
RR	Risque relatif
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
SurSaUD®	Surveillance sanitaire des urgences et des décès
TA	Taux d'attaque

1. Contexte et objectifs de l'étude

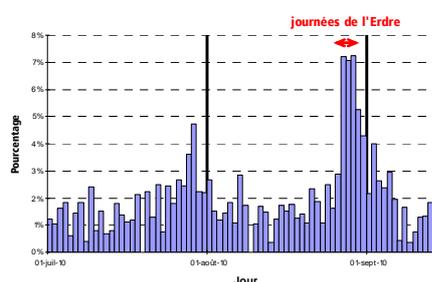
1.1 Contexte

Fin août 2010, une circulation accrue de moustiques a été rapportée dans l'agglomération nantaise par la population générale, notamment lors du festival de jazz "Les rendez-vous de l'Erdre" du 27 au 29 août (annexe 1). La Cire Pays de la Loire a été sollicitée par l'Agence régionale de santé (ARS) et la préfecture de Loire-Atlantique pour décrire cet épisode et le risque de transmission vectoriel.

L'activité de l'association SOS Médecins Nantes a présenté une augmentation importante des visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte fin août-début septembre 2010, contrairement à l'association SOS Médecins Saint-Nazaire [1] (figure 1). D'importantes réactions cutanées et inflammatoires avaient été observées par les médecins de Nantes chez ces patients. Selon l'Etablissement public interdépartemental pour la démoustication (EID) du littoral Atlantique, l'espèce incriminée était probablement *Aedes caspius*. Des épisodes similaires avaient été rapportés au cours des années précédentes et étaient attribués à des déplacements de cette espèce de moustique halophile en provenance de l'estuaire de la Loire où sont pondus les œufs.

Figure 1

Répartition quotidienne de la proportion des visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte par rapport au nombre total de visites, Agglomération nantaise, SOS Médecins, 1^{er} juillet au 15 septembre 2010



Source : SOS Médecins Nantes, Sursaud®/InVS

1.2 Description des moustiques *Aedes caspius*

1.2.1 Cycle de vie

Photo 1

Aedes caspius



Le cycle de vie d'un moustique comporte quatre phases successives (annexe 2) : l'éclosion des œufs, la phase aquatique comprenant quatre stades larvaires et un stade nymphal, la phase d'émergence (passage du milieu aquatique au milieu aérien) et le stade imaginal [2]. La dynamique saisonnière d'*Ae. caspius* se caractérise par une présence des adultes de mars à novembre et par un passage de l'hiver à l'état d'œuf (diapause) [2,3]. L'émergence des moustiques est liée aux caractéristiques météorologiques saisonnières [2].

1.2.2 Gîtes larvaires (lieux de ponte)

Pour les *Ae. caspius* (moustiques de marais salés halophiles), les œufs sont pondus dans les marais asséchés en attente d'une remise en eau. L'eau du gîte larvaire de cette espèce est généralement saumâtre mais peut être exceptionnellement douce ou fortement chargée en sel [2]. La femelle choisit le meilleur site de ponte disponible en fonction principalement de l'humidité du sol mais aussi en fonction de sa texture et de la présence d'oxydes ferriques. Tous ces paramètres sont traduits par la végétation, c'est pourquoi elle constitue un très bon indicateur de la présence des œufs de cette espèce [2]. La densité de ponte pour *Ae. caspius* peut atteindre 500 œufs/dm² [4].

1.2.3 Facteurs d'éclosion des œufs

Remise en eau

Le facteur principal d'éclosion des œufs de moustique halophile est la remise en eau des gîtes, par les pluies, les grandes marées ou par les irrigations [4]. L'éclosion se fait immédiatement en cas de submersion, excepté lors des phénomènes de quiescence ou de diapause où plusieurs cycles de submersion-assèchement peuvent être nécessaires pour induire l'éclosion [2]. Au cours de sa vie, *Ae. caspius* peut ainsi engendrer plusieurs générations par an en fonction des remises en eau [4]. En l'absence de mise en eau, les œufs sont viables plusieurs années en résistant au froid et à la sécheresse [3,4].

Vent

Selon l'EID Atlantique, un vent d'ouest moyen ou fort ou une surcote induite par une dépression pourraient favoriser la montée des eaux dans les prairies et les marais le long de l'estuaire de la Loire. Ainsi des débordements de marées pourraient survenir pour des marées avec des coefficients moyens.

Température

La température est également un facteur d'éclosion [2]. Pour *Ae. caspius*, la diapause est hivernale, c'est-à-dire que pendant l'hiver, où les températures sont trop froides pour assurer le développement larvaire, s'il y a submersion, les œufs n'éclosent pas. Les facteurs de levée de diapause sont l'augmentation de la température et le rallongement de la durée du jour [2].

1.2.4 Développement des larves

Le développement des larves après éclosion des œufs est aquatique. La durée de cette phase est d'autant plus courte que la température de l'eau est élevée : de 3 mois en hiver à 5 jours en été [3,4].

1.2.5 Déplacement et survie des moustiques

Les *Ae. caspius* ont une forte mobilité : ils peuvent se déplacer de plusieurs dizaines de kilomètres pour trouver leur "repas sanguin" (de 15 à 20 et parfois 40 kilomètres en quelques jours) [3,4]. Les facteurs favorisant le déplacement des moustiques sont la direction et la force du vent ainsi que l'âge du moustique [5]. Les moustiques se propagent dans des zones humides situées à proximité d'agglomérations et à l'intérieur des terres en suivant préférentiellement la répartition des gîtes de repos (zones boisées, cultures à fort couvert végétal, etc.) [3]. Dans le cadre de cette étude, un vent d'ouest dominant pourrait favoriser le déplacement des moustiques halophiles de l'estuaire de la Loire vers l'agglomération nantaise. Cependant, un vent trop fort pourrait aussi provoquer une dispersion des moustiques [5]. Les moustiques femelles *Ae. caspius* vivent environ deux mois [6].

1.2.6 Conséquences des piqûres des *Aedes caspius*

Les piqûres

Après l'accouplement, la femelle se met en recherche d'un "hôte" pour un "repas sanguin" qui lui procure les ressources énergétiques nécessaires à la maturation de ses œufs dans un délai de 10 jours. Les *Ae. caspius* sont très agressifs surtout à l'aube et au crépuscule sur tous les vertébrés à sang chaud, mais fortement anthropophiles [4]. La température extérieure idéale pour les piqûres de moustique se situe entre 15 et 30°C, en hygrométrie élevée (en pratique, surtout l'été et par temps orageux) [7]. *Ae. caspius* génère une forte nuisance, parfois plus de 300 piqûres en 15 minutes mesurées dans des secteurs non démoustiqués, qui peut avoir des conséquences économiques importantes [2]. En deux-trois minutes, le moustique prélève un petit échantillon sanguin en injectant simultanément un fluide salivaire : la salive contient différents agents (vasodilatateur, anti-coagulants, etc.) facilitant la "prise de sang" [7,8]. Le moustique est principalement attiré par l'acide lactique présent dans la sueur, et son vol est orienté par le dioxyde de carbone que nous expirons [7].

Réactions inflammatoires

En temps normal, la réaction liée à la piqûre de moustique est localisée et d'ordre histaminique. Un prurit est immédiatement ressenti, s'accompagnant d'une papule et d'un érythème. La papule est habituellement de taille modérée et disparaît en quelques heures [7]. Des réactions d'hypersensibilité immédiates (de type "réaction locale étendue" avec une papule qui peut atteindre 3 à 12 cm et qui peut persister plus de 24 heures) sont décrites chez des patients sensibilisés [7,8].

Dix espèces des genres *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* et *Mansonia* sont particulièrement agressives vis-à-vis de l'homme. Trois de ces espèces prédominent : *Ae. caspius*, *Ae. detritus* et *Culex pipiens molestus* [9]. De fortes réactions cutanées peuvent être observées suite à une piqûre de ces trois espèces [9].

Rôle vectoriel

Les moustiques sont les principaux insectes transmettant les maladies à transmission vectorielle (dengue, chikungunya, West Nile, etc.). Plus de 80 % des moustiques inventoriés sur le territoire d'intervention de l'EID Atlantique présentent des compétences vectorielles connues pour l'homme notamment les *Ae. caspius* pour le virus du West Nile [6]. En Camargue, *Ae. caspius* est également le principal vecteur du virus du Tahyna et il pourrait être considéré comme un vecteur potentiel de la fièvre de la vallée du Rift et du chikungunya en France car les *Ae. caspius* de Camargue ont montré être sensibles à l'infection de ces virus [10].

Outre son potentiel vectoriel dans la transmission de certaines maladies, cette espèce est surtout connue pour son caractère nuisant. Cette nuisance s'exprime toujours brutalement, essentiellement à l'aube et au crépuscule, et à l'extérieur des habitations [3]. A titre d'exemple, en septembre 2005 en Camargue, la nuisance des *Ae. caspius* était tellement importante que les écoles ont été fermées et les matchs de football annulés (250 000 moustiques capturés en une nuit) [10].

1.3 Objectifs

Dans la mesure où cet épisode a eu un impact significatif sur l'activité de SOS Médecins Nantes, la Cire a réalisé une étude rétrospective en collaboration avec SOS Médecins Nantes, l'EID Atlantique et Météo France afin :

- 1) de connaître la fréquence et les caractéristiques des phénomènes épidémiques observés à travers l'expérience de SOS Médecins Nantes ;
- 2) d'identifier les facteurs météorologiques favorisant tout d'abord, les éclosions des œufs d'*Aedes* halophiles le long de l'estuaire de la Loire, puis les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise.

2. Méthodes

2.1 Sources de données

2.1.1 Données SOS Médecins Nantes sur les diagnostics de piqûres d'insecte

L'association SOS Médecins Nantes (carte en annexe 3) a transmis à la Cire le nombre quotidien de visites de médecins avec un diagnostic de piqûres d'insecte du 1^{er} janvier 1992 au 31 août 2010 ainsi que le nombre total de visites quotidiennes. Les données de septembre à décembre 2010 ont été recueillies *via* l'application SurSaUD® de l'Institut de veille sanitaire (InVS), de même que les données avec un diagnostic autre que piqûres d'insecte pour les saisons estivales de 2009 et 2010.

Les diagnostics n'étaient pas spécifiques des piqûres de moustique. En effet, elles pouvaient correspondre à des diagnostics de piqûres de tout type d'insecte y compris des hyménoptères, rares en milieu urbain.

Des informations sur les caractéristiques des patients (âge et sexe) étaient disponibles d'avril 2008 à décembre 2010. Concernant l'heure d'appel des patients à l'association SOS Médecins, cette information était disponible de 2000 à 2010, excepté en 2008.

2.1.2 Données d'éclosion des œufs d'*Aedes* halophiles relevées par l'EID Atlantique

Les dates d'éclosion des œufs d'*Aedes* halophiles dans l'estuaire de la Loire depuis 1995 ont été relevées par les agents de l'EID Atlantique sur le terrain, entre Saint-Brévin-les-Pins (situé au Sud Loire de Saint-Nazaire) et Frossay (communes inscrites à l'arrêté préfectoral annuel, situées à 45 kilomètres de Nantes) (carte et photo en annexe 3).

2.1.3 Données météorologiques de la station Nantes-Bouguenais

En Loire-Atlantique, deux stations météorologiques mesurent le vent, les précipitations et la température depuis 1992. La station de l'aéroport de Nantes-Bouguenais a été retenue car elle était située dans l'agglomération nantaise. Les données quotidiennes suivantes ont été transmises par Météo France à la Cire du 1^{er} janvier 1992 au 31 octobre 2010 : température moyenne, température minimum, température maximum, précipitations en millimètre, vent moyen maximum (force et provenance) et moyenne arithmétique de la force du vent. La provenance du vent moyen maximum est la provenance qu'avait le vent à l'instant où il a soufflé le plus fort.

Pour l'analyse de ces données, des classes ont été déterminées en lien avec Météo France (tableau 1). En période estivale, les vents forts (> 8m/s) sont très rares dans l'agglomération nantaise.

I Tableau 1 I

Définition des classes pour la force et la provenance du vent en période estivale, station Nantes-Bouguenais

Variable	Libellé
Force du vent en m/s	
<4,5	Vent calme
≥4,5	Vent moyen
Provenance du vent (rose des vents 360°)	
[225°;315°[Vent ouest
[315°;360°] et [0°;45°[Vent nord
[45°;135°[Vent est
[135°;225°[Vent sud

Source : Météo France

Des seuils ont également été définis pour les précipitations et les températures observées en période estivale, en lien avec Météo France :

- un seuil de 20°C pour la température quotidienne moyenne ;
- un seuil de 20 millimètres par jour pour les précipitations.

2.1.4 Données de coefficients de marées du port de Saint-Nazaire

Les coefficients quotidiens moyens de marées du port de Saint-Nazaire ont été recueillis à partir du site du Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) depuis 1992. Pour l'analyse de ces données, trois classes ont été déterminées (tableau 2).

I Tableau 2 I

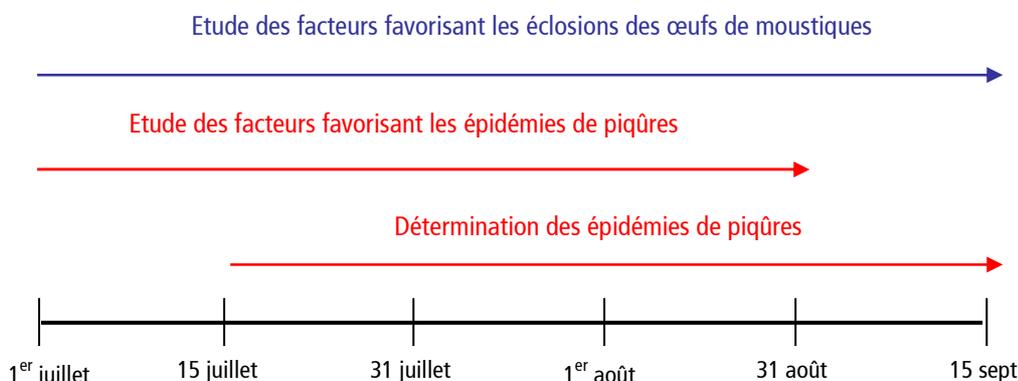
Définition des classes pour les coefficients quotidiens moyens de marées en période estivale, port de Saint-Nazaire

Coefficient quotidien moyen de marées	Libellé
<90	Marée faible
90-100	Marée moyenne
≥100	Grande marée

Source : SHOM

2.2 Période d'étude

Les relevés d'éclosions des œufs de moustiques halophiles étant disponibles depuis 1995, la période d'étude correspondait aux périodes estivales (1^{er} juillet au 15 septembre) de 1995 à 2010. Un délai de plusieurs jours étant observé entre l'éclosion des œufs et les piqûres de moustique [2,3], les épidémies de piqûres ont été déterminées sur la période du 15 juillet au 15 septembre de 1995 à 2010 et les facteurs favorisant ces épidémies sur la période du 1^{er} juillet au 31 août (schéma ci-dessous).



2.3 Détermination des "épidémies de piqûres"

Dans le cadre de cette étude, la méthode choisie devait être sensible aux faibles variations et détecter au plus tôt un événement démarrant rapidement et de durée relativement courte. Ainsi, l'analyse a porté sur des données quotidiennes et non hebdomadaires. De plus, l'activité de SOS Médecins étant en augmentation sur la période d'étude de 16 ans, la proportion des visites pour piqûres d'insecte par rapport au nombre total de visites a été utilisée pour lisser cette augmentation d'activité et en même temps les activités spécifiques des week-ends.

Trois méthodes statistiques ont été testées pour déterminer les "épidémies de piqûres" à partir des données SOS Médecins : Serfling, Cusum et les chaînes de Markov. La méthode de Serfling et les chaînes de Markov étaient inadaptées pour cette étude car elles ne permettaient pas de stationnariser correctement la série. La méthode choisie a donc été la méthode de Cusum.

2.3.1 Méthode Cusum

Les cartes Cusum classiques

La méthode Cusum teste un changement graduel de faible ou moyenne amplitude dans une série d'observations. Le principe consiste à sommer les écarts entre les observations et la valeur attendue sur une période donnée et de générer une alerte statistique si cette somme dépasse une valeur seuil [11,12]. Cette méthode a un historique extrêmement court ; en effet, une période de référence de 7 jours est utilisée.

Dans le cadre de cette étude, une statistique a été calculée uniquement pour la détection d'une augmentation "inhabituelle" S_{t_H} , puisqu'une diminution anormale ne devait pas conduire à une alerte :

$S_{t_H} = \max [0 ; S_{t-1} + ((X_t - \mu_0) / \sigma_0) - k]$ où X_t représente la valeur observée au temps t ; μ_0 , la valeur attendue de la moyenne ; σ_0 , la valeur attendue de l'écart-type ; k , l'écart que l'on désire mettre en évidence entre la valeur observée et la valeur attendue ; S_{t-1} , la statistique Cusum au temps $t-1$ et où on pose au départ $S_{0_H} = 0$.

Les cartes de contrôle Cusum sont définies par deux paramètres : h et k . Une alerte est déclenchée dès que $S_{t_H} > h$.

Variantes de la méthode Cusum

Les travaux de Hutwagner [13] proposent d'appliquer la méthode Cusum en changeant les périodes de référence. La période de référence reste toujours de 7 jours mais sur une fenêtre glissante. Ainsi toutes les variations journalières sont prises en compte. Cette méthode permet trois niveaux de sensibilité: C1-MILD, C2-MEDIUM et C3-ULTRA ; la méthode C1-MILD est la moins sensible et la méthode C3-ULTRA la plus sensible [13,14] (annexe 4).

Dans le cadre de cette étude, la méthode C2-MEDIUM a été choisie avec les paramètres $k=1$ et un seuil de détection ($S_{t>h}$) égal à 2, utilisés notamment dans une étude américaine [15]. Dans la méthode C2-MEDIUM, la période de référence est constituée par les sept jours compris entre le neuvième et le troisième jour avant le jour de l'observation.

2.3.2 Définition

Une période d'épidémie de piqûres a été définie :

- par un dépassement du seuil, déterminé par la méthode Cusum (C2-MEDIUM), pendant deux jours consécutifs (au minimum), observé entre le 15 juillet et le 15 septembre de 1995 à 2010 ;
- par un début d'épidémie commençant le premier jour des deux jours consécutifs (au minimum) de dépassement de seuil.

2.4 Analyse des données

La mesure de l'association entre la survenue des éclosions des œufs et les facteurs météorologiques (coefficient de marée, précipitations, température, force et provenance du vent) a été exprimée par un risque relatif (RR), son intervalle de confiance à 95 % (IC95 %) et un test de Chi2 ou de Fisher (p) en analyse univariée.

L'intensité de l'épidémie est liée à la densité de moustiques qui dépend de l'intensité des inondations des gîtes larvaires [10]. Ainsi, la sensibilité, la spécificité et l'indice de Youden ont été calculés pour les coefficients de marées ≥ 100 afin d'identifier un seuil prédictif de coefficient de marée sur le risque d'épidémies de piqûres par *Ae. caspius* dans l'agglomération nantaise :

- la sensibilité mesure la probabilité d'observer une épidémie après une grande marée dépassant un seuil déterminé ;
- la spécificité mesure la probabilité de ne pas observer une épidémie après une grande marée inférieure au seuil déterminé ;
- l'indice de Youden permet d'optimiser la détermination de ce seuil (sensibilité + spécificité - 1) ; il doit être le plus proche de 1.

Le développement aquatique des larves avant l'envol du moustique est d'environ une semaine en été [3]. Ainsi, l'analyse univariée des facteurs météorologiques (température, force et provenance du vent) favorisant les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise a porté sur les J8 à J15 jours suivant le début des éclosions sur la période du 1^{er} juillet au 31 août de 1995 à 2010. La mesure de cette association a été exprimée par un odds ratio (OR), un intervalle de confiance à 95 % (IC95 %) et un test de Chi2 ou de Fisher (p).

Les logiciels Stata9.0[®] et Microsoft office 2003 Excel[®] ont été utilisés pour l'analyse des données.

3. Résultats

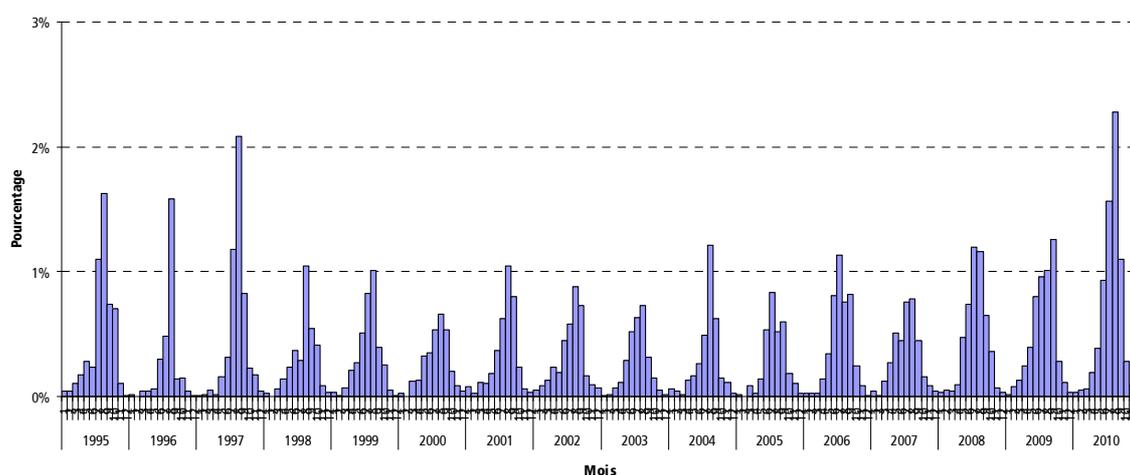
3.1 Description des épidémies de piqûres

3.1.1 Saisonnalité des visites de SOS Médecins Nantes avec un diagnostic de piqûres d'insecte

La proportion des visites de médecins avec un diagnostic de piqûres d'insecte par rapport au nombre total de visites de l'association SOS Médecins Nantes présentait une saisonnalité marquée avec des pics variables selon les années : en août de 1995 à 2004, en juillet de 2005 à 2006 et en 2008, en septembre en 2009 et en août en 2007 et 2010 (figure 2). L'année 2010 a été l'année où le nombre de visites de médecins a été le plus important (99 visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte entre le 27 et le 31 août 2010).

Figure 2 |

Répartition mensuelle de la proportion des visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte par rapport au nombre total de visites, agglomération nantaise, SOS Médecins, 1995 à 2010



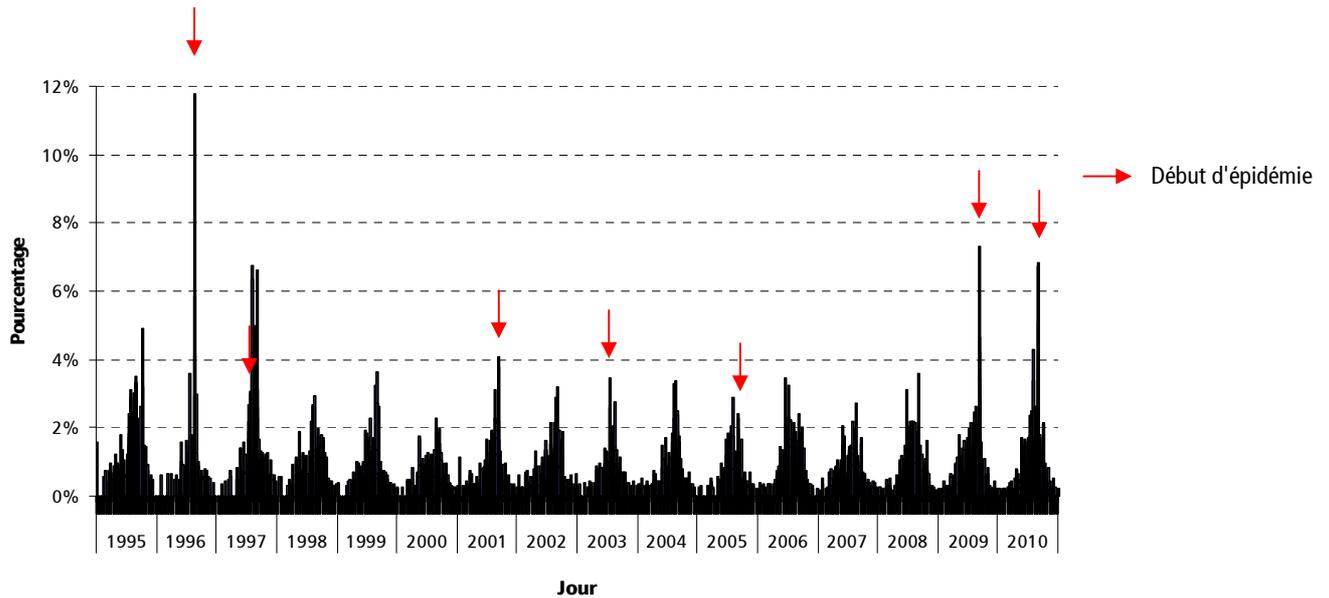
Source : SOS Médecins Nantes

3.1.2 Détermination des périodes épidémiques de piqûres

Sept périodes d'épidémies de piqûres réparties en 7 années ont été identifiées entre le 15 juillet et le 15 septembre en 1996, 1997, 2001, 2003, 2005, 2009 et 2010 (figures 3-4 et tableau 3).

I Figure 3 I

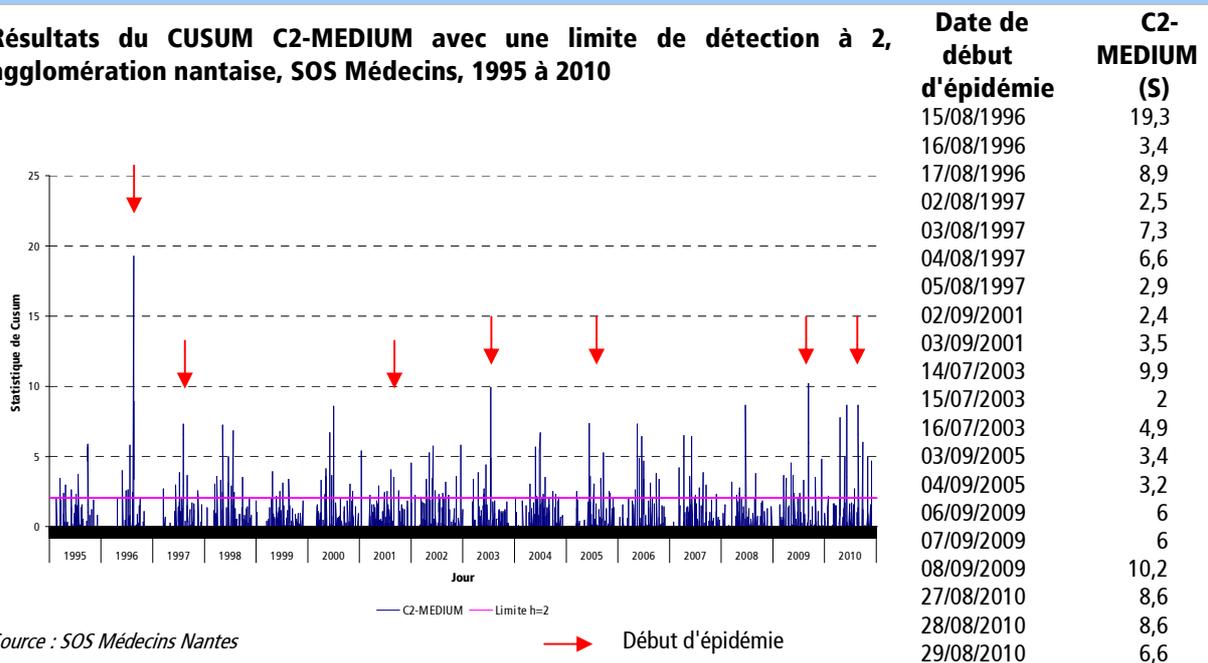
Répartition quotidienne de la proportion des visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte par rapport au nombre total de visites, agglomération nantaise, SOS Médecins, 1995 à 2010



Source : SOS Médecins Nantes

I Figure 4 et Tableau 3 I

Résultats du CUSUM C2-MEDIUM avec une limite de détection à 2, agglomération nantaise, SOS Médecins, 1995 à 2010



Source : SOS Médecins Nantes

La durée des épidémies de piqûres variait de 2 à 4 jours et chaque épidémie a été précédée d'une période d'éclosion des œufs avec un délai moyen de 15 jours [min : 13 jours ; max : 18 jours], excepté pour le 14 juillet 2003 où aucune éclosion n'a été relevée au cours du mois précédent sur les secteurs d'intervention de l'EID Atlantique (tableau 4).

I Tableau 4 I

Durée des épidémies de piqûres et délai observé en jours entre le début des éclosions des œufs et le début des épidémies, SOS Médecins Nantes et EID Atlantique, 15 juillet au 15 septembre de 1995 à 2010

Date de début d'épidémie	Durée de l'épidémie (en jours)	Date de début d'éclosion	Délai entre l'éclosion et l'épidémie (en jours)
15/08/1996	3	01/08/1996	14
02/08/1997	4	20/07/1997	13
02/09/2001	2	19/08/2001	14
14/07/2003	3	-	-
03/09/2005	2	18/08/2005	16
06/09/2009	3	19/08/2009	18
27/08/2010	3	10/08/2010	17

Sources : SOS Médecins Nantes et EID Atlantique

3.1.3 Caractéristiques des patients

La proportion de femmes a été significativement plus importante pour les visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte que pour les visites avec un autre diagnostic ($p < 0,05$) ainsi que la proportion d'enfants âgés de moins de 10 ans ($p < 0,001$) (tableau 5).

I Tableau 5 I

Caractéristiques des patients selon le diagnostic posé par le médecin, agglomération nantaise, SOS Médecins, 15 juillet au 15 septembre de 2009 à 2010

	Visite avec un diagnostic de piqûres d'insecte (n=563)	Visite avec un diagnostic autre que piqûres d'insecte (n=35 114)	p
Proportion de femmes	60 %	55 %	<0,05
Classe d'âge			
0-4 ans	25 %	15 %	<0,001
5-9 ans	18 %	6 %	<0,001
10-34 ans	32 %	31 %	0,7
≥35 ans	23 %	47 %	<0,001

Source : SOS Médecins Nantes, Sursaud®/InVS

Concernant la répartition par âge des visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte, une différence significative a été observée entre les périodes épidémiques et non épidémiques de piqûres : la proportion des enfants âgés de 5 à 9 ans a été plus importante en période épidémique qu'en période non épidémique ($p < 0,001$) tandis que celle des enfants âgés de moins de 5 ans a été moins importante ($p < 0,001$) (tableau 6).

I Tableau 6 I

Caractéristiques des patients avec un diagnostic de piqûres d'insecte selon les périodes épidémiques, agglomération nantaise, SOS Médecins, 15 juillet au 15 septembre de 2008 à 2010

	Période épidémique (n= 128)	Période non épidémique (n=695)	p
Proportion de femmes	65 %	58 %	0,1
Classe d'âge			
0-4 ans	12 %	29 %	<0,001
5-9 ans	27 %	14 %	<0,001
10-34 ans	37 %	30 %	0,08
≥35 ans	23 %	27 %	0,4

Source : SOS Médecins Nantes

Les visites avec un diagnostic de piqûres d'insecte ont été significativement plus importantes entre 17 heures et 20 heures par rapport aux visites avec un autre diagnostic (respectivement 33 % *versus* 23 %, $p < 0,001$).

3.2 Description des conditions météorologiques et des marées

Sur la période d'étude du 1^{er} juillet au 15 septembre de 1995 à 2010 (n=1 232 jours), la température moyenne quotidienne a été de 19°C avec des variations comprises entre 12°C et 31°C (pic observé pendant la canicule de 2003). Le nombre de jours avec des fortes précipitations (≥ 20 mm) a été très faible (18 jours soit 1,5 %) et les vents provenaient principalement d'ouest (60 %) (figures 5 à 7 en annexe 5).

Sur cette période d'étude (n=1 232 jours), 33 périodes de grandes marées avec des coefficients ≥ 100 ont été recensées (ce qui représentait 8 % des jours de la période d'étude). La moitié des marées avec des coefficients ≥ 100 (55 %) ont eu lieu en août (figure 8 en annexe 5).

3.3 Etude des facteurs favorisant les éclosions des œufs d'*Aedes* halophiles

Du 1^{er} juillet au 15 septembre des 16 années d'étude, 36 périodes d'éclosion des œufs d'*Aedes* halophiles (9 en juillet, 19 en août et 8 en septembre) ont été observées par l'EID Atlantique, soit un total de 124 jours d'éclosion. L'analyse univariée des facteurs favorisant ces éclosions a été détaillée dans le tableau 7. Seule la présence d'une grande marée était significativement associée à la survenue des éclosions ($p < 0,001$).

I Tableau 7 I

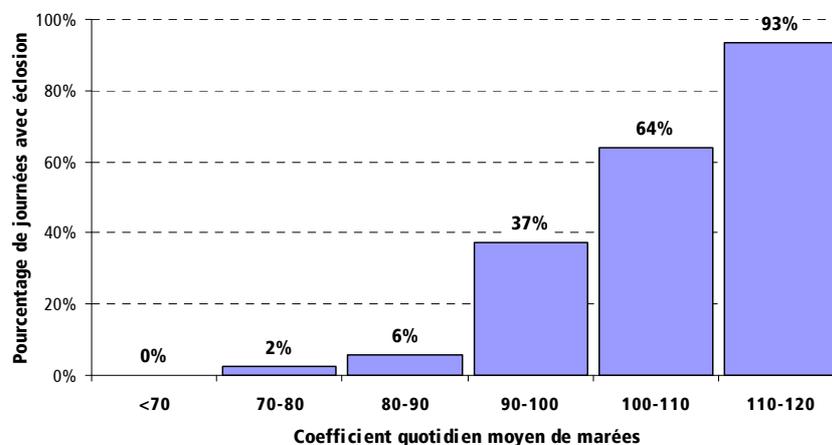
Facteurs d'éclosion des œufs d'*Aedes halophiles* – analyse univariée, 1^{er} juillet au 15 septembre de 1995 à 2010

Facteurs de risque	Nombre total de jours (n=1 232)	Nombre de jours avec éclosion (n=124)	TA %	RR	IC 95 %	p
Coefficient quotidien moyen de marées						
<90	1 024	17	2 %	1 (ref)		
90-100	113	42	37 %	22,4	[13,2-38,0]	<0,001
≥100	95	65	68 %	41,2	[25,2-67,3]	<0,001
Précipitations quotidiennes						
<20 mm	1 214	121	10 %	1 (ref)		
≥20 mm	18	3	17 %	1,7	[0,6-4,8]	0,3
Température moyenne quotidienne						
<20°C	775	81	10 %	1 (ref)		
≥20°C	457	43	9 %	0,9	[0,6-1,3]	0,6
Force du vent moyen quotidien						
Calme	1 043	100	10 %	1 (ref)		
Moyen	189	24	13 %	1,3	[0,9-2,0]	0,2
Provenance du vent quotidien maximum						
Nord/est/sud	521	54	10 %	1 (ref)		
Ouest	711	70	10 %	0,9	[0,7-1,3]	0,8

Sources : SHOM, Météo France et EID Atlantique

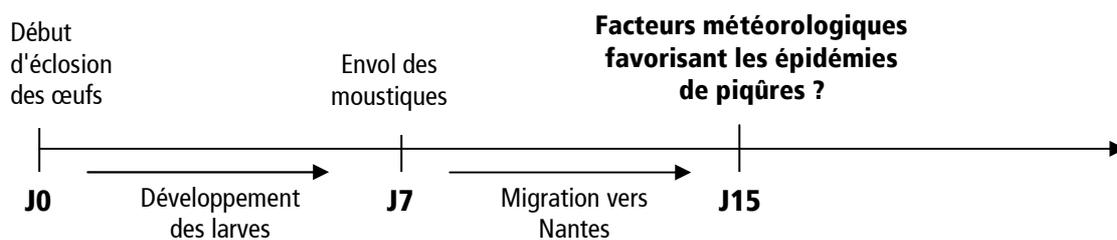
La proportion de journées avec éclosion était proportionnelle au coefficient de marées (figure 9).

I Figure 9 I

Proportion de journées avec éclosion selon les coefficients quotidiens moyens de marées, 1^{er} juillet au 15 septembre de 1995 à 2010

Sources : SHOM et EID Atlantique

3.4 Étude des facteurs favorisant les épidémies de piqûres

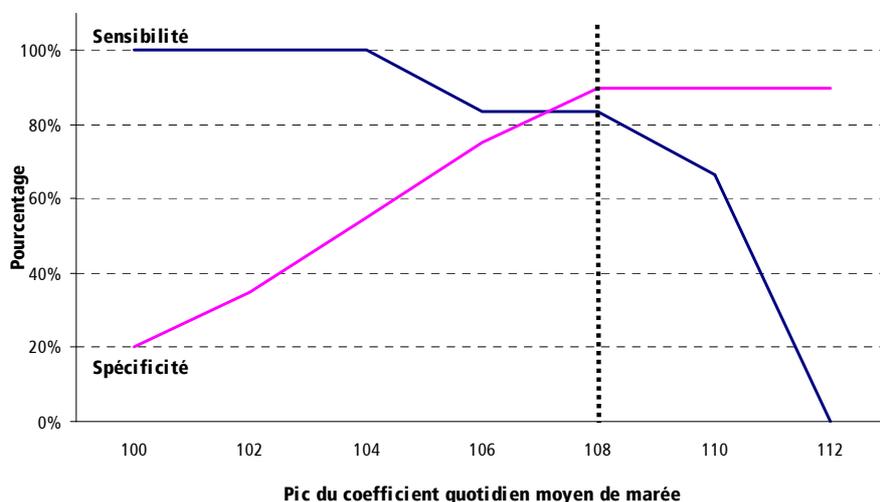
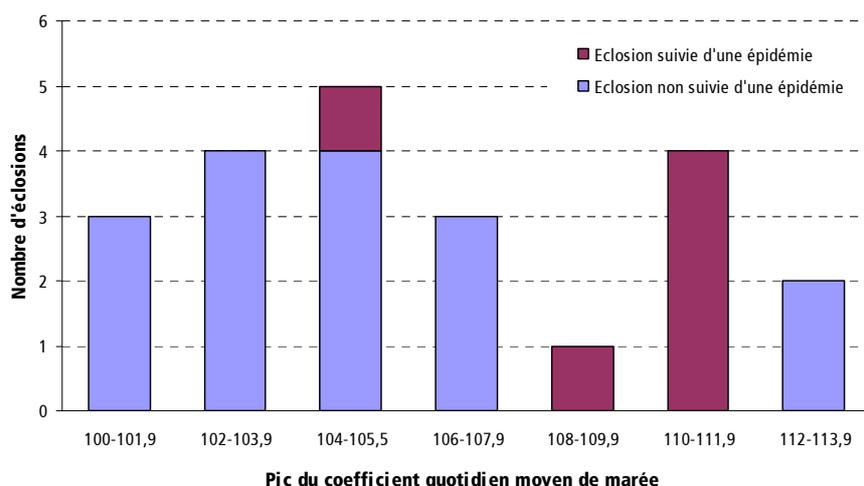


Le début des éclosions des œufs de moustique halophile a coïncidé ou précédé légèrement le début des périodes de grandes marées. Un délai moyen de 15 jours a été observé entre le début des éclosions et le début des épidémies de piqûres (annexe 6).

Les éclosions suivies d'une épidémie de piqûres étaient principalement observées lors de marées de forte intensité : le coefficient de marée de 108 avait le meilleur couple sensibilité (83 %) et spécificité (90 %) (avec un indice de Youden le plus proche de 1 (0,73)) (figure 10). Le seuil prédictif de coefficient de marée sur le risque d'épidémies de piqûres par *Ae. caspius* dans l'agglomération nantaise était de 108.

Figure 10 |

Répartition du nombre de jours avec éclosion suivie ou non d'une épidémie selon les pics de coefficients quotidiens moyens de marées, 1^{er} juillet au 15 septembre de 1995 à 2010



Seule la présence d'un vent d'ouest pendant la période J8 à J15 jours suivant le début d'une éclosion était significativement associée à la survenue des épidémies de piqûres ($p < 0,01$) (tableau 8).

I Tableau 8 I

Facteurs favorisant les épidémies de piqûres – étude sur les J8 à J15 jours suivant le début des éclosions, 1^{er} juillet au 31 août de 1995 à 2010

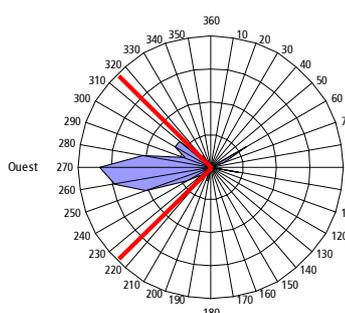
Facteurs de risque	Période non suivie d'une épidémie (n=160)	Période suivie d'une épidémie (n=48)	OR	IC 95 %	p
Température moyenne quotidienne ≥20°C	46 %	46 %	1,0	[0,6-1,7]	0,9
Force du vent moyen quotidien Moyen	14 %	12 %	0,9	[0,4-1,9]	0,7
Provenance du vent quotidien maximum Ouest	50 %	75 %	2,4	[1,3-4,3]	<0,01

Les roses des vents ci-dessous ont montré l'importance des vents d'ouest les jours précédant les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise (figure 11).

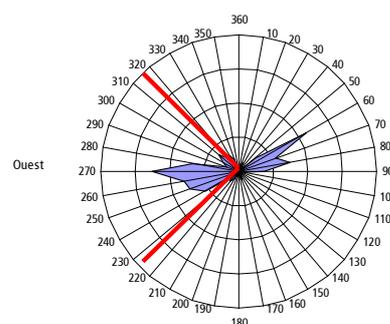
I Figure 11 I

Distribution quotidienne de la provenance du vent pendant la période J8 à J15 jours suivant le début des éclosions, 1^{er} juillet au 31 août de 1995 à 2010

Éclosion suivie d'une épidémie de piqûres



Éclosion non suivie d'une épidémie de piqûres



4. Discussion

4.1 Interprétation des principaux résultats

4.1.1 Les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise

Sur les périodes estivales du 15 juillet au 15 septembre de 1995 à 2010 (n=1 218 jours), 7 périodes d'épidémies de piqûres ont été identifiées avec un total de 20 jours (soit 1,6 % de jours sur la période estivale). La fréquence de ces épidémies est donc faible et l'impact sur l'activité de SOS Médecins Nantes peut être lié parfois aux grands rassemblements de population comme cela a été observé en 2001 et 2010 avec le festival nantais de jazz "Les rendez-vous de l'Erdre".

Les importantes réactions cutanées et inflammatoires observées par les médecins SOS chez leurs patients correspondent bien aux effets des piqûres de l'espèce *Ae. caspius* qui est agressive vis-à-vis de l'homme [9]. De plus, cette espèce de moustique halophile ayant une forte mobilité, le lieu de nuisance n'est pas le lieu de production larvaire, qui se situe le long de l'estuaire de la Loire.

La population des enfants âgés entre 5 et 9 ans est celle qui a été la plus touchée en période épidémique de piqûres par rapport aux périodes non épidémiques ($p < 0,001$). Une étude finlandaise a constaté que presque tous les enfants présentaient des réactions locales immédiates et/ou retardées aux piqûres du moustique *Aedes* [8,16].

4.1.2 Influence des grandes marées

La présence d'une grande marée était un facteur favorisant les éclosions des œufs d'*Aedes* halophiles ($p < 0,001$). La remise en eau des gîtes est, en effet, une condition indispensable à l'éclosion de ces œufs [4]. De plus, le seuil de coefficient de marée à 108 était prédictif des épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise, seuil pour lequel la combinaison sensibilité/spécificité/indice de Youden était la meilleure. Cependant, des études montrent que les marées de très forte intensité (avec des coefficients > 120) peuvent aussi provoquer l'effet inverse et "lessiver" les larves [5].

Pour la période épidémique de piqûres du 14 juillet 2003, aucune grande marée n'a été observée précédemment à cet épisode et seules de faibles précipitations (< 10 mm) ont été recueillies les 15 et 16 juillet par la station météorologique de Nantes-Bouguenais. Aucune éclosion d'œufs de moustique halophile n'a également été relevée par les agents de l'EID Atlantique sur les secteurs d'intervention surveillés (inscrits à l'arrêté préfectoral annuel). Ceci ne permet pas, cependant, d'exclure une production de moustiques sur d'autres secteurs de l'estuaire de la Loire (liée éventuellement à une augmentation des irrigations dépendantes de la nature des activités humaines) ou bien décalée dans le temps et un phénomène de migration à retardement. Il se peut aussi que l'augmentation des visites à SOS Médecins pour piqûres d'insecte soit liée à une circulation importante d'autres insectes que des moustiques. Les autres périodes épidémiques identifiées dans cette étude ont toutes été précédées d'une période de grande marée et d'une période d'éclosion d'œufs d'*Aedes* halophiles.

4.1.3 Influence des conditions climatiques

Seule la présence d'un vent d'ouest les jours suivant l'éclosion des œufs était associée à la survenue des épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise. Cette influence a été mineure mais significative.

L'hypothèse de la provenance du vent pouvant influencer la montée des eaux le long de l'estuaire de la Loire n'a pas été vérifiée dans cette étude, même pour des marées avec des coefficients moyens. Les grandes marées étaient indépendantes de la provenance du vent.

Les autres facteurs météorologiques (température, précipitations et force du vent) n'ont pas eu d'influence sur les éclosions des œufs et les épidémies de piqûres à Nantes, comme cela a pu être décrit dans la littérature [2-6]. Ceci peut s'expliquer par le faible nombre de jours avec de fortes précipitations en période estivale.

4.2 Limites de l'étude

- Les diagnostics médicaux utilisés dans cette étude n'étaient pas spécifiques des piqûres de moustique. En effet, ils pouvaient correspondre à des diagnostics de piqûres de tout type d'insecte. Cependant, les réactions cutanées et inflammatoires observées chez les patients, les heures d'appel en fin de journée à SOS Médecins et la chronologie des événements entre les grandes marées, les éclosions et les épidémies de piqûres coïncident avec l'espèce *Ae. caspius*.
- D'autres facteurs que les conditions météorologiques peuvent influencer les épidémies de piqûres de moustique, comme la densité d'éclosion des œufs, le sexe et l'âge des moustiques et la production de moustiques adultes [2,5]. Ces informations n'étaient pas disponibles pour cette étude.
- Les dates d'éclosion des œufs d'*Aedes* halophiles dans l'estuaire de la Loire ont été relevées par les agents de l'EID Atlantique, entre Saint-Brévin-les-Pins et Frossay (communes inscrites à l'arrêté préfectoral annuel, situées à 45 kilomètres de Nantes). Une meilleure connaissance des zones de production de moustiques entre Paimboeuf et Nantes permettrait d'être plus précis sur la circulation de ces moustiques halophiles.
- La méthode statistique Cusum C2-MEDIUM a été choisie et définissait des années épidémiques moyennement spécifiques. De ce fait, nous ne pouvons pas éliminer l'existence éventuelle d'épidémies de moindre importance. Cependant, ceci permettait de limiter le biais des données SOS Médecins non spécifiques des piqûres de moustique.

5. Conclusion

Cette étude a donc permis de décrire les épidémies de piqûres de moustique halophile observées dans l'agglomération nantaise et mal connues de la population. La fréquence de ces épidémies reste faible. Deux principaux facteurs ont été identifiés comme pouvant influencer le développement d'*Aedes* halophiles retrouvés dans l'agglomération nantaise :

- les grandes marées : facteur influençant les éclosions des œufs et les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise lorsque les grandes marées sont de très fortes intensités (avec des coefficients proches de 108) ;
- la présence des vents d'ouest les jours suivant les éclosions des œufs : facteur influençant les épidémies de piqûres de cette espèce de moustiques dans l'agglomération nantaise.

La connaissance des coefficients de marées du port de Saint-Nazaire entre mi-juillet et mi-août permettra d'anticiper la circulation importante de moustiques dans l'agglomération nantaise dans les 15 jours suivant les marées avec des coefficients proches de 108. Sur cette période en 2011, les coefficients de marées n'ont pas dépassé 102 et aucun phénomène épidémique n'a été observé avec les données de SOS Médecins Nantes.

Afin d'améliorer la qualité des données recueillies, les médecins de l'association SOS Médecins Nantes, en période estivale, pourraient préciser lors de leur recueil de données, le type d'insectes en cause afin de prendre en compte la circulation d'autres insectes comme les hyménoptères et les frelons asiatiques qui ont commencé à circuler en Vendée. De plus, l'abondance larvaire, relevée par les agents de l'EID Atlantique sur le terrain à l'aide de l'abaque de Carron [2] (photos en annexe 7), pourrait être utilisée.

Des messages de prévention à destination du grand public pourraient être proposés surtout si les épidémies surviennent au moment de grands rassemblements de population comme le festival de jazz "Les rendez-vous de l'Erdre" qui a lieu à Nantes chaque année fin août – début septembre.

Il est également important de noter que les résultats de cette étude ne peuvent être généralisés :

- à l'ensemble des espèces de moustiques. En effet, chaque espèce a ses propres caractéristiques :
 - les *Ae. cantans* et *annulipes* (espèces univoltines printanières) recensés par l'EID en Loire-Atlantique [6] ont par exemple une mobilité moyenne (< 3 kilomètres dans la littérature, mais avec des phénomènes migratoires observés en 2010 et 2011 à partir de la Brière en direction de la Baule-Saint-Nazaire) et un gîte larvaire en milieu doux ;
 - les *Culex pipiens molestus* sont des moustiques de milieu urbain qui colonisent les eaux stagnantes domestiques et les eaux usées (bidons, bassins, bouches d'égout pluviales, etc.). Ils piquent la nuit, à proximité immédiate des gîtes larvaires, essentiellement à l'intérieur des habitations [3].

A posteriori, la chronologie des épisodes de grandes marées et des épidémies de piqûres vient valider le fait qu'il s'agit de moustiques halophiles. Cette étude n'a donc pas permis de mesurer l'impact sanitaire des moustiques "urbains" moins irritants (ex : *Culex pipiens molestus*).

- à d'autres régions françaises qui ont leurs propres conditions climatiques et leurs propres modalités de lutte contre les moustiques, même si une saisonnalité marquée des visites pour piqûres d'insecte a aussi été observée avec les données de certaines associations SOS Médecins du littoral Atlantique (ex : associations SOS Médecins de Quimper, Bordeaux et Côte Basque).

Le Centre national d'expertise sur les vecteurs (CNEV) considère qu'"un nuisant est un vecteur qui s'ignore". Même si les *Ae. caspius* sont surtout connus actuellement pour leur caractère de nuisance, cette étude apporte des éléments sur les facteurs favorisant leur déplacement de l'estuaire de la Loire à Nantes qui peuvent être utiles en cas de risque de transmission de maladie vectorielle de ces moustiques qui en ont le potentiel. De plus, la présence d'un aéroport international et de deux ports maritimes pourrait contribuer à ce risque d'importation de maladie vectorielle sur les villes de Nantes et Saint-Nazaire.

Enfin, il faut rappeler que la dernière épidémie de fièvre jaune survenue sur le territoire français s'est produite à Saint-Nazaire en 1861. L'investigation épidémiologique de cet épisode, qui avait touché 54 cas dont 33 décès, soulignait déjà l'importance des conditions météorologiques [17,18].

Références bibliographiques

- [1] Cire Pays de la Loire. Surveillance épidémiologique dans les Pays de la Loire. Le point épidémio [Internet] 2010 [consulté le 24/05/2012];(35)-7. Disponible à partir de l'URL : http://www.invs.sante.fr/regions/pays_de_la_loire/pe_pays_de_la_loire_35_080910.pdf
- [2] Carron A. Traits d'histoire de vie et démographie du moustique *Aedes caspius* (Pallas, 1771) (Diptera : Culicidae) : impact des traitements larvicides [thèse]. Montpellier : Université Paul Valéry - Montpellier 3; 2007. 170 p. [consulté le 23/05/2012].
Disponible à partir de l'URL : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00202734/en/>
- [3] Fontenille D, Lagneau C, Lecollinet S, Lefait-Robin R, Setbon M, Tirel B, *et al.* La lutte antivectorielle en France. Version bilingue. Bondy : IRD Editions; 2009. 533 p.
- [4] EID Atlantique. Rapport d'activité 2009 [Internet]. Rochefort: EID Atlantique; 2009. 35 p. [consulté le 24/05/2012].
Disponible à partir de l'URL : http://www.eidatlantique.eu/rapport/eid_rapport_2009_enligne.html
- [5] Shone SM, Curriero FC, Lesser CR, Glass GE. Characterizing population dynamics of *Aedes sollicitans* (Diptera: Culicidae) using meteorological data. *J Med Entomol* 2006;43(2):393-402.
- [6] EID Atlantique. Rapport d'activité 2010 [Internet]. Rochefort: EID Atlantique; 2012. 35 p. [consulté le 24/05/2012].
Disponible à partir de l'URL : http://www.eidatlantique.eu/rapport/eid_rapport_2010_enligne.html
- [7] Feuillet-Dassonval C, Lavaud F, Viniaker H, Bidat E. Réactions allergiques aux piqûres de moustiques, quelle prévention ? *Arc Pédiatr* 2006;13(1):93-9.
- [8] Viniaker H, Lavaud F. Allergie aux piqûres de moustique. *Rev Fr Allergol Immunol* 2005;45(8):620-5.
- [9] Coutin R. Les moustiques : des insectes nuisibles présents partout. *Insectes* [Internet] 1988 [consulté le 24/05/2012];(71):13-7.
Disponible à partir de l'URL : http://www.insectes.org/opie/pdf/1571_pagesdynadocs4c220be9618b0.pdf
- [10] Balenghien T, Carron A, Sinégre G, Bicout DJ. Mosquito density forecast from flooding: population dynamics model for *Aedes caspius* (Pallas). *Bull Entomol Res* 2010;100(3):247-54.
- [11] Hutwagner LC, Maloney EK, Bean NH, Slutsker L, Martin SM. Using laboratory-based surveillance data for prevention: an algorithm for detecting *Salmonella* outbreaks. *Emerg Infect Dis* 1997;3(3):395-400.
- [12] Rogerson PA, Yamada I. Approaches to Syndromic Surveillance When Data Consist of Small Regional Counts. Reports from a national conference, 2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2004;53 Suppl:79-85.
- [13] Hutwagner LC, Thompson WW, Seeman GM, Treadwell T. A simulation model for assessing aberration detection methods used in public health surveillance for systems with limited baselines. *Stat Med* 2005;24(4):543-50.
- [14] Hutwagner LC, Browne T, Seeman GM, Fleischauer AT. Comparing aberration detection methods with simulated data. *Emerg Infect Dis* 2005;11(2):314-6.
- [15] Watkins RE, Eagleson S, Veenendaal B, Wright G, Plant AJ. Applying cusum-based methods for the detection of outbreaks of Ross River virus disease in Western Australia. *BMC Med Inform Decis Mak* 2008;8:37
- [16] Brummer-Korvenkontio H, Palosuo K, Palosuo T, Brummer-Korvenkontio M, Leinikki P, Reunala T. Detection of mosquito saliva-specific IgE antibodies by capture ELISA. *Allergy* 1997;52(3):342-5.
- [17] Coleman W. Epidemiological method in the 1860s: yellow fever at Saint-Nazaire. *Bull Hist Med* 1984;58(2):145-63.
- [18] Hillemand B. L'épidémie de fièvre jaune de Saint-Nazaire en 1861. *Hist S Med* 2006 [consulté le 24/05/2012];XL(1):23-36. Disponible à partir de l'URL : <http://www.biussante.parisdescartes.fr/sfhm/hsm/HSMx2006x040x001/HSMx2006x040x001x0023.pdf>

Annexes

Annexe 1 : Revue de Presse – 2009-2010

Ouest France – 31 août 2010



Moustiques à Nantes : « rien d'exceptionnel » - Nantes

mardi 31 août 2010



Une invasion s'est abattue sur la ville. Mais la situation de cette fin août n'a rien de remarquable et ne devrait pas durer. Et, surtout, ces espèces sont sans risque.

C'est LE sujet qui fait causer. Et chacun y va de son témoignage. Ce week-end, pas moyen de boire un apéro tranquille en terrasse. **« Nous étions à l'absence, le bar près de l'école d'architecture en bord de Loire, nous n'avons pas tenu, nous avons dû partir à cause des moustiques »**, lâche Guillaume, jeune trentenaire.

Aux Rendez-vous de l'Erdre, **« on n'a jamais vu ça, nous avons disposé des bombes dans toutes les loges des artistes »**, raconte Loïc Breteau, directeur. Chantal, qui vit au nord-ouest de Nantes, n'en revient pas. **« Depuis 16 ans que j'habite au même endroit, c'est la première fois que je suis piquée par une flopée de moustiques. Je suis allée à la pharmacie. Mon pharmacien m'a dit distribuer des répulsifs de moustiques à tout va. Et les seuls efficaces sont les spéciaux tropiques parce qu'en plus d'être nombreuses, elles sont résistantes, ces bestioles ! »**

« Aucun risque »

« Il n'y a rien de nouveau dans ce phénomène et rien d'exceptionnel », indique Sébastien Chouin, directeur scientifique et technique de l'Entente interdépartementale pour la démoustication du littoral atlantique. Par rapport à cet épisode invasif, l'organisme n'a pas été mandaté par la ville de Nantes pour intervenir. Ainsi, on ne connaît pas encore le type d'insecte qui sévit depuis quelques jours, mais, traditionnellement, il s'agit de l'*aedes detritus* et l'*aedes caspius*, **« des espèces très agressives envers l'homme »**.

A priori, les femelles, les seules qui piquent pour nourrir leurs œufs, viendraient de l'estuaire de la Loire. Elles pondent sur des terrains inondables où l'éclosion se fait immédiatement en cas de submersion, par les dernières grandes marées d'août notamment.

« Ces moustiques, qui deviennent adultes après 4 à 5 jours, sont très mobiles et peuvent parfois faire plusieurs dizaines de kilomètres », note le spécialiste.

Les vents de sud-ouest pourraient aussi expliquer cette invasion jusqu'à Nantes. **« Les raisons de leurs déplacements sont peu connues, on sait seulement que des vents portants les facilitent. »**

Pour l'expert, ce déferlement de diptères ne devrait pas durer. **« Et surtout, ces moustiques ne présentent aucun risque sanitaire. Juste du dérangement. »**

Magali GRANDET.

Jeudi 10 septembre 2009

Quand les moustiques attaquent



**Deux familles sont très actives à Nantes : l'« Aedes detritus » et l'« Aedes capsus ». Photo Maxppp
Les piqûres viennent des femelles « en chasse » qui sont très actives à l'heure du coucher du soleil !**

C'est devenu un rendez-vous quotidien, entre chien et loup, lorsque les chaleurs du jour s'évanouissent. Les moustiques attaquent, sans crier gare, en bandes organisées, partout dans l'agglomération ! On entend leurs vibrations à Bouguenais comme à Saint Etienne-de-Montluc ou sur les terrasses des appartements nantais... Comme les araignées et les puces, ils sortent leurs dernières armes avant les rigueurs de l'hiver et au moment d'un des grands pics de reproduction.

Ici, deux familles sont particulièrement actives : l'« Aedes detritus » et l'« Aedes capsus » qui se ruent sur les chairs fraîches comme des Stukas sur des convois militaires. Et les spécialistes disent que les premières responsables sont les femelles en chasse. Ces « descentes » en ville sont d'autant plus impressionnantes qu'elles s'achèvent par l'apparition de tumeurs cutanées du plus mauvais effet. Par bonheur, ces agressions boutonneuses ne présentent aucun risque sanitaire majeur.

Conseils

Les conseils ne manquent pas pour se protéger de ces agressions nocturnes. Rappelons d'abord que les moustiques se reproduisent dans les eaux stagnantes. Il est donc indispensable d'éliminer tout réservoir extérieur susceptible de constituer un gîte larvaire : soucoupes, cache-pots, jouets... . Mieux vaut également porter des vêtements longs et clairs car les couleurs sombres attirent les insectes. Il faut également savoir que les moustiques raffolent de la transpiration et qu'il est donc préférable de se protéger quand on pratique un sport en extérieur. Pour éviter le pire, on peut acheter des produits répulsifs, cultiver des pieds de citronnelle, et utiliser des spirales anti-moustiques.

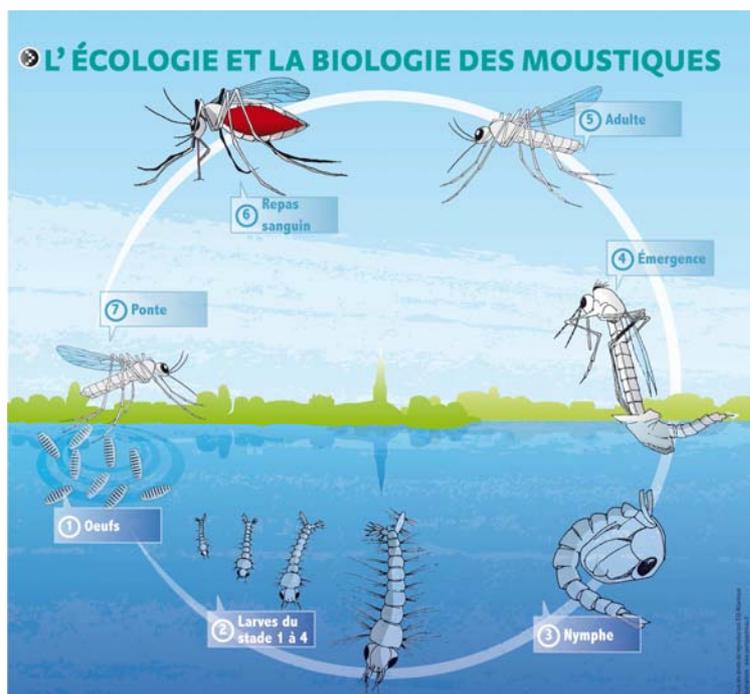
Et, si cela gratte vraiment trop, mieux vaut en parler au pharmacien.

JD Fresneau

Avec Destination santé

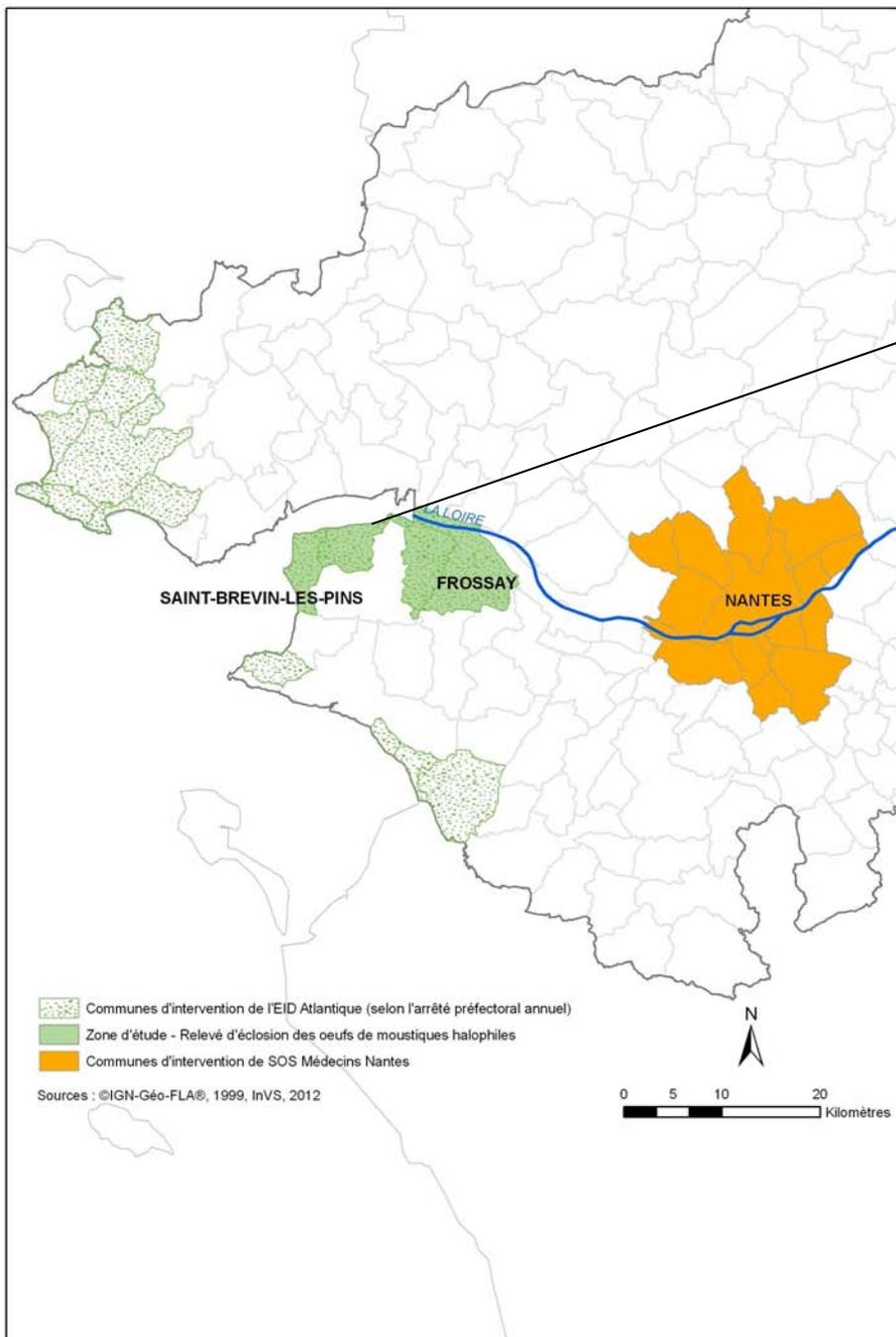
Les premières responsables sont les femelles, selon les spécialistes
Presse-Océan

Annexe 2 : Cycle de vie des moustiques



Source : EID Atlantique

Annexe 3 : Zones d'intervention de l'association SOS Médecins Nantes et de l'EID Atlantique (selon un arrêté préfectoral annuel), 2010



Source : Cire Pays de la Loire, Corsept (44)

Annexe 4 : Variantes de la méthode Cusum

Hutwagner a proposé dans le cadre du projet Early Aberration Reporting System (EARS) du Centers for Disease Control (CDC), trois méthodes Cusum [13] :

C1-MILD : La valeur de référence est calculée sur les 7 jours qui précèdent le jour de l'observation. C'est le choix de cette fenêtre qui rend cet algorithme aussi peu sensible. En effet, puisque la valeur de la veille est immédiatement prise en compte pour le calcul des paramètres, une augmentation lente ne sera pas signalée. Aussi, le risque de déclencher plusieurs alarmes consécutives est plus faible, puisque la forte valeur de la veille est immédiatement prise en compte.

C2-MEDIUM : Cet algorithme est le même que le précédent, sauf que la valeur de référence s'obtient par un calcul sur les jours de J-9 à J-3. Cette méthode permet de mieux signaler des valeurs consécutives importantes puisque les deux dernières valeurs ne sont pas incorporées immédiatement dans la période de calcul.

C3-ULTRA : La valeur de référence est également calculée à partir des jours de J-9 à J-3. Cette méthode est similaire à C2-MEDIUM à la différence qu'elle somme les différences positives entre la moyenne et les valeurs observées lors des trois derniers jours. Elle permet ainsi d'identifier une augmentation graduelle sur une courte durée.

I Tableau 9 I

Comparaison des sensibilités, spécificités et temps de détection dans la littérature [14]

	SENSIBILITE	TEMPS DE DETECTION	SPECIFICITE
C1-MILD	Moyenne	Rapide	Elevé
C2-MEDIUM	Plus élevée que C1-MILD	Moins rapide que C1	Plus faible que C1
C3-ULTRA	Plus élevée que C2-MEDIUM	Moins rapide que C2	Plus faible que C2
Seasonally adjusted cusum	Egale à celle de C3-ULTRA	Moins rapide que C1	Plus faible que C3

Méthode pour le calcul des valeurs de h ou ARL_0 :

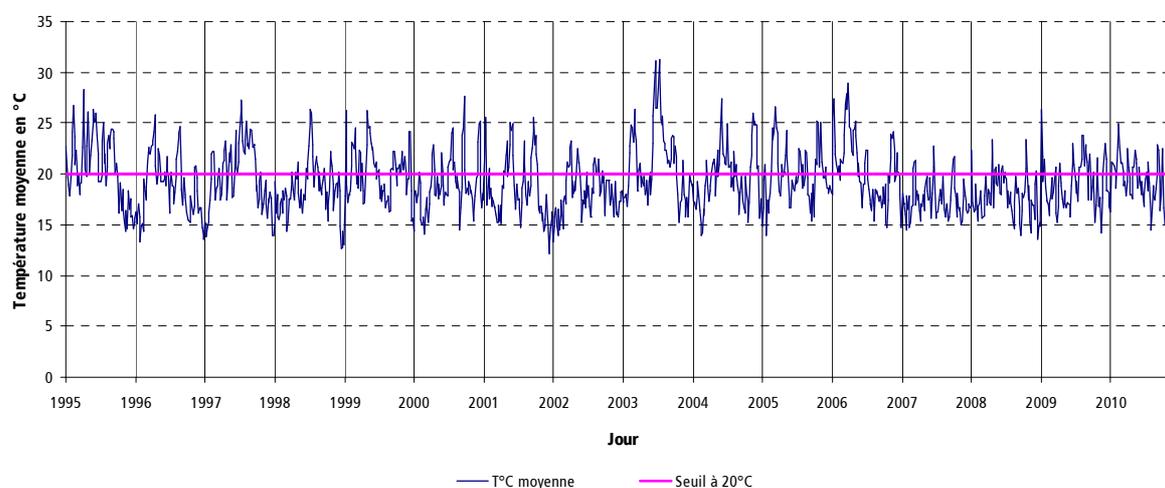
$$ARL_0 = 2(e^a - a - 1) \text{ où } a = h + 1,166$$

$$\text{où } h \approx \left(\frac{2k^2 ARL_0 + 2}{2k^2 ARL_0 + 1} \right) \frac{\ln(1 + 2k^2 ARL_0)}{2k} \ln -1,166$$

Annexe 5 : Figures descriptives des conditions météorologiques et des marées

I Figure 5 I

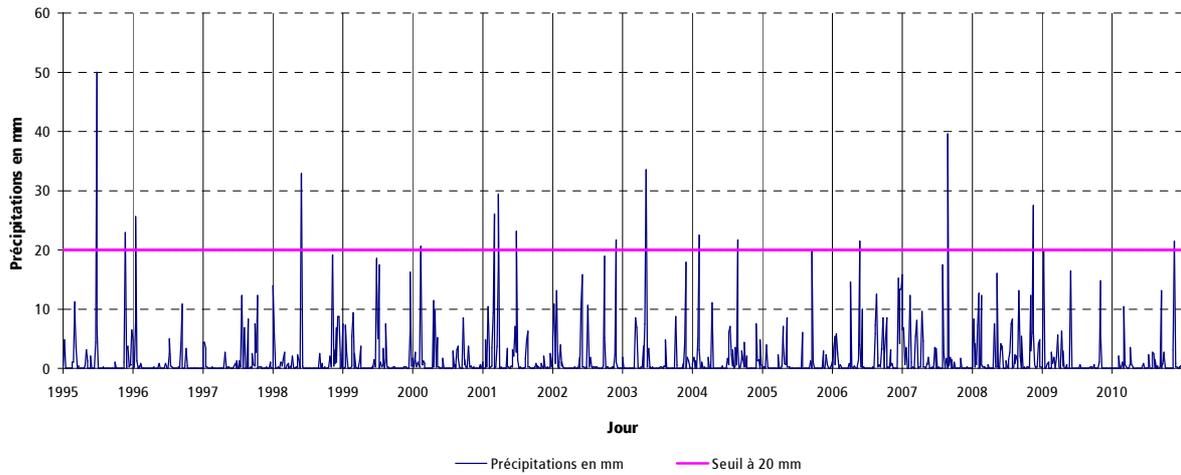
Distribution quotidienne de la température moyenne, Station Nantes-Bouguenais, 1er juillet au 15 septembre de 1995 à 2010



Source : Météo France

I Figure 6 I

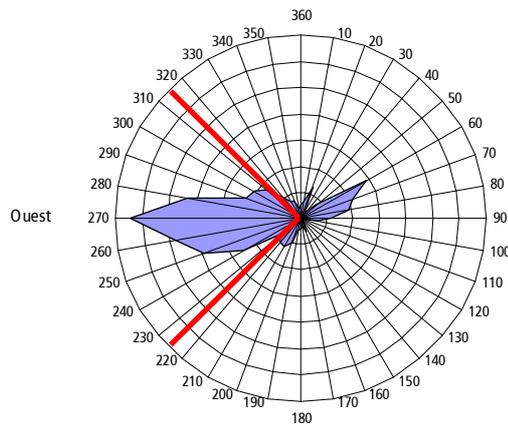
Distribution quotidienne des précipitations, Station Nantes-Bouguenais, 1er juillet au 15 septembre de 1995 à 2010



Source : Météo France

I Figure 7 I

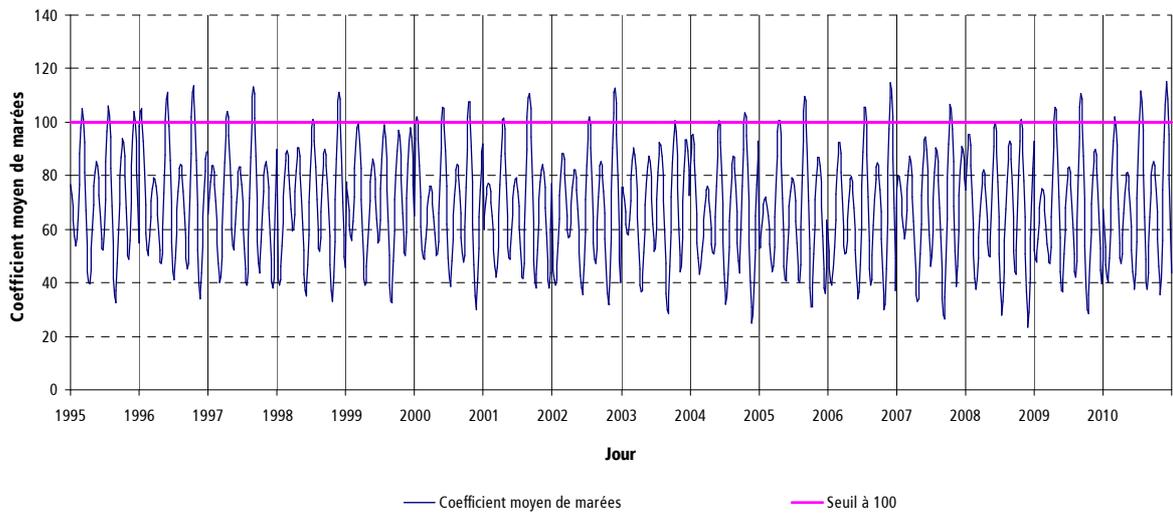
Distribution quotidienne de la provenance du vent, Station Nantes-Bouguenais, du 1er juillet au 15 septembre de 1995 à 2010



Source : Météo France

I Figure 8 I

Distribution quotidienne des coefficients moyens de marées, Port de Saint-Nazaire, 1er juillet au 15 septembre de 1995 à 2010

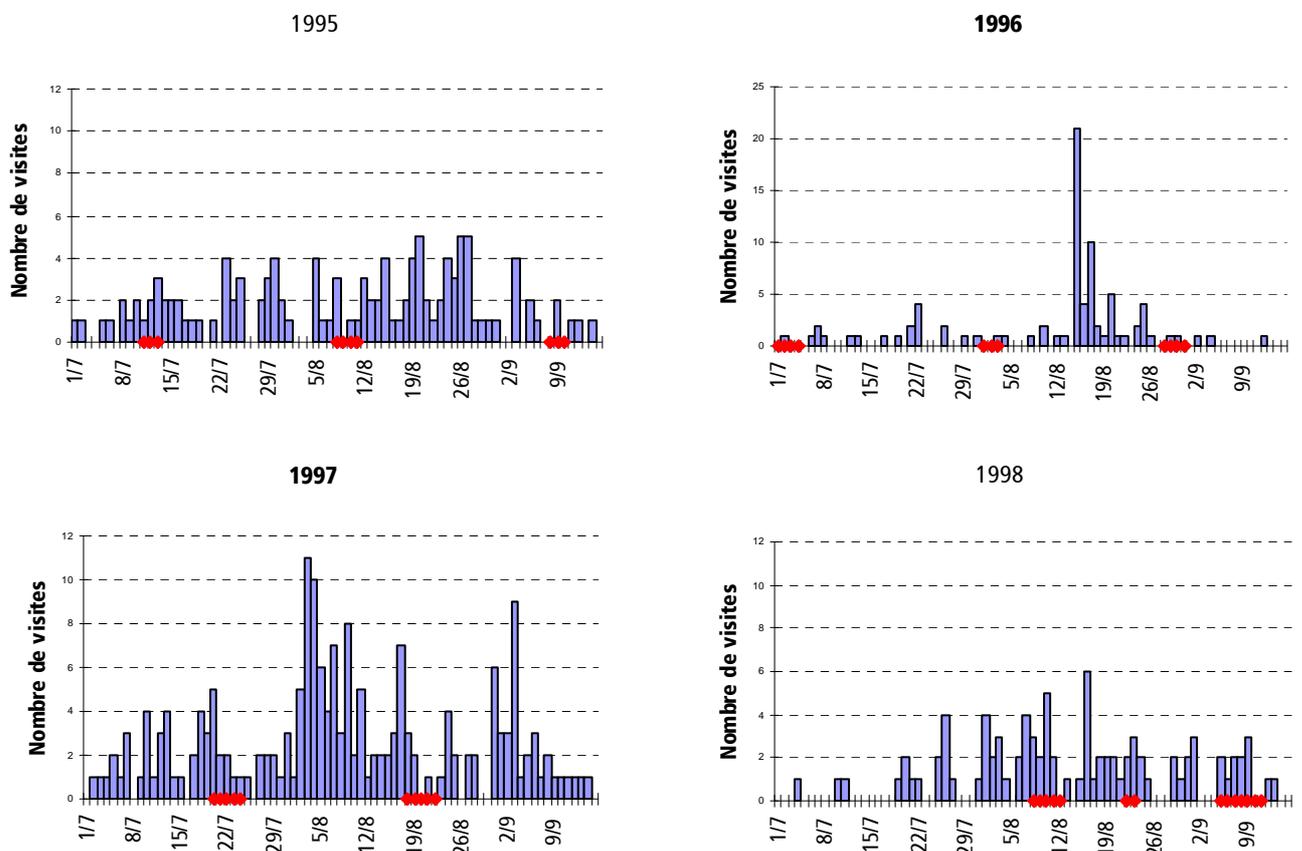


Source : SHOM

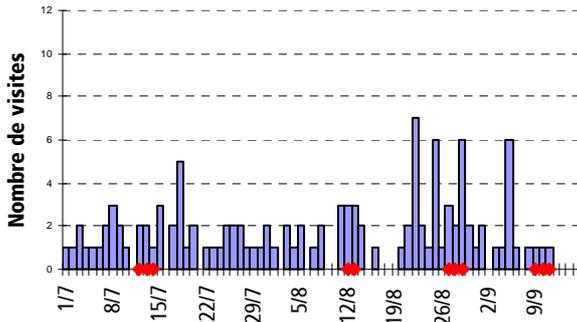
Annexe 6 : Répartition quotidienne des visites de SOS Médecins Nantes avec un diagnostic de piqûres d'insecte et des éclosions des œufs d'*Aedes halophiles*, 1er juillet au 15 septembre de 1995 à 2010

Légende : ■ Diagnostics de piqûres d'insecte (SOS Médecins) ● Eclotions des œufs d'*Aedes* observées par l'EID Atlantique

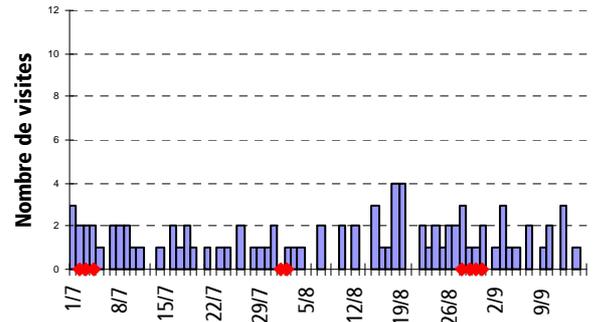
Les titres en gras correspondent aux années épidémiques de piqûres



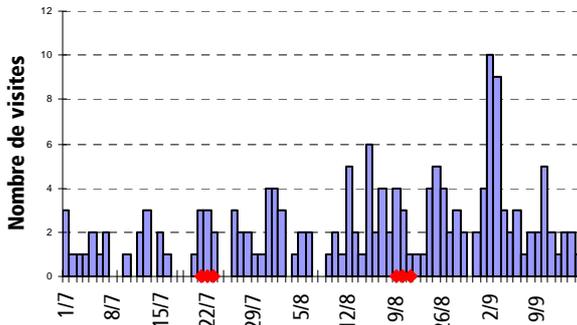
1999



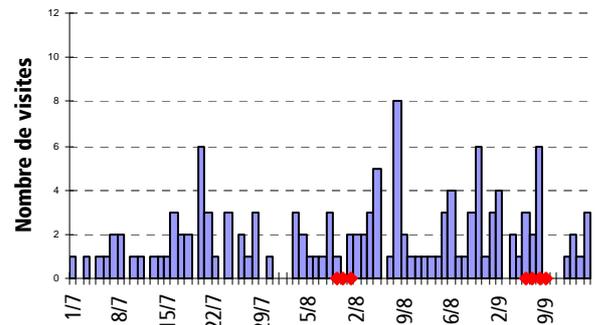
2000



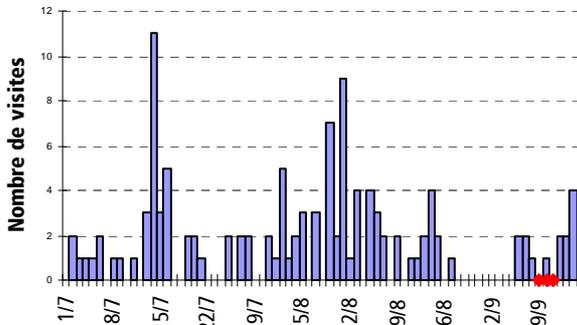
2001



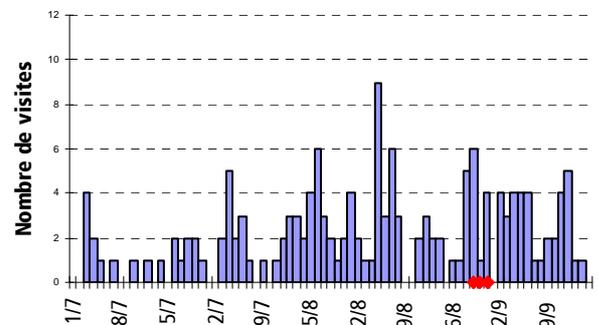
2002



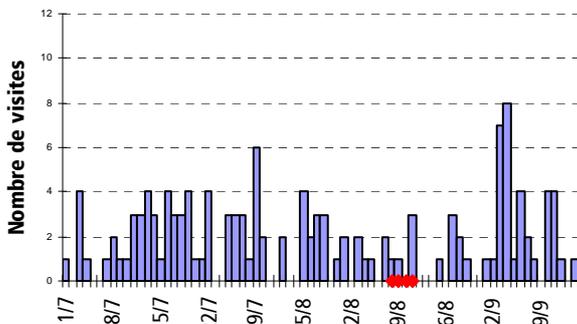
2003



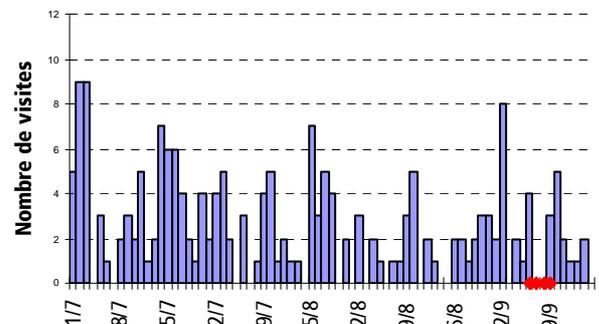
2004

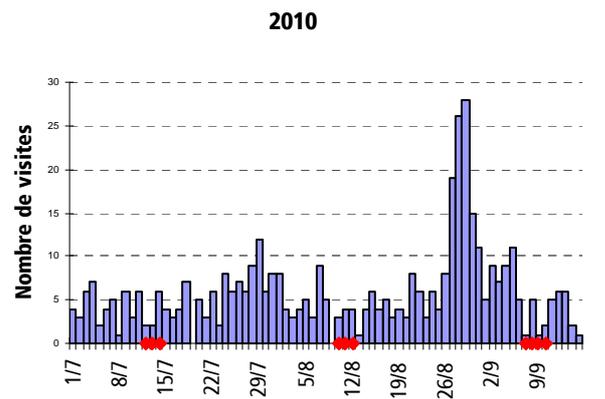
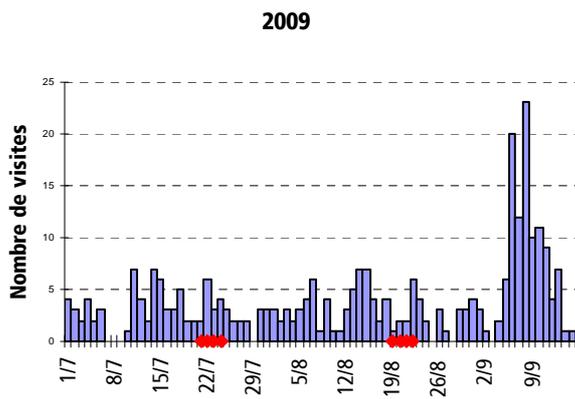
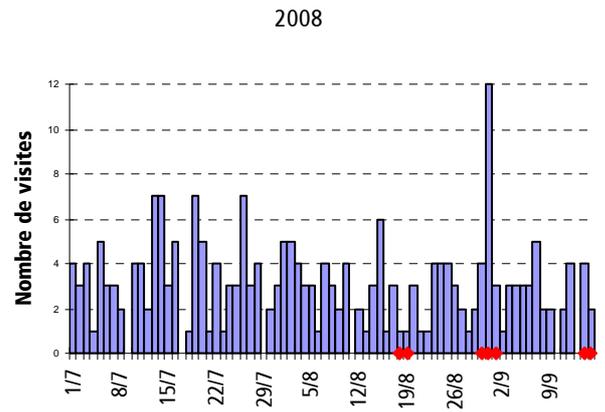
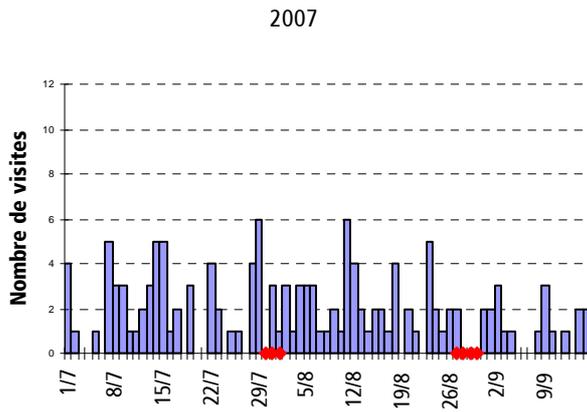


2005



2006





Sources : SOS Médecins Nantes et EID Atlantique

Annexe 7 : Photos d'abondance larvaire, Corsept (44), mai 2012



Source : Cire Pays de la Loire

Epidémies de piqûres de moustique à Nantes, 1995-2010

Influence des facteurs météorologiques

Fin août 2010, une circulation accrue de moustiques a été rapportée dans l'agglomération nantaise. L'espèce incriminée était probablement *Aedes caspius*. Des épisodes similaires avaient été rapportés antérieurement et attribués à des déplacements de moustiques en provenance de l'estuaire de la Loire. Dans la mesure où cet épisode a eu un impact significatif sur l'activité de SOS Médecins Nantes, la Cire a réalisé une étude rétrospective sur les 16 dernières années à partir de l'activité de SOS Médecins Nantes, en collaboration avec l'EID Atlantique et Météo France afin : 1) de connaître la fréquence et les caractéristiques des épidémies de piqûres de moustique à Nantes ; 2) d'identifier les facteurs météorologiques favorisant tout d'abord, les éclosions des œufs le long de l'estuaire de la Loire, puis les épidémies de piqûres à Nantes.

Sur les 16 années d'étude, sept périodes d'épidémies de piqûres ont été identifiées, d'une durée variant de 2 à 4 jours. Seule la présence d'une grande marée était significativement associée à l'éclosion des œufs de moustiques. Deux facteurs favorisaient les épidémies de piqûres dans l'agglomération nantaise : les marées de très forte intensité (seuil à 108) et les vents d'Ouest les jours suivant une éclosion.

Cette étude a montré une faible fréquence de ces épidémies et a permis d'identifier un seuil prédictif de coefficient de marée sur le risque d'épidémies de piqûres par *Ae. caspius* dans l'agglomération nantaise pendant la période estivale. Même si les *Ae. caspius* sont surtout connus actuellement pour leur caractère de nuisance, cette étude apporte des éléments sur les facteurs favorisant leur déplacement de l'estuaire de la Loire à Nantes qui peuvent être utiles en cas de risque de transmission de maladie vectorielle de ces moustiques qui en ont le potentiel.

Mots clés : moustique - *Aedes caspius* - piqûres - facteurs météorologiques - épidémie - modèle - surveillance épidémiologique - SOS Médecins - enquête rétrospective - Nantes

Mosquito bite outbreaks in Nantes, 1995-2010

Influence of meteorological factors

In late August 2010, increased movement of mosquitoes was reported in the city of Nantes. The incriminated species was Aedes caspius. Similar episodes had been previously reported and attributed to swarms of mosquitoes from the Loire estuary. Considering that this episode had a significant impact on the activity of the Nantes medical emergencies service (SOS Médecins), the regional epidemiological unit conducted a retrospective study on the last 16 years of activity of SOS Médecins in Nantes, in collaboration with the organisation for the control of mosquito nuisance in the Atlantic natural spaces (EID Atlantique) and Météo France in order : 1) to determine the frequency and characteristics of mosquito bite outbreaks in Nantes ; 2) identify favourable meteorological factors to eggs hatching along the Loire estuary, and to bite outbreaks in Nantes.

Over the 16 years studied, 7 periods of bite outbreaks were identified, lasting from 2 to 4 days. Only the presence of a high tide was significantly associated with the hatching of mosquito eggs. Two factors favoured bite outbreaks in the city of Nantes: very high intensity tides (threshold 108) and westerly winds in the days following hatching.

*This study showed the low frequency of these outbreaks and contributed to identify a predictive threshold of tidal coefficient on the risk of bite outbreaks by *Ae. caspius* in the city of Nantes during the summer. Although *Ae. Caspius* is best known for being a nuisance, this study provides evidence on the factors favouring their movement from the Loire estuary in Nantes, which may be useful in case of vector-borne diseases transmission, which is possible through these mosquitoes.*

Citation suggérée :

Fortin N, Guérin P, Chouin S, Hubert B. Epidémies de piqûres de moustique à Nantes, 1995-2010. Influence des facteurs météorologiques. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 28 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>