

Diversité de la culicidofaune et risques potentiels de maladies dans le parc national de Loango au Gabon

[Diversity of culicidofauna and potential risks of diseases in Loango national park in Gabon]

Boris Kevin Makanga¹⁻², Aubin Armel Koumba¹, Patrice Makouloutou¹⁻², James Wilfrid Mougoubi³, Christophe Roland Zinga Koumba¹, and Jacques François Mavoungou¹⁻⁴

¹Département de Biologie et Ecologie Animale, Institut de Recherche en Ecologie Tropicale, Libreville, Gabon

²Centre Interdisciplinaire de Recherches Médicales de Franceville, Franceville, Gabon

³Département de Géographie, Université de Rennes 2, Rennes, France

⁴Département de Biologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Franceville, Gabon

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In order to contribute to the knowledge of the culicidofauna of Loango national park, Gabon, an exploratory entomological survey was conducted in this area. Adult mosquitoes were captured in the vicinity of the Yatouga camp using CDC-light traps. These captures took place from February 20 to 27, 2020, from 5: 00 p.m. to 7: 00 a.m. and the captured mosquitoes were identified under binocular magnifying glass using morphological criteria. A total of 380 mosquitoes were collected. Morphological identifications of the captured specimens underlined the presence of 16 mosquito species especially *Aedes circumluteolus* (0.5%), *Anopheles marshallii* (15.5%), *Anopheles obscurus* (0.5%), *Anopheles paludis* (3.4%), *Anopheles tenebrosus* (0.5%), *Coquilletidia aurites* (0.3%), *Culex cinereus* (1.6%), *Culex rubinotus* (0.5%), *Culex decens* (0.5%), *Ficalbia malfeyti* (0.5%), *Mansonia africana* (50.5%), *Uranotenia bilineata* (1.1%), *Uranotenia cavernicola* (13.2%), *Uranotenia caliginosa* (0.5%), *Uranotenia mashonaensis* (2.1%), and *Uranotenia nigromaculata* (8.7%). The genera *Mansonia* (50.5%), *Uranotenia* (25.6%) and *Anopheles* (20%) were the most abundant, while the genera *Aedes*, *Coquilletidia*, *Ficalbia* and *Culex* were very poorly represented with less than 3.9%. Most of the mosquitoes collected are known in other parts of Gabon and Africa for their vector role in the transmission of pathogens to humans and wildlife. There is an urgent need for a longitudinal study of the culicidofauna of this protected area, an habituation zone of ecotourism and great ape.

KEYWORDS: Anophelinae, Culicinae, tropical forest, vectors, wild zoonotic transmission, Loango.

RESUME: Afin de contribuer à la connaissance de la culicidofaune du parc national de Loango, Gabon, une enquête entomologique exploratoire a été menée dans cette zone. Les moustiques adultes étaient capturés au voisinage du camp Yatouga à l'aide des pièges lumineux de type CDC. Ces captures ont eu lieu du 20 au 27 Février 2020, de 17h à 7h et les moustiques capturés ont été identifiés sous loupe binoculaire en utilisant les critères morphologiques. Au total 380 moustiques ont été collectés. Les identifications morphologiques des spécimens capturés ont permis de mettre en évidence la présence de 16 espèces de moustiques dont *Aedes circumluteolus* (0,5%), *Anopheles marshallii* (15,5%), *Anopheles obscurus* (0,5%), *Anopheles paludis* (3,4%), *Anopheles tenebrosus* (0,5%), *Coquilletidia aurites* (0,3%), *Culex cinereus* (1,6%), *Culex rubinotus* (0,5%), *Culex decens* (0,5%), *Ficalbia malfeyti* (0,5%), *Mansonia africana* (50,5%), *Uranotenia bilineata* (1,1%), *Uranotenia cavernicola* (13,2%), *Uranotenia caliginosa* (0,5%), *Uranotenia mashonaensis* (2,1%) et *Uranotenia nigromaculata* (8,7%). Les genres *Mansonia* (50,5 %), *Uranotenia* (25,6 %) et *Anopheles* (20 %) étaient les plus abondants, tandis que les genres *Aedes*,

Coquilletidia, *Ficalbia* et *Culex* étaient très faiblement représentés avec moins de 3,9%. La plupart des moustiques collectés sont connus dans d'autres régions du Gabon et d'Afrique pour leur rôle vectoriel dans la transmission d'agents pathogènes à l'homme et à la faune. Il est urgent de mener une étude longitudinale de la faune culicidienne de cette aire protégée, zone d'écotourisme et d'habituation des grands singes.

MOTS-CLEFS: Anophelinae, Culicinae, forêt tropicale, vecteurs, transmission zoonotique sauvage, Loango.

1 INTRODUCTION

Les Culicidae appartiennent à l'ordre des Diptères et comprennent plus de 3 500 espèces et sous-espèces décrites dans le monde [1]. C'est un groupe vaste et abondant dans les régions tempérées et tropicales du monde [1]. Bien que les moustiques jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire des habitats d'eau douce [2], ils sont responsables de nuisances en particulier lors de la recherche de repas de sang pour couvrir leurs besoins physiologiques [3]; [4].

Cette famille de diptères compte de nombreux vecteurs de maladies humaines et animales comme le paludisme, les filarioses et les arboviroses [5]; [6]. Pour combattre ces pathologies, les stratégies de lutte antivectorielle préconisées sont souvent basées sur la réduction des populations de vecteurs en dessous des seuils nécessaires à la transmission, l'évitement du contact hôte/vecteur, ou encore l'élimination des populations de vecteurs d'une zone géographique donnée [7]. Toutefois, l'efficacité de ces moyens de lutte repose essentiellement sur l'identification des moustiques vecteurs et la connaissance de leur bioécologie [7].

Or, dans les environnements forestiers tropicaux, les moustiques sont très divers [1] et moins connus, car dans des régions difficiles d'accès, leur collecte nécessite souvent l'utilisation de moyens humains et logistiques très importants [8].

En outre, dans la région afrotropicale où de nombreuses espèces de moustiques sont présentes [9]; [10], les travaux de recherche menés au cours de ces deux dernières décennies rapportent l'inventaire de plusieurs espèces de moustiques ou de nouveaux vecteurs de maladies [11]; [12]. Ces découvertes suggèrent que le nombre d'espèces de moustiques dans cette région serait peut-être sous-estimé. Or, la connaissance de la diversité des espèces culicidiennes est une donnée essentielle pour lutter efficacement contre ces vecteurs de maladies [13].

Avec 80% de son territoire recouvert par la forêt, le Gabon compte également plus de 80 espèces et sous-espèces de moustiques [14]. Ce nombre d'espèces serait en dessous de la réalité dans la mesure où de nombreuses autres enquêtes entomologiques ont rapporté l'existence d'espèces connues dans d'autres pays du bassin du Congo [8]; [15]; [16], et de nouvelles espèces de moustiques dans les forêts gabonaises [11]; [12].

L'objectif de ce travail est de contribuer à la caractérisation de la faune culicidienne dans le parc national de Loango où cette entomofaune demeure mal connue et pourrait avoir un intérêt dans la compréhension des cycles de transmission de pathogènes entre les animaux et l'homme. Il serait donc important de tenir compte de toutes ces informations pour prévenir l'émergence de maladies vectorielles et/ou faciliter la mise œuvre de meilleures stratégies de lutte antivectorielle.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Le parc national de Loango (2°04' Sud et 9°33' Est) fait partie du bassin côtier gabonais. Il est situé dans la province de l'Ogooué-Maritime (Figure 1). Ce parc abrite deux grands projets d'habituation de grands singes (gorilles et chimpanzés); le premier projet qui concerne l'étude des chimpanzés est situé dans le camp d'Ozouga, au sud-ouest du parc. Par contre, le second projet dédié à l'habituation des gorilles est mis en œuvre dans le camp de Yatouga localisé au sud-est du parc, en bordure de la lagune Ngowé.

Selon la classification simplifiée de Tutin & Fernandez (1984) [17], le parc national de Loango présente cinq types de paysage, à savoir: la forêt primaire, la forêt secondaire, le maquis côtier, la savane et la forêt inondée.

Son climat est de type tropical caractérisé par une longue saison sèche (de mai à septembre) et une longue saison des pluies (d'octobre à avril) [18]. Les précipitations sont très élevées en novembre et très faibles en juillet-août. Entre 2017 et 2018, les précipitations annuelles moyennes s'élevaient à 2099 mm et les températures annuelles moyennes variaient entre 22,7°C et 27,8°C [19].

2.2 SITES DE CAPTURE DES MOUSTIQUES

Quatre sites de capture de moustiques ont été retenus dans le cadre de cette étude, car ce sont des endroits fréquentés par plusieurs espèces de mammifères, y compris les grands singes (chimpanzés et gorilles), les petits singes, les éléphants, les ongulés et les rongeurs. Ces sites étaient situés à 1,5 km du camp de Yatouga, le long d'un transect est-ouest en direction du camp d'Ozouga. Dans cette zone d'échantillonnage, le projet d'habituation des gorilles mène des activités de recherche et de tourisme de vision de ces grands singes.

2.3 COLLECTE ET IDENTIFICATION MORPHOLOGIQUE DES MOUSTIQUES

Quatre pièges lumineux de type CDC (T1-T4) ont été utilisés pendant sept jours consécutifs (du 20 au 27 février 2020) et placés au niveau des sites de capture retenus à cet effet. Ces pièges ont fonctionné de 17 h à 7 h du matin.

Les arthropodes capturés ont été tués à l'éther éthylique [20] pendant 1 heure. Ils ont ensuite été observés sous un stéréomicroscope Leica ez4 hd. L'identification et l'isolement des espèces de moustiques ont été faits sur la base des critères morphologiques en utilisant des clés taxonomiques [9]; [21]; [22].

2.4 CONSERVATION ET STOCKAGE DES ÉCHANTILLONS DE MOUSTIQUES

Tous les spécimens collectés et identifiés ont été mis dans des tubes Eppendorf contenant du silicagel, puis ramenés à l'Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET) en vue de leur stockage au congélateur à -20°C pour des analyses moléculaires ultérieures.

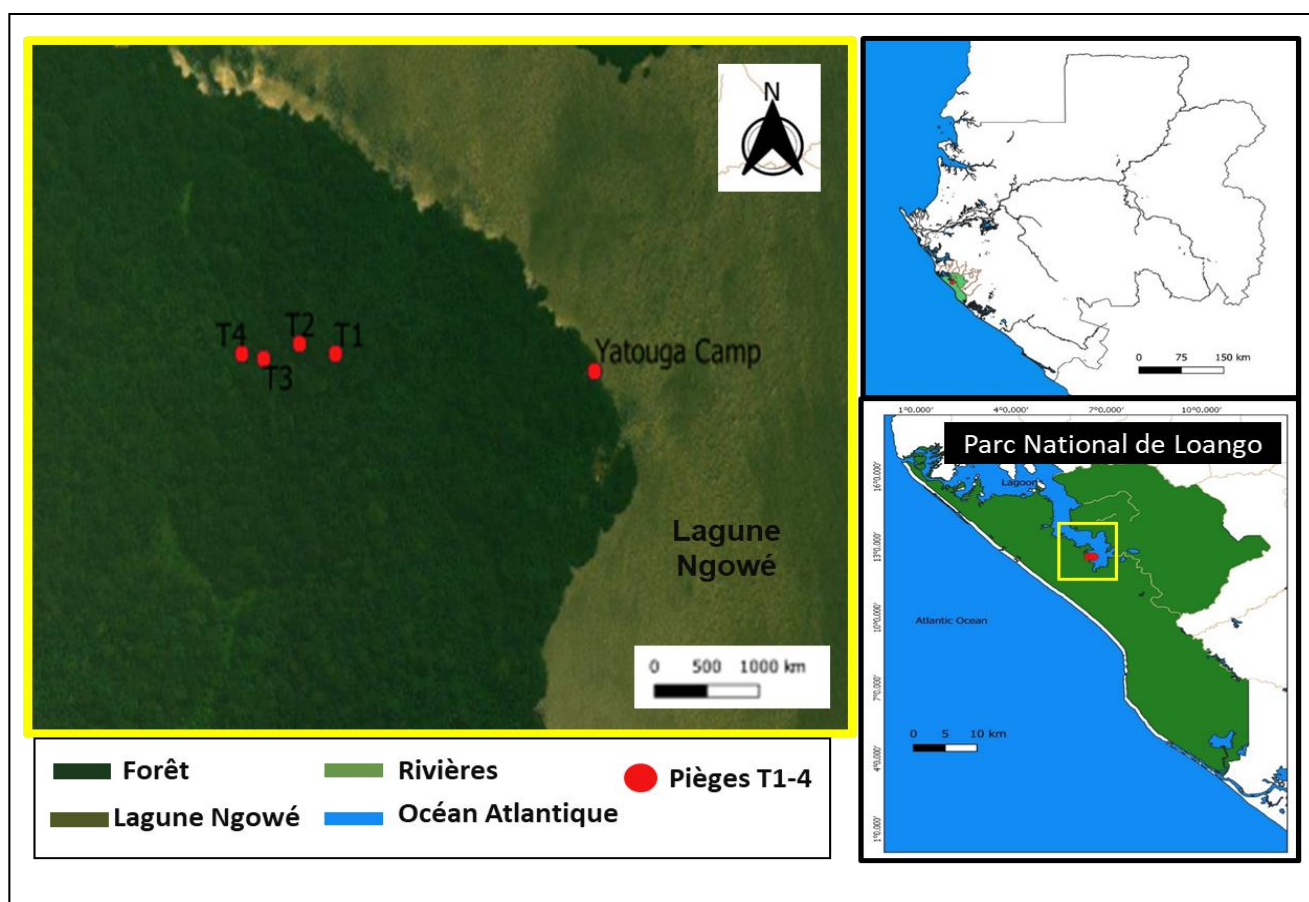


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude dans le Parc National de Loango, en bordure de la lagune Ngowé à 1km du camp Yatouga

2.5 ANALYSE DES DONNÉES

La diversité des moustiques capturés dans le parc national de Loango a été évaluée en utilisant les indices écologiques suivants:

- La richesse en espèces (S) qui représente le nombre total d'espèces;
- L'indice de Shannon (H) qui a été calculé à partir de la formule qui suit: $nH = - \sum ni/n \log_2 (ni/n)$. Cet indice varie entre 1 et 5 et s'exprime en bits;
- L'indice d'équitabilité de Piélou (J) qui correspond au rapport entre H' et Hmax, tel que $E = H'/Hmax$. Il correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible compte tenu du nombre d'espèces (S).

En outre, l'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour déterminer s'il y a des différences significatives d'abondance entre les différents genres de moustiques capturés.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFECTIFS ET RICHESSE SPECIFIQUE DE LA FAUNE CULICIDIENNE

Au total 380 moustiques adultes ont été capturés dans le parc national de Loango. Ces moustiques étaient constitués de 16 espèces (Tableau 1), à savoir: *Aedes (Neomelaniconion) circumluteolus*, *Anopheles (Celia) marshallii*, *Anopheles (Anopheles) obscurus*, *Anopheles (Anopheles) paludis*, *Anopheles tenebrosus*, *Coquilletidia aurites*, *Culex (Culiciomyia) cinereus*, *Culex (Eumelanomyia) rubinotus*, *Culex (Culex) decens*, *Ficalbia malfeyti*, *Mansonia africana*, *Uranotenia bilineata*, *Uranotenia cavernicola*, *Uranotenia caliginosa*, *Uranotenia mashonaensis* et *Uranotenia nigromaculata*.

Ces espèces culicidiennes étaient regroupées en 2 sous-familles (Anophelinae et Culicinae) et 7 genres (*Aedes*, *Anopheles*, *Coquilletidia*, *Culex*, *Ficalbia*, *Mansonia* et *Uranotenia*). La sous-famille des Anophelinae a été représentée par quatre espèces tandis que celle des Culicinae avait 12 espèces (Tableau 1). Les genres *Uranotenia*, *Anopheles* et *Culex* étaient les taxons les plus riches en espèces (plus de 2 espèces). Les autres genres étaient représentés chacun par une seule espèce (*Aedes*, *Coquilletidia*, *Ficalbia*, *Mansonia*) (Tableau 1).

Tableau 1. Richesse spécifique de la faune culicidienne dans la zone d'étude

Sous-familles	Genres	Espèces	Richesse spécifique (S)
Anophelinae	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles marshallii</i>	4
		<i>Anopheles obscurus</i>	
		<i>Anopheles tenebrosus</i>	
		<i>Anopheles paludis</i>	
Culicinae	<i>Aedes</i>	<i>Aedes circumluteolus</i>	1
	<i>Coquilletidia</i>	<i>Coquilletidia aurites</i>	1
	<i>Ficalbia</i>	<i>Ficalbia malfeyti</i>	1
	<i>Culex</i>	<i>Culex decens</i>	3
		<i>Culex cinereus</i>	
		<i>Culex rubinotus</i>	
<i>Mansonia</i>	<i>Mansonia africana</i>	1	
<i>Uranotenia</i>		<i>Uranotenia bilineata</i>	5
		<i>Uranotenia cavernicola</i>	
		<i>Uranotenia caliginosa</i>	
		<i>Uranotenia mashonaensis</i>	
		<i>Uranotenia nigromaculata</i>	
TOTAL	7	-	16

3.2 ABONDANCE GÉNÉRIQUE DE LA FAUNE CULICIDIENNE DE LOANGO

Les spécimens du genre *Mansonia* étaient les plus abondants avec 50,7% (n=192) des moustiques identifiés (Tableau 2). Par contre, les genres *Uranotenia* et *Anopheles* étaient moyennement représentés, avec respectivement 25,6% (n=97) et 19,8%

(n= 75) d'individus capturés. De plus, le test ANOVA a montré qu'il existe une différence significative d'abondance entre les différents genres de moustiques dans le parc national de Loango ($p < 0,05$).

Tableau 2. Abondance des seize espèces de moustiques femelles collectées au parc de Loango

Genres	Espèces de moustiques	Nombre d'individus	Abondance relative
<i>Aedes</i>	<i>Aedes circumluteolus</i>	2	0,5%
<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles marshallii</i>	59	15,5%
	<i>Anopheles obscurus</i>	2	0,5%
	<i>Anopheles tenebrosus</i>	2	0,5%
	<i>Anopheles paludis</i>	13	3,4%
<i>Coquilletidia</i>	<i>Coquilletidia aurites</i>	1	0,3%
<i>Culex</i>	<i>Culex cinereus</i>	6	1,6%
	<i>Culex rubinotus</i>	2	0,5%
	<i>Culex decens</i>	2	0,5%
<i>Ficalbia</i>	<i>Ficalbia malfeyti</i>	2	0,5%
<i>Mansonia</i>	<i>Mansonia africana</i>	192	50,5%
<i>Uranotenia</i>	<i>Uranotenia bilineata</i>	4	1,1%
	<i>Uranotenia cavernicola</i>	50	13,2%
	<i>Uranotenia caliginosa</i>	2	0,5%
	<i>Uranotenia mashonaensis</i>	8	2,1%
	<i>Uranotenia nigromaculata</i>	33	8,7%
Total		380	

3.3 DIVERSITE SPECIFIQUE DE LA CULICIDOFAUNE A LOANGO

Globalement, la diversité observée au sein du parc national de Loango est moyenne ($H = 1,63$) avec un indice d'équitabilité de 0,58 (Tableau 3). Cependant, cette diversité varie suivant les différents genres de moustiques. En effet, le genre *Uranotenia* est le genre le plus diversifié avec un indice de Shannon de 1,12 et un indice d'équitabilité de 0,69 (Tableau 3). En revanche, le genre *Culex* est faiblement diversifié ($H = 0,95$) avec la dominance d'une seule espèce ($J = 0,89$).

Tableau 3. Diversité spécifique de la culicidofaune à Loango

Genres	Espèces de moustiques	Shannon (H)	Pielou (J)
<i>Aedes</i>	<i>Aedes circumluteolus</i>	0,14	0,2
<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles marshallii</i>	0,7	0,64
	<i>Anopheles obscurus</i>		
	<i>Anopheles tenebrosus</i>		
	<i>Anopheles paludis</i>		
<i>Coquilletidia</i>	<i>Coquilletidia aurites</i>	0,14	0,2
<i>Culex</i>	<i>Culex cinereus</i>	0,95	0,86
	<i>Culex rubinotus</i>		
	<i>Culex decens</i>		
<i>Ficalbia</i>	<i>Ficalbia malfeyti</i>	0,14	0,2
<i>Mansonia</i>	<i>Mansonia africana</i>	0,14	0,2
<i>Uranotaenia</i>	<i>Uranotenia bilineata</i>	1,12	0,69
	<i>Uranotenia cavernicola</i>		
	<i>Uranotenia caliginosa</i>		
	<i>Uranotenia mashonaensis</i>		
	<i>Uranotenia nigromaculata</i>		

3.4 RISQUES POTENTIELS D'EMERGENCE DE MALADIES HUMAINES ET/OU ANIMALES

Parmi les 16 espèces culicidiennes identifiées au cours de cette étude, près de 12 sont incriminées dans la transmission d'agents infectieux à l'homme et/ou à la faune, comme l'indique le tableau 4 ci-dessous:

Tableau 4. Liste des espèces de moustiques captures au parc national de Loango et leurs rôles vectoriels connus au Gabon et dans d'autres pays africains

Espèces de moustiques	Rôles vectoriels connus ou potentiels	Références
<i>Anopheles marshallii</i>	Vecteurs de plusieurs parasites du paludisme chez l'homme, les singes, les rongeurs, les chauves-souris, les ongulés en Afrique	Gibbins [23]; Boundenga <i>et al.</i> [24]; Makanga <i>et al.</i> [8].
<i>Anopheles obscurus</i>	Vecteurs du paludisme chez les ongulés, les reptiles et les oiseaux	Boundenga <i>et al.</i> [24]; Makanga <i>et al.</i> [8]; Bakker <i>et al.</i> [25].
<i>Anopheles tenebrosus</i>	Moustiques transmettant potentiellement <i>Wuchereria bancrofti</i>	Magayuka [26].
<i>Anopheles paludis</i>	Vecteurs du paludisme chez les humains, les ongulés en Afrique	Karch & Mouchet [27]; Makanga <i>et al.</i> [8]; Bakker <i>et al.</i> [25].
<i>Aedes circumluteolus</i>	Vecteur potentiel de <i>Wuchereria bancrofti</i>	Magayuka [26].
<i>Coquilletidia aurites</i>	Vecteurs naturels du paludisme aviaire en Afrique	Njabo <i>et al.</i> [28].
<i>Culex cinereus</i>	Responsable de la transmission des arbovirus tels que le virus de M'Poko, le virus de Sindbis en République Centrafricaine et en République de Guinée	Boiro <i>et al.</i> [29]; Sem Ouilibona <i>et al.</i> [30].
<i>Culex rubinotus</i>	Vecteurs du virus de la fièvre de la Vallée du Rift	Linthicum <i>et al.</i> [31].
<i>Culex decens</i>	Moustiques vecteurs du virus du Nil occidental	Gould <i>et al.</i> [32].
<i>Ficalbia malfeyti</i>	Inconnu	
<i>Mansonia africana</i>	Vecteurs de filarioses lymphatiques à <i>Wuchereria bancrofti</i> au Ghana	Ughasi <i>et al.</i> [33].
<i>Uranotenia bilineata</i>	Inconnu	
<i>Uranotenia cavernicola</i>	Inconnu	
<i>Uranotenia caliginosa</i>	Inconnu	
<i>Uranotenia mashonaensis</i>	Vecteur de nouveaux flavivirus comme le virus de la fièvre jaune, le virus de la dengue, le virus de l'encéphalite Japonaise et le virus du Nil occidental	Junglen <i>et al.</i> [34].
<i>Uranotenia nigromaculata</i>	Inconnu	

4 DISCUSSION

Au cours de cette étude, 16 espèces appartenant à 7 genres de moustiques ont été identifiées à partir des critères morphologiques. Ce nombre d'espèces est faible par rapport aux 83 espèces signalées par Service [14] dans la région du Moyen-Ogooué et les 52 espèces collectées dans les grottes gabonaises par Obame-Nkoghe *et al.* [16]. Ce faible effectif est probablement lié à l'utilisation d'une seule technique de capture de moustiques dans cette étude. Aussi, la combinaison de plusieurs techniques de capture (Capture sur homme, BG-sentinel, collecte de la faune matinale résiduelle, collecte larvaire, etc.) aurait peut-être permis d'augmenter le rendement des captures de manière qualitative et/ou quantitative.

Parmi les genres de moustiques capturés, le genre *Uranotenia* était le taxon le plus diversifié, avec une distribution presque égale entre les spécimens de ce groupe. Cette observation suggérerait une bonne répartition des espèces au sein de ce genre. De plus, il semblerait que les moustiques adultes de ce taxon préfèrent les endroits sombres comme la forêt primaire de Loango. Ce résultat suggère que ces moustiques seraient sciaphiles. Cette observation est en accord avec les travaux menés par Obame-Nkoghe *et al.* [16] dans certaines grottes du Gabon. Ces auteurs ont rapporté que toutes les espèces d'*Uranotenia* capturées sont aussi présentes dans le milieu cavernicole.

Contrairement aux *Uranotenia*, le genre *Culex* est le moins diversifié, avec trois espèces. D'un point de vue écologique, les larves de ce genre exploitent une variété de gîtes larvaires tels que les mares permanentes ou temporaires, les terrains inondés, les bords de rivière, les creux d'arbre et axiles de feuilles engainantes [13].

Parmi les 16 espèces culicidiennes capturées, 12 appartiennent à la sous-famille de *Culicinae*, mais seule l'espèce *Mansonia africana* était significativement plus abondante ($p < 0,05$). Cette abondance pourrait s'expliquer par le fait que les individus de *Mansonia* préfèrent les collections d'eau colonisées par des plantes aquatiques. D'ailleurs, la zone d'étude est bordée par une lagune où poussent de nombreuses plantes aquatiques comme *Pistia sp.* Selon Laurence [35], les stades immatures de *Mansonia sp.* sont inféodés aux eaux calmes ayant des plantes flottantes sur lesquelles les larves insèrent leurs siphons pour respirer et rester stables dans l'eau.

Après le genre *Mansonia*, c'est le genre *Uranotenia* qui avait l'abondance relative la plus élevée. Ce résultat serait lié au fait qu'au cours de cette étude cinq espèces d'*Uranotenia* ont été identifiées dans la lagune (forêt primaire) qui est fortement ombragée. Au niveau de cette lagune, les larves d'*Uranotenia* pourraient se développer dans de petits bassins d'eau qui se forment naturellement ou bien dans la litière, dans les feuilles, dans des trous d'arbres ou encore dans les contenants naturels [13]. Toutefois, ces espèces d'*Uranotenia* ont été également identifiées dans des sites cavernicoles au Gabon par Obame-Nkoghe *et al.* [16]. Cela pourrait suggérer un caractère « sciaphile » chez certaines espèces d'*Uranotenia* en termes d'habitats préférentiels.

Au total, 4 espèces anophéliennes ont été capturées au cours de cette étude. Les adultes de ces espèces sylvatiques, y compris leurs larves, préfèrent se reproduire dans des plans d'eau claire (rivières, eaux stagnantes, étangs, marécages) avec une végétation aquatique ombragée ou à l'abri de la canopée forestière [21]; [36]. Dans cette partie du parc national de Loango, l'habitat autour de la zone de capture des moustiques était caractérisé par la présence de quelques zones marécageuses, de cours d'eau et d'une végétation ombragée.

En plus des anophèles, d'autres espèces telles que *Coquilletidia aurites*, *Culex (Culiciomyia) cinereus*, *Culex (Eumelanomyia) rubinotus*, *Culex (Culex) decens* et *Ficalbia malfeyti* ont été capturées durant cette étude. La présence de ces espèces dans les collections serait due au fait que ces insectes seraient inféodés aux forêts tropicales où ils trouveraient des conditions environnementales propices pour le développement de leurs stades immatures [13].

D'un point de vue de la transmission des maladies, le genre *Mansonia*, en particulier *Mansonia uniformis*, espèce proche de *Mansonia africanabien* connue pour son rôle de vecteur de filariose en Asie, est aussi connue en Afrique. D'ailleurs, les travaux d'Ughasi *et al.* [33] ont rapporté, non seulement, le rôle de *Mansonia uniformis* en tant que vecteur, mais aussi, celui de *Mansonia africana*, dans la transmission de la filariose lymphatique à *Wuchereria bancrofti* au Ghana. Cependant, aucune information n'existe sur le rôle vectoriel de *Mansonia africana* en forêt tropicale gabonaise. Or, cette espèce est très abondante dans la zone d'étude qui est un espace fortement fréquenté par la faune sauvage et par l'homme dans le cadre de ses différentes activités (écotourisme de vision, patrouille des écogardes, suivi des mammifères d'intérêt).

Quant aux moustiques du genre *Uranotenia* capturés dans cette étude, leur rôle dans la transmission des maladies n'est pas bien connu bien qu'ils se nourrissent sur de nombreux hôtes vertébrés tels que les oiseaux, les reptiles et les batraciens. Toutefois, certaines espèces d'*Uranotenia* peuvent également piquer l'Homme [13].

Pour ce qui est des espèces d'anophèles collectées, plusieurs études scientifiques menées au Gabon et au Cameroun indiquent qu'elles sont zooanthrophiles, et donc des vecteurs de parasites humains et des animaux sauvages. A titre illustratif, *Anopheles paludis* et *Anopheles marshallii* sont connus comme vecteurs du paludisme chez l'homme [27]; [37], tandis qu'*Anopheles obscurus* et *Anopheles paludis* sont incriminés dans la transmission d'hémosporidies aux ongulés sauvages [38]. D'après Makanga *et al.* [8], *An. marshallii* serait vecteur des plasmodiums de grands singes et bridge-vecteur de ces parasites entre l'homme et ces simiens au Gabon. En outre, Boundenga *et al.* [39] ont mis en exergue la possible circulation de *Plasmodium adhléri*, parasite décrit chez le gorille dans le parc national de Loango. Selon ces auteurs, les anophèles seraient les vecteurs connus de cette espèce plasmodiale dans d'autres parcs. Aussi, la présence des vecteurs de plasmodiums humains et des primates non humains dans une zone fréquentée à la fois par l'homme et les grands singes [8], augmenterait le risque de transmission de maladies zoonotiques dans les conditions naturelles, qui sont des conditions favorables à l'échange d'agents pathogènes entre l'homme et les grands singes [40]. A cet effet, il serait bien de mener une étude entomo-épidémiologique afin de suivre de manière simultanée les infections plasmodiales chez les populations de moustiques vecteurs et chez les populations humaines et celles des grands singes du parc national de Loango.

Enfin, la présence des autres genres de moustiques tels qu'*Aedes*, *Coquilletidia*, *Ficalbia* et *Culex* dans la zone d'étude n'est pas à négliger, car ces taxons renferment des espèces vectrices de parasites ou d'arbovirus responsables de pathologies chez les populations humaines et animales. A titre d'exemple, des scientifiques ont pu isoler le virus du Nil occidental à partir de 40 espèces de moustiques, dont une espèce de *Coquilletidia* en Europe, et plusieurs espèces du genre *Culex* (Cx.

tritaeniorhynchus, *Cx. vishnui* et *Cx. quinquefasciatus*) responsables de cette maladie en Asie et en Afrique [32]. En revanche, au Moyen-Orient, c'est *Cx. univittatus*, *Cx. poicilipes*, *Cx. neavei*, *Cx. decens*, *Aedes albocephalus* et *Mimomyia sp.* qui en sont les principaux vecteurs [32].

5 CONCLUSION

Cette étude prospective a permis d'identifier 16 espèces de moustiques dans une partie du parc national de Loango. La plupart des espèces de moustiques capturées sont connues au Gabon et dans d'autres pays pour leur implication dans la transmission d'agents pathogènes responsables de nombreuses maladies chez les animaux et/ou chez l'homme.

Actuellement, il n'existe aucune information sur le rôle vectoriel des moustiques dans le parc de Loango où sont menées des activités d'écotourisme et d'habituation des grands singes. Il est alors impérieux de mener une étude longitudinale de l'entomofaune de cette aire protégée afin de mieux évaluer la diversité culicidienne et les risques d'apparition de maladies à transmission vectorielle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs sincères remerciements à l'Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET-CENAREST) et le projet GAPCET du Robert Koch et Max Planck Institutes pour leur soutien institutionnel, financier et logistique lors de la réalisation de cette étude. Nous remercions aussi la Commission Scientifique sur les Autorisations de Recherche (CSAR) du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST) pour nous avoir accordé une autorisation de recherche (N°AR011/20/MESRSTT/CENAREST/CG/CST/CSAR) pour travailler sereinement dans les parcs nationaux du Gabon.

REFERENCES

- [1] R. E. Harbach, Anopheles classification. Mosquito taxonomic inventory, 2020. [Online] Available: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/simpletaxonomy/term/6045> (Accessed September 2020).
- [2] L. M. Rueda, Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater, In Freshwater animal diversity assessment, Springer, Dordrecht, 477-487, 2007.
- [3] R. C. Smallegange, Y. T. Qiu, J. A. van Loon and W. Takken, "Synergism between ammonia, lactic acid and carboxylic acids as kairomones in the host-seeking behaviour of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* sensu stricto (Diptera: Culicidae)," *Chemical Senses*, vol. 30, no. 2, 145-152, 2005.
- [4] F. Pages, E. Orlandi-Pradines and V. Corbel, "Vectors of malaria: biology, diversity, prevention, and individual protection," *Médecine et Maladies Infectieuses*, vol. 37, no. 3, 153-161, 2007.
- [5] T. Walker, C. L. Jeffries, K. L. Mansfield and N. Johnson, "Mosquito cell lines: History, isolation, availability and application to assess the threat of arboviral transmission in the United Kingdom," *Parasites and Vectors*, vol. 7, no. 1, 1-9, 2014.
- [6] E. H. A. Niang, H. Bassene, F. Fenollar and O. Mediannikov, "Biological control of mosquito-borne diseases: The potential of wolbachia-based interventions in an IVM framework," *Journal of Tropical Medicine*, vol. 2018, Article ID 1470459, 1–15, 2018.
- [7] D. Fontenille, C. Lagneau, S. Lecollinet and R. L. Robin, *La lutte antivectorielle en France*, Ed. IRD ORSTM, 2009.
- [8] B. Makanga, P. Yangari, N. Rahola, V. Rougeron, E. Elguero, L. Boundenga, N. D. Moukodoum, A. P. Okouga, C. Arnathau, P. Durand, E. Willaume, D. Ayala, D. Fontenille, F. J. Ayala, F. Renaud, B. Ollomo, F. Prugnolle and C. Paupy, "Ape malaria transmission and potential for ape-to-human transfers in Africa," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 113, no. 19, 5329–5334, 2016.
- [9] F. Edwards, *Mosquitoes of the Ethiopian Region. III. Culicine Adults and Pupae*, British Museum (Natural History), 1941.
- [10] M. V. Service, *Manuel des moustiques afrotropicaux toxorhynchitine et culicine, à l'exception de Aedes et Culex*, British Museum (Histoire Naturelle), 1-207, 1990.
- [11] N. Rahola, B. Makanga, P. Yangari, D. Jiolle, D. Fontenille, F. Renaud, B. Ollomo, D. Ayala, F. Prugnolle and C. Paupy, "Description of *Anopheles gabonensis*, a new species potentially involved in rodent malaria transmission in Gabon, Central Africa," *Infection, Genetics and Evolution*, vol. 28, 628–634, 2014.
- [12] M. G. Barrón, C. Paupy, N. Rahola, O. Akone-Ella, M. F. Ngangue, T. A. Wilson-Bahun, M. Pombi, P. Kengne, C. Costantini, F. Simard, J. González and D. Ayala, "A new species in the major malaria vector complex sheds light on reticulated species evolution," *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [13] G. Duvallet, D. Fontenille & V. Robert, *Entomologie médicale et vétérinaire*, Marseille, Ed. Quae, IRD Editions, 2017.

- [14] M. W. Service, "Contribution to the knowledge of the mosquitoes (Diptera, Culicidae) of Gabon," Cahiers ORSTOM, Serie Entomologie Medicale et Parasitologie, no. 3, 259-263, 1976.
- [15] C. Paupy, B. Makanga, B. Ollomo, N. Rahola, P. Durand, J. Magnus, E. Willaume, F. Renaud, D. Fontenille and F. Prugnolle, "Anopheles moucheti and Anopheles vinckei are candidate vectors of ape Plasmodium parasites, including Plasmodium praefalciparum in Gabon," PLoS One, vol. 8, no. 2, e57294, 2013.
- [16] J. Obame-Nkoghe, N. Rahola, D. Ayala, P. Yangari, D. Jiolle, X. Allene, M. Bourgarel, G. D. Maganga, N. Berthet, E. M. Leroy and C. Paupy, "Exploring the diversity of bloodsucking Diptera in caves of Central Africa," Scientific Reports, vol. 7, no. 1, 1-11, 2017.
- [17] C. E. G Tutin and M. Fernandez, "Nationwide Census of Gorilla (*Gorilla g. gorilla*) and Chimpanzee (*Pan troglodytes*) Populations in Gabon," American Journal of Primatology, Vol. 6, no. 4, 313-336, 1984.
- [18] J. S. Head, C. Boesch, L. Makaga and M. M. Robbins, "Sympatric Chimpanzees (*Pan troglodytes troglodytes*) and Gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) in Loango National Park, Gabon: Dietary Composition, Seasonality, and Intersite Comparisons," International Journal of Primatology, vol. 32, no. 3, 755-775, 2011.
- [19] H. Klein, G. Bocksberger, P. Baas, S. Bunel, E. Théleste, S. Pika and T. Deschner, "Hunting of mammals by central chimpanzees (*Pan troglodytes troglodytes*) in the Loango National Park, Gabon," Primates, vol. 62, no. 2, 267-278, 2021.
- [20] E. Brumpt, "Les entomophthorées parasites des moustiques-Étude critique. Recherches personnelles, " Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, vol. 18, no. 1-2-3, 112-144, 1941.
- [21] M. T. Gillies and M. Coetzee, "A supplement to the Anophelinae of Africa South of the Sahara (Afrotropical region)," Publication of the South African Institute of Medical Research Johannesburg, vol. 55, 1-143, 1987.
- [22] M. Coetzee, "Key to the females of Afrotropical Anopheles mosquitoes (Diptera: Culicidae)," Malaria Journal, 2020, <https://doi.org/10.1186/s12936-020-3144-9>.
- [23] E. G. Gibbins, "Natural malaria infection of house-frequenting anopheles mosquitoes in Uganda," Annals of Tropical Medicine and Parasitology, vol. 26, no. 3, 239-266, 1932, <https://doi.org/10.1080/00034983.1932.11684718>.
- [24] L. Boundenga, B. Makanga, B. Ollomo, A. Gilabert, V. Rougeron, B. Mve-Ondo, C. Arnathau, P. Durand, N. D. Moukodoum, A. P. Okouga, L. Delicat-Loembet, L. Yacka-Mouele, N. Rahola, E. Leroy, C. Tidiane Ba, F. Renaud, F. Prugnolle and C. Paupy, "Haemosporidian parasites of antelopes and other vertebrates from Gabon, Central Africa," PLoS ONE, vol. 11, no. 2, e0148958, 2016, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148958>.
- [25] J. W. Bakker, D. E. Loy, W. Takken, B. H. Hahn and N. O. Verhulst, "Attraction of mosquitoes to primate odours and implications for zoonotic Plasmodium transmission," Medical and Veterinary Entomology, vol. 34, no. 1, 17-26, 2020, <https://doi.org/10.1111/mve.12402>.
- [26] S. A. Magayuka, "Development of filarial parasites in mosquitos in North East Tanzania," Bulletin of the World Health Organization, vol. 49, no. 1, 110, 1973.
- [27] S. Karch and J. Mouchet, "Anopheles paludis: important vector of malaria in Zaire," Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, vol. 85, no. 5, 388-389, 1992.
- [28] K. Y. Njabo, A. J. Cornel, R. N. M. Sehgal, C. Loiseau, W. Buermann, R. J. Harrigan, J. Pollinger, G. Valkiunas and T. B. Smith, "Coquillettidia (Culicidae, Diptera) mosquitoes are natural vectors of avian malaria in Africa," Malaria Journal, vol. 8, no. 1, 1-12, 2009, <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-193>.
- [29] I. Boiro, N. N. Lomonossov, F. M. Fidarov, S. V. Murzine, N. B. Linev, L. B. Camara and A. Bah, "Isolation of M'Poko virus (Turlock group, Bunyaviridae) from Culex cinereus mosquitoes in the Republic of Guinea," Bulletin de la Société de Pathologie Exotique Filiales, vol. 78, no. 4, 452-455, 1985.
- [30] R. C. Sem Ouilibona, H. D. Tchegnana, U. Vickos, N. Berthet and E. Nakouné, "Full-Length Genome Sequence of a Sindbis Virus Strain Isolated from Culex cinereus in 1977 in Bozo, Central African Republic," Genome Announcements, vol. 6, no. 26, e00455-18, 2018, <https://doi.org/10.1128/genomeA.00455-18>.
- [31] K. J. Linthicum, F. G. Davies, A. Kairo and C. L. Bailey, "Rift Valley fever virus (family Bunyaviridae, genus Phlebovirus). Isolations from Diptera collected during an inter-epizootic period in Kenya," Journal of Hygiene, vol. 95, no. 1, 1985, <https://doi.org/10.1017/S0022172400062434>.
- [32] E. Gould, J. Pettersson, S. Higgs, R. Charrel and X. de Lamballerie, "Emerging arboviruses: Why today?" One Health, vol. 4, 1-13, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2017.06.001>.
- [33] J. Ughasi, H. E. Bekard, M. Coulibaly, D. Adabie-Gomez, J. Gyapong, M. Appawu, M. D. Wilson and D. A. Boakye, "Mansonia africana and Mansonia uniformis are Vectors in the transmission of Wuchereria bancrofti lymphatic filariasis in Ghana," Parasites and Vectors, vol. 5, no.1, 1-5, 2012. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-89>.
- [34] S. Junglen, A. Kopp, A. Kurth, G. Pauli, H. Ellerbrok and F. H. Leendertz, "A New Flavivirus and a New Vector: Characterization of a Novel Flavivirus Isolated from Uranotaenia Mosquitoes from a Tropical Rain Forest," Journal of Virology, vol. 83, no. 9, 4462-4468, 2009, <https://doi.org/10.1128/jvi.00014-09>.

- [35] B. R. Laurence, "The biology of two species of mosquito, *Mansonia africana* (Theobald) and *Mansonia uniformis* (Theobald), belonging to the subgenus *Mansonioides* (Diptera, Culicidae)," *Bulletin of Entomological Research*, vol. 51, no. 3, 491–517, 1960, <https://doi.org/10.1017/S0007485300055127>.
- [36] M. T. Gillies & B. De Meillon, "The Anophelinae of Africa South of the Sahara," *South African Institute for Medical Research Johannesburg*, vol. 54, 1-343, 1968.
- [37] H. P. Awono-Ambene, F. Simard, C. Antonio-Nkondjio, A. Cohuet, P. Kengne and D. Fontenille, "Multilocus enzyme electrophoresis supports speciation within the *Anopheles nili* group of Malaria vectors in Cameroon," *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 75, no. 4, 656-658, 2006.
- [38] B. Makanga, C. Costantini, N. Rahola, P. Yangari, V. Rougeron, D. Ayala, F. Prugnolle and C. Paupy, "Show me which parasites you carry and I will tell you what you eat", or how to infer the trophic behavior of hematophagous arthropods feeding on wildlife, *Ecology and Evolution*, vol. 7, no. 19, 7578–7584, 2017.
- [39] L. Boundenga, B. Ollomo, V. Rougeron, L. Y. Mouele, B. Mve-Ondo, L. M. Delicat-Loembet, N. D. Moukodoum, A. P. Okouga, C. Arnathau, E. Elguero, P. Durand, F. Liégeois, V. Boué, P. Motsch, G. le Flohic, A. Ndoungouet, C. Paupy, C. T. Ba, F. Renaud and F. Prugnolle, "Diversity of malaria parasites in great apes in Gabon," *Malaria Journal*, vol. 14, no. 1, 1-8., 2015, <https://doi.org/10.1186/s12936-015-0622-6>.
- [40] F. Prugnolle, V. Rougeron, P. Becquart, A. Berry, B. Makanga, N. Rahola et al, "Diversity, Host Switching and Evolution of *Plasmodium vivax* Infecting African Great Apes," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 110, n°20, 8123–28, 2013, <https://doi.org/10.1073/pnas.1306004110>.