

CONTRIBUTION À LA GESTION DURABLE DU BASSIN VERSANT DU WOURI PAR
UNE ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DE SA FAUNE CULICIDIENNE
(LITTORAL-CAMEROUN)Arthur MBIDA MBIDA^{1*}, Patrick NTONGA AKONO¹, Parfait AWONO-AMBENE²,
Hermann SIMO WOPO¹, Abdou TALIPOUO^{1,2}, Romeo TCHOFFO FOBASSO¹, Alain DONGMO¹,
Gustave LEHMAN¹ & Remy MIMPFOUNDI³

¹Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes animaux, Université de Douala, BP 24157, Douala, Cameroun. E-mails: mbidajean@yahoo.fr; patakono2000@yahoo.fr; lewopuw@gmail.com; abdoutalipouo@yahoo.fr; tchofforomo@yahoo.fr; alainberd@yahoo.fr; iblehman@yahoo.fr

²Laboratoire de Recherche sur le Paludisme, Organisation de Coordination pour la lutte Contre les Endémies en Afrique Centrale (OCEAC), P.O. Box 288, Yaoundé, Cameroun. E-mail: hpaawono@yahoo.fr

³Laboratoire de Biologie Générale, Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun. E-mail: remymimpfoundi@yahoo.fr

* Auteur correspondant. Email : mbidajean@yahoo.fr

SUMMARY.— *Contribution to the sustainable management of the Wouri watershed by a study of the distribution of its culicidian fauna (Littoral-Cameroon).*— A comparative study of the culicidian diversity and productivity of the Wouri River and its shoreline has been carried out to evaluate the possibility of preserving the water course from a "larviciding" which will affect fishery resources during anti-larval campaigns. The study stations on the Wouri River and the larval breeding sites on its bank have been mapped, their culicidian productivity as well as their physico-chemical parameters measured. The sampled mosquitoes were identified morphologically and those of the *Anopheles gambiae* complex by molecular biology. Eight types of breeding sites were recorded on the bank with a higher frequency of artificial lodges with significantly higher culicidian productivity than natural deposits. The culicidian communities of the Wouri River and its shore had a specific similarity. However, 93 % of all mosquitoes sampled and 94 % of the malaria vectors identified came from the shoreline. The preservation of the Wouri River could be envisaged during the "larviciding" campaigns in view of its culicidian productivity, its ecological and socio-economic importance.

RÉSUMÉ.— Une étude comparative entre la diversité et la productivité culicidiennes du fleuve Wouri et celles de sa rive a été menée pour évaluer la possibilité de préserver le cours d'eau d'un "larviciding" qui affecterait les ressources halieutiques lors des campagnes anti-larvaires. Les stations d'étude sur le fleuve Wouri et les gîtes larvaires de sa rive ont été cartographiés, leur productivité culicidienne ainsi que leurs paramètres physico-chimiques mesurés. Les moustiques échantillonnés ont été identifiés morphologiquement et ceux du complexe *Anopheles gambiae* par la biologie moléculaire. Huit types de gîtes larvaires ont été répertoriés sur la rive avec une fréquence plus élevée des gîtes artificiels dont la productivité culicidienne était significativement plus élevée que celle des gîtes naturels. Les communautés culicidiennes du fleuve Wouri et de sa rive présentaient une similarité spécifique. Cependant 93 % de l'ensemble des moustiques échantillonnés et 94 % des vecteurs du paludisme identifiés provenaient de la rive. La préservation du fleuve Wouri pourrait être envisagée lors des campagnes de "larviciding" compte tenu de sa productivité culicidienne, de son importance écologique et socio-économique.

Le bassin versant du Wouri est une zone humide favorable à la prolifération d'une flore et d'une faune diversifiées qui compte plusieurs espèces culicidiennes (PANGIRE, 2009) causes de nuisances et vectrices d'arboviroses, de filarioses et autres parasitoses. Dans les zones infestées par les moustiques dans le monde, environ 120 millions de personnes sont infectées chaque année par les filaires, 50 millions par les arbovirus et 198 millions par le plasmodium responsable du paludisme (Paty *et al.*, 2014 ; OMS, 2014). L'intérêt écologique des Culicidés est de plus en plus évoqué ; ils interagissent dans la chaîne alimentaire comme proies de nombreux animaux tels les grenouilles, les araignées, les salamandres, les oiseaux et les poissons ; ils contribuent à

l'épuration des milieux aquatiques naturels par le recyclage de la matière organique en se nourrissant de micro-organismes et de feuilles en décomposition ; et ils polonisent les fleurs des plantes favorisant ainsi la biodiversité végétale (Henry, 2016). La gestion durable des zones humides doit faire la part entre les risques sanitaires engendrés par les collections d'eau, gîtes larvaires de culicidés et la conservation de la biodiversité de ces écosystèmes. L'une des approches pour optimiser la lutte anti-larvaire tout en conservant la biodiversité dans les zones humides est d'étudier la bio-écologie des vecteurs pour identifier les collections d'eau présentant un risque sanitaire à traiter en priorité en préservant les sites avec un intérêt sanitaire moindre. Les moustiques sont à la fois exophages et endophages (Fontenille *et al.*, 2005), capables de transmettre les maladies à l'extérieur et à l'intérieur des maisons malgré l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide, la stratégie de lutte anti-vectorielle de première intention au Cameroun. Une lutte anti-larvaire menée efficacement peut permettre de protéger les populations humaines à la fois contre les moustiques endophages et exophages ; cependant elle n'est pas mise en œuvre au Cameroun et dans bien d'autres pays, en grande partie faute de données relatives aux gîtes larvaires. La connaissance de la typologie des gîtes larvaires de Culicidés, leurs caractéristiques physico-chimiques, leur biodiversité, leur productivité et leur localisation sont nécessaires pour le développement d'un programme efficace de lutte anti-larvaire qui tienne compte des paramètres écologiques (Himmi *et al.*, 2007 ; Djobenou *et al.*, 2009). Quelques études ont déjà été menées sur les gîtes larvaires de culicidés dans la zone de Douala (Antonio-Nkondjio *et al.*, 2011 ; Mbida Mbida *et al.*, 2017) mais aucune sur l'écologie des Culicidés du fleuve Wouri malgré son importance écologique, social et économique. La présente étude compare la biodiversité et l'abondance culicidienne du fleuve Wouri à celle de sa rive. Elle guidera la décision d'effectuer ou non un "larviciding" dans le fleuve Wouri, au risque de menacer la biodiversité non cible en général et les ressources halieutiques en particulier.

MATÉRIEL & MÉTHODES

ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans la ville de Douala (4° 03'N et 9° 42'E), capitale économique du Cameroun, dans la zone phytogéographique Congo-guinéenne (Suchel, 1987). Le climat est équatorial humide caractérisé par une saison sèche, de décembre à mai et une saison des pluies, de juin à novembre où les mois d'août et de septembre sont les plus pluvieux (Suchel, 1987). L'humidité relative atteint des maximums de 99 % en saison des pluies et 80 % en saison sèche. Le réseau hydrographique est constitué d'un fleuve principal, le Wouri encadré par les fleuves Sanaga, Dibamba, Mounjo et Nyong. Le sol est globalement de nature ferrallitique pour les parties émergées et de type hydromorphe sablo-limoneux en bordure côtières (Awalou *et al.*, 2014). La végétation primitivement forestière s'est dégradée sous l'action anthropique, elle est composée essentiellement des graminées, d'arbustes, d'arbres fruitiers, d'espèces cultivables et de mangroves autour du Wouri (Awalou *et al.*, 2014). La population est cosmopolite avec des personnes venant de toutes les régions du Cameroun (BUCREP, 2010). Les 14 stations d'étude sur le Wouri sont réparties dans cinq quartiers de la ville de Douala (Bonamoussadi, Akwa-Nord, Deido, Bonabéri et Youpwe). On y trouve au rivage de chaque station, de nombreuses collections d'eau qui constituent des gîtes larvaires potentiels des moustiques.

PROSPECTION ET CARTOGRAPHIE DES GÎTES LARVAIRES

L'étude s'est déroulée de septembre 2014 à janvier 2015 pendant les saisons pluvieuse et sèche. Les prospections des stations d'étude sur le Wouri (Fig.1) et des gîtes larvaires (collections d'eau présentant des stades pré-imaginaux) sur la rive ont consisté à parcourir la rive du fleuve Wouri entre les quartiers Bonamoussadi et Youpwe. Les stations d'étude retenues étaient dans les sites accessibles du fleuve distants d'au moins 100 mètres. Les stations et les gîtes larvaires identifiés ont été géoréférencés et décrits. Les données ont été importées dans le logiciel de cartographie ArcGIS version 10.1 (Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, U.S.A) afin de les positionner sur une carte.

DÉTERMINATION DES ESPÈCES ET DE LA PRODUCTIVITÉ DES GÎTES LARVAIRES

Les larves de moustiques ont été échantillonnées selon la technique du "dipping" (Service, 1993). La détermination de la productivité larvaire a été standardisée en dénombrant le nombre de larves de moustiques dans un volume d'eau connu. Dans les gîtes de faible capacité, la productivité larvaire a été déterminée en dénombrant les larves prélevées, tous stades

confondus, après une série de 5 louchées de 200 ml pour un volume total d'un litre. Dans les gîtes de grande capacité, les larves ont été échantillonnées à l'aide d'un seau de 10 litres et la productivité déterminée après une série de 5 "dipping". Les larves collectées ont été classées par gîtes et élevées dans un insectarium jusqu'au stade adulte selon la méthode de Desfontaine *et al.* (1991). Les adultes émergés ont été morphologiquement identifiés selon les clés de Holstein (1949), Gillies & De Meillon (1968), Gillies & Coetzee (1987) pour les *Anophelinae* et celle d'Edwards (1941) pour les *Culicinae*. Les espèces du complexe *Anopheles gambiae* ont été identifiées par la « polymérase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) » de Fanello *et al.* (2002). Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multi-paramètre de terrain de marque WATERPROOF® (PCSTestr 35).

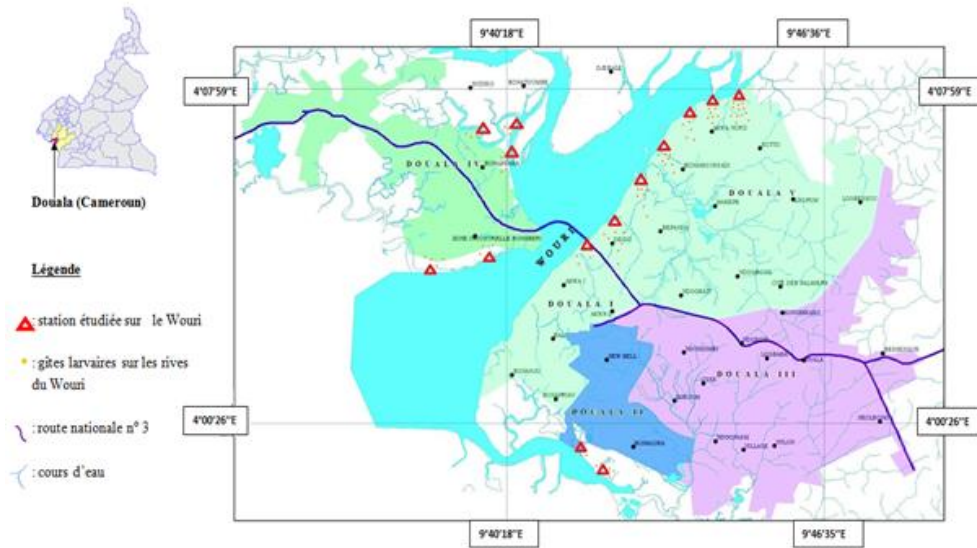


Figure 1.— Carte de la ville de Douala localisant les stations étudiées sur le Wouri et les gîtes larvaires de sa rive.

ANALYSE DES DONNÉES

La probabilité exacte de Fisher et l'Analyse Ordonnée de la Variance (ANOVA) ont été utilisées pour comparer les proportions et les moyennes. La corrélation de Spearman a été utilisée pour étudier l'effet des paramètres physico-chimiques sur la productivité larvaire. Le seuil de signification a été une probabilité $P < 0,05$. La biodiversité a été appréciée en utilisant les indices de Shannon-Weaver (H') (Shannon, 1948 ; Shannon & Weaver, 1963) et de Simpson (λ) (Simpson, 1945) ci-dessous. S représente la taille de l'échantillon, n l'effectif total de l'espèce et n_i l'effectif des espèces de rang i :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \text{Log}_2 \left(\frac{n_i}{n} \right) \right] \quad \lambda = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$

Le degré de similarité entre les communautés spécifiques des deux sites a été évalué par l'indice de Jaccard donné par la relation : $J\% = c/(a+b-c)$ où a = nombre d'espèces au rivage, b = nombre d'espèces dans le Wouri, c = nombre d'espèces communes aux deux sites (Marcon, 2016), et le profil de diversité de Renyi (H_α) (Kindt *et al.*, 2006).

$$H_\alpha = \frac{\text{Log} \sum_{i=1}^S P_i^\alpha}{1 - \alpha} \quad (\alpha = 0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; \infty)$$

CONSIDÉRATION ÉTHIQUE

La clairance éthique pour cette étude avait été obtenue du Comité national d'éthique du Cameroun et les travaux ont été effectués avec l'autorisation des autorités locales.

RÉSULTATS

FRÉQUENCE, PÉRENNITÉ ET DYNAMIQUE DES GÎTES LARVAIRES DE CULICIDÉS SUR LA RIVE DU WOURI

Au total 200 gîtes larvaires catégorisés en huit types ont été répertoriés au cours de cette étude. Il s'agit des empreintes de pas (0,5 %, $n = 1$), des récipients abandonnés (4,0 %, $n = 8$), des

pirogues (6,5 %, n = 13), des puisards d'eau (7,0 %, n = 14), des empreintes de pneu (10,5 %, n = 21), des caniveaux (14,5 %, n = 29), des mares (18,5 %, n = 37) et des pneus abandonnés (38,5 %, n = 77). La fréquence des pneus abandonnés était la plus élevée (P = 0,02).

La fréquence des gîtes larvaires permanents (85 %, n = 170) représentés par les pirogues abandonnées, les puisards d'eau, les caniveaux non aménagés, les pneus abandonnés et les mares était significativement plus élevée que celle des gîtes temporaires (15 %, n = 30) représentés par les récipients abandonnés, les empreintes de pas et les empreintes de pneu (P = 0,04). Les gîtes larvaires étaient significativement plus fréquents durant la saison pluvieuse (68 %, n = 136) qu'en saison sèche (32 %, n = 64) (P = 0,01).

DIVERSITÉ ET RICHESSE SPÉCIFIQUE DE LA FAUNE CULICIDIENNE DU WOURI ET DE SA RIVE

Le tableau I compare les espèces culicidiennes collectées, leur fréquence et les indices de diversité entre le Wouri et sa rive. Un total de 2260 moustiques appartenant à quatre genres et onze espèces ont été collectés. L'échantillon était constitué du genre *Culex* (65,6 %, n = 1482), du genre *Aedes* (19,8 %, n = 447), du genre *Anopheles* (14,2 %, n = 321) et du genre *Mansonia* (0,4 %, n = 10). Deux vecteurs, *Anopheles coluzzii* présent sur la rive et le fleuve et *Anopheles moucheti* présent uniquement sur la rive ont été répertoriés ; 94 % (n = 302) de l'ensemble des vecteurs du paludisme ont été collectés au niveau de la rive. L'analyse des indices de Shannon-Weaver calculé dans les deux sites (H' = 1,41 dans le Wouri et H' = 1,53 au rivage) et de Simpson (0,36 dans le Wouri et 0,28 au rivage) sont toutefois proches. Par ailleurs l'indice de similarité de Jaccard (72 %) montre qu'il y a une forte ressemblance spécifique entre les communautés dans ces deux milieux. Cette ressemblance s'observe également lorsqu'on compare les profils de biodiversité alpha de Reiny des deux sites qui ont la même allure (Fig. 2); ce qui ne permet pas de dire si l'un des sites est plus diversifié que l'autre.

TABLEAU I

Fréquence et diversité de la faune culicidienne du Wouri et de sa rive

Espèces	Total		Wouri		Rive		Analyse
	n	%	n	%	n	%	
<i>An. gambiae</i> s.l.	276	12	19	12	257	12,2	
<i>An. moucheti</i>	45	2	0	0	45	2,1	
<i>Ae. aegypti</i>	300	13,3	15	9,4	285	13,6	
<i>Ae. albopictus</i>	139	6,2	10	6,3	129	6,2	
<i>Ae. vexans</i>	8	0,4	5	3,1	3	0,1	
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	1203	53,1	95	59,7	1108	52,7	
<i>Cx. tigripes</i>	200	8,9	5	3,1	195	9,3	
<i>Cx. poicilipes</i>	72	3,4	3	2	69	3,3	
<i>Cx. duttoni</i>	7	0,3	7	4,4	0	0	
<i>Mansonia</i> sp.	10	0,4	0	0	10	0,5	
Total	2260		159		2101		
Richesse en espèces	10		9		10		
Shannon			1,41		1,53		Diversité proche
			[1,40-1,42]		[1,52-1,54]		
Simpson			0,36		0,28		Diversité proche
			[0,35-0,37]		[0,27-0,29]		
Jaccard			72%				Communautés similaires

L'indice de Simpson calculé pour chaque type de gîte et qui tient compte de l'équipartition des différentes espèces variait significativement d'un type de gîte à l'autre (P = 0,006). Cet indice était plus élevé dans les empreintes de pneu ($\lambda = 0,2$), tandis que la valeur la plus faible était enregistrée dans les empreintes de pas ($\lambda = 0$) (Fig. 3).

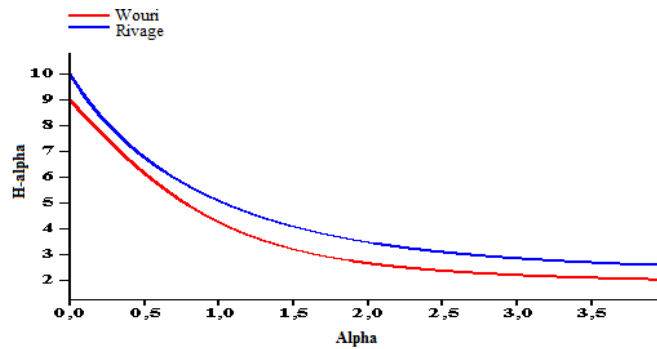


Figure 2.— Profils de diversité du Wouri et de son rivage basés sur les séries H-alpha de Rényi.

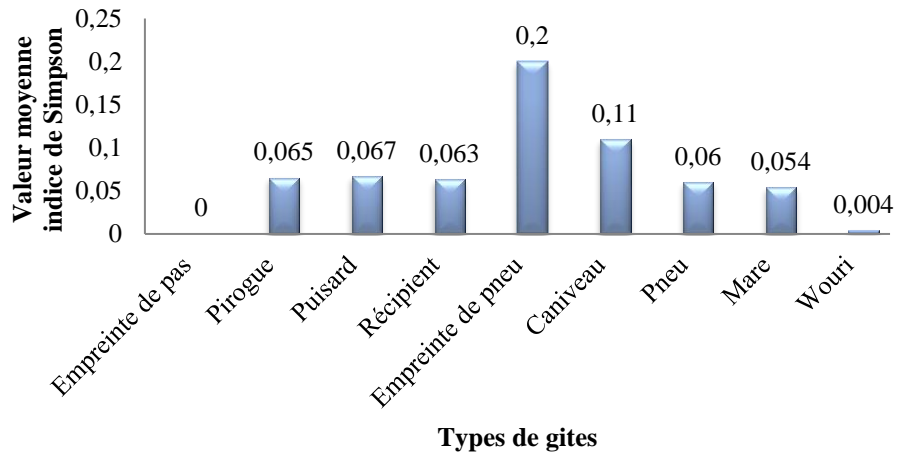


Figure 3.— Indice de diversité culicidienne de Simpson selon les gîtes larvaires.

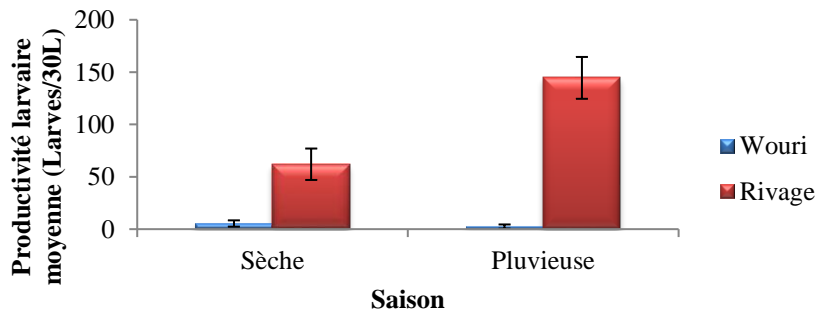


Figure 4.— Productivité culicidienne globale du Wouri et de sa rive selon la saison

PRODUCTIVITÉ CULICIDIENNE DU WOURI ET DE SA RIVE

La productivité larvaire culicidienne était significativement plus importante sur la rive (163 ± 19 larves/30L) que dans le fleuve Wouri (6 ± 3 larves/30L) ($P < 0,0001$), durant aussi bien la saison sèche (62 ± 15 larves/30L sur la rive ; $5,4 \pm 3$ larves/30L dans le Wouri) ($P = 0,01$) que la

saison pluvieuse ($144,5 \pm 20$ larves/30L sur la rive ; $2,5 \pm 2$ larves/30L dans le Wouri) ($P < 0,0001$) (Fig.4).

EFFETS DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES SUR LA PRODUCTIVITÉ CULICIDIENNE

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques étaient significativement plus élevées dans le cours d'eau en ce qui concerne la conductivité ($p = 0,02$), la salinité ($p = 0,03$) et le taux de solubilité ($p = 0,01$) tandis qu'il n'y avait pas de différences significatives pour le pH ($p = 0,21$) et la température ($p = 0,41$) (Tab. II).

TABLEAU II

Valeurs moyennes des paramètres physicochimiques du Wouri et de sa rive

Site	T (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Salinité (Ppt)	TDS (mg/L)
Wouri	28,47±2,2	7,7±0,7	350,4±28,2	207,2±15,4	233,33±17
Rive	28,23±1,6	7,5±0,8	149,13±29	163±18,3	171±15,9
Valeur de P	0,41	0,21	0,02*	0,03*	0,01*

* : Valeur significative ; T : température ; TDS : Taux de solubilité

La productivité larvaire des gîtes était corrélée positivement de manière significative à la température et au pH pour les Anophelinés et apparemment négativement, mais de manière non significative, pour les Culicinés (Tab. III). En revanche, si elles apparaissaient corrélées positivement à la salinité, à la conductivité électrique et au taux de solubilité pour les genres *Anopheles*, *Culex* et *Mansonia* et négativement pour le genre *Aedes* (Tab. III), ces corrélations n'étaient toutefois pas significatives.

TABLEAU III

Corrélation entre les paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires et la productivité des genres de Culicidés ($r =$ corrélation de Spearman ; $p =$ valeur de P)

	Température		pH		Conductivité électrique		Salinité		Taux de Solubilité	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Productivité <i>Anopheles</i>	0,2	0,001	0,2	0,007	0,2	0,03	0,1	0,1	0,2	0,03
Productivité <i>Culex</i>	-0,03	0,6	-0,06	0,4	0,1	0,06	0,1	0,2	0,1	0,2
Productivité <i>Aedes</i>	-0,08	0,2	-0,1	0,2	-0,01	0,9	-0,02	0,8	-0,03	0,6
Productivité <i>Mansonia</i>	-0,06	0,4	-0,04	0,5	0,1	0,2	0,05	0,4	0,04	0,6

DISCUSSION

L'objectif général de cette étude était de comparer la biodiversité et la productivité culicidienne du fleuve Wouri à celle de sa rive dans le but d'identifier les gîtes larvaires à prioriser et à préserver lors des "larviciding" pour une gestion durable du site étudié. La méthode d'échantillonnage des larves par "dipping" et leur culture pour l'identification spécifique des adultes qui ont émergé ne permet pas à coup sûr de dresser la liste exhaustive des espèces culicidiennes présentes et une mesure précise de la productivité des gîtes larvaires, cependant elle a l'avantage d'être standardisable et peu coûteuse.

Au cours de ces travaux huit types de gîtes larvaires ont été répertoriés sur la rive du fleuve ; la formation des petites collections d'eau qui les constituent y était favorisée par la régularité des pluies et la présence des réceptacles déposés par l'homme ou créés par ses activités. Les gîtes d'origine artificielle, formés à partir de réceptacles déposés par l'homme étaient plus fréquents que les autres gîtes (empreinte de pas, empreinte de pneus, mares, caniveaux non aménagés) ; le sol sablonneux sur la rive n'était pas favorable à la rétention d'eau nécessaire à la constitution de gîtes larvaires naturels. La prédominance des gîtes artificiels surtout des pneus usagés et abandonnés, permet d'envisager qu'un assainissement par simple enlèvement de ces gîtes pourrait baisser drastiquement les densités culicidiennes sur la rive. Durant la saison des pluies où la fréquence des

gîtes larvaires est plus élevée comme l'avaient montré Diop *et al.* (1998), une logistique plus importante sera nécessaire pour la lutte anti-larvaire. La fréquence élevée des gîtes permanents (85 %, n = 170) favorise le renouvellement permanent de la population de culicidés dans le site ; leur durée facilite leur cartographie et leur prise en compte lors des opérations de lutte. La présence d'anophèles dans les gîtes artificiels comme l'avaient observé Mbida Mbida *et al.* (2017) dans l'estuaire du Wouri, Gouagna *et al.* (2011) sur l'île de la Réunion et Hadji *et al.* (2013) à Sidjislmane au Maroc, suggère leur prise en compte lors des activités de lutte contre le paludisme.

Onze espèces culicidiennes ont été répertoriées au cours de cette étude, soit dix espèces sur la rive et neuf dans le fleuve. La diversité des gîtes larvaires et les conditions climatiques étaient favorables à la diversification et à la prolifération de la faune culicidienne (Hadji *et al.*, 2013). L'indice de similarité de Jaccard (72 %) montrait qu'il y avait une forte ressemblance spécifique entre les communautés culicidiennes du fleuve et celles de la rive. Les espèces échantillonnées avaient déjà été décrites dans la zone de Douala par Mouchet & Gariou (1963), Mbida Mbida *et al.* (2017) et Talipouo *et al.* (2017). La présence d'*Anopheles moucheti*, qui est normalement inféodé à la zone forestière (Djogbenou *et al.*, 2009), peut s'expliquer par le fait que ce vecteur profite de la dégradation progressive, suite aux grands travaux, de l'environnement forestier au Cameroun, pour agrandir son implantation dans de nouveaux faciès écologiques. La sous-famille des Anophelinés (14,2 %) était moins abondante que celle des Culicinés (86 %). L'urbanisation du milieu, caractérisée par des collections d'eau polluées par les déchets ménagers et industriels ainsi que la fréquence élevée des gîtes artificiels, est favorable au développement des Culicinés au détriment des Anophelinés. Ce résultat est en accord avec ceux d'Antonio-Nkondjo *et al.* (2010) et de Talipouo *et al.* (2017) qui ont souligné la prédominance des Culicinés dans la zone urbaine de Douala. *Culex quinquefasciatus* était l'espèce la plus fréquente dans les principaux types de gîtes larvaires. Cette espèce présente une remarquable capacité d'adaptation aux conditions physico-chimiques et biotiques de ces différents milieux. Les espèces culicidiennes collectées montrent qu'elles colonisent une large gamme de gîtes larvaires ; cette large répartition reflèterait le choix d'oviposition des femelles plutôt qu'une capacité de survie des larves (Clements, 1963) ; ainsi le tropisme des femelles gravides conditionnerait en grande partie les espèces de moustiques trouvées dans les différents types de gîtes larvaires.

Les paramètres physico-chimiques tels que la salinité, la conductivité et le taux de solubilité étaient significativement plus élevés dans le cours d'eau que dans les gîtes larvaires de la rive ; les remontées marines augmenteraient la salinité du fleuve dont la forte concentration en sel favoriserait le choix de la rive par les femelles gravides pour les pontes.

La productivité larvaire du genre *Anopheles* était corrélée positivement et de façon significative à la température ; ce résultat corrobore ceux de Louah *et al.* (1995), Himmi *et al.*, (2007) et Antonio-Nkondjo *et al.* (2011) ; les anophèles affectionnent les collections d'eau ensoleillées. La température régit la presque totalité des réactions chimiques et biochimiques nécessaires au développement des culicidés et le développement larvaire augmente avec la température (Subra, 1973 ; Berchi *et al.*, 2006). La productivité larvaire des genres *Culex*, *Anopheles* et *Mansonia* était corrélée positivement, mais de manière non significative, à la salinité, à la conductivité et au taux de solubilité. Il a été montré que le genre *Culex* affectionne les gîtes larvaires riches en matière organique (Oulilalami *et al.*, 2011 ; Louah, 1995) et s'adapte à des milieux pollués avec une forte ionisation (Louah *et al.*, 1995 ; Himmi, 2007 ; Ouali Lalami *et al.*, 2010). *An. coluzzii* du complexe d'espèces *Anopheles gambiae* a également la capacité de s'adapter aux gîtes larvaires riches en matières organiques et fortement minéralisés (Mbida Mbida *et al.*, 2017). Contrairement aux observations de Darriet *et al.*, (1998) et Zehhar *et al.* (2009) selon lesquelles le genre *Aedes* affectionnerait les eaux polluées où la salinité et le pH sont élevés, sa productivité larvaire était corrélée négativement, mais certes de façon non significative, au pH, à la conductivité, à la salinité et au taux de solubilité.

Au final, quelle que soit la saison, la productivité culicidienne des gîtes larvaires de la rive était plus élevée que celle du fleuve ; les culicidés affectionnent les eaux stagnantes et calmes (Himmi, 2007) caractéristiques des gîtes larvaires de la rive. Les mouvements limnologiques du fleuve n'étaient pas favorables aux espèces culicidiennes présentes dans le site ; les mouvements des marées sont également désavantageux pour les pontes des femelles ; les larves et nymphes produites sont immédiatement emportées par les eaux. C'est ainsi que 93 % (n = 2101) de l'ensemble des moustiques et 94 % (n = 302) de l'ensemble des vecteurs du paludisme échantillonnés au cours de cette étude provenaient des gîtes larvaires de la rive présageant *a priori* un risque sanitaire plus important sur la rive que dans le cours d'eau. Une telle concentration de moustiques et de vecteurs du paludisme sur la rive permet de prioriser ce site lors des campagnes de lutte anti-larvaire. Elle permet également, compte tenu de l'importance écologique et socio-économique du cours d'eau, d'envisager sa préservation d'un "larviciding" dont les répercussions écologiques seraient plus importantes que sur la rive où il est possible de bien circonscrire les différents gîtes larvaires.

REMERCIEMENTS

Ce travail résulte de la collaboration entre l'Université de Douala, l'Université de Yaoundé I et l'OCEAC. Les auteurs remercient les populations et les chefs des quartiers Bonamoussadi, Akwa-Nord, Deido, Bonabéri et Youpwe pour leur collaboration ainsi que deux relecteurs anonymes pour leurs commentaires constructifs.

RÉFÉRENCES

- ANTONIO-NKONDJIO, C., FOSSOG, B.T., NDO, C., DJANTIO, B.M., TOGOUET, S.Z., AWONO-AMBENE, P., COSTANTINI P., WONDJI, C. & RANSON, H. (2011).— *Anopheles gambiae* distribution and insecticide resistance in the cities of Douala and Yaounde (Cameroon): influence of urban agriculture and pollution. *Malar. J.*, 10: 154-167.
- AWALOU, M., DJAKBA, S. & NGUETNKAM, S. (2014).— Morphologie, physicochimie et érodibilité des sols sous cultures, sous jachères et sous végétation naturelle au Cameroun. *I.S.S.*, 10 : 29-225.
- BARBAULT, R. (1992).— *Écologie des peuplements: Structure, dynamique et évolution*. Paris: Masson.
- BERCHI, S. (2000).— *Bio-écologie de Culex pipiens L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés*. Thèse de doctorat en Biologie Animale, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- BUCREP (2010).— *Troisième recensement général de la population et de l'habitat : Rapport de présentation des résultats définitifs*. République du Cameroun. www.burcrup.cm/index.php/fr/re.
- CLEMENTS, A.N. (1963).— *The physiology of mosquitoes*. Pergamon Press, Oxford & New York.
- C.L.U.V.A. (2010).— *Changements climatiques et vulnérabilité des villes africaines*. Rapport.
- DARRIET, F. (1998).— *La lutte contre les moustiques nuisant et vecteurs de maladies: l'évaluation de nouveaux insecticides utilisables contre les moustiques en Afrique tropicale*. KARTHALA Editions, ORSTOM.
- DARRIET, F., ROBERT, V. & CARNEVALE, P. (1986).— Nouvelles perspectives de lutte contre *Culex quinquefasciatus* dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Congrès « *L'eau, la Ville et le Développement* ». I.S.T.E.D Marseille.
- DESFONTAINE, M.A., TCHIKANGWA, I., LE GOFF, G., ROBERT, V. & CARNEVALE, P. (1991).— Influence de l'alimentation des larves d'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) sur le développement préimaginal en insectarium. *Bull. Liais. Doc. - Océac.*, 98: 12-14.
- DIOP, T.A., SIMONEAU, P., DALPE, Y., PLENCHETTE, C., & STRULLU, D.G. (1998).— Biodiversité et variabilité génétique des Glomales associés à *Acacia albida* au Sénégal. Pp 405-422 in: *L'acacia au Sénégal*. ORSTOM, Paris.
- DJOGBENOU, L. (2009).— Lutte antivectorielle contre le paludisme et résistance des vecteurs aux insecticides en Afrique. *Méd. Trop.*, 69: 160-164.
- FANELLO, C., SANTOLAMAZZA, F. & DELLA, T.A. (2000).— A simultaneous identification of species and molecular forms of the *Anopheles gambiae* complex by PCR-RFLP. *Med. Vet. Entomol.*, 16: 461-5.
- FONTENILLE, D., COHUET, A., AWONO-AMBENE, P., KENGNE, P., ANTONIO-NKONDJIO, C., WONDJI, C., & SIMARD, F. (2005).— Vecteurs de paludisme: du terrain à la génétique moléculaire. *Recherches en Afrique. R.E.S.P.*, 53: 283-290.
- GILLIES, M.T. & COETZEE, M. (1987).— A supplement to the Anophelinae of Africa south of the Sahara. *S. Afr. Inst. Med. Res.*, 55: 1-143.

- GILLIES, M.T. & DE MEILLON, B. (1968).— The Anophelinae of Africa south of the Sahara. *S. Afr. Inst. Med. Res.*, 54: 343.
- GOUAGNA, L.C., DEHECQ, J.S., GIROD, R., BOYER, S., LEMPÉRIÈRE, G. & FONTENILLE, D. (2011).— Spatial and temporal distribution patterns of *Anopheles arabiensis* breeding sites in La Reunion Island - multi-year trend analysis of historical records from 1996-2009. *Parasites & Vectors*, 4: 121.
- HADJI, M., BELGHYTI, D., EL ASSAL, M., ELOMARI, F. & RAHMOUN, H. (2013).— Étude entomologique, physico-chimique des gîtes larvaires de *Anopheles*, *Culex*. *Science Lib.*, 5:13020626.
- HIMMI, O. (2007).— *Les Culicidés (Insectes, Diptères) du Maroc : systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes*. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des sciences, Université Mohammed V, Maroc.
- HOLSTEIN, M. (1949).— *Guide pratique de l'anophélisme en A.O.F.* Dakar, Direction générale de la Santé publique.
- LALAMI, A.E.O., EL HILALI, O., BENLAMLIH, M., MERZOUKI, M., RAISS, N., KORAICHI, S.I., & HIMMI, O. (2010).— Étude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires des localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bull. Inst. Scient., Rabat, section Sciences de la Vi*, 32 :119-127.
- LOUAH, M. (1995).— *Écologie des Culicidae (Diptères) et état du paludisme dans la péninsule de Tanger*. Thèse de Doctorat d'État ès sciences, Université de Tétouan, Maroc.
- MARCON, E. (2016).— *Mesurer la biodiversité et la structuration spatiale*. Mathématiques, Université de Guyane.
- MBIDA MBIDA, A.M., ETANG, J., NTONGA AKONO, P., MOUKOKO, C.E., AWONO-AMBENE, P., TAGNE, D., TALIPOUO, A., EKOKO, W., BINYANG, J.R., TCHOFFO, R., LEHMAN, G. & MIMPFOUNDI, R. (2017).— Nouvel aperçu sur l'écologie larvaire d'*Anopheles coluzzii* Coetzee et Wilkerson, 2013 dans l'estuaire du Wouri, Littoral-Cameroun. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 110: 92-101.
- O.M.S. (2014).— *Les maladies à transmission vectorielle dans le monde*. www.who.int/campaigns/world-health-day/2014/fact-sheets/fr.
- PANGIRE. (2009).— *Plan d'action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eaux*. Rapport d'activité.
- PATY, M.-C., NOËL, H., SEPTFONS, A., DE VALK, J., FRANCK, F., COCHET, A., SERVAS, V., SAUTIER, N. & POUJOL, I. (2014).— Situation des arboviroses en France et dans le monde. *Bulletin de veille sanitaire*, N°2 Spécial arboviroses.
- SERVICE, M.W. (1993).— *Mosquito ecology, field sampling methods vector biology and control*. 2nd ed. Liverpool School of Tropical Medicine.
- SUBRA, R. (1973).— Études écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest-Africaine: dynamique des populations imaginaires. *Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 11: 79-100.
- SUCHEL, J.B.(1987).— *Les climats du Cameroun*. Thèse de Doctorat d'État, Université de Bordeaux III.
- TALIPOUO, A., NTONGA AKONO, P., TAGNE, D., MBIDA MBIDA, A., ETANG, J., TCHOFFO FOBASSO, R., EKOKO, W., BINYANG, J. & DONGMO, A. (2017).— Comparative study of Culicidae biodiversity of Manoka island and Youpwe mainland area, Littoral-Cameroon. *Int. J. Biosci.*, 10: 9-18.
- WHITE, G.B. (1974).— *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 68: 278-298.