



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Typologie Des Gites Larvaires Et Sensibilite D'anopheles Gambiae S.L. Aux Insecticides En Zone Urbaine, Peri- Urbaine Et Rurale A Oyem (Nord Du Gabon)

Pyazzi Obame Ondo Kutomy (Doctorant),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle et Parasitaire (LEVP), Université Cheikh
Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal
Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP), Libreville,
Gabon.

Christophe Roland Zinga-Koumba (Maître de Recherche),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon
Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN), Libreville, Gabon.

Aubin Armel Koumba (Docteur),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon.
Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

Silas Lendzele Sevidzem (Docteur),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon

Jacques François Mavoungou (Professeur Titulaire),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon.

Ousmane Faye (Professeur Titulaire),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle et Parasitaire (LEVP), Université Cheikh
Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal.

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n17p22](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n17p22)

Submitted: 24 November 2021

Accepted: 09 February 2022

Published: 31 May 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kutomy.O.O.P., Zinga-Koumba C.R., Armel Koumba A., Lendzele Sevidzem S., François Mavoungou J., & Faye. O.,(2022). *Typologie Des Gites Larvaires Et Sensibilite D'anopheles*

Gambiae S.L. Aux Insecticides En Zone Urbaine, Peri-Urbaine Et Rurale A Oyem (Nord Du Gabon) European Scientific Journal, ESJ, 18 (17), 22.
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n17p22>

Resume

Contexte : Les gîtes de développement des moustiques vecteurs et leur niveau de sensibilité aux insecticides ne sont pas connus à Oyem.

Objectif : Caractériser les gîtes de reproduction des populations de moustiques d'Oyem et évaluer leur sensibilité aux insecticides utilisés en santé publique.

Matériel et méthodes : Des prospections et des collectes larvaires ont été menées en juillet 2020 (saison sèche) et de mi-novembre à mi-décembre 2020 (saison pluvieuse) dans la localité d'Oyem suivant un gradient d'anthropisation. De plus, les moustiques obtenus après émergence ont été testés au DDT 4%, à la Deltaméthrine 0,05%, à la Permethrine 0,75%, à la Lambdacyalothrine 0,05%, à la Cyfluthrine 0,15%, au Bendiocarb 0,1% et au Malathion 5% selon le protocole standardisé de l'OMS de 2017.

Résultats : Un total de 498 gîtes larvaires a été identifié dans la région d'Oyem. Ces gîtes étaient constitués de 24,9% de récipients domestiques (fûts, seaux, bidons, bassines, etc.), de pneus usés (18,2%), de marécages (9,4%), de flaques d'eau (42,2%), de lacs (1,4%), de rivières (1,6%), de caniveaux (1,4%) et de fosses septiques (1%). Près de 21 217 larves ont été collectées dont 59% appartenaient au genre *Culex*, 35% à *Anopheles* et 9% à *Aedes*. Dans la zone urbaine, les larves de *Culex* étaient les plus fréquentes (84,9%) et celles d'*Aedes* les moins rencontrées (4,5%). Cependant, dans la zone péri-urbaine, ce sont les larves d'*Anopheles* qui étaient les mieux représentées (64%) et les larves d'*Aedes* les moins collectées (2,9%). Enfin, dans la zone rurale, ce sont les larves de *Culex* qui ont été les plus récoltées (45,3%) et celles d'*Aedes* les moins observées (12,7%). Les résultats des bioéssais ont révélé que les populations d'*Anopheles gambiae* s.l. de la région d'Oyem sont résistantes au DDT, à la Deltaméthrine, à la Permethrine, à la Lambdacyalothrine et à la Cyfluthrine, mais, sensibles au Bendiocarb et au Malathion.

Conclusion : Bien que les anophèles d'Oyem soient déjà résistants aux Organochlorés et Pyréthriinoïdes, ils demeurent encore sensibles aux Carbamates et Organophosphorés. Ces deux familles d'insecticides pourraient être utilisées en pulvérisation intradomiciliaire à Oyem. Toutefois, la recherche des mécanismes à l'origine de ces résistances constatées chez les moustiques d'Oyem est nécessaire pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus au cours des bioéssais.

Keywords: Gîtes larvaires, moustiques, *Anopheles gambiae* s.l., sensibilité, Oyem, Gabon

Typology Of Larval Habitats And Insecticide Sensitivity In Anopheles Gambiae S.L. In Urban, Peri-Urban, And Rural Areas Of Oyem (Northern Gabon)

Pyazzi Obame Ondo Kutomy (Doctorant),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle et Parasitaire (LEVP), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal
Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP), Libreville, Gabon.

Christophe Roland Zinga-Koumba (Maître de Recherche),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Libreville, Gabon
Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN), Libreville, Gabon.

Aubin Armel Koumba (Docteur),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Libreville, Gabon.

Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

Silas Lendzele Sevidzem (Docteur),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Libreville, Gabon

Jacques François Mavoungou (Professeur Titulaire),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Libreville, Gabon.

Ousmane Faye (Professeur Titulaire),

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle et Parasitaire (LEVP), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal.

Abstract

Background: The development sites of mosquito vectors and their sensitivity level to insecticides are not known in Oyem.

Objective: To characterize the mosquito breeding sites in Oyem and to assess their sensitivity to insecticides used in public health.

Materials and methods: Larval surveys and collections were conducted in July 2020 (dry season) and from mid-November to mid-December 2020 (rainy season) in the locality of Oyem following an anthropization gradient. Moreover, mosquitoes obtained after emergence were

tested with DDT 4%, Deltamethrin 0.05%, Permethrin 0.75%, Lambdacyalothrin 0.05%, Cyfluthrin 0.15%, Bendiocarb 0.1% and Malathion 5% according to the 2017 WHO standardized protocol.

Results: A total of 498 breeding sites was identified in the Oyem region. These larval habitats consisted of 24.9% of domestic containers (barrels, buckets, cans, basins, etc.), used tires (18.2%), swamps (9.4%), puddles (42.2%), lakes (1.4%), rivers (1.6%), gutters (1.4%) and septic tanks (1%). About 21,217 larvae were collected, 59% of which belonged to the genus *Culex*, 35% to *Anopheles* and 9% to *Aedes*. In urban area, *Culex* larvae were the most frequent (84.9%) and *Aedes* larvae were the least encountered (4.5%). However, in the peri-urban area, *Anopheles* larvae were the best represented (64%) and *Aedes* larvae were the least collected (2.9%). Finally, in the rural area, *Culex* larvae were the most harvested (45.3%) and *Aedes* larvae the least observed (12.7%). The results of the bioassays revealed that populations of *Anopheles gambiae* s.l. in the Oyem region are resistant to DDT, Deltamethrin, Permethrin, Lambdacyalothrin and Cyfluthrin.

Conclusion: Although *Anopheles* in Oyem are already resistant to Organochlorines and Pyrethrinoids, they are still sensitive to Carbamates and Organophosphates. These two families of insecticides could be used for indoor residual spraying in Oyem. However, research into the mechanisms behind the resistance observed in mosquitoes from Oyem is necessary to confirm or refute the bioassay results.

Keywords: Breeding sites, mosquitoes, *Anopheles gambiae* s.l., sensitivity, Oyem, Gabon

Introduction

Actuellement, le paludisme est la plus importante maladie à transmission vectorielle et demeure un véritable problème de santé pour les populations africaines (WHO, 2019). Sur 405 000 décès palustres estimés dans le monde, l'Afrique a présenté 94% des décès globaux et 67% de morts chez les enfants de moins de 5 ans (WHO, 2019). Au Gabon, le paludisme reste également une préoccupation majeure pour les populations avec 153 666 cas et 160 décès en 2018 (MINSANTE-SNIS, 2018). Cette parasitose est véhiculée par les moustiques du genre *Anopheles*, notamment *An. gambiae*, *An. funestus*, *An. nili* et *An. moucheti*. Le contrôle de ces insectes vecteurs est principalement basé sur l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action (MILDA). Cependant, l'émergence et l'extension des phénomènes de résistance aux pyréthrinoides (Pinto *et al.*, 2006 ; Mourou *et al.*, 2010 ; Koumba *et al.* 2018a ; 2018b) ont été signalées dans le pays. Cet état de fait pourrait menacer l'efficacité des mesures de lutte

antivectorielle à base de pyréthriinoïdes mises en œuvre sur le terrain (Duvallet *et al.*, 2017 ; Koumba *et al* 2018a ; 2018b).

Des études ont mis en évidence le rôle de l'utilisation intensive des insecticides agricoles et des MILDA dans l'apparition des résistances des vecteurs aux insecticides en Afrique. Cette hypothèse sur la pression de sélection de la résistance exercée par l'usage des insecticides agricoles a été évoquée par Pinto *et al.* (2006) et soutenue par Mourou *et al.* (2010) à Libreville au Gabon. Selon Koumba *et al.* (2018a ; 2018b), la résistance aux pyréthriinoïdes observée chez les anophèles de la zone de Mouila serait due à la présence des gènes de résistance kdr-est et kdr-ouest chez ces vecteurs.

Pour garantir l'efficacité des actions de lutte contre les vecteurs du paludisme, il est judicieux de mieux connaître les gîtes larvaires des vecteurs du paludisme et leur sensibilité aux insecticides utilisés en santé publique (WHO, 2016). Cependant, de telles informations n'existent pas encore pour de nombreuses villes gabonaises dont celle d'Oyem qui constitue la quatrième ville la plus peuplée du pays et la troisième zone rurale la touchée par le paludisme (44,2%), après Lastourville (79,5%) et Makokou (53,6%) (MINSANTE-SNIS, 2018 ; Imboumy-Limoukou *et al.*, 2020). Pour pallier ce manquement, une étude entomologique a été menée dans les zones urbaines, péri-urbaines et rurales de la ville d'Oyem. L'objectif de cette étude était de caractériser les gîtes larvaires des moustiques de la localité d'Oyem (Nord du Gabon) et de déterminer leur niveau de sensibilité aux insecticides utilisés en santé publique.

1. Matériel Et Methodes

1.1. Présentation De La Région D'oyem

Cette étude a été réalisée en juillet 2020 (saison sèche) et de mi-novembre à mi-décembre 2020 (saison des pluies) dans la région d'Oyem, au Nord du Gabon. Oyem est situé entre 1° 37' 00" Nord et 11° 35' 00" Est et s'étend sur une superficie de 38 465 km². Cette localité qui est le chef-lieu de la province du Woleu-Ntem, se trouve dans la partie septentrionale du Gabon. Construite sur des terres relativement accidentées et caractérisées par les plateaux et collines à pentes douces (pouvant atteindre jusqu'à 653 m), la ville d'Oyem compte près de 60 685 habitants (DGS-RGPL, 2015). On y trouve des cours d'eau et des lacs bordés souvent de forêts marécageuses et/ou de forêts secondaires dans lesquelles les populations cultivent différentes variétés agricoles, notamment le manioc (*Manihot esculenta*), la canne à sucre (*Saccharum officinarum*), la banane (*Musa acuminata*), l'ananas (*Ananas comosus*), le café (*Coffea canephora*), le cacao (*Theobroma cacao*) (Obame *et al.*, 2014). Ces spéculations poussent dans un climat équatorial caractérisé par des saisons de pluies alternant avec des saisons sèches (PNUD, 2009). Les

précipitations oscillent entre 1600 et 2100 mm/an en moyenne (MDDEPIP, 2015) tandis que les températures varient entre 23 et 24°C en moyenne.

1.2. Description des zones prospectées

De manière plus précise, la présente étude a été menée dans trois (3) zones réparties suivant le gradient d'anthropisation, à savoir : la zone urbaine, la zone péri-urbaine et la zone rurale de la région d'Oyem (Figure 1, ci-après).

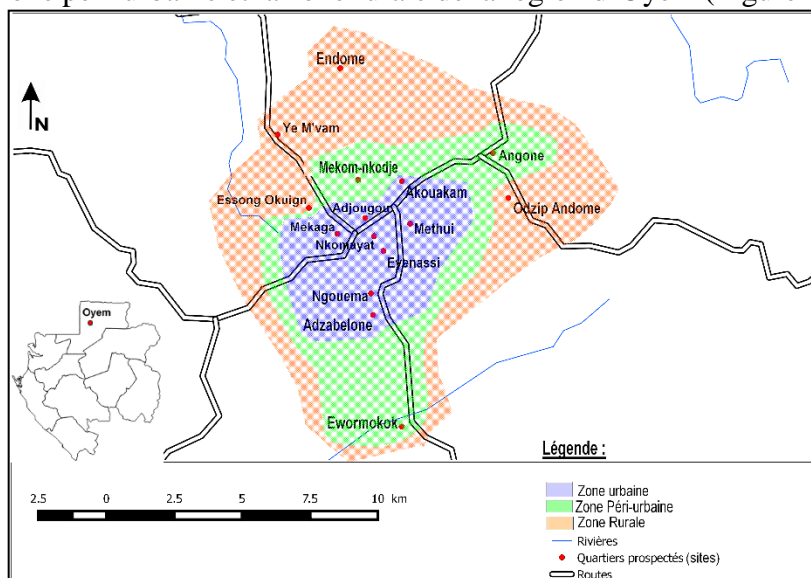


Figure 1: Carte montrant la région d'Oyem, les quartiers et villages d'étude (Obame, 2020)

Pour la zone urbaine, 8 quartiers (Akoakam, Methui, Mekaga, Ngouema, Eyehassi, Adzougou, Nkomayate et Adzabelone) ont été prospectés. Cette zone dépourvue de forêt et bien drainée, est caractérisée par une urbanisation anarchique de l'espace et l'occupation humaine des zones proches des marécages, des rivières ou des lacs. De plus, les murs des maisons sont essentiellement faits avec des briques, mais rarement, avec des planches ou tôles. Dans cette zone urbaine, on y trouve des maisons, quelques édifices de l'administration publique (gouvernorat, santé, agriculture, défense, etc.) et ceux des sociétés privées (banques, hôtels, agences de téléphonie, Société d'Eau et d'Energie, etc.). Près de 95% des résidents sont approvisionnés en eau potable par la Société d'Eau et d'Energie du Gabon (SEEG). Le ramassage des ordures ménagères dans la zone urbaine se fait dans les principaux carrefours de la ville et est à la charge de la mairie. Cependant, depuis quelques années, il n'est pas rare d'observer des retards de ramassage des immondices allant jusqu'à 2 semaines. Cette situation conjuguée au manque d'entretien des canalisations ont pour corollaires l'obturation des canaux d'évacuation des

eaux pluviales et la stagnation de ces eaux, qui favorisent la mise en place des gîtes de développement des moustiques vecteurs d'agents pathogènes responsables de multiples maladies.

Par contre, dans la zone péri-urbaine, 3 quartiers (Angone, Mekom-Nkodje et Ewormokok) ont été visités. Au sein de cette zone, les habitations humaines sont construites aussi bien avec des matériaux lourds (briques) que des matériaux légers (planches, tôles). Les administrations publiques et privées y sont très peu présentes. Seuls 50% des habitants reçoivent l'eau potable fournie par la SEEG. Le reste est contraint d'utiliser des sources d'eau naturelle et non traitée. Pour cela, l'eau puisée est stockée dans les récipients domestiques à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons. Le ramassage des ordures fait par la mairie ne concerne pas cet espace géographique ; cela oblige les résidents à pratiquer l'assainissement individuel de leur environnement immédiat car la plupart des gens jettent les ordures derrière leurs maisons (à moins de dix mètres). En outre, cette zone est marquée par de forêts secondaires marécageuses exploitées par les populations pour la réalisation de l'agriculture paysanne (Nasr *et al.*, 1995 ; PRODIAG, 2012). C'est une zone bien drainée, avec un lac au quartier Ewormokok et de nombreuses rivières serpentant les forêts présentes. Ces conditions hydrologiques, le manque de canaux d'évacuation des eaux pluviales et la platitude du relief permettent le maintien des points d'eau propices au développement des insectes vecteurs.

Enfin, dans la zone rurale, 4 villages, notamment Andome-Odzip, Endome, Essong-Okuign et Ye'Mvam, ont été explorés. En milieu rural, les administrations publiques et privées sont complètement absentes. Les habitations sont majoritairement construites le long des routes avec des matériaux légers (planches, tôles et terre battue). En revanche, seul 1% des habitants bénéficie de l'eau potable fournie par la SEEG. Le reste des résidents (99%) s'alimentent en utilisant l'eau des pluies et les ressources hydriques souterraines provenant des pompes de l'hydraulique villageoise. Pour éviter de transporter l'eau tous les jours, les populations puisent et stockent l'eau dans les récipients domestiques (bidons, seaux, bassines, futs, etc.). L'absence de canalisations des eaux usées oblige les résidents à faire l'assainissement individuel de leur milieu de vie. Cette zone est peuplée de forêts secondaires marécageuses où les populations font l'agriculture de type paysan (Nasr *et al.*, 1995 ; PRODIAG, 2012). Il y a aussi la présence des rivières telles que la rivière Nyè au village Essong-Okuign et la rivière Andome à Odzip-Andome.

1.3. Caractérisation des gîtes larvaires des moustiques

Au niveau de chaque quartier/village prospecté, tous les gîtes de développement des moustiques ont été explorés par observation directe. De

plus, les caractéristiques de ces gîtes, notamment la nature du gîte, l'origine, la positivité (présence de larves) et les genres de larves identifiées, ont été relevées (Koumba *et al.*, 2018c ; 2020). Par ailleurs, les coordonnées géographiques et le pH de tous les gîtes larvaires répertoriés ont été respectivement déterminés en utilisant le GPSMAP 64s et le pH-mètre de marque Hanna. Enfin, la profondeur du gîte et la distance de chaque gîte par rapport à la maison la plus proche, ont été déterminées grâce à un ruban métrique (Tia *et al.*, 2016).

1.4. Prospection larvaire et élevage des moustiques

Les prospections larvaires ont été menées dans les quartiers et les villages prospectés en 2020. Les différents gîtes larvaires de moustiques répertoriés ont été principalement les flaques, les récipients domestiques, les marécages, les rivières, les pneus, les lacs, les fosses septiques, les caniveaux et les briques. Cependant, les larves ont été collectées par la méthode de dipping (Talipouo *et al.*, 2017) dans ces gîtes et transportées au laboratoire dans des glacières. Ces larves ont été triées par genres et élevées dans des bacs d'élevage (Egbuche *et al.*, 2016). Par la suite, elles ont été nourries tous les jours avec des aliments pour poissons d'ornement (SERA Vipagran©) finement émiettée (Kone *et al.*, 2013). Après l'émergence, les moustiques adultes ont été nourris *ad libitum* avec une solution sucrée à 10% et identifiés morphologiquement sous loupe binoculaire en utilisant la clef d'identification des *Culicidae* d'Afrique centrale de Baldacchino & Paupy (2010) et celle des femelles d'anophèles d'Afrique tropicale de Coetzee (2020). Par la suite, ces adultes ont été utilisés pour les différents bioessais.

1.5. Etude de la sensibilité aux insecticides et identification des moustiques

Les données Les tests de sensibilité ont été réalisés selon la procédure recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2017) en utilisant plusieurs insecticides dont le DDT 4%, la Deltaméthrine 0,05%, la Permethrine 0,75%, la Lambdacyalothrine 0,05%, la Cyfluthrine 0,15%, le Bendiocarb 0,1% et le Malathion 5% (Tableau 1, ci-après). Pour ces tests, nous avons utilisé les femelles des moustiques (F0) provenant du quartier Ngouema (zone urbaine), du quartier Ewormokok (zone péri-urbaine) et du village Odzip-Andome (zone rurale). A cet effet, 4 lots de 25 femelles adultes d'*An. gambiae*, non gorgées et âgées de 2 à 4 jours ont été exposés aux papiers imprégnés à chaque insecticide dans les tubes OMS pendant 60 minutes. En parallèle, un test identique a été exécuté avec des tubes témoins tapissés de papiers imprégnés d'huile d'olive (sans insecticide).

Tableau 1 : Insecticides utilisés pour les tests de sensibilité aux insecticides

Classes d'insecticides	Insecticides	Concentrations (%)
Organochlorés	DDT	4

Pyréthroïdes	Deltaméthrine	0,05
	Perméthrine	0,75
	Lambdacyhalothrine	0,05
	Cyfluthrine	0,15
Carbamates	Bendiocarb	0,10
Organophosphorés	Malathion	5

Obame & Zinga, enquête de terrain (2020)

Les effets knock-down ont été relevés toutes les 5 minutes pendant les 20 premières minutes d'exposition des moustiques, puis toutes les 10 minutes jusqu'à la fin de la période d'exposition (60 minutes). De plus, 24 heures après l'exposition, on a enregistré le nombre de moustiques morts et ceux qui étaient vivants (Djogbenou *et al.*, 2011) ; cela a permis de calculer la mortalité post-exposition pour chaque lot. La validité des tests a été confirmée quand la mortalité des témoins est inférieure à 5%. Tous les tests de sensibilité ont été effectués dans des conditions de laboratoire suivantes : 26-29°C et 74-82% d'humidité relative.

Après les tests, tous les individus d'*Anopheles gambiae* testés provenant des quartiers et villages prospectés, ont été conditionnés en deux lots (les morts et les survivants) et conservés dans des tubes Eppendorf de 1,5 ml contenant du silicagel en vue des analyses de biologie moléculaire (identification des espèces, recherche des gènes de résistance).

1.6. Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats des bioessais a été faite sur la base des critères définis par l'OMS (OMS, 2017). Ces recommandations stipulent que : si la mortalité est inférieure à 90 %, la population testée est résistante, si cette mortalité est supérieure à 98 %, la population testée est dite sensible et si cette mortalité est comprise entre 90% et 97%, alors la population testée présente une résistance probable (à confirmer).

1.7. Analyse des données

Les données obtenues ont été saisies dans le tableur Excel 2013 et analysées avec le logiciel Polo-Plus version 1.0 qui permet de déterminer les mortalités et les temps de knock-down 50% (KdT50) et 95% (KdT95). Par ailleurs, les taux de mortalité observés après 24 heures ont été calculés en divisant le nombre de moustiques morts par le nombre total de moustiques testés pour chaque insecticide. Enfin, l'indice de diversité de Margalef a été calculé pour déterminer la richesse spécifique relative aux Culicidae dans les zones urbaines, péri-urbaines et rurales selon la formule suivante : $D = (S-1) / \log N$; avec S : le nombre d'espèces et N : le nombre d'individus collectés.

2. Resultats

2.1. Répartition saisonnière des gîtes larvaires et distance aux habitations

Au cours Au total, 498 gîtes larvaires ont été identifiés au cours de cette étude. Près de 36 % (n=179) des gîtes ont été répertoriés en saison sèche et 64% (n=319) en saison des pluies. De plus, environ 53% (n= 264) de ces gîtes étaient d'origine anthropique et 47% (n=234) d'origine naturelle. La distance moyenne entre le gîte et la maison la plus proche, pour chaque zone prospectée était de 20,7 m.

2.2. Typologie des gîtes larvaires de moustiques

Au cours de cette étude, les gîtes identifiés étaient formés des récipients domestiques (seaux d'eau, bidons coupés, futs, pneus usés, bassines, etc.), des flaques d'eau, des lacs, des marécages, des rivières et des fosses septiques (Figures 3, 4, 5, 6, 7 & 8, ci-dessous). Le maximum de gîtes rencontrés était représenté par les flaques d'eau (n=210 ; 42,2%), suivis par les récipients domestiques (n=124 ; 24,9%) et les marécages (n=47 ; 9,4%). En revanche, le minimum des gîtes larvaires a été enregistré au niveau des rivières (n=8 ; 1,6%), suivies par les lacs (n=7 ; 1,4%), les caniveaux (n=7 ; 1,4%) et enfin, les fosses septiques (n=5 ; 1%) (Figure 2, ci-après). Globalement, la profondeur moyenne de l'eau des gîtes était de 0,028 m et leur pH moyen était de 7,09.

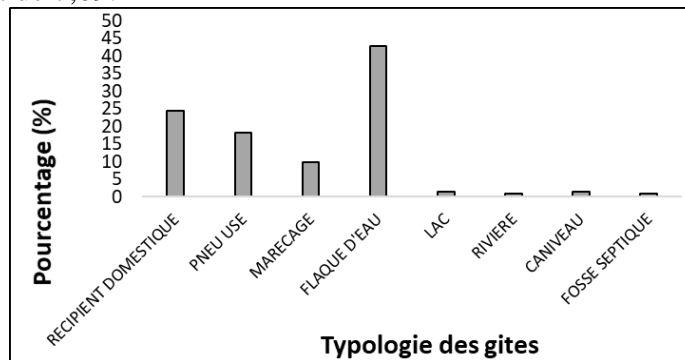


Figure 2: Répartition des gîtes larvaires des moustiques selon leur type



Figure 3 : Flaque d'eau



Figure 4 : Récipients domestiques



Figure 5 : Caniveau



Figure 6 : Lac



Figure 7 : Marécage



Figure 8 : Pneu

2.3. Répartition spatiale des gîtes par zone prospectée

Globalement, les flaques d'eau ont été les gîtes larvaires les mieux représentés aussi bien dans la zone urbaine (n=111 ; 42,2%) que dans les zones péri-urbaine (n=57 ; 45,96%) et rurale (n=42 ; 37,80%). Pour les récipients domestiques, ils ont augmenté de la zone urbaine (n=28 ; 10,65%) vers la zone péri-urbaine (n=36 ; 29,03%) pour atteindre leurs pics dans la zone rurale (n=60 ; 54,10%). Par contre, les pneus usés ont diminué de la zone urbaine (n=73 ; 27,76%) vers la zone péri-urbaine (n=17 ; 13,71%). Toutefois, une absence des pneus usés, des caniveaux et des fosses septiques a été relevée dans la zone rurale (Tableau 2, ci-après).

Tableau 2 : Répartition des gîtes larvaires selon les zones prospectées

	Zone urbaine		Zone péri-urbaine		Zone rurale	
	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage (%)</i>	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage (%)</i>	<i>Effectif</i>	<i>Pourcentage (%)</i>
Récipients domestiques	28	10,65	36	29,03	60	54,10
Pneus	73	27,76	17	13,71	0	0
Marécages	32	12,17	9	7,26	6	5,40
Flaques d'eau	111	42,20	57	45,96	42	37,80
Lacs	4	1,52	3	2,42	0	0
Rivières	4	1,52	1	0,81	3	2,70
Caniveaux	7	2,66	0	0	0	0
Fosses septiques	4	1,52	1	0,81	0	0
Total	263	100	124	100	111	100

2.4. Répartition des gîtes positifs et négatifs selon les zones prospectées

Parmi les 498 gîtes répertoriés, 238 (48%) étaient positifs, c'est-à-dire avaient des larves de moustiques) et 260 (52%) étaient négatifs (Figure 9, ci-après). Les plus grands effectifs de gîtes positifs et négatifs ont été enregistrés dans la zone urbaine, avec respectivement 26,7% (n=133) et 27,1% (n=135). Cependant, les gîtes positifs ont été moins abondants dans la zone péri-urbaine (n=61 ; 12,2%) et la zone rurale (n=44 ; 8,8%). Enfin, le nombre de gîtes négatifs le plus faible a été observé dans la zone péri-urbaine (n=58 ; 11,6%).

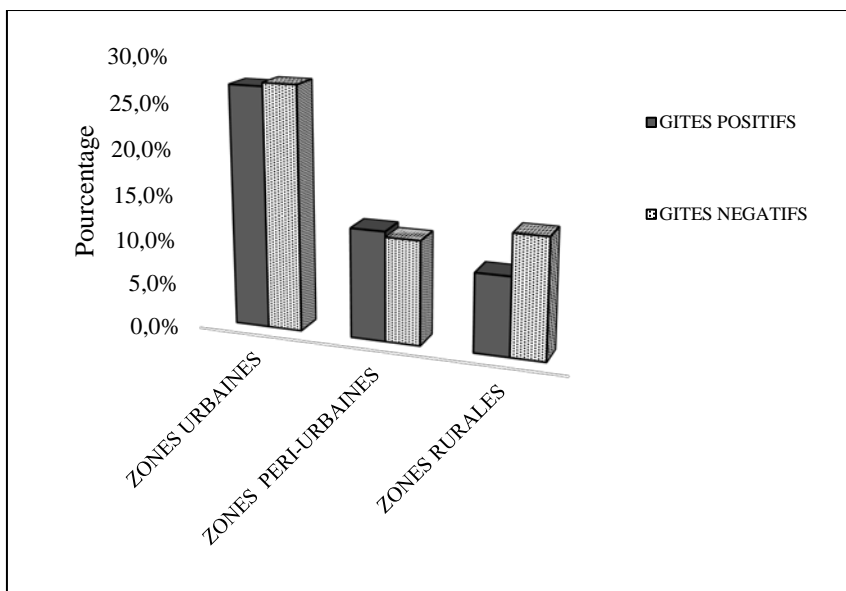


Figure 9: Pourcentage des gîtes positifs et négatifs identifiés selon les zones

Au niveau de la zone urbaine, ce sont les quartiers Ngouema, Akouakam et Adjougou qui ont présenté le maximum de gîtes larvaires positifs, avec des pourcentages respectifs de 26% (n=26), 25% (n=25) et 24% (n=24). Le quartier Methui a présenté le plus faible pourcentage de gîtes larvaires positifs prospectés (n=4 ; 3%). Les gîtes négatifs ont été plus abondants dans les quartiers Ngouema (n=29 ; 21,5%), Adzabelone (n=22 ; 16,3%) et Methui (n=20 ; 14,8%) tandis qu'au quartier Eyenassi, les gîtes négatifs ont été moins abondants (n=10 ; 7,4%).

Pour la zone péri-urbaine, le maximum de gîtes positifs a été enregistré dans le quartier Ewormokok avec un pourcentage de 55,7% (n=34) et le minimum dans le quartier Mekom Nkodje avec un pourcentage de 16,4% (n=10). Le plus grand nombre de gîtes négatifs a été observé dans le quartier Ewormokok (n=25 ; 43,1%) et le minimum dans le quartier Mekom-Nkodje (n=15 ; 5,9%).

En zone rurale, c'est le village Essong-Okuign qui a présenté le plus grand effectif de gîtes positifs avec un pourcentage de 45,5% (n=20), alors que le minimum de gîtes positifs a été enregistré dans les villages Endome et Ye'Mvam avec des pourcentages identiques de 15,9% (n=7). En revanche, le maximum de gîtes négatifs a été observé dans le village Andome Odzip (n=24 ; 100%) et le minimum dans le village Essong Okuign (n=11 ; 16,4%) (Tableau 3, ci-après).

Tableau 3 : Répartition des gîtes positifs et négatifs selon les quartiers et villages visités

ZONES	QUARTIERS/VILLAGES	GITES POSITIFS n ; (%)	GITES NEGATIFS n ; (%)
URBAINE	AKOAKAM	n=25 (18,8%)	n=11 (8,1%)
	METHUI	n=4 (3%)	n=20 (14,8%)
	MEKAGA	n=15 (11,3%)	n=14 (10,4%)
	NGOUEMA	n=26 (19,5%)	n=29 (21,5%)
	EYENASSI	n=15 (11,3%)	n=10 (7,4%)
	ADZOUGOU	n=24 (18%)	n=12 (8,9%)
	NKOMAYATE	n=12 (9%)	n=17 (12,6%)
	ADZABELONE	n=12 (9%)	n=22 (16,3%)
	TOTAL	N=133 (100%)	N=135 (100%)
PERI-URBAINE	ANGONE	n=17 (27,9%)	n=18 (31%)
	MEKOM NKODJE	n=10 (16,4%)	n=15 (25,9%)
	EWORMEKOK	n=34 (55,7%)	n=25 (43,1%)
	TOTAL	N=61 (100%)	N=58 (100%)
RURALE	ANDOME ODZIP	n=7 (100%)	n=24 (100%)
	ENDOME	n=10 (22,7%)	n=14 (20,9%)
	ESSONG - OKÜIGN	n=20 (45,5%)	n=11 (16,4%)
	YE'MVAM	n=7 (15,9%)	n=18 (26,9%)
	TOTAL	N=44 (100%)	N=67 (100%)
TOTAL DES GÎTES		N=238 (48%)	N=260 (52%)

n : nombre ; (%) : pourcentage.

2.5. Abondance des gîtes en fonction du genre de larves de moustiques

Au cours de ce travail, les gîtes de moustiques recensés étaient principalement des gîtes mixtes (n=331 ; 66,5%), les gîtes à *Culex* (n=104 ; 20,9%), les gîtes à *Anopheles* (n=38 ; 6,8%) et les gîtes à *Aedes* (n=25 ; 5%) (Figure 10, ci-après). Au total 21 217 larves (dont 33% en saison sèche et 67% en saison des pluies) ont été collectées au cours de cette étude (Figure 10, ci-après). Près de 59% de ces larves appartenaient au genre *Culex*, 35% au genre *Anopheles* et 9% au genre *Aedes*.

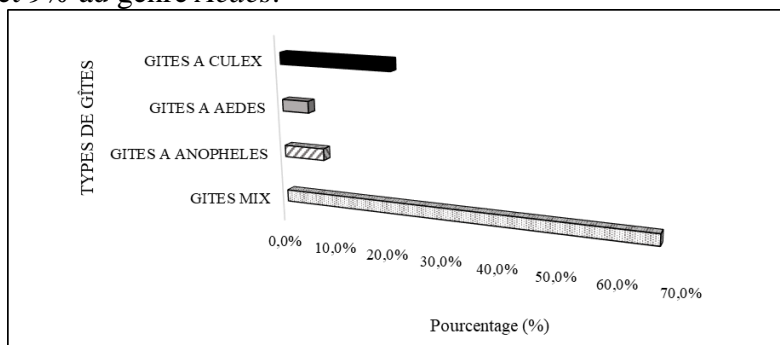


Figure 10 : Pourcentage des gites larvaires selon le genre de moustique identifié à Oyem

2.6. Répartition des larves de moustiques par zones prospectées

Dans la zone urbaine, les larves de *Culex* ont été les mieux représentées avec 84,9% (n=8320) alors que les larves d'*Aedes* ont les moins abondantes avec un taux de 4,5% (n=437). Par contre, au niveau de la zone péri-urbaine, les larves d'*Anopheles* ont été les plus nombreuses (64% ; n=4887) et les larves d'*Aedes* ont été peu abondantes avec 2,9% (n=223). Enfin, dans la zone rurale, ce sont les larves de *Culex* qui ont été les plus abondantes avec 45,3% (n=1746) tandis que les larves d'*Aedes* ont été peu fréquentes (12,7% ; n=490) (Tableau 4, ci-dessous).

Tableau 4 : Répartition des larves de moustiques selon les genres et les zones étudiées

	<i>Culex</i> n ; (%)	<i>Anopheles</i> n ; (%)	<i>Aedes</i> n ; (%)
ZONE URBAINE	n=8320 (84,9%)	n=1038 (10,6%)	n=437 (4,5%)
ZONE PERI-URBAINE	n=2460 (32,5%)	n=4887 (64,6%)	n=223 (2,9%)
ZONE RURALE	n=1746 (45,3%)	n=1616 (42%)	n=490 (12,7%)

n : nombre ; (%) : pourcentage

2.7. Répartition des larves de moustiques selon les types de gîtes

Les *Culicinae* (*Culex* et *Aedes*) ont été identifiés dans tous les gîtes larvaires prospectés excepté dans les rivières. En effet, ils ont été abondants

dans les gîtes d'origine anthropique dont les récipients domestiques, les pneus et les caniveaux. Les larves de *Culex* ont été plus important dans les récipients domestiques (n=3677 ; 17,3%), les pneus (n=3022 ; 14,2%), les caniveaux (n=2246 ; 10,6%) et les fosses septiques (n=1000 ; 4,7%).

Aucune larve d'*Anopheles* n'a été identifiée dans les pneus, et les caniveaux. Cependant, les larves de ce genre ont été plus nombreux dans les flaques d'eau ensoleillées et très peu ou non polluées avec un pourcentage de 32,5 % (n=6906). Par contre, les larves de *Culex* (n=1801 ; 8,7%) et d'*Aedes* (n=142 ; 0,7%) y ont été faiblement collectés (Figure 11, ci-dessous).

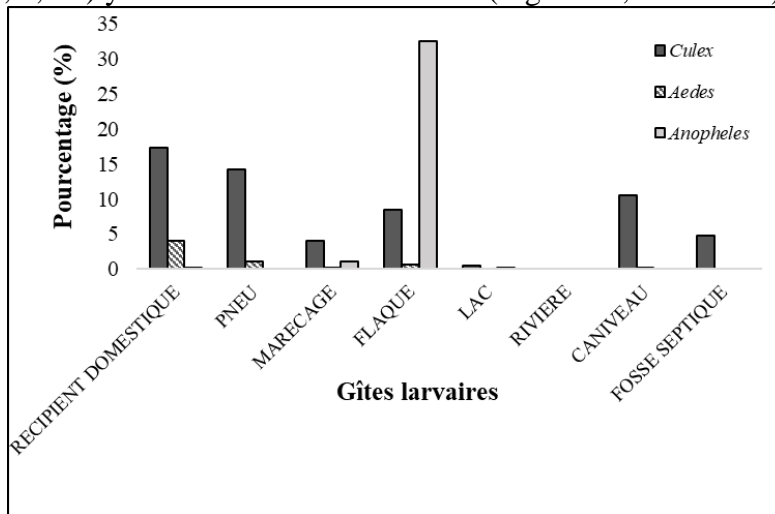


Figure 11 : Répartition des genres de larves selon la nature des gîtes

2.8. Richesse et abondance spécifiques des moustiques à Oyem

Au total, 10 610 moustiques adultes issus des larves collectées ont été identifiés. Ces moustiques appartenaient à sept (7) espèces réparties en trois (3) genres dont *Culex*, *Aedes* et *Anopheles*. Globalement, le genre *Culex* était représenté par 3 espèces, à savoir : *Culex quinquefasciatus*, *Culex poicilipes* et *Culex decens*. Par contre, le genre *Aedes* comprenait 2 espèces dont *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Le genre *Anopheles* a enregistré 2 espèces : *Anopheles gambiae s.l.* et *Anopheles moucheti* (Tableau 5, ci-après).

S'agissant de l'abondance spécifique des moustiques, *Culex quinquefasciatus* a été l'espèce la plus abondante avec 52,8%. Elle a été suivie par *Anopheles gambiae s.l.* (28,7%), *Culex poicilipes* (10,4%), *Aedes aegypti* (4,8%), *Aedes albopictus* (1,9%), *Culex decens* (1,2%) et *Anopheles moucheti* (0,2%) (Tableau 5, ci-après).

Tableau 5 : Abondance des espèces de moustiques après élevage dans la région d'Oyem

Espèces de moustiques	Effectif total	Pourcentage
-----------------------	----------------	-------------

<i>Culex quinquefasciatus</i>	5601	52,8%
<i>Culex poicilipes</i>	1103	10,4%
<i>Culex decens</i>	124	1,2%
<i>Aedes aegypti</i>	510	4,8%
<i>Aedes albopictus</i>	203	1,9%
<i>Anopheles gambiae s.l.</i>	3046	28,7%
<i>Anopheles moucheti</i>	23	0,2%

2.9. Abondance spécifique des moustiques selon les zones prospectées à Oyem

Dans la zone urbaine, *Cx. quinquefasciatus* a été l'espèce la plus abondante suivie de *Cx. poicilipes*. Les autres espèces de moustiques ont été faiblement représentées (Tableau 6, ci-dessous). De plus, *An. moucheti* n'a pas été collecté dans cette zone d'étude.

Dans la zone péri-urbaine et la zone rurale, c'est *An. gambiae s.l.* qui a été l'espèce la plus abondante. Toutefois, *Cx. quinquefasciatus* a été la deuxième espèce la plus fréquente en zone péri-urbaine. En outre, *An. moucheti* n'a été récolté qu'en zone rurale (Tableau 6, ci-dessous). Le maximum d'espèces a été récolté dans la zone rurale et le minimum dans les deux autres zones prospectées. L'indice de Margalef qui permet de mesurer la richesse spécifique a été de 1,3 en zone urbaine, de 1,4 en zone péri-urbaine et de 1,9 en zone rurale.

Tableau 6 : Abondance spécifique des moustiques selon les zones prospectées

ESPECES	ZONES URBAINES n ; (%)	ZONES PERI URBAINE n ; (%)	ZONES RURALES n ; (%)
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	n=4203 (75,5%)	n=1197 (32,8%)	n=201 (14,4%)
<i>Cx. poicilipes</i>	n= 923 (16,6%)	n=120 (3,3%)	n=60 (4,3%)
<i>Cx. decens</i>	n=56 (1%)	n=30 (0,8%)	n=38 (2,7%)
<i>Ae. aegypti</i>	n=150 (2,7%)	n=130 (3,8%)	n=230 (16,5%)
<i>Ae. albopictus</i>	n=30 (0,5%)	n=31 (0,8%)	n=142 (10,2%)
<i>An. gambiae s.l.</i>	n=203 (3,6%)	n=2140 (58,7%)	n=703 (50,3%)
<i>An. moucheti</i>	0	0	n=23 (1,6%)

Total	n=5565 (100%)	n=3648 (100%)	n=1397 (100%)
Indice de Margalef	1,3	1,4	1,9

n : nombre ; (%) : pourcentage

2.10. Sensibilité des populations naturelles d'anophèles dans la région d'Oyem

Un total de 1680 femelles d'*Anopheles gambiae* s.l. sauvages âgées de 2 à 4 jours a été testé aux insecticides. Aucune correction des taux de mortalité n'a été faite par la formule d'Abbott car les taux de mortalité observés chez les témoins étaient inférieurs à 5 %. Les taux de mortalité obtenus chez les anophèles collectés dans les zones urbaine, péri-urbaine et rurale ont varié entre 3% et 25% avec le DDT 4%. Cela implique que ces vecteurs présentent une forte résistance au DDT 4% dans les trois zones prospectées. En revanche, les taux de mortalité enregistrés chez les anophèles ont été globalement inférieurs à 94% avec les Pyréthriinoïdes (Deltaméthrine 0,05%, Permethrine 0,75%, Lambdacyalothrine 0,05% et Cyfluthrine 0,15%). Ces moustiques sont donc résistants à ces Pyréthriinoïdes. La Deltaméthrine 0,05% est le Pyréthriinoïde qui a présenté le taux de mortalité le plus élevé aussi bien en zone urbaine (70%), péri-urbaine (75%) qu'en zone rurale (93%) (Tableau 7, ci-après). Toutefois, en présence des Carbamates (Bendiocarb 0,1%) et Organophosphorés (Malathion 5%), les anophèles testés ont été sensibles avec des taux de mortalité de 100% (Tableau 7, ci-après).

2.11. Effet Knock-Down (Kd) des insecticides sur les populations d'anophèles d'Oyem

Au niveau des zones urbaine et rurale, en présence du DDT 4%, les anophèles testés ont présenté des KdT50 et KdT95 supérieurs à 60 minutes (> 1 h). Par contre, aucun KdT n'a été enregistré chez les moustiques de la zone péri-urbaine. Par ailleurs, avec la Deltaméthrine les KdT50 de 35,499 min, 39,892 min et 43,284 min ont été obtenus respectivement chez les anophèles des zones urbaine, péri-urbaine et rurale. Or, ses KdT95 ont été supérieurs à 60 minutes dans les trois zones prospectées. Avec la Permethrine 0,05%, les KdT50 ont été de 50,495 min et 33,503 min respectivement dans la zone urbaine et la zone rurale. Mais, les KdT95 dans ces zones ont été supérieurs à 60 min pour cet insecticide. Cependant, dans la zone péri-urbaine, les KdT50 et KdT95 pour cet insecticide ont été supérieurs à 60 minutes. Avec la Lambdacyalothrine 0,05% et la Cyfluthrine 0,15%, des KdT50 et KdT90 supérieurs à 60 minutes ont été relevés dans les zones urbaine, péri-urbaine et rurale. Après lecture des KdT50 et KdT95, il ressort que la Deltaméthrine

0,05% a été le seul insecticide qui a assommé plus de 50% de la population d'*An. gambiae* s.l. de la région d'Oyem en moins de 1 h d'exposition (Tableau 8, ci-après).

Tableau 7 : Mortalité et statut de sensibilité des anophèles aux insecticides

INSECTICIDES	Effectifs	ZONE URBAINE		ZONE PERI-URBAINE		ZONE RURALE	
		Mortalité (%) après 24h	Statut	Mortalité (%) après 24h	Statut	Mortalité (%) après 24h	Statut
DDT 4%	80	15	Résistant	3	Résistant	25	Résistant
Deltaméthrine 0,05%	80	70	Résistant	75	Résistant	93	Résistant
Permethrine 0,75%	80	53	Résistant	53	Résistant	63	Résistant
Lambda-cyhalothrine 0,05%	80	48	Résistant	35	Résistant	18	Résistant
Cyfluthrine 0,15%	80	35	Résistant	30	Résistant	43	Résistant
Bendiocarb 0,1%	80	100	Sensible	100	Sensible	100	Sensible
Malathion 5%	80	100	Sensible	100	Sensible	100	Sensible

Tableau 8 : Effet Knock-down (Kd)

INSECTICID ES	ZONE URBAINE		ZONE PERI-URBAINE		ZONE RURALE	
	KdT 50 (IC)	KdT95 (IC)	KdT 50 (IC)	KdT95 (IC)	KdT 50 (IC)	KdT95 (IC)
DDT 4%	109,155 (82,734-179,074)	537,212 (285,262-1750,958)	No KD	No KD	156,442 (90,807-882,561)	962,636 (302,238-45955,258)
Deltamethrine 0,05%	35,499 (30,451-42,521)	140,517 (99,372-246,583)	39,892 (32,859-51,759)	147,898 (95,570-356,111)	43,284 (37,494-52,035)	156 (110,556-275,089)
Permethrine 0,75%	50,495 (40,598-71,563)	208,942 (123,848 - 617,134)	990,926 (272,410-64216,146)	114313,628 (6141,8-1702411947,01)	33,503 (31,010-36,302)	96,286 (81,866-119,156)
Lambda-cyhalothrine 0,05%	185,929 (114,320-565,855)	1242,116 (448,038-13655,929)	104,199 (79,389-166,045)	598,718 (314,483-1904,216)	200,851 (92,195-4218,579)	3419,643 (555,032-6162043,892)
Cyflutrine 0,15%	68,064 (57,525-86,758)	332,365 (215,329 - 656,624)	152,814 (88,462-646,224)	1443,241 (418,009-45643,528)	60,478 (52,539-73,274)	257,963 (179,676-444,893)

3. Discussion

Cette étude a permis de recenser 498 gîtes larvaires dans la région d'Oyem dont 264 gîtes anthropiques et 234 naturels. Il ressort que les gîtes artificiels (seaux d'eau, bidons coupés, futs, pneus usés, bassines, fosses septiques) liés aux activités humaines sont très abondants et proches des maisons. Cette abondance des gîtes artificiels a été déjà signalée par Koumba *et al.* (2018c) dans la région de Mouila au sud du Gabon et Djegbe *et al.* (2019) au Département de l'Atlantique au sud du Bénin. Cette situation pourrait être

liée au non-respect des mesures d'hygiène appropriées dans les zones prospectées, à l'absence d'assainissement dans l'environnement immédiat des populations ou à l'urbanisation mal contrôlée (Hayett *et al.*, 2012 ; Akono Ntonga *et al.*, 2018 ; Koumba *et al.*, 2018c ; Mahamane Iro *et al.*, 2020). En outre, au cours de cette étude, on a enregistré une abondance des flaques d'eau relativement aux autres gîtes larvaires. En effet, les flaques d'eau ont été majoritaires en zones péri-urbaines et ont été suivies des récipients domestiques. La distance moyenne de ces gîtes larvaires par rapport aux maisons les plus proches a été inférieure à 400 m. Ces résultats ont été aussi observés à Mouila au sud du Gabon (Koumba *et al.*, 2018c), dans le littoral du Cameroun (Mbida Mbida *et al.*, 2017) et à Niamey au Niger (Mahamane Iro *et al.*, 2020). Ces observations mettent en relief le rôle des populations humaines de la zone d'Oyem dans la profusion des moustiques via la mise en place et le maintien de leurs gîtes larvaires. D'ailleurs, au Burkina Faso, Dambach *et al.* (2009) ont rapporté une proximité entre les sites de ponte des moustiques et les habitations. De leur côté, Koné *et al.* (2013) en Côte d'Ivoire et Koumba *et al.* (2020) à Mouila au Gabon ont trouvé des résultats similaires. Cette situation pourrait représenter un danger pour les populations humaines environnantes.

Chez certains gîtes identifiés, dont les pneus usés, les effectifs décroissent des zones urbaines vers les zones péri-urbaines. Cependant, dans la zone rurale, il y a une absence totale de ces pneus usés. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait qu'en milieu urbain, l'urbanisation est mal contrôlée et les mesures d'hygiène utilisées sont inappropriées.

En revanche, le nombre de récipients domestiques croît des zones urbaines vers les zones rurales, en passant par les zones péri-urbaines. Cela pourrait s'expliquer par les difficultés d'accès à l'eau potable en zones péri-urbaine et rurale et aux habitudes de conservation des eaux pluviales par les populations. Le plus souvent les récipients utilisés pour recueillir et garder l'eau sont non couverts. A cet effet, il est impérieux d'inciter les populations à un changement de comportement et à l'assainissement de leur environnement.

Au total, trois genres de moustiques dont *Culex*, *Aedes* et *Anopheles* ont été identifiés. On a noté une prédominance de *Culicinae* (*Culex* et *Aedes*) en zones urbaines et une abondance du genre *Anopheles* en zones péri-urbaine et rurale. La prédominance des *Culicinae* en zones urbaines est la conséquence d'une urbanisation qui s'accompagne de la pollution des collections d'eau par les déchets ménagers favorables à la prolifération des larves de *Culicinae*. (Himmi, 2007 ; Kbibch *et al.*, 2012). En Algérie, Korba *et al.* (2016) ont montré que les *Culicinae* présentent de fortes capacités d'adaptation leur permettant de se développer dans plusieurs types d'habitats comme les gîtes

pollués. Toutefois, l'abondance du genre *Anopheles* en zones péri-urbaine et rurale serait la conséquence du caractère peu pollué des gîtes larvaires de ces milieux (Mbida Mbida *et al.*, 2016). D'ailleurs, Kamdem *et al.* (2012) et Akono Ntonga *et al.* (2018) ont observé en milieux péri-urbain et rural camerounais que les gîtes colonisés par la faune anophélienne sont majoritairement constitués de flaques d'eau ensoleillées et peu polluées.

Ce travail a permis de révéler la présence de sept (7) espèces de moustiques dans la zone d'étude dont *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. poicilipes*, *Cx. decens*, *Ae. Aegypti*, *Ae. albopictus*, *An. gambiae* s.l. et *An. moucheti*. D'une manière générale, *Cx. quinquefasciatus* a été l'espèce la plus abondante dans toutes les trois zones, suivie d'*An. gambiae* s.l. Cette espèce a été trouvée avec un effectif élevé dans les gîtes artificiels (récipients domestiques, pneus, caniveaux, fosses septiques). Elle a été trouvée aussi en faible quantité dans les gîtes naturels (flaques d'eau). Cela montre sa préférence pour les gîtes anthropiques. Selon Baldet (1995) et Akono Ntonga *et al.* (2018), *Cx. quinquefasciatus* s'adapte mieux aux conditions environnementales qu'offrent la plupart des villes africaines. Mais, pour Almeida *et al.* (2020), les milieux anthropiques offrent des conditions favorables à certaines espèces. La faiblesse des effectifs des autres espèces serait probablement liée à l'assèchement de certains gîtes temporaires, ce qui a diminué le nombre de collectes, mais aussi, aux pluies qui ont occasionné le lessivage de diverses larves.

S'agissant de *Cx. poicilipes*, le maximum de ses individus a été récolté en zone urbaine, tandis que le minimum a été observé en zone rurale. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'en milieu urbanisé, les gîtes larvaires où cette espèce a été collectée étaient très pollués. D'après Muturi *et al.* (2007), les larves de *Cx. poicilipes* affectionnent les gîtes de type marais herbeux y compris ceux pollués. Par ailleurs, la présence de cette espèce dans les autres milieux met en exergue sa grande plasticité (Cléments, 1963). Par ailleurs, les individus d'*Anopheles gambiae* s.l. ont été très abondants en zones péri-urbaine et rurale. Cela pourrait être liée au fait que cette espèce de moustique préfère les gîtes ensoleillés (ici les flaques d'eau). En Afrique, plusieurs études ont rapporté que les gîtes larvaires à *Anopheles* sont les flaques d'eau ensoleillées et peu polluées (Carnevale & Robert, 2009 ; Zogo *et al.*, 2019).

Les populations d'*Anopheles gambiae* s.l. provenant des zones urbaine, péri-urbaine et rurale d'Oyem ont montré des résistances aux Organochlorés (DDT4%) et Pyréthriinoïdes (Deltaméthrine 0,05%, Perméthrine 0,75%, Lambdacyalothrine 0,05%, Cyfluthrine 0,15%) avec des taux de mortalité variables suivant l'insecticide. La forte résistance au DDT

observée chez les populations d'*Anopheles gambiae* s.l. en zone péri-urbaine pourrait être liée, d'une part à l'utilisation massive d'insecticides par les agriculteurs et de celle du DDT en aspersions intra-domiciliaires lors des campagnes de lutte antivectorielle lancées en Afrique subsaharienne dans les années 1950 et 1980 (Carnevale & Mouchet, 2001). En effet, *An. gambiae*, vecteur majeur du paludisme en Afrique, est apparu résistant aux insecticides pour la première fois en 1954 au Nigeria, après les aspersions intra-domiciliaires de Dieldrine et le phénomène s'est rapidement généralisé dans tout le continent (Etang & Simard, 2002).

Par ailleurs, la résistance aux Pyréthriinoïdes observée chez les anophèles au cours de cette étude pourrait être due à l'utilisation massive de moustiquaires imprégnées à la Deltaméthrine par les ménages dans la plupart des localités du pays (FONDS MONDIAL, 2008). De plus, on a noté en zones péri-urbaine et rurale, l'utilisation des Pyréthriinoïdes (Deltaméthrine, Lambdacyalothrine) pour la protection des champs contre les insectes ravageurs. En effet, l'usage massif des Pyréthriinoïdes contre les ravageurs de culture à partir de 1970, puis leur utilisation domestique contre les moustiques à partir de 1980 (sprays, MII), a pu contribuer à la sélection de cette résistance. Cette problématique de résistance des vecteurs aux Pyréthriinoïdes est généralisée dans l'ensemble des pays littoraux de l'ouest et du centre de l'Afrique (Antonio-Nkondjio *et al.*, 2015). Cette résistance d'*An. gambiae* s.l. au DDT 4% et aux Pyréthriinoïdes a été aussi observée au Cameroun (Etang & Simard, 2002 ; Antonio-Nkondjio *et al.*, 2017), en République Démocratique du Congo (N'Do *et al.*, 2021) et en République Centrafricaine (Kamgang *et al.*, 2018).

Cependant, une sensibilité au Bendiocarb 0,1% et au Malathion 5% (mortalité = 100%) a été observée chez les populations d'*An. gambiae* s.l. issues des zones urbaines, péri-urbaines et rurales. La sensibilité de ces moustiques à ces deux insecticides pourrait être liée au fait que les Organophosphorés et les Carbamates sont encore très peu utilisés dans la lutte contre les ravageurs de culture dans la zone d'Oyem. Dans les zones agricoles de Mouila (Gabon), Koumba *et al.* (2018a) ont rapporté la sensibilité au Bendiocarb 0,1% et au Malathion 5% (mortalité = 100%) chez les populations d'*An. gambiae* s.l. issues de cette région où de nombreux insecticides agricoles sont utilisés pour la protection des végétaux.

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier 7 espèces de moustiques regroupées en 3 genres et colonisant les différents gîtes larvaires artificiels et naturels des zones urbaines, péri-urbaines et rurales de la ville d'Oyem au nord du Gabon.

De même, il ressort de ce travail que la zone d'Oyem abrite des espèces de moustiques vecteurs potentiels de maladies à transmission vectorielle dont *Culex quinquefasciatus* et *Anopheles gambiae* s.l. Les populations d'*An. gambiae* s.l. sont résistantes aux insecticides couramment utilisés en santé publique, exceptés le Bendiocarb et le Malathion qui restent encore efficaces. Toutefois, des analyses moléculaires des échantillons de moustiques sont requises afin de rechercher les gènes responsables des résistances phénotypiques observées via les bioessais réalisés sur le terrain.

References:

1. Akono Ntonga, P., Mbida Mbida, A., Awono Ambene, P., Youmbi Enga, L., Kayoum, Y. A., & Kekeunou, S. (2018). *Habitats larvaires et sensibilité des vecteurs du paludisme aux insecticides dans des localités (semi-urbaine et rurale) de la région du littoral camerounais : Données préliminaires*. Revue d'Ecologie (Terre Vie), 73 (2), 132-141.
2. Almeida, J. F., Belchior, H. C. M., Rios-Velasquez, C. M., & PESSOA, F. A. C. (2020). *Diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected in different types of larvitrap in an amazon rural settlement*. Plos One, 15 (10), 1-15.
3. Antonio-Nkondjio, C., Tene Fossog, B., Kopya, E., Poumachu, Y., Menze, B., Ndo, C., Tchuinkam, T., Awono-Ambene, P., & Wondji, C. S. (2015). *Rapid evolution of pyrethroid resistance prevalence in Anopheles gambiae populations from the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon)*. Malaria Journal, 14, 155.
4. Antonio-Nkondjio, C., Sonhafouo-Chiana, N., Ngadjeu, C. S., Doumbe-Belisse, P., Talipouo, A., Djamouko-Djonkam, L., Kopya, E., Bamou, R., Awono-Ambene, P., & Wondji, C. S. (2017). *Review of the evolution of insecticide resistance in main malaria vectors in Cameroon from 1990 to 2017*. Parasites & Vectors, 10, 472-486.
5. Baldacchino, F., & Paupy, C. (2010). *Clé de détermination des Culicidae présents en Afrique Centrale et au Gabon*. Document de travail, IRD/CIRMF, 108p.
6. Baldet, T. (1995). *Étude comparative de deux stratégies de lutte contre Culex quinquefasciatus Say, 1823 par Bacillus sphaericus Neide, 1904 dans la ville de Maroua (Nord-Cameroun)*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, France, 376p.
7. Carnevale, P., & Mouchet, J. (2001). *La lutte antivectorielle au Cameroun, Passé, présent et avenir : Réflexions*. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 94, 202-9.

8. Carnevale, P., & Robert, V. (2009). *Les anophèles : biologie, transmission du plasmodium et lutte antivectorielle*. Didactiques, Marseille.
9. Clements, A. (1963). *The physiology of mosquitoes*. Pergamon Press, Oxford & New York.
10. Coetzee, M. (2020). *Key to the females of Afrotropical Anopheles mosquitoes (Diptera: Culicidae)*. *Malaria Journal*, 19, 70, <https://doi.org/10.1186/s12936-020-3144-9>. Licence CC BY 4.0.
11. Dambach, P., Sie, A., Lacaux, J. P., Vignolles, C., Machault, V., & Sauerborn, R. (2009). *Using high spatial resolution remote sensing for risk mapping of malaria occurrence in the Nouna district, Burkina Faso*. *Global Health Action*, 2 (0) (2009) 1-7. DOI: 10.3402/gha.v2i0.2094.
12. DGS-RGPL (Direction Générale de la Statistique du Gabon-Recensement Général de la Population et des Logements) (2015), *Résultats globaux du Recensement Général de la Population et des Logements de 2013 « RGPL » du Gabon*. Ministère de l'Economie, de la Promotion des Investissements et de la Prospective, Libreville, Gabon, 247p.
13. Djegbe, I., Toponon, T. F., Gbankoto, A., Tchigossou, G., Djossou-Hessou, D., Dossou, C., Yessoufou, A., Akogbéto, M., Djogbénou, L., & Djouaka, R. (2019). *Typologie des gîtes larvaires et résistance des vecteurs du paludisme à la deltaméthrine dans les milieux urbain et rural du Département de l'Atlantique au Sud du Bénin: Données préliminaires*. *European Scientific Journal*, 15 (33), 171-191.
14. Djogbenou, L., Pasteur, N., Akogbetto, M., Weill, M., & Chandre, F. (2011). *Insecticide resistance in the Anopheles gambiae complex in Benin: a nationwide survey*. *Medical and Veterinary Entomology*, 25, 256–267.
15. Duvallet, G., Fontenille, D., & Robert, V. (2017). *Entomologie médicale et vétérinaire*. IRD Editions, Editions Quae, Marseille, Versailles, 688p.
16. Egbuche, C. M., Ezihe, C. K., Aribodor, D. N., & Ukonze, C. B. (2016). *Survey of mosquitoes in open and closed larval habitats in Aguleri, Anambra East Local Government Area of Anambra State, South Eastern Nigeria*. *Journal of Mosquito Research*, 6 (17), 1-5.
17. Etang, J., & Simard, F. (2002). *Résistance d'Anopheles gambiae s.l. aux insecticides*. In : *Résistance des insectes aux insecticides en Afrique de l'ouest et du centre*. Actes de l'atelier, 06- 07 mars 2002, Maroua, Cameroun: Volume 1 : résumés et recommandations, Volume 2 : communications et présentations, Brévault Thierry (ed.), Nibouche Samuel (ed.), CIRAD, PRASAC, IRAD.
18. FONDS MONDIAL (2008). *Evaluation finale Quatrième Round de lutte contre le Sida, la Tuberculose et le Paludisme « Composante Paludisme » Gabon*. Fonds Mondial, 44p.

19. Hayett, B., Fouzia, D., & Noureddine, S. (2012). *Étude systématique et écologique des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie)*. Entomologie Faunistique, 65, 99-103.
20. Himmi, O. (2007). *Les culicidés (Insectes, diptères) du Maroc : Systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes*. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohamed V, Maroc, 363p.
21. Imboumy-Limoukou, R. K., Maghendji-Nzondo, S., Sir-Ondo-Enguier, P. N., Niemczura De Carvalho, J., Tsafack-Tegomo, N. P., Buekens, J., Okouga, A. P., Mouinga-Ondeme, A., Kwedy Nolna, S., & Lekana-Douki, J. B. (2020). *Malaria in children and women of childbearing age: infection prevalence, knowledge and use of malaria prevention tools in the province of Nyanga, Gabon*. Malaria Journal, 19, 387-394.
22. Kamdem, C., Tene Fossog, B., & Simard, F. (2012). *Anthropogenic habitat disturbance and ecological divergence between incipient species of the malaria mosquito Anopheles gambiae*. PLoS One, 7(6), e39453.
23. Kamgang, B., Tchapgá, W., Ngoagouni, C., Sangbakembi- Ngounou, C., Wondji, M., Riveron, J. M., & Wondji, C. S. (2018). *Exploring insecticide resistance mechanisms in three major malaria vectors from Bangui in Central African Republic*. Pathogens and Global Health, 112 (7), 349–359.
24. Kbibch, A., Elkharim, K., & Elkhokh, K. (2012). *Etude de l'impact des eaux usées de la ville de Souk el Arbaa sur la prolifération des moustiques (Culex pipiens)*. Science Lib, 4, 120603.
25. Kone, A. B., Konan, Y. L., Coulibaly, Z. I., Fofana, D., Guindo-Coulibaly, N., Diallo, M., Doannio, J. M. C., Ekra, K. D., & Odehouri-Koudou, P. (2013). *Evaluation entomologique du risque d'épidémie urbaine de fièvre jaune survenue en 2008 dans le district d'Abidjan, Côte d'Ivoire*. Médecine et Santé Tropicales, 23(1), 66-71. <https://doi.org/10.1684/mst.2013.0153>.
26. Korba, R. A., Alayat, M. S., Bouiba, L., Boudrissa, A., Bouslama, Z., Boukraa, S., Francis, F., Failloux, A. B., & Boubidi, S. C. (2016). *Ecological differentiation of members of the Culex pipiens complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria*. Parasites & Vectors, 9, 455-465. DOI: 10.1186/s13071-016-1725-9.
27. Koumba, A. A., Zinga Koumba, C. R., Mintsá Nguema, R., Djogbenou, L. S., Comlan, P., Gneingui, M. P., Ketoh, G. K., M'batchi, B., & Mavoungou, J. F. (2018b). *Détermination de la sensibilité d'Anopheles gambiae s.l. à quelques pyréthrinoïdes dans les zones élaéicoles à Mouila (Gabon)*. International Journal of Innovation and Scientific Research, 39(2), 110-119.

28. Koumba, A. A., Zinga Koumba, C. R., Mintsa Nguema, R., Obame Ondo, P., Bibang Bengono, G., Comlan, P., Ketoh, G. K., Djogbenou, L. S., Faye, O., M'batchi, B., & Mavoungou, J. F. (2018a). *Susceptibilité d'Anopheles gambiae s.s. et An. coluzzii aux organophosphorés et aux carbamates en zones d'exploitation industrielle de palmiers à huile à Mouila, Gabon*. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 111, 176-182.
29. Koumba, A. A., Zinga-Koumba, C. R., Mintsa-Nguema, R., Ketoh, G. K., Djogbenou, L. S., & Mavoungou, J. F. (2020). *Identification et caractérisation des gîtes larvaires des moustiques en saison sèche à la périphérie de la ville de Mouila, Sud du Gabon*. Afrique SCIENCE, 16(2), 192-205.
30. Koumba, A. A., Zinga-Koumba, C. R., Mintsa-Nguema, R., Djogbenou, L. S., Obame Ondo, P., Ketoh, G. K., Comlan, P., M'batchi, B., & Mavoungou, J. F. (2018c). *Distribution spatiale et saisonnière des gîtes larvaires des moustiques dans les espaces agricoles de la zone de Mouila, Gabon*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(4), 1754-1769.
31. Mahamane Iro, S., Alpha Seydou, Y., & Doumma, A. (2020). *Mesures des indicateurs de prolifération des larves de moustiques au niveau des mares permanentes et semi permanentes de Saga, Niger*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 14(4), 1188-1202.
32. Mbida Mbida, A., Etang, J., Akono Ntonga, P., Eboumbou Moukoko, C., Awono-Ambene, P., Tagne, D., Talipouo, A., Ekoko, W., Binyang, J., 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*. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 110, 92-101.
33. MDDEPIP (2015). *Notice d'impact environnemental et social (NIES) du projet concernant les travaux de pavage de 1800 mètres de voirie urbaine dans le quartier Nkomoyat (Oyem)*. Rapport final du Projet de Développement des Infrastructures Locales, Ministère du Développement Durable, de l'Economie de la Promotion des Investissements et de la Prospective, 74p.
34. MINSANTE-SNIS (2018). *Carte sanitaire 2017*. Ministère de la Santé de la République Gabonaise, Libreville, Gabon, 215p.
35. Mourou, J. R., Coffinet, T., Jarjaval, F., Pradines, B., Amalvict, R., Rogier, C., Kombila, M., & Pages, F. (2010). *Malaria transmission and insecticide resistance of Anopheles gambiae in Libreville and Port-Gentil, Gabon*. Malaria Journal, 9(32), 1-8.

36. Muturi, E., Shililu, J., Gu, W., Jacob, B., Githure, J., & Novak, R. (2007). *Larval habitat dynamics and diversity of Culex mosquitoes in rice agro-ecosystem in Mwea, Kenya*. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 76, 95-102.
37. N'do, S., Bandibabone, J. B., Soma, D. D., Musaka, B. Z., Prudhomme, J., Habamungu, C. C., Namountougou, M., Sangare, I., Kientega, M., Kabore, D. A. P., Bayili, K., Yerbanga, R. S., Diabate, A., Dabire, R. K., Ouedraogo, J. B., Belem, A. M. G., Boëte, C., Guardiola-Claramonte, M., & Chimanuka B. (2021). *Insecticide resistance profiles in malaria vector populations from Sud-Kivu in the Democratic Republic of the Congo*. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 0, 1–6.
38. Nasr, N., Delpech, B., Flitner, N., Hulshof, M., Torreilles, J. C., & Twagiramungu, F. (1995). *Quelle agriculture vivrière pour le nord du Gabon?* Agriculture et développement, N.8.
39. Obame Ondo Kutomy, P., Zinga Koumba, C. R., Mbang Nguema, O. A., Sembene, P. M., & Mavoungou, J. F. (2014). *Inventaire des mouches hématophages dans les élevages bovins, ovins et porcins à Oyem (Nord Gabon)*. Afrique SCIENCE, 10(2), 373–381.
40. OMS (2017). *Procédure pour tester la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme, seconde édition*. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 48p.
41. Pinto, J., Lynd, A., Elissa, N., Donnelly, M. J., Costa, C., Gentile, G., Caccone, A., & Do Rosario, V. E. (2006). *Co-occurrence of East and West kdr mutations suggests high levels of resistance to pyrethroid insecticides in Anopheles gambiae from Libreville, Gabon*. Medical and Veterinary Entomology, 20, 27-32.
42. PNUD (Programme des Nations Unies pour le développement) (2009). Programme ART GOLD GABON, Document de Marketing-Province du Woleu-Ntem, 60p.
43. PRODIAG (2012). *Projet de Développement et d'Investissement Agricole au Gabon*, 76p.
44. 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*. International Journal of Biosciences, 10(4), 9-18.
45. Tia, E., Konan, K. G., Ouassa, B. A. M., Moussa, K., Tea, S. A. R., Koffi, B., & Kadjo, K. (2016). *Evaluation au laboratoire de l'efficacité de la peinture insecticide acrylique titan® contre Anopheles gambiae, vecteur*

- majeur du paludisme en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, 12(12), 309-321.
46. WHO (2016). *World malaria report 2016*. World Health Organization, Geneva, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 186p.
47. WHO (2019). *World malaria report 2019*. World Health Organization, 2019, Geneva, 232p.
48. Zogo, B. A., Koffi, A., Ahoua Alou, P., Koné Aboubacar, L., Dosso, Y., Coulibaly, I., Fournet, F., Dahounto A., Kounbobr Dabiré, R., Baba-Moussa, L., Moiroux, N., & Pennetier, C. (2019). *Identification and characterization of Anopheles spp. breeding habitats in the Korhogo area in northern Côte d'Ivoire: a study prior to a Bti-based larviciding intervention*. Parasites Vectors, 12, 146. Doi: 10.1186/s13071-019-3404-0.