

## Augmentation des indices vectoriels en période pré-épidémique de dengue à Ben Tre, Sud Vietnam

### Increase of entomological indices during the pre-epidemic period of dengue in Ben Tre, South Vietnam

TPQ Nguyen · LL Luu · TQH Vu · Y. Buisson

Reçu le 22 décembre 2010 ; accepté le 31 mars 2011  
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2011

**Résumé** La dengue sévit au Vietnam depuis 50 ans sur un mode endémoépidémique. Le Sud Vietnam connaît chaque année d'importantes épidémies pendant la saison des pluies, avec une morbidité et une mortalité élevées, notamment chez les jeunes enfants. La seule mesure de prévention est la lutte antivectorielle, mais elle est souvent mise en œuvre trop tard ou sans discernement. L'objectif de ce travail était de rechercher, en phase pré-épidémique, l'existence de variations significatives des indices vectoriels permettant de prévoir les flambées de dengue. C'est une étude descriptive transversale, répétée une fois par mois pendant quatre mois (de mars à juin) dans le village de Lothuan (province de Ben Tre) dans le delta du Mékong. Les moustiques adultes ont été capturés dans 30 maisons et les larves dans les réservoirs d'eau de 50 maisons. Les densités vectorielles ont été calculées selon les indices recommandés par l'OMS. Une analyse virologique a été effectuée sur les lots d'*Aedes* femelles et de larves afin de déterminer les taux d'infection virale. Les captures de moustiques adultes ont rapporté 496 spécimens dont 329 *Aedes*, 139 *Culex* et 28 *anophèles*. *Aedes aegypti* était présent dans 63 % des maisons visitées avec une densité moyenne de 1,8 moustique par maison. L'augmentation des indices imaginaires au cours des quatre mois n'était pas significative. L'enquête sur les gîtes larvaires d'*Ae. aegypti* a identifié

1292 réservoirs d'eau dans lesquels 71 569 spécimens de larves ont été collectés. La valeur des indices « maison », « récipients » [IR] et Breteau [IB] augmentait chaque mois, ce dernier passant de 166 à 442. Cette augmentation était significative pour IR et IB. Les gîtes larvaires étaient surtout intradomiciliaires, constitués de jarres en terre. La densité des larves d'*Ae. aegypti* dans les réservoirs augmentait aussi de façon significative au cours des quatre mois. Elle était corrélée à l'absence de couvercle et de prédateurs. La mise en culture de 15 lots de femelles adultes et de 29 lots de larves d'*Ae. aegypti* n'a pas permis d'isoler de virus de la dengue. Le haut niveau des indices stégomyiens d'*Ae. aegypti* dans ce village du Sud Vietnam et leur augmentation avant la saison des pluies décrivent une situation à haut risque épidémique, mais ne permettent pas de prévoir la survenue d'une flambée en l'absence d'isolement viral chez les moustiques. Ils justifient la conduite d'une stratégie intégrée de lutte antivectorielle tout au long de l'année. **Pour citer cette revue : Bull. Soc. Pathol. Exot. 104 (2011).**

**Mots clés** Dengue · épidémie · *Aedes aegypti* · indice de Breteau · Lothuan · Ben Tre · Vietnam · Asie du Sud-Est

**Abstract** Dengue has emerged in Vietnam 50 years ago and since has become endemo-epidemic throughout the whole country. Each year, major epidemics of dengue fever (DF) and dengue hemorrhagic fever (DHF) hit South Vietnam during the rainy season, causing significant morbidity and mortality, especially among young children. The only preventive measure is vector control, but it is often implemented too late or indiscriminately. The aim of this study was to investigate, in the pre-epidemic stage, the existence of significant changes in vector indices, which will predict DF/DHF outbreaks. We conducted a descriptive transversal study, repeated once a month for four months (March to June) in the village of Lothuan (province Ben Tre) in the Mekong's delta. Adult mosquitoes were caught in 30 houses, and

TPQ Nguyen · Y. Buisson (✉)  
Institut de la francophonie pour la médecine tropicale (IFMT),  
Ban Kaognoth, rue Samsenthai, BP 9519, Vientiane, RDP Lao  
e-mail : yves.buisson@auf.org

TPQ Nguyen · LL Luu  
Département d'entomologie,  
Institut Pasteur de Hô Chi Minh-Ville,  
167, rue Pasteur, District 3, Ho Chi Minh ville, Vietnam

TQH Vu  
Département de microbiologie,  
Institut Pasteur de Hô Chi Minh-Ville, 167, rue Pasteur,  
District 3, Ho Chi Minh ville, Vietnam

larvae were collected in water holding containers of 50 houses. The houses were randomly selected. Vector densities were calculated according to the indices recommended by WHO. Virological analysis was carried out on lots of female *Aedes* and larvae in order to determine viral infection rates. Catches of adult mosquitoes collected 496 specimens including 329 *Aedes*, 139 *Culex* and 28 *Anopheles*. *Aedes aegypti* was present in 63% of visited homes that is an average density of 1.8 mosquitoes per house. The increase in imaginal indices during the 4 months was not significant. The survey of breeding sites of *Ae. aegypti* identified 1292 water containers in which 71,569 larval specimens were collected. The values of house index, container index [CI] and Breteau index [BI] increased each month, the latter from 166 to 442. This increase was significant for CI and BI. Breeding sites were mostly intra-home, mainly consisting of large and small ceramic jars. Larval density of *Ae. aegypti* in the containers also increased significantly over the 4 months. It was correlated with the lack of cover and predators such as *Mesocyclops* spp., *Micronecta* spp. and larvivorous fishes. Cultivation of 15 pools of 10 adult females and 29 pools of larvae (ie 1088 specimens) of *Ae. aegypti* failed to isolate dengue virus. The high *Stegomyia* indices measured in this South Vietnamese village and their increase before the rainy season reflect a situation at high risk of epidemics but cannot predict the occurrence of an outbreak in the absence of virus isolation from mosquitoes. They justify conducting an integrated vector control throughout the year. **To cite this journal: Bull. Soc. Pathol. Exot. 104 (2011).**

**Keywords** Dengue · outbreak · *Aedes aegypti* · Breteau indice · Locthuan · Ben Tre · Vietnam · South East Asia

## Introduction

La dengue est l'arbovirose qui connaît la plus forte progression dans le monde depuis trois décennies. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que, sur 2,5 milliards de personnes exposées au risque d'infection, plus de 70 % résident dans la région Asie Pacifique [21]. Au Vietnam, la fièvre dengue (DF) et la dengue hémorragique (DHF) représentent un important problème de santé publique : apparue dans les provinces du Nord en 1958, la maladie s'est répandue sur un mode épidémique dans l'ensemble du pays, avec des flambées meurtrières pendant la saison des pluies, notamment en 1975, 1978-1979, 1983 et 1987 [7]. En 1998, une importante épidémie a frappé 19 provinces du Sud avec un taux d'attaque de 438,98/100 000 habitants et 342 décès [8]. Les quatre sérotypes du virus de la dengue (DENV) circulent au Vietnam : après l'épidémie de 1987 due au DENV-2, le DENV-1 est apparu en 1990, puis a largement diffusé dans plusieurs provinces, avant d'être supplanté par

le DENV-3 en 1995-1996, le DENV-4 apparaissant de façon intermittente [8]. Au cours des années 2000, le Vietnam est le pays de la région du Pacifique occidental qui a déclaré le plus grand nombre de cas. Le DENV-2 est resté majoritaire, puis a cocirculé avec le DENV-1 et le DENV-3 [12]. Les bouffées épidémiques surviennent habituellement aux mois de mai ou juin et culminent en juillet, août ou septembre, la fin de la mousson annonçant le retour à une situation endémosporadique.

Faute de traitements antiviraux et de vaccins, la lutte contre la dengue repose sur les mesures antivectorielles par les insecticides et l'élimination des gîtes larvaires des moustiques du genre *Aedes*. La lutte biologique utilisant des copépodes (*Mesocyclops* spp.), des punaises aquatiques (*Micronecta* spp.) et des poissons larvivores a également été développée dans plusieurs régions du Vietnam [18]. L'application de ces mesures requiert une large participation communautaire, lente à mobiliser en période épidémique et souvent trop tardive pour empêcher la transmission. Dans l'impossibilité de maintenir ces efforts tout au long des périodes interépidémiques, une intervention ciblée en période pré-épidémique serait préférable, mais il faudrait être capable de prévoir où et quand se déclencheront les prochaines flambées et quelle sera leur ampleur. Une recherche rétrospective d'indices météorologiques et entomologiques prédictifs de l'épidémie de 1998 s'est avérée infructueuse [25]. Comme cela a été montré en Thaïlande, il est particulièrement difficile d'anticiper les fluctuations d'incidence de la dengue dans les pays d'endémie où coexistent deux modèles épidémiologiques, l'un saisonnier, lié au cycle de la mousson, l'autre épisodique, répondant à l'introduction d'un nouveau sérotype de DENV dans une population non immune [2]. Les seules mesures de contrôle de la dengue actuellement disponibles visant à diminuer la transmission, la détection précoce d'une prolifération des populations vectorielles permettrait de réduire leur densité afin d'empêcher l'éclosion d'une épidémie. Pour étayer cette hypothèse, nous avons étudié l'évolution des indices entomologiques en phase pré-épidémique dans une région de haute endémicité de DF/DHF.

## Matériels et méthodes

### Type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive, transversale, répétée chaque mois dans le même village pendant la fin de la saison sèche.

### Dates et lieux

L'étude a consisté en quatre passages, de mars à juin 2009, dans le 5<sup>e</sup> quartier du village Locthuan (district de Binh Dai, province de Ben Tre, Sud Vietnam). La province de Ben Tre



**Fig. 1** Carte du delta du Mékong (Sud Vietnam) / Map of the Mekong Delta (South Vietnam)

a été l'une des plus affectées par l'épidémie de 1998 [8]. Située dans le delta du Mékong, c'est une zone de cultures fruitières arrosée par l'un des neuf bras du Cuu Long (Fig. 1). Le prolongement de la saison sèche et la salinité croissante des eaux du delta imposent un stockage de l'eau de pluie dans des jarres en terre pour l'usage domestique et la consommation. Le 5<sup>e</sup> quartier du village Locthuan regroupe 337 familles, soit une population totale de 1466 habitants.

### Enquête entomologique

Une fois par mois, les moustiques adultes ont été capturés dans 30 maisons et les larves ont été recueillies dans les réservoirs d'eau autour de 50 maisons du même quartier. Les maisons ont été sélectionnées par tirage au sort. Deux groupes de trois préleveurs opéraient entre 7 heures et 11 heures du matin. La capture des moustiques adultes était réalisée pendant 15 minutes par maison à l'aide d'un aspirateur et d'une torche électrique. Le recueil des larves se faisait à l'aide d'épuisettes dans les réservoirs d'eau. Les procédés de lutte antilarvaire utilisés étaient notés. Après identification de l'espèce, les moustiques mâles étaient conservés à  $-80^{\circ}\text{C}$ , les moustiques femelles maintenus en vie pendant deux jours avec du liquide sucré, puis conservés à  $-80^{\circ}\text{C}$ . Les larves étaient nourries jusqu'à maturité, identifiées et conservées à  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Les indices stégomyiens recommandés par l'OMS ont été calculés : indice « maison » (IM) = nombre de maisons avec au moins un gîte positif pour *Ae. aegypti*  $\times 100$ /nombre de maisons visitées, indice « récipients » (IR) = nombre de récipients positifs pour *Ae. aegypti*  $\times 100$ /nombre de récipients

en eau, indice de Breteau (IB) = nombre de récipients positifs pour *Ae. aegypti*  $\times 100$ /nombre de maisons visitées [20]. Les densités vectorielles adultes ont été calculées selon les indices utilisés par le Programme national du Vietnam [16] : « densité imago » (DI) = nombre de moustiques capturés/nombre de maisons visitées, et « indice maison imago » (IMI) = nombre de maisons positives avec au moins un *Ae. aegypti*  $\times 100$ /nombre de maisons visitées.

### Analyses virologiques

Une recherche de DENV a été effectuée sur tous les lots de femelles et de larves d'*Aedes* afin de déterminer le taux d'infection minimum (TIM) sur les échantillons de larves [3] et le taux d'infection virale (TIV) sur les moustiques adultes [15]. Les moustiques adultes femelles étaient broyés un par un, alors que les larves femelles parvenues à maturité étaient triturées par lots de dix à 50 spécimens. Chaque broyat a été mis en culture sur cellules de moustiques C6/36 [20]. Après 14 jours d'incubation, les DENVs ont été détectés par immunofluorescence directe et indirecte [1,9], puis par RT-PCR quantitative [6].

### Statistiques

Les données ont été saisies avec le logiciel Epidata 3.1 ([www.epidata.dk](http://www.epidata.dk), Odense, Denmark) et analysées sur le logiciel Stata 8.2 (Stata Cooperation, College Station, TX). La comparaison des densités imago et des densités larvaires entre les quatre passages mensuels a utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis à partir des moyennes des rangs des observations dans les différents échantillons. Les moyennes des nombres de larves ont été calculées chaque mois pour chaque maison et chaque réservoir avec un intervalle de confiance à 95 %. La comparaison des moyennes a été faite par le test U de Mann et Withney. La force de l'association aux procédés de lutte antilarvaire pour les réservoirs d'eau domestiques a été mesurée par l'odds ratio (OR) pondéré de Mantel-Haenszel. Les différences ont été considérées comme significatives pour les valeurs de  $p < 0,05$ .

### Résultats

#### Données entomologiques

La collecte mensuelle de moustiques adultes a permis de recueillir 496 spécimens appartenant à trois espèces : *Aedes aegypti* (66 %), *Culex* spp. (28 %) et *Anopheles* spp. (6 %). Aucun *Aedes albopictus* n'a été capturé. Le nombre total de captures augmentait à chaque collecte, passant de 72 en mars à 167 en juin ( $p = 0,04$ ). Dans chaque espèce, le nombre de moustiques femelles était supérieur à celui des mâles ; il était deux fois plus élevé chez *Ae. aegypti*

(Tableau 1). L'augmentation des indices imaginaires DI et IMI d'*Ae. aegypti* entre mars et juin n'était pas significative (Tableau 2).

La recherche de gîtes larvaires a été effectuée sur 1 292 réservoirs d'eau se répartissant principalement en quatre types : grandes jarres de plus de 100 l (59 %), citernes en ciment (21 %), petites jarres de moins de 100 l (7 %) et seaux (4 %). Les autres récipients (9 %) étaient extradomiciliaires, constitués par des vases à fleurs, des bols, des mangeoires, des coques de noix de coco, des boîtes en métal, des tessons de jarres et des pneus. Sur l'ensemble, 501 réservoirs contenaient des larves d'*Ae. aegypti* (IR = 38,7 %) et 25 des larves de *Culex* spp., dix contenant à la fois des larves d'*Ae. aegypti* et de *Culex* spp. Ces gîtes larvaires étaient surtout de petites jarres (48 %), des récipients extradomiciliaires (47 %), de grandes jarres (45 %), plus rarement des seaux (28 %) ou des citernes en ciment (17 %). Les trois indices larvaires IM, IR et IB augmentaient au cours des quatre mois, passant respectivement de 64–26,5–166 à 84–58,5–442. Cette élévation était significative pour IR et IB ( $p < 0,01$ ), mais pas pour IM (Tableau 3).

Au total, 71 569 spécimens de larves d'*Ae. aegypti* ont été collectés dans 200 maisons. L'augmentation mensuelle du nombre moyen de larves par maison était significative ( $p = 0,001$ ) ainsi que celle du nombre moyen de larves par réservoir qui a atteint la valeur maximum de 4 203

(Tableau 4). Les plus fortes concentrations de larves d'*Ae. aegypti* étaient observées dans les petites et les grandes jarres.

Dans les maisons, la lutte antilarvaire reposait sur l'utilisation de couvercles (50 %), de *Mesocyclops* (14 %), de *Micronecta* (11 %) et de poissons larvivores (3 %). Les moyens les plus utilisés pour les grands contenants (citernes et grandes jarres) étaient les couvercles et les *Mesocyclops*. Une diminution du nombre de gîtes positifs était liée au fait de couvrir (OR = 0,16 [IC 95 : 0,12–0,21] ;  $p = 0,00$ ) et à la présence de prédateurs (OR = 0,5 [IC 95 : 0,3–0,78] ;  $p = 0,00$ ), ces procédés entraînant une réduction significative du nombre de larves d'*Ae. aegypti* (Tableau 5).

### Données virologiques

La mise en culture de 15 lots de dix adultes femelles et de 29 lots (soit 1 088 spécimens) de larves d'*Ae. aegypti* n'a pas permis d'isoler de DENV.

### Discussion

Ce travail avait pour objectif de décrire l'évolution des indices entomologiques des moustiques vecteurs de la dengue en période pré-épidémique. C'est la première fois qu'une telle

**Tableau 1** Résultats des quatre collectes de moustiques adultes / Results of four collections of adult mosquitoes

Collectes	<i>Ae. aegypti</i>		<i>Culex</i>		<i>Anophèles</i>		Total
	Mâles nb. (DI)	Femelles nb. (DI)	Mâles nb. (DI)	Femelles nb. (DI)	Mâles nb. (DI)	Femelles nb. (DI)	
Mars	21 (0,7)	35 (1,2)	8 (0,3)	6 (0,2)	0	2 (0,1)	72
Avril	28 (0,9)	56 (1,9)	12 (0,4)	18 (0,6)	3 (0,1)	2 (0,1)	119
Mai	29 (1,0)	61 (2,0)	14 (0,5)	20 (0,7)	2 (0,1)	12 (0,4)	138
Juin	33 (1,1)	66 (2,2)	30 (1,0)	31 (1,0)	5 (0,2)	2 (0,1)	167
Total	111 (0,9)	218 (1,8)	64 (0,5)	75 (0,6)	10 (0,1)	18 (0,2)	496

DI : densité imago (nombre de moustiques capturés/nombre de maisons visitées).

**Tableau 2** Indices imaginaires d'*Aedes aegypti* / Imaginal indices of *Aedes aegypti*

Mois	Nb. de maisons visitées	Nb. de maisons avec <i>Ae. Aegypti</i> femelles	Densité imago (DI)	Indice maison imago (IMI %)
Mars	30	18	1,2	60
Avril	30	20	1,9	67
Mai	30	18	2	60
Juin	30	20	2,2	67
Total	120	76	1,8	63,3

DI : Nombre d'*Ae. aegypti* femelles/nombre de maisons visitées ; IMI : Nombre de maisons avec au moins une *Ae. aegypti* × 100/nombre de maisons visitées.

Collectes (maisons)	Nb. de réservoirs		Nb. De maisons avec réservoir(s) positif(s)	Indice maison (IM)	Indice récipients (IR)	Indice de Breteau (IB)
	Total	Avec larves d' <i>Ae. aegypti</i>				
Mars (50)	313	83	32	64	26,5	166
Avril (50)	268	98	33	66	36,5	196
Mai (50)	333	99	39	78	29,7	198
Juin (50)	378	221	42	84	58,5	442
Total (200)	1 292	501	146	73	38,8	250

IM : nombre de maisons avec au moins un gîte positif pour *Ae. aegypti* × 100/nombre de maisons visitées ; IR : nombre de récipients positifs pour *Ae. aegypti* × 100/nombre de récipients en eau ; IB : nombre de récipients positifs pour *Ae. aegypti* × 100/nombre de maisons visitées.

Mois	Nb. de larves d' <i>Ae. aegypti</i>	Nb. moyen par maison*	Nb. par réservoir	
			Moyennes** (IC 95)	Extrêmes
Mars	6 040	121	19 (13–26)	0–610
Avril	10 068	201	38 (17–58)	0–1,872
Mai	24 651	493	74 (34–114)	0–4,203
Juin	30 810	616	82 (59–104)	0–1,60
Total	71 569	358	55 (42–68)	0–4,203

\* $p = 0,001$  ; \*\* $p < 0,01$ .

Procédés de lutte antilarvaire	Nombre de réservoirs (%)	Nombre moyen de larves d' <i>Ae. aegypti</i> par réservoir (IC 95)	<i>p</i>
Couvercles *			
Oui	642 (54)	13 (7–18)	< 0,01
Non	539 (46)	115 (85–144)	
Prédateurs **			
Oui	302 (23)	44 (3–91)	0,01
Non	990 (77)	57 (44–70)	

\* réservoirs domiciliaires seulement ( $n = 1 181$ ).  
\*\* Mesocyclops, Micronecta et poissons larvivores.

étude était menée au Vietnam dans le delta du Mékong, la province de Ben Tre étant une zone endémoépidémique pour la DF/DHF. Elle a permis de collecter 496 moustiques adultes dans 120 maisons et 71 569 larves d'*Ae. aegypti* dans 200 maisons lors de quatre passages mensuels effectués de mars à juin, mais elle n'a pas réussi à isoler de DENV à partir de ces spécimens.

Les moustiques capturés dans cette zone suburbaine appartiennent en majorité à l'espèce *Ae. aegypti*. Les

*Culex* spp. sont moins abondants, parce que leurs gîtes de ponte préférentiels sont les zones de végétation naturelles au niveau des trous d'arbre, des aisselles de feuilles et des internodosités de bambous [4]. De même, *Ae. albopictus*, moustique rural et forestier, est progressivement remplacé par *Ae. aegypti* dans les zones urbaines et suburbaines [10]. Son absence dans notre échantillon est peut-être imputable à notre mode opératoire, la période de collecte dans la journée ne concordant pas avec les heures d'activité

maximales de ces moustiques (aube et crépuscule). De plus, l'apparition des pluies au mois de juin, c'est-à-dire au dernier mois de l'enquête, laissait peu de chances de capturer ce moustique saisonnier. En effet, une étude conduite en Inde sur une période de deux ans montre que la densité d'*Ae. albopictus* est quasi nulle en saison sèche [24].

L'augmentation du nombre total d'*Ae. aegypti* adultes capturés chaque mois, bien que statistiquement non significative, est faiblement corrélée à l'augmentation des indices larvaires ( $r = 0,86$  ;  $p = 0,14$ ). Elle est liée aux températures ambiantes élevées qui prévalent en fin de saison sèche, mais ce n'est pas un indicateur prévisionnel d'épidémie. L'étude rétrospective de l'épidémie de DH/DHF survenue en 1998 au Vietnam avait montré que les pics de densité de moustiques observés d'août à novembre n'étaient pas corrélés avec l'ampleur de l'épidémie [25].

En revanche, les indices larvaires sont d'un niveau très élevé dès le mois de mars et leur augmentation au cours de la période d'étude est significative pour l'IR et l'IB, ce dernier atteignant 442 au mois de juin. Des valeurs aussi impressionnantes sont rarement rapportées dans la littérature, même en Asie du Sud-Est où les densités d'*Ae. aegypti* sont considérées comme les plus élevées au monde [19]. À Cixi, en Chine, un IB égal à 326 avait été relevé en 2004 au cours d'une épidémie de dengue transmise par *Ae. albopictus* avant de se stabiliser à moins de cinq après dix jours de lutte antilarvaire [27].

Des indices aussi élevés annoncent-ils une épidémie imminente de DF/DHF ? Si l'utilisation des indices stégomyiens peut avoir une bonne valeur prédictive des flambées épidémiques dans les zones de faible transmission, elle est controversée dans les régions endémiques où les densités vectorielles ne sont jamais faibles [23]. De plus, ces indices ne renseignent pas sur la productivité des gîtes. Ils ne prennent pas en compte la mortalité densité-dépendante qui affecte les stades préimaginaux et qui peut expliquer la dissociation constatée pendant la période d'étude entre l'élévation spectaculaire des indices larvaires et la faible augmentation du nombre d'adultes femelles. Une future enquête longitudinale devrait utiliser des indicateurs mieux corrélés au risque de transmission : l'IB pondéré, qui affecte à chaque type de gîte un coefficient de productivité, l'indice de productivité d'adultes et l'indice de haut risque entomologique qui dénombrent les *Ae. aegypti* en fin de stade préimaginal [28].

L'augmentation des indices larvaires pendant les trois mois précédant la mousson ne doit rien à la pluviométrie. Les principaux gîtes de ponte d'*Ae. aegypti* se trouvent à l'intérieur des habitations, constitués par différents types de réservoirs domestiques. Alors que, dans le Nord Vietnam comme en Inde, ce sont surtout des réservoirs artificiels en ciment [13,24], les jarres en terre sont ici les gîtes les plus fréquents et les plus productifs. Les citernes en ciment, souvent situées hors des maisons, sont régulièrement remplies,

mais elles sont difficiles à vidanger complètement en raison d'un manque d'évacuation appropriée. Elles offrent un gîte de multiplication pour le vecteur tout au long de l'année [26]. Il a été observé que les densités d'adultes et de larves d'*Ae. aegypti* ne présentaient pas de variations saisonnières significatives lorsque le nombre de gîtes de ponte situés à l'intérieur des habitations était trois fois supérieur au nombre de gîtes situés à l'extérieur [22]. Cela n'est toutefois pas vérifié dans notre étude où les densités larvaires ont augmenté de façon significative malgré la prédominance intradomiciliaire des gîtes de ponte.

Parmi les procédés de lutte antilarvaire utilisés, la couverture des réservoirs contribue à réduire le nombre de gîtes et le nombre moyen de larves [26]. Non seulement le couvercle empêche les moustiques femelles de déposer leurs œufs à l'intérieur du récipient, mais il évite que des matières organiques telles que les feuilles ou les insectes tombent dans l'eau et l'enrichissent en éléments nutritifs qui attirent les moustiques [14]. De même, les méthodes biologiques de lutte antilarvaire ont une certaine efficacité, comme cela a déjà été montré dans le Nord Vietnam [13,25]. Les *Mesocyclops* sont trouvés essentiellement dans les réservoirs artificiels parce que les villageois ont l'habitude de les remplir avec de l'eau puisée dans les ressources naturelles (rivières, lacs, puits) pour la stocker et l'utiliser en saison sèche. Ils sont plus rares dans les petites jarres et dans les seaux parce que ces récipients sont vidés régulièrement. En revanche, ils sont absents des gîtes potentiels d'*Ae. aegypti* que constituent les détritiques (pneus, tessons, boîtes de conserve) abandonnés autour des maisons. Les punaises *Micronecta* sont naturellement présentes, surtout dans les réservoirs non couverts et les détritiques, parce qu'elles volent d'un récipient à l'autre. Enfin, les poissons larvivores sont les prédateurs les plus rares puisqu'on ne les trouve que dans les réservoirs où les habitants les ont volontairement introduits. La présence simultanée de ces différents prédateurs peut limiter la multiplication des *Aedes* [17,18], mais nos résultats démontrent que ces moyens sont très insuffisants pour maintenir les densités vectorielles sous le seuil de sécurité théorique attesté par un IB égal à cinq et qu'il faudrait les associer à l'utilisation de larvicides dans le cadre d'une lutte intégrée.

La négativité des cultures de DENV à partir des moustiques et des larves s'explique par des raisons méthodologiques, entomologiques et épidémiologiques. Collecté sur une courte période avec des moyens limités, notre échantillon de moustiques adultes femelles (15 lots de dix spécimens) était trop petit pour pouvoir détecter une circulation de DENV en période pré-épidémique. La probabilité d'isoler un arbovirus chez *Ae. aegypti* exige un échantillon de grande taille. À titre de comparaison, une étude réalisée en Inde sur 3 640 spécimens répartis en 236 lots de un à 28 spécimens n'a trouvé que sept lots positifs en immunofluorescence indirecte, la plupart ayant été collectés tardivement, entre

les mois de septembre et décembre [24]. Suivant la période de collecte et la méthode de détection utilisée, les TIM peuvent varier considérablement, de 0,27 pour 1 000 en 1999 au Sénégal [5] à 91 pour 1 000 en 1990 dans l'État du Maharashtra [11]. De même, notre échantillon de 1 088 spécimens de larves d'*Ae. aegypti* avait peu de chances de donner des cultures positives, la transmission transovarienne des DENV étant rarement mise en évidence dans les conditions naturelles [3]. Une recherche similaire effectuée au Brésil sur 1 442 œufs d'*Ae. aegypti* recueillis sur pièges pondoirs s'était également avérée infructueuse [29]. La négativité des cultures pouvait aussi traduire l'absence de circulation de DENV dans cette région et annoncer une saison non épidémique. Il n'en fut rien : une épidémie de dengue a bien eu lieu dans la province de Ben Tre entre juin et septembre 2009, 3 109 cas de DF/DFH ayant été notifiés en quatre mois, soit 65 % de la totalité des cas notifiés au cours de l'année [données non publiées de l'institut Pasteur d'Hô Chi Minh-Ville]. Une future étude prospective des indices entomologiques en période pré-épidémique devra donc s'appuyer sur un plan d'échantillonnage plus large dans l'espace et plus étendu dans le temps afin d'accroître le nombre de collectes et de couvrir le début de la phase épidémique.

Le niveau très élevé des indices entomologiques d'*Ae. aegypti* et leur augmentation significative en fin de saison sèche dans la région de Ben Tre soulignent la nécessité de promouvoir une lutte antilarvaire efficace tout au long de l'année et de l'intensifier avant la saison des pluies. L'association de méthodes mécaniques (couverture des réservoirs, suppression des débris, colmatage des gîtes), biologiques (poissons larvivores et prédateurs naturels) et chimiques (utilisation de larvicides biodégradables) peut réduire les densités vectorielles à un niveau acceptable. Mais une telle stratégie de lutte intégrée doit s'inscrire dans la durée et bénéficier d'une participation active de l'ensemble de la communauté. Les programmes de prévention et de contrôle de la dengue impliquant les dirigeants locaux, les enseignants, les volontaires de santé et les écoliers encadrés par des professionnels de santé ont déjà fait la preuve de leur efficacité au Vietnam [13].

**Remerciements :** Ce travail a été financé par l'Agence universitaire de la francophonie (AUF) et par l'institut Pasteur de Hô Chi Minh-Ville, Vietnam.

**Conflit d'intérêt :** les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

## Références

- Anderson JR, Rico-Hesse R (2006) *Aedes aegypti* vectorial capacity is determined by the infecting genotype of dengue virus. *Am J Trop Med Hyg* 75(5):886–92
- Barbazan P, Yoksan S, Gonzalez JP (2002) Dengue hemorrhagic fever epidemiology in Thailand: description and forecasting of epidemics. *Microbes Infect* 4(7):699–705
- Chow VT, Chan YC, Yong R et al (1998) Monitoring of dengue viruses in field-caught *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes by a type-specific polymerase chain reaction and cycle sequencing. *Am J Trop Med Hyg* 58(5):578–86
- Cox J, Grillet ME, Ramos OM et al (2007) Habitat segregation of dengue vectors along an urban environmental gradient. *Am J Trop Med Hyg* 76(5):820–6
- Diallo M, Ba Y, Sall AA et al (2003) Amplification of the sylvatic cycle of dengue virus type 2, Senegal 1999–2000 entomologic findings and epidemiologic considerations. *Emerg Infect Dis* 9(3):362–7
- Gurukumar KR, Priyadarshini D, Patil JA et al (2009) Development of real time PCR for detection and quantitation of dengue viruses. *Virology J* 6:10.
- Ha DQ, Huong VT, Loan HTK et al (1994) Dengue haemorrhagic fever in the South of Vietnam during 1975–1992 and its control strategy. *Jap Trop Med* 36(4):187–201
- Ha DQ, Tien NT, Huong VT et al (2000) Dengue epidemic in Southern Vietnam, 1998. *Emerg Infect Dis* 6(4):422–5.
- Henchal EA, McCown JM, Seguin MC et al (1983) Rapid identification of Dengue virus isolates by using monoclonal antibodies in an indirect immunofluorescence assay. *Am J Trop Med Hyg* 32(1):164–9
- Huber K, Le Loan L, Hoang TH et al (2003) *Aedes aegypti* in South Vietnam: ecology, genetic structure, vectorial competence and resistance to insecticides. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 34(1):81–6
- Ilkal MA, Dhanda V, Hassan MM et al (1991) Entomological investigations during outbreaks of dengue fever in certain villages in Maharashtra state. *Indian J Med Res* 93:174–8
- InVS. Mise à jour dengue Asie du Sud-Est, 15 avril 2010 [http://www.invs.sante.fr/surveillance//dengue/asia\\_se\\_ocean\\_indien/pe\\_dengue\\_150410.pdf](http://www.invs.sante.fr/surveillance//dengue/asia_se_ocean_indien/pe_dengue_150410.pdf)
- Kay BH, Nam VS, Tien TV et al (2002) Control of *Aedes* vectors of dengue in three provinces of Vietnam by use of Mesocyclops (Copepoda), and community-based methods validated by entomologic, clinical and serological surveillance. *Am J Trop Med Hyg* 66(1):40–8
- Kling LJ, Juliano SA, Yee DA (2007) Larval mosquito communities in discarded vehicle tires in a forested and unforested site: detritus type, amount, and water nutrient differences. *J Vector Ecol* 32(2):207–17
- Kow CY, Koon LL, Yin PF (2001) Detection of dengue viruses in field caught male *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Singapore by type-specific PCR. *J Med Entomol* 38(4):475–9
- Ministry of Health, Vietnam (2003) Guide of the monitoring, diagnosis and treatment of fever dengue and hemorrhagic fever dengue. 1–28
- Nam VS, Kay B, Yen NT et al (2004) Community mobilization, behaviour change and biological control in the prevention and control of dengue fever in Viet Nam. *Dengue Bulletin*, 28(Suppl.):57–61
- Nam VS, Yen NT, Holynska M et al (2000) National progress in dengue vector control in Vietnam: survey for Mesocyclops (Copepoda), Micronecta (Corixidae) and fish as biological control agents. *Am J Trop Med Hyg* 62(1):5–10
- OMS (1972) Système de surveillance mondiale des vecteurs. *Relevé Epidemiol Hebd* 47:73–84
- OMS (1999) Prevention and Control of Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever: Comprehensive Guidelines. WHO Regional Publications, SEARO N° 29

21. OMS (2008) Plan stratégique de lutte contre la dengue dans la région Asie-Pacifique. WPR/RC59/8
22. Romero-Vivas CM, Falconar AK (2005) Investigation of relationships between *Aedes aegypti* egg, larvae, pupae, and adult density indices where their main breeding sites were located indoors. *J Am Mosq Control Assoc* 21(1):15–21
23. Sanchez L, Cortinas J, Pelaez O et al (2010) Breteau Index threshold levels indicating risk for dengue transmission in areas with low *Aedes* infestation. *Trop Med Int Health* 15(2):173–5
24. Tewari SC, Thenmozhi V, Katholi CR et al (2004) Dengue vector prevalence and virus infection in a rural area in South India. *Trop Med Int Health* 9(4):499–507
25. Tien NTK, Ha DQ, Tien TK, Quang LC (1999) Predictive indicators for forecasting epidemic of dengue/dengue haemorrhagic fever through epidemiological, virological and entomological surveillance. *Dengue Bulletin* 23:44–50
26. Wongkoon S, Jaroensutasinee M, Jaroensutasinee K, Preechaporn W (2007) Development sites of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* in Nakhon Si Thammarat, Thai. *Dengue Bulletin* 31:141–52
27. Yang T, Lu L, Fu G et al (2009) Epidemiology and vector efficiency during a dengue fever outbreak in Cixi, Zhejiang Province, China. *J Vector Ecol* 34(1):148–54
28. Yébakima A (1996) Lutte contre *Aedes aegypti* en Martinique apport des études entomologiques. *Bull Soc Pathol Exot* 89 (2):61–2
29. Zeidler JD, Acosta PO, Barrêto PP, Cordeiro Jda S (2008) Dengue virus in *Aedes aegypti* larvae and infestation dynamics in Roraima, Brazil. *Rev Saude Publica* 42(6):986–91