

## Étude de la productivité saisonnière des gîtes larvaires des *Anopheles* (Diptera : Culicidae) dans deux zones de santé du Nord et du Centre, Korhogo et Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

N'ciheny Natacha Dominique KOUADIO<sup>1\*</sup>, Fougoye Allassane OUATTARA<sup>1,2</sup>  
et Guibéhi Benjamin KOUDOU<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université NANGUI ABROGOUA (UNA), UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale, 02 BP 802 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup> Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), Groupe de Recherche Environnement et Santé, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

(Reçu le 19 Juillet 2023 ; Accepté le 27 Août 2023)

\* Correspondance, courriel : [kouadio\\_natacha@yahoo.fr](mailto:kouadio_natacha@yahoo.fr)

### Résumé

Les moustiques jouent un rôle épidémiologique en tant que vecteur de plusieurs agents pathogènes. La lutte anti-vectorielle demeure le moyen le plus efficace pour prévenir la transmission des maladies. Une bonne lutte anti larvaire nécessite une connaissance approfondie des sites de reproduction. L'objectif de cette étude est d'identifier et de caractériser les différents gîtes larvaires des *Anopheles* dans deux différentes zones en Côte d'Ivoire. Des prospections larvaires dans divers points d'eau ont été effectuées en saison sèche et pluvieuse en milieu urbain. Ces gîtes ont été géo-référencés, leurs productivités et leurs densités déterminées ainsi que leurs paramètres physico-chimiques mesurés. Les larves collectées ont été identifiées morphologiquement. Au total, 3490 gîtes larvaires potentiels ont été identifiés et repartis en gîtes habituels et inhabituels des *Anopheles*. Les gîtes habituels ont été significativement plus élevés et plus productifs que les gîtes inhabituels. Cette productivité larvaire était liée à la saison et aux variations des paramètres physico-chimiques. La densité larvaire a varié d'un type de gîte à un autre. Divers gîtes ont été identifiés et caractérisés. Les paramètres physico-chimiques influencent significativement sur la productivité larvaire. Ces données pourraient servir à la mise en place des mesures de lutte anti larvaires.

**Mots-clés :** *Anopheles*, gîte larvaire, productivité saisonnière, Korhogo, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

### Abstract

**Study of the seasonal productivity of *Anopheles* (Diptera : Culicidae) breeding sites in two health zones in the North and Centre, Korhogo and Yamoussoukro, Côte d'Ivoire**

Mosquitoes play an epidemiological role as vectors of several pathogens. Vector control remains the most effective means of preventing disease transmission. Good vector control requires in-depth knowledge of breeding sites. The aim of this study is to identify and characterize the different *Anopheles* breeding sites in two different areas of Côte d'Ivoire. Larval surveys were carried out at various water points in urban areas

during the dry and rainy seasons. These sites were geo-referenced, their productivity and density determined, and their physico-chemical parameters measured. The larvae collected were identified morphologically. A total of 3,490 potential breeding sites were identified, divided into habitual and unusual *Anopheles* breeding sites. The usual sites were significantly higher and more productive than the unusual sites. Larval productivity was linked to the season and variations in physico-chemical parameters. Larval density varied from one type of site to another. Various breeding sites were identified and characterized. Physico-chemical parameters have a significant influence on larval productivity. These data could be used to implement anti-larval control measures.

**Keywords :** *Anopheles, breeding sites, seasonal productivity, Korhogo, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.*

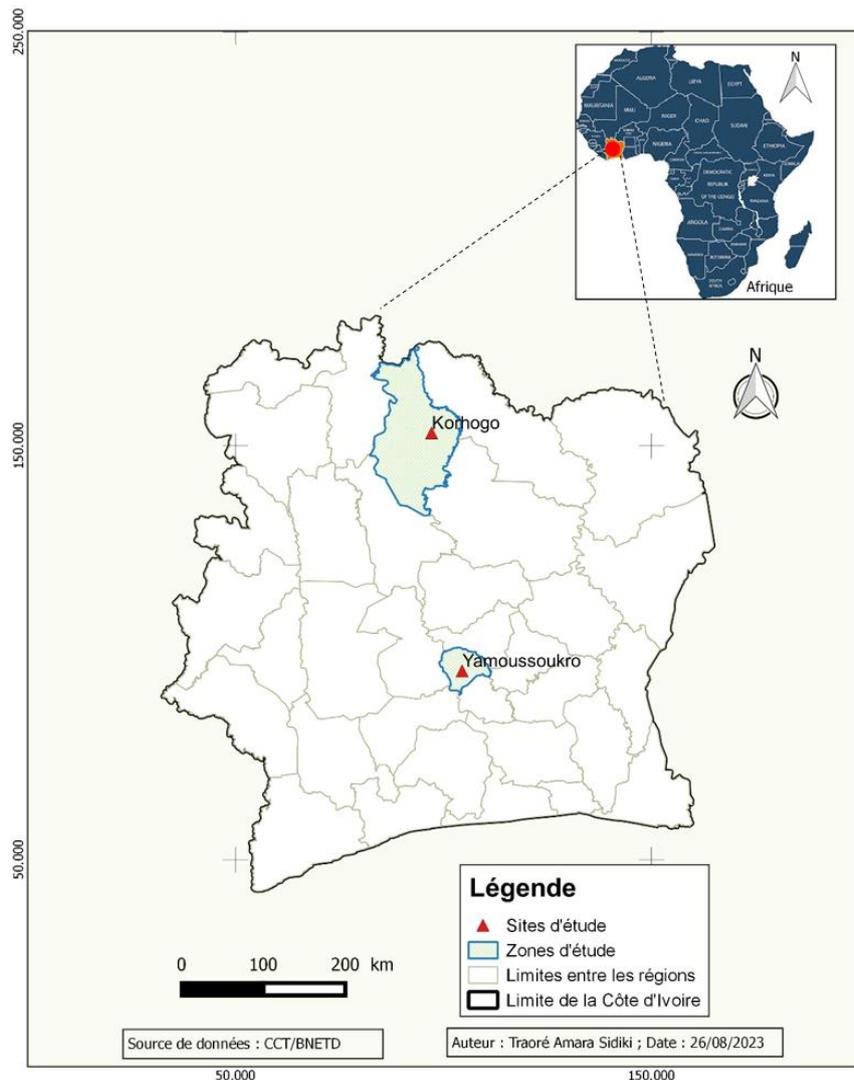
## 1. Introduction

Les moustiques sont responsables de la transmission d'agents pathogènes. Ils peuvent transmettre des maladies infectieuses d'un hôte à un autre lors d'un repas de sang [1]. Dans les régions tropicales et subtropicales, ils représentent un danger pour la santé humaine surtout chez les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes [2]. Ainsi, plusieurs espèces de moustiques appartenant aux genres *Anopheles* sont responsables de la transmission du *Plasmodium*, agent pathogène du paludisme. En effet, on considère qu'en Afrique sub-saharienne, il existe environ 150 espèces d'*Anopheles* dont une douzaine sont d'excellents vecteurs et certains parmi les meilleurs vecteurs mondiaux, tels que *An. gambiae*, *An. arabiensis*, *An. funestus*, *An. nili*, *An. moucheti* [1]. En Côte d'Ivoire, des travaux ont montré l'implication d'*An. gambiae*, d'*An. funestus* et *An. nili* dans la transmission du paludisme [3 - 5]. Ces espèces d'*Anopheles* se reproduisent dans différents points d'eau. Notamment, *An. gambiae*, vecteur majeur du paludisme, préfère se développer dans les points d'eau ensoleillés, claires et propres et surtout dans les périmètres rizicoles tandis qu'*An. funestus*, pullule dans les gîtes à végétation dressée [2]. Les activités anthropiques, notamment les aménagements du milieu pour des activités agricoles et domestiques, contribuent à la prolifération des gîtes larvaires [6, 7]. En effet, ces nouvelles conditions favorables au développement larvaire des moustiques sont à la base d'une forte augmentation du paludisme urbain [8]. En Côte d'Ivoire, le nombre de décès dus au paludisme est passé de 3222 en 2017 à 1316 en 2020. Soit un taux de mortalité en baisse d'environ 50 % à cause des efforts consentis par le gouvernement et ses partenaires. Malgré tous ces efforts le paludisme demeure le premier motif de consultation dans les centres de santé [9]. Actuellement, les méthodes de lutte anti vectorielle recommandées sont basées sur l'utilisation des insecticides. Elles ciblent les moustiques adultes à travers des pulvérisations intra-domiciliaires d'insecticides à effet rémanent (PID) et l'utilisation des moustiquaires imprégnées à longue durée d'action (MILDA) dont le taux d'utilisation est supérieur à 80 % [10]. Toutefois, le développement de la résistance des *Anopheles* aux insecticides [11, 12] et un comportement plus exophage mettent en évidence l'intérêt de développer des méthodes de lutte complémentaires pour renforcer les outils en cours d'utilisation [13, 14]. Parmi celles-ci, on note la gestion des sources larvaires [15]. Une bonne campagne de lutte anti larvaire repose sur la connaissance solide de la bioécologie des vecteurs [16]. Il existe cependant, très peu de données actualisées sur la bioécologie des larves. La disponibilité des informations actualisées sur la bioécologie des vecteurs pourrait jouer un rôle clé pour mieux orienter les actions de lutte. Ainsi, ce travail de recherche vise à identifier et à caractériser les différents gîtes larvaires des *Anopheles* dans deux zones agro écologiques de la Côte d'Ivoire.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Sites d'étude

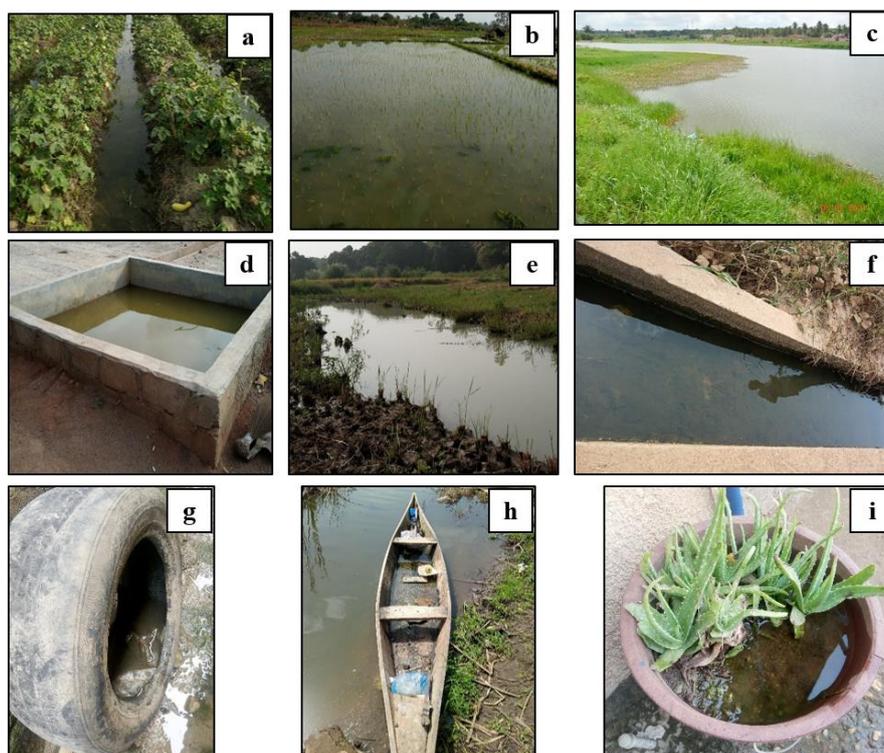
Cette étude a été menée dans deux localités (Korhogo et Yamoussoukro) à différents faciès écologiques. La ville de Korhogo est située au Nord de la Côte d'Ivoire à 633 km de la ville d'Abidjan et à 353 km de Yamoussoukro. Elle est le chef-lieu de la région du Poro et a une superficie de 12500 km<sup>2</sup> [17]. Korhogo est localisée entre 8°30' et 10°25' de latitudes Nord et entre 5°15' et 6°20' de longitudes Ouest. Le climat est de type soudano-guinéen caractérisé par deux grandes saisons : une saison sèche (novembre-mars) et une saison de pluie (avril-octobre). Les précipitations moyennes annuelles varient entre 1200 et 1400 mm avec une température moyenne annuelle de 27°C [18]. Le réseau hydrographique est relativement dense et est constitué des affluents du fleuve Bandama. La végétation est marquée par deux zones distinctes : la zone de savane herbeuse et arborée qui constitue l'essentiel de la végétation et la zone de forêts galeries le long des cours d'eau [19]. Le district autonome de Yamoussoukro est situé au Centre de la Côte d'Ivoire à 240 km d'Abidjan. Il a une superficie de 3500 km<sup>2</sup> [20]. La ville de Yamoussoukro est localisée entre 6°40' et 7°35' de latitudes Nord et entre 5°10' et 5°20' de longitudes Ouest. Le climat de Yamoussoukro est de type tropical humide de transition caractérisé par deux saisons : une saison sèche (novembre-février) et une saison de pluie (mars-octobre). Les précipitations moyennes annuelles varient entre 1000 et 1200 mm avec une température moyenne annuelle de 26°C [20]. Située dans une zone pré-forestière, la végétation de la zone de Yamoussoukro se caractérise par la présence de savanes avec des peuplements de rôniers, de forêts galeries et d'îlots forestiers [20]. Le réseau hydrographique y est dominé par la présence de la Marahoué (ou Bandama rouge) et du N'zi, deux affluents du fleuve Bandama. La ville compte également plusieurs lacs utilisés pour la culture maraîchère et la riziculture [20]. La **Figure 1** présente les zones d'étude.



**Figure 1 : Localisation géographique des zones d'étude**

## 2-2. Collecte de données

La prospection larvaire a été menée dans les villes de Korhogo et de Yamoussoukro. Elle s'est déroulée pendant la grande saison des pluies en juillet 2021 et la grande saison sèche en février 2022. Ainsi, elle consiste à rechercher, identifier et caractériser tous les gîtes larvaires potentiels des *Anopheles*. Les différents gîtes larvaires répertoriés ont été principalement les casiers maraîchers, les casiers rizicoles, les lacs, les fosses septiques, les bas-fonds, les caniveaux, les pneus usés, les pirogues et les pots de fleurs (**Figure 2**). En outre, des prélèvements d'eau ont été effectués dans chaque gîte identifié qu'il soit habituel (classique) ou inhabituel (atypique). En effet, un gîte habituel est un point d'eau ensoleillé, propre et clair (lac, casier rizicole) tandis qu'un gîte inhabituel est un point d'eau relativement pollué et riche en matière organique (caniveau, fosse septique, pneu usé). Ensuite, les gîtes ont été géo-référencés à l'aide d'un GPS de modèle GARMIN *Nasdaq*. Puis, les paramètres physico-chimiques tels que la Conductivité Electrique (EC), la Totale matière Solide Dissoute (TDS), le potentiel Hydroxyde (pH), la Température (T°) et la salinité (NaCl) ont été mesurés après prélèvement d'eau dans chaque gîte. Ces paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés à l'aide d'un appareil multi-paramètre (HI9835), un oxygène-mètre (HI9146) et un pH-mètre (HI991001) tous de marque *Hanna*.



**Figure 2 :** *Vue des différents gîtes larvaires des Anopheles à Korhogo et à Yamoussoukro : (a) casier maraîcher, (b) casier rizicole, (c) lac, (d) fosse septique, (e) bas-fond, (f) caniveau, (g) pneu usé, (h) pirogue et (i) pot de fleur*

### 2-3. Échantillonnage et identification de la faune larvaire

Les stades immatures des *Anopheles* ont été collectés par la méthode de dipping [21], et au moyen d'une louche de 200 mL dans les gîtes à quantité d'eau suffisante. Concernant les gîtes de très petites tailles, leurs contenus en eau ont été entièrement recueillis. Cette méthode consiste à plonger la louche à plusieurs endroits du point de récolte afin de maximiser les captures. Ainsi, les différentes larves récoltées sont triées, dénombrées et immédiatement identifiées (au niveau du genre) sur la base des caractères morphologiques. Par cette méthode, une série de cinq prélèvements est réalisée, puis le nombre moyen de larves par type de gîte est calculé. Ce nombre est une estimation de la densité larvaire moyenne par litre [22]. La productivité larvaire des gîtes dans les sites d'étude a été déterminée en faisant la somme des larves prélevées dans les gîtes.

### 2-4. Analyse des données

D'abord, les données collectées ont été enregistrées dans une base de données Excel. Ensuite, le test de khi deux de Pearson a été employé pour comparer les effectifs des larves dans les différents gîtes. Puis, la densité larvaire (la densité larvaire par type de gîte est égale au nombre total de larves et de nymphes récoltés divisé par le nombre de gîtes positifs (présence de larves) que multiplie le nombre de louche (prélèvement)) des différents gîtes en fonction des saisons a été représentée par un histogramme. En plus, après le rejet de l'hypothèse d'une normalité des distributions, le test des rangs de Wilcoxon a été appliqué dans le but de déterminer s'il y a une différence significative entre la productivité larvaire des catégories de gîtes en fonction des saisons. La significativité statistique des tests a été fixée à 5 %. Enfin, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée afin de ressortir d'éventuels liens existant entre les paramètres physico-chimiques de l'eau et la productivité larvaire. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel statistique R (version 4.0.3 "Bunny-Wunnies Freak Out" R Foundation for Statistical Computing, 2020).

### 3. Résultats

#### 3-1. Répartition des gîtes larvaires par localité

Au total, 3490 gîtes larvaires potentiels ont été identifiés dans les deux localités au cours des deux enquêtes dont 1769 gîtes à Korhogo soit 50,7 % et 1721 à Yamoussoukro soit 49,3 %. Ces gîtes ont été regroupés en deux catégories à savoir les gîtes habituels tels que les casiers maraîchers (44,3 % ; n = 1352), les casiers rizicoles (44,2 % ; n = 1348), les bas-fonds (9,6 % ; n = 292) et les lacs (1,9 % ; n = 59), et les gîtes inhabituels tels que les puits d'arrosage (65,8 % ; n = 289), les caniveaux (27,1 % ; n = 119), les pneus usés (2,9 % ; n = 13), les fosses septiques (2,5 % ; n = 11), les pirogues (0,5 % ; n = 2), le pot de fleur (0,2 % ; n = 1) et les abreuvoirs d'animaux (0,9 % ; n = 4). La différence est significative entre les deux catégories de gîtes ( $\chi^2 = 3479$ , degré de liberté (ddl) = 1,  $p < 0,0001$ ). Le **Tableau 1** présente la répartition saisonnière des habitats larvaires. La majorité des gîtes larvaires a été observée en saison des pluies (58,8 % ; n = 2051) comparativement en saison sèche (41,2 % ; n = 1439), ( $\chi^2 = 3484$ , ddl = 1,  $P < 0,0001$ ). À Korhogo, les gîtes larvaires sont significativement plus fréquents durant la saison pluvieuse (61,6 % ; n = 1089) qu'en saison sèche (38,4 % ; n = 680), ( $\chi^2 = 1765$ , ddl = 1,  $p < 0,0001$ ). Ainsi, en saison de pluie, les gîtes habituels les plus abondants sont constitués des casiers rizicoles (70,7 % ; n = 694) suivis des casiers maraîchers (18,6 % ; n = 183) et des bas-fonds (10,7 %, n = 105). Les gîtes inhabituels sont dominés par les puits d'arrosage (45,8 % ; n = 49) et des caniveaux (42,1 % ; n = 45). Les pneus usés (5,6 % ; n = 6), les fosses septiques (3,7 % ; n = 4) et les abreuvoirs d'animaux (2,8 % ; n = 3) ont été les moins rencontrés.

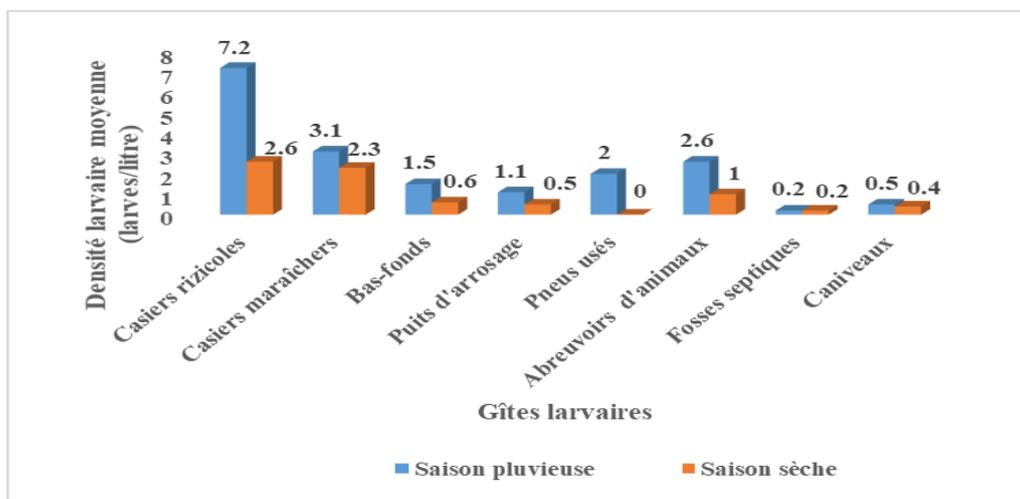
En saison sèche, les gîtes habituels sont essentiellement dominés par les casiers maraîchers (83,3 % ; n = 400). Au niveau des gîtes inhabituels, les puits d'arrosage (88,5 % ; n = 177) ont été les plus rencontrés. Les caniveaux (10 % ; n = 20) et les fosses septiques (1 % ; n = 20) ont été moins dominants. Les gîtes habituels sont significativement plus abondants que les gîtes inhabituels ( $\chi^2 = 1762$ , ddl = 1,  $p < 0,0001$ ). À Yamoussoukro, la différence entre les gîtes habituels et gîtes inhabituels est significative ( $\chi^2 = 1705$ , ddl = 1,  $p < 0,0001$ ). En période pluvieuse, les gîtes larvaires sont significativement plus nombreux (55,9 % ; n = 962) qu'en période de sécheresse (44,1 % ; n = 759), ( $\chi^2 = 1715$ , ddl = 1,  $P < 0,0001$ ). Quant aux gîtes habituels, ils sont composés de casiers rizicoles et maraîchers (40,8 %, n = 366 et 40,9 %, n = 367 respectivement). Les bas-fonds (13,6 %, n = 122) et les lacs (4,8 %, n = 43) ont été moins fréquents. Au niveau des gîtes inhabituels, six types de gîtes ont été recensés. Parmi ces gîtes inhabituels, les caniveaux ont été les plus nombreux (51,6 %, n = 33) tandis que les puits d'arrosage (28,1 %, n = 18), les pneus usés (9,4 %, n = 6), les fosses septiques (7,81 %, n = 5), les pirogues (1,6 %, n = 1) et les pots de fleurs (1,6 %, n = 1) ont été les moins fréquents. En saison sèche, les gîtes habituels sont dominés par les casiers maraîchers (58,2 %, n = 402) et les casiers rizicoles (35,2 %, n = 243). Au niveau des gîtes inhabituels, les puits d'arrosage (66,2 %, n = 45) et les caniveaux (30,9 %, n = 21) ont été les plus rencontrés.

**Tableau 1 : Inventaire des gîtes larvaires potentiels récoltés et leurs fréquences d'apparition saisonnière dans les sites d'étude**

Types de gîtes	KORHOGO			YAMOUSSOUKRO			Total général (%)
	Saison pluvieuse effectif (%)	Saison sèche effectif (%)	TOTAL (%)	Saison pluvieuse effectif (%)	Saison sèche effectif (%)	TOTAL (%)	
<b>Gîtes habituels</b>							
Casiers rizicoles	694 (70,7)	45 (9,37)	739 (50,5)	366 (40,8)	243 (35,2)	609 (38,3)	1348 (44,2)
Casiers maraîchers	183 (18,6)	400 (83,3)	583 (39,9)	367 (40,9)	402 (58,2)	769 (48,4)	1352 (44,3)
Bas-fonds	105 (10,7)	35 (7,3)	140 (9,6)	122 (13,6)	30 (4,3)	152 (9,6)	292 (9,6)
Lacs	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	43 (4,8)	16 (2,3)	59 (3,7)	59 (1,9)
Sous-total	982 (90,17)	480 (70,6)	1462 (82,6)	898 (93,3)	691 (91,0)	1589 (92,3)	3051 (87,4)
<b>Gîtes inhabituels</b>							
Puits d'arrosage	49 (45,8)	177 (88,5)	226 (73,6)	18 (28,1)	45 (66,2)	63 (47,7)	289 (65,8)
Pneus usés	6 (5,6)	0 (0,0)	6 (1,9)	6 (9,4)	1 (1,5)	7 (5,3)	13 (2,9)
Pots de fleurs	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (1,6)	0 (0,0)	1 (0,8)	1 (0,2)
Abreuvoirs d'animaux	3 (2,8)	1 (0,5)	4 (1,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	4 (0,9)
Fosses septiques	4 (3,7)	2 (1,0)	6 (01,9)	5 (7,8)	0 (0,0)	5 (3,8)	11 (02,5)
Pirogues	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (1,6)	1 (1,5)	2 (1,5)	2 (0,5)
Caniveaux	45 (42,1)	20 (10,0)	65 (21,2)	33 (51,6)	21 (30,9)	54 (40,9)	119 (27,1)
Sous-total	107 (9,8)	200 (29,4)	307 (17,3)	64 (6,6)	68 (8,9)	132 (7,7)	439 (12,6)
<b>Total général (%)</b>	<b>1089 (100)</b>	<b>680 (100)</b>	<b>1769 (100)</b>	<b>962 (100)</b>	<b>759 (100)</b>	<b>1721 (100)</b>	<b>3490 (100)</b>

**3-2. Densités larvaires des *Anopheles* collectés dans les sites d'étude**

Les *Figures 3 et 4* montrent les densités larvaires moyennes dans chaque type de gîtes et localité. À Korhogo, les casiers rizicoles ont été les gîtes les plus abondants en saison pluvieuse avec une densité larvaire moyenne de 7,2 larves/litre comparativement aux fosses septiques (0,2 larve/litre). Cependant, en saison sèche, les pneus usés n'ont pas été productifs alors que la plus forte densité larvaire a été enregistrée dans les casiers rizicoles (2,6 larves/litre). À Yamoussoukro, les casiers rizicoles ont été les plus fréquents avec une densité larvaire moyenne de 7,6 larves/litre en saison des pluies suivis des pots de fleurs (5,7 larves/litre). Les fosses septiques ont eu une densité larvaire de 0,4 larves/litre. En saison sèche, la plus forte densité larvaire a été obtenue dans les gîtes constitués de casiers rizicoles avec 2,5 larves/litre.



**Figure 3 : Densité larvaire en fonction des gîtes à Korhogo**

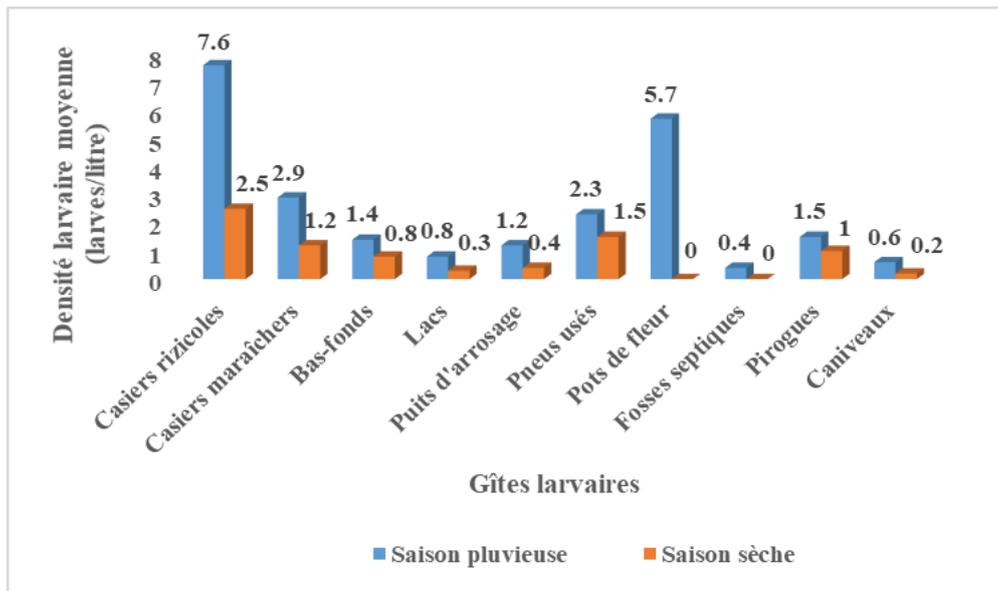


Figure 4 : Densité larvaire en fonction des gîtes à Yamoussoukro

### 3-3. Productivité des gîtes en larves des *Anopheles*

Dans l'ensemble, 26683 larves des *Anopheles* ont été récoltées dont (97,2 % ; n = 25922) larves dans des gîtes habituels et (2,8 % ; n = 761) larves dans les gîtes inhabituels ( $W = 1099830$  ;  $p < 0,0001$ ). La productivité larvaire a été plus abondante en saison pluvieuse qu'en saison sèche ( $W = 2458220$  ;  $p < 0,0001$ ). Le **Tableau 2** présente la productivité larvaire des gîtes positifs en fonction des saisons. À Korhogo, 12992 larves des *Anopheles* ont été récoltées dont 11437 larves en saison pluvieuse soit 88 % et 1555 larves en saison sèche soit 20%. À Korhogo, la saison influence significativement la productivité larvaire des gîtes ( $W = 643627$  ;  $p < 0,0001$ ). Au niveau des catégories de gîte, les gîtes habituels ont produit (96,2 % ; n = 12501) larves dont (73,6% ; n=9200) dans les casiers rizicoles, (17,8 % ; n = 2226) dans les casiers maraîchers et (8,6 % ; n = 1075) dans les bas-fonds. Quant aux gîtes inhabituels, (3,8 % ; n = 491) larves ont été récoltées dont (73,5 % ; n = 361) dans les puits d'arrosages, (12,8 % ; n = 63) dans les caniveaux, (08,9 % ; n = 44) dans les abreuvoirs d'animaux, (2,8 % ; n = 14) dans les fosses septiques et (1,8 % ; n = 9) dans pneus usés. En termes de productivité larvaire, les gîtes habituels sont significativement différents des gîtes inhabituels ( $W = 372976$  ;  $p < 0,0001$ ). À Yamoussoukro, 13691 larves d'*Anopheles* ont été récoltées dont 10460 larves en saison de pluie soit 76,4 % et 3231 larves en saison sèche soit 23,6 %. La saison influence significativement la productivité larvaire des gîtes ( $W = 583915$  ;  $p < 0,0001$ ). En ce qui concerne les catégories de gîtes, la productivité larvaire des gîtes habituels est significativement plus élevée que celle des gîtes inhabituels ( $W = 167324$  ;  $p < 0,0001$ ). En effet, (98,0 % ; n = 13421) larves ont été collectées au niveau des gîtes habituels dont (49,4 % ; n = 6632) dans les casiers rizicoles, (38,2 % ; n = 5124) dans les casiers maraîchers, (10,7 % ; n = 1437) dans les bas-fonds et (1,6 % ; n = 218) dans les lacs. Au niveau des gites inhabituels (1,9 % ; n = 270) larves ont été récoltées dont (47,8 % ; n = 129) dans les puits d'arrosages, (30,4 % ; n = 82) dans les caniveaux, et (2,9 % ; n = 8) dans les pirogues. Les pneus usés, les fosses septiques et les pots de fleurs ont produit chacun (6,3 % ; n = 17).

### 3-4. Propriétés physico-chimiques des gîtes positifs des *Anopheles*

Les paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires étudiés montrent des grandes variations. Les résultats des mesures sont exprimés en termes de moyennes. Ces valeurs moyennes sont rassemblées dans le **Tableau 3**.

➤ **Température (T°)**

Les températures varient au cours de l'étude. En effet, en période de pluie à Korhogo, les températures de l'eau des gîtes varient de 25,7°C au niveau des abreuvoirs à 28,5°C au niveau des fosses septiques. En saison sèche, elles évoluent de 26,1°C à 30,6°C respectivement dans les abreuvoirs et les fosses septiques. La productivité larvaire est significativement influencée par la température enregistrée au cours des deux périodes d'étude ( $p < 0,0001$ ). En saison pluvieuse, à Yamoussoukro, les températures moyennes de l'eau des gîtes varient de 25,9°C au niveau des pots de fleurs à 30,1°C au niveau des fosses septiques. En saison sèche, les températures varient de 26,9°C au niveau des pneus usés à 28,9°C au niveau des casiers rizicoles. La température influence significativement sur la productivité larvaire des gîtes ( $p < 0,0001$ ).

**Tableau 2 : Productivité larvaire des gîtes positifs des Anopheles**

Types de gîtes	KORHOGO			YAMOUSSOUKRO			Total général (%)
	Saison pluvieuse effectif (%)	Saison sèche effectif (%)	Total (%)	Saison pluvieuse effectif (%)	Saison sèche effectif (%)	Total (%)	
<b>Gîtes habituels</b>							
Casiers rizicoles	8902 (79,3)	298 (23,3)	9200 (73,6)	5029 (48,9)	1603 (51,0)	6632 (49,4)	15832 (61,1)
Casiers maraîchers	1343 (11,9)	883 (68,9)	2226 (17,8)	3769 (36,7)	1365 (43,4)	5134 (38,2)	7360 (28,4)
Bas-fonds	975 (8,7)	100 (7,8)	1075 (8,6)	1295 (12,6)	142 (4,5)	1437 (10,7)	2512 (9,7)
Lacs	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	185 (1,8)	33 (1,0)	218 (1,6)	218 (0,8)
Sous-total	11220 (98,1)	1281 (82,4)	12501 (96,2)	10278 (98,2)	3143 (97,3)	13421 (98,0)	25922 (97,1)
<b>Gîtes inhabituels</b>							
Puits d'arrosage	118 (54,4)	243 (88,7)	361 (73,5)	57 (31,3)	72 (81,8)	129 (47,8)	490 (64,4)
Pneus usés	9 (4,1)	0 (0,0)	9 (1,8)	14 (7,7)	3 (3,4)	17 (6,3)	26 (3,4)
Pots de fleurs	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	17 (9,3)	0 (0,0)	17 (6,3)	17 (2,2)
Abreuvoirs d'animaux	39 (17,9)	5 (1,8)	44 (8,9)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	44 (5,8)
Fosses septiques	9 (4,1)	5 (1,8)	14 (2,8)	17 (9,3)	0 (0,0)	17 (6,3)	31 (4,1)
Pirogues	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	6 (3,3)	2 (2,3)	8 (2,9)	8 (1,0)
Caniveaux	42 (19,3)	21 (7,7)	63 (12,8)	71 (39,0)	11 (12,5)	82 (30,4)	145 (19,0)
Sous-total	217 (1,9)	274 (17,6)	491 (3,8)	182 (1,8)	88 (2,7)	270 (1,9)	761 (2,8)
<b>Total général (%)</b>	<b>11437 (100)</b>	<b>1555 (100)</b>	<b>12992 (100)</b>	<b>10460 (100)</b>	<b>3231 (100)</b>	<b>13691 (100)</b>	<b>26683 (100)</b>

➤ **Potentiel hydroxyde (pH)**

À Korhogo, pendant la grande saison des pluies, le pH de l'eau des gîtes des casiers rizicoles et des pneus usés est 6,8 et 8,0 respectivement. En saison sèche, le pH de l'eau varie de 7,1 dans les puits d'arrosage à 8,4 dans les fosses septiques. Le pH mesuré pendant les deux saisons a une influence significative sur la productivité des différents gîtes en larves ( $p = 0,0002$ ). À Yamoussoukro, en saison pluvieuse, le pH est compris entre 6,7 enregistré au niveau de l'eau des lacs et 7,9 au niveau de l'eau des fosses septiques. En période sèche, le pH évolue de 6,8 dans les lacs à 7,5 dans les caniveaux. Le pH a une incidence significative sur la productivité larvaire des gîtes ( $p < 0,0001$ ).

➤ **Conductivité électrique (EC)**

À Korhogo, en saison pluvieuse, la EC moyenne oscille entre 4,9µS/cm enregistrée au niveau des abreuvoirs d'animaux et 1132,7µS/cm au niveau des puits d'arrosage. En saison sèche, cette valeur s'annule au niveau des abreuvoirs d'animaux et elle est élevée (1550,5 µS/cm) au niveau des fosses septiques. La EC a un effet significatif sur la productivité larvaire des gîtes au cours des différentes périodes d'étude ( $p = 0,0001$ ). À Yamoussoukro, la EC moyenne est faible au niveau des caniveaux (7,1 µS/cm) et (5,9 µS/cm) respectivement en saison de pluie et saison sèche. Par contre, cette valeur est élevée au niveau

des lacs (1856,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et (1720,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en saison pluvieuse et sèche. Concernant les autres gîtes, la EC est comprise entre 15,6 et 2861  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesurée au niveau des pirogues et pots de fleurs. La productivité larvaire des gîtes est influencée significativement par la EC au cours des différentes saisons de l'étude ( $p < 0,0001$ ).

➤ **Solides dissouts totaux (TDS)**

Au cours des deux saisons, la TDS des eaux est faible au niveau des gîtes tels que les caniveaux, abreuvoirs d'animaux et pirogues. Elle varie de 2,5 à 10,9ppm. Concernant les autres gîtes larvaires, cette valeur est très élevée allant de 93,7 à 1458ppm. La TDS a un effet significatif sur la productivité des gîtes en larves au cours des deux saisons à Yamoussoukro ( $p < 0,0001$ ) et à Korhogo ( $p = 0,0001$ ).

➤ **Oxygène dissout ( $\text{O}_2$ )**

La teneur en oxygène mesurée à Yamoussoukro en saison de pluie est comprise entre 3,2 et 37,2mg/L. Ces valeurs sont enregistrées au niveau des fosses septiques et casiers rizicoles. En saison sèche, la teneur en oxygène dissout est comprise entre 2,9 et 32,7mg/L. Ces teneurs sont enregistrées au niveau des pneus et casiers rizicoles. La teneur en oxygène enregistrée au cours des deux saisons influence significativement la productivité larvaire des gîtes ( $p < 0,0001$ ). À Korhogo, en période de pluie, le taux d'oxygène dissout mesuré est compris entre 3,7 et 39,8mg/L, enregistré respectivement au niveau des pneus et casiers rizicoles. En période de sécheresse, la teneur en oxygène dissout enregistrée varie entre 0,6 et 38,6mg/L. Ces valeurs sont enregistrées dans les abreuvoirs d'animaux et au niveau des casiers rizicoles. La productivité des gîtes en larves est influencée significativement par le taux d'oxygène dissout ( $p = 0,0023$ ).

➤ **Salinité (NaCl)**

À Korhogo en saison pluvieuse comme en période de sécheresse, les valeurs de la salinité sont inférieures à 1 g/L au niveau des casiers maraîchers et rizicoles. Pour les autres gîtes larvaires, elles sont comprises entre 2,2 et 3,3g/L. La salinité influence significativement productivité larvaire des gîtes pendant les périodes d'étude ( $p = 0,0112$ ). À Yamoussoukro, en période de pluie comme en saison sèche, les valeurs de la salinité sont inférieures à 1g/L au niveau des casiers rizicoles. Pour les autres gîtes larvaires, leurs concentrations sont comprises entre 1,1 et 5,8 g/l. La salinité agit significativement sur la productivité larvaire ( $p < 0,0001$ ).

### 3-4-1. Corrélation entre paramètres physico-chimiques et les larves des *Anopheles*

➤ **Korhogo**

L'analyse en composante principales (ACP) présente des corrélations entre les paramètres physico-chimiques et la productivité larvaire des gîtes des *Anopheles* (Figure 5a). La productivité larvaire des gîtes des *Anopheles* est corrélée positivement de manière significative à la température, le pH, la TDS, la EC, la NaCl et à l'oxygène. Dans le cercle de corrélation, la première dimension contribue avec 50,71 % d'inertie, et est définie par les paramètres tels que la TDS ( $r = 0,8$ ), la EC ( $r = 0,8$ ), la température ( $r = 0,8$ ), le pH ( $r = 0,8$ ) et le NaCl ( $r = 0,6$ ). Quant à la deuxième dimension, elle contribue avec 23,61 % d'inertie et est définie par un seul paramètre notamment l'oxygène ( $r = 0,7$ ). L'oxygène, la température et le pH sont des variables liées entre elles. La salinité, la TDS, et la EC sont également liées entre elles.

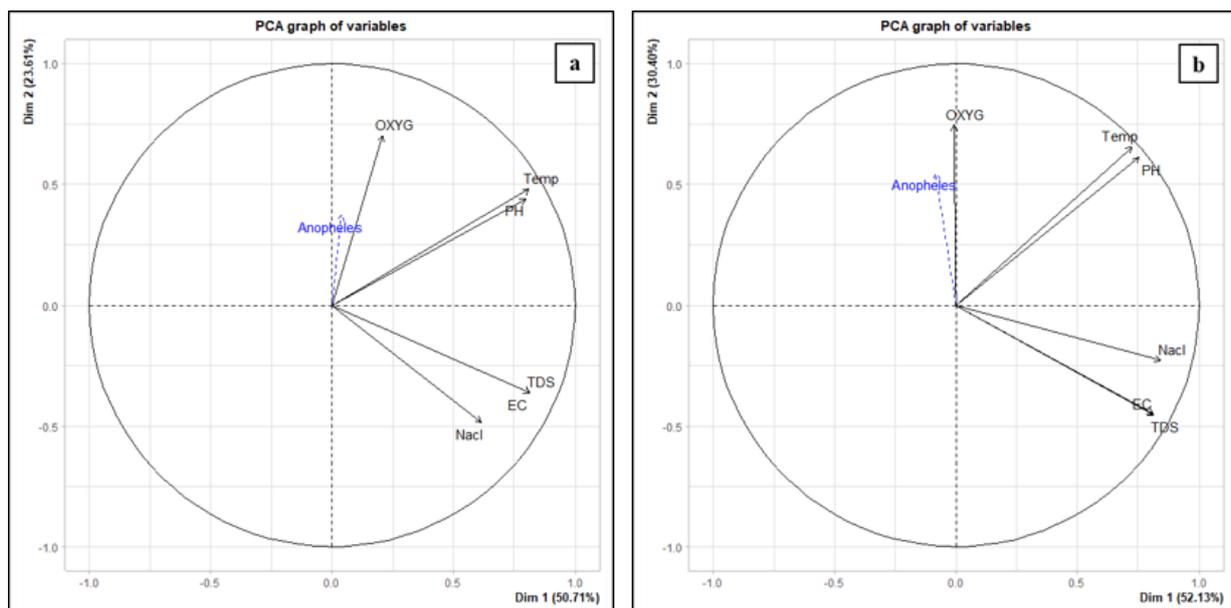
➤ **Yamoussoukro**

L'analyse en composante principales (ACP) présente des corrélations entre les paramètres physicochimiques et la productivité larvaire des gîtes des *Anopheles* (Figure 5b). Tout comme à Korhogo, la productivité des gîtes en larves des *Anopheles* est corrélée positivement de manière significative à la température, le pH, la TDS, la EC, la NaCl et à l'oxygène. Ces données sont représentées sur deux dimensions. La première

dimension participe avec 52,13 % d'inertie. Cette dimension est définie par le Nacl ( $r = 0,8$ ), la TDS ( $r = 0,8$ ), la EC ( $r = 0,8$ ), le pH ( $r = 0,7$ ) et la température ( $r = 0,7$ ). Les variables comme la température et le pH, la TDS et la EC sont très fortement liées. Concernant la deuxième dimension, elle est définie par l'oxygène ( $r = 0,7$ ). Les larves des *Anopheles* sont fortement corrélées avec le taux d'oxygène dissout. En effet, ces deux variables sont toutes les deux corrélées avec l'axe 2. L'oxygène, la température, *Anopheles* et le pH sont des variables liées entre elles. La salinité, la TDS, et la EC sont aussi liées entre elles.

**Tableau 3 : Paramètres physicochimiques moyennes relevés dans les sites d'étude**

Sites	Gîtes	Saison pluvieuse						Saison sèche					
		pH	O <sub>2</sub> (mg/L)	EC (µS/cm)	TDS (ppm)	Nacl (g/L)	T°(°C)	pH	O <sub>2</sub> (mg/L)	EC (µS/cm)	TDS (ppm)	Nacl (g/L)	T°(°C)
Yamous-soukro	Casiers rizicoles	6,9	37,2	627,6	313,8	0,6	27,0	7,1	32,7	602,9	301,9	0,8	28,9
	Casiers maraîchers	7,1	30,9	598,2	299,3	1,3	27,9	7,4	31,9	491,3	243,6	1,5	28,3
	Lacs	6,7	6,5	1857	932,6	3,4	27,8	6,8	7,1	1721	8604,5	3,2	27,4
	Bas-fonds	6,9	13,3	278,4	145,2	3,3	27,2	7,1	11,3	187,4	93,7	3,5	28,2
	Puits d'arrosage	7,0	8,6	1246	623,2	1,9	27,6	7,1	6,6	469,7	246,0	2,6	27,9
	Pneus usés	7,6	6,0	412,9	204,1	0,9	28,1	7,1	2,9	2916	1458	5,5	26,9
	Fosses septiques	7,9	3,2	677,7	338,9	5,8	30,1	-	-	-	-	-	-
	Caniveaux	7,5	5,2	7,1	3,5	1,3	28	7,5	4,7	5,9	3,1	1,1	27,8
	Pirogues	7,4	9,7	15,6	7,8	2,5	26,3	7,2	9,4	21,8	10,9	2,9	27,8
Pots de fleurs	7,9	5,7	2861	1431	5,5	25,9	-	-	-	-	-	-	
Korhogo	Casiers rizicoles	6,8	39,8	612,6	306,2	0,4	27,0	7,2	38,6	441,7	221	0,4	28,7
	Casiers maraîchers	7,3	32,7	509,2	255,1	0,9	28,4	7,5	37,1	475,3	237	0,6	29,2
	Bas-fonds	6,8	18,0	334,2	168,3	1,5	27,7	7,6	11,2	281,2	145	1,9	28,5
	Puits d'arrosage	6,9	9,4	1133	562,4	2,6	27,8	7,1	7,3	411,9	206	2,1	28,3
	Pneus usés	8,0	3,7	531,4	263,7	1,3	28,4	-	-	-	-	-	-
	Abreuvoirs d'animaux	6,8	5,2	4,9	2,6	3,3	25,7	7,3	0,6	0	0	0	26,1
	Fosses septiques	7,8	3,9	735,7	367,6	1,2	28,5	8,4	10,6	1551	775	2,7	30,6
	Caniveaux	7,7	6,5	9,1	4,6	1,4	28,4	7,9	6,1	4,9	2,5	1,3	29,3



**Figure 5 : Représentation graphique de la projection des paramètres physico-chimique des variables dans le plan F1 x F2 de l'A.C.P. (a) Korhogo et (b) Yamoussoukro**

## 4. Discussion

Les déterminants de la transmission du paludisme comprennent entre autres la présence et la productivité des gîtes de reproduction des vecteurs de l'agent pathogène. Cette étude a réalisé l'identification, la productivité larvaire et la caractérisation des gîtes au Nord et Centre de la Côte d'Ivoire. Les prospections larvaires ont montré que les sites d'étude présentent une variété de gîtes larvaires. Cette diversité serait due en grande partie aux activités anthropiques. Cela a déjà été décrit dans des études antérieures menées au Sud du Bénin [7] et dans la zone de Mouila au Gabon [23]. En effet, ces études ont montré que la majorité des habitats larvaires était d'origine anthropique. Effectivement, la plupart des gîtes larvaires rencontrés sont créés par l'homme pour ces activités économiques. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans la région de Bousaâda en Algérie [24]. De plus, ces gîtes sont situés à proximité des habitations. Cette proximité des gîtes de reproduction des moustiques avec les habitations représenterait un risque de santé et de nuisance pour les populations humaines proches. Ces résultats corroborent ceux obtenus dans le district d'Abidjan [25] et au Centre-Ouest et au Nord de la Côte d'Ivoire [26]. En effet, des prospections larvaires ont été menées dans plusieurs points d'eau à l'issue desquelles, divers traitements et analyses révèlent que la majorité des gîtes positifs se trouvent dans l'environnement immédiat des populations locales.

### 4-1. Typologie des gîtes

Les gîtes recensés sont repartis en deux catégories de gîtes notamment les gîtes habituels ou classiques (les casiers rizicoles et maraîchers, bas-fonds et lacs) et les gîtes inhabituels ou atypiques (caniveaux, pneus usés, pirogues abandonnées, puits d'arrosage, pots de fleurs, fosses septiques et abreuvoirs d'animaux). Ces types de gîtes larvaires de moustiques sont couramment observés dans d'autres régions d'Afrique. Cette observation est semblable à celle d'une étude menée au Cameroun dans l'estuaire du Wouri [27]. Cette étude a montré que les culicidés colonisent une large gamme de gîtes larvaires. Cette large répartition indiquerait le choix d'oviposition des femelles. En effet, le tropisme des femelles gravides conditionne en grande partie les espèces de moustiques trouvées dans les différents types de gîtes larvaires [28]. En outre, la multiplicité des casiers rizicoles et maraîchers, des bas-fonds exploités et des puits d'arrosage montre le dynamisme de l'agriculture urbaine dans les deux localités, cause du paludisme urbain de même importance que le paludisme rural [26].

### 4-2. Productivité larvaire

Au cours de cette étude, la productivité larvaire a été plus élevée en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cette abondance s'expliquerait par la pluralité de gîtes qu'offre la saison de pluie. Ainsi, la saison pluvieuse offre des possibilités de choix des gîtes aux femelles des différentes espèces de moustiques aussi bien en qualité qu'en quantité. Cependant, en saison sèche, plusieurs gîtes favorables au développement des moustiques tarissent ou disparaissent, cela a pour conséquence la rareté des gîtes larvaires [23]. Dans les deux sites d'étude, les gîtes habituels sont les plus rencontrés et productifs quel que soit la saison. La majorité des larves des *Anopheles* proviennent de ces gîtes. Les gîtes habituels étant constitués de plusieurs casiers rizicoles occasionneraient la pullulation des *Anopheles*. Ces gîtes ont donc constitué une source de production massive d'espèces anophéliennes. Nos résultats confirment ceux d'une étude réalisée dans la région forestière Ouest de la Côte-d'Ivoire [4]. En effet, l'agrosystème irrigué est un milieu évolutif où se succèdent plusieurs types de biotopes favorables à certaines espèces à un moment donné. Sûrement, la dynamique des populations anophéliennes est influencée par la pluviométrie mais, est aussi en rapport avec le fonctionnement et la dynamique des gîtes larvaires que sont les rizières [4]. En revanche, la présence de larves des *Anopheles* dans les gîtes inhabituels cités plus haut pourrait s'expliquer par leur

capacité à s'adapter à plusieurs milieux tel que observé au Cameroun [27]. Ainsi, les larves des *Anopheles* ont été observées dans des gîtes larvaires inhabituels généralement colonisés par les genres *Aedes* et *Culex*. Cette observation devrait interpeller les responsables des programmes de lutte contre le paludisme pour qu'ils en tiennent compte dans les projets de lutte anti-vectorielle [26, 28].

### 4-3. Densités larvaires

Les gîtes habituels ont enregistré de fortes densités larvaires. Cela s'expliquerait par la préférence de gîtes de ces vecteurs. En effet, les différentes espèces des *Anopheles* exploitent une grande variété de collections d'eau : eaux courantes rapide (*An. nili*), surfaces stagnantes ensoleillées (*An. gambiae*), marais à végétation dressée (*An. funestus*) [1, 2]. En outre, les *An. gambiae* sont présents partout en Afrique car leurs gîtes larvaires ensoleillés sont peu spécialisés et ont une grande amplitude écologique, allant de l'empreinte de pas à la rizière. De plus, les travaux effectués en 2012 à l'Ouest de la Côte d'Ivoire ont montré que *An. funestus* est présent et peut être responsable d'une importante transmission palustre en zone rizicole [4]. Quant aux gîtes inhabituels, la densité larvaire récoltée est faible. Cette faible densité larvaire obtenue pourrait être dû aux eaux polluées des gîtes. En effet, la faible abondance des larves des *Anopheles* semble être liée à leur bio écologie et au fait que les gîtes inhabituels identifiés dans les zones d'étude ne présentent pas tous les conditions requises pour leur développement. Ces observations corroborent celles d'une étude réalisée au Nord de la Côte d'Ivoire [26]. Cette étude a révélé que les eaux insalubres sont peu propices à la prolifération des *Anopheles*.

### 4-4. Propriétés physico-chimiques

La productivité larvaire est corrélée positivement de manière significative à la température, le pH, la TDS, la EC, la NaCl et à l'oxygène. Les paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires montrent une influence significative sur la productivité larvaire au cours des saisons. Les composantes physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle primordial, non seulement dans la biologie d'une espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière [29]. En outre, le biotope primordial pour la prolifération des moustiques résulte de l'interaction entre plusieurs composantes environnementales comme l'eau, les sols hydromorphes et salés et la végétation qui leur est associée [30]. Les températures enregistrées au cours de cette étude (25,7°C et 30,6°C) seraient favorables au développement larvaire des Culicidae tels que souligné par plusieurs auteurs [1, 2, 31]. En effet, la température est un facteur déterminant qui conditionne le développement larvaire des moustiques. Dans notre étude, nous avons obtenu des valeurs de pH acide avec une tendance neutre (6,8 à 7,0), des pH légèrement basiques (7,1 à 7,9) et des gîtes à pH basique (8,0 à 8,4). Dans tous ces gîtes prospectés, des larves des *Anopheles* ont été observées. Il semblerait que les *Anopheles* préfèrent les gîtes à pH acide mais pourraient également se développer dans les gîtes à pH légèrement basique. Nos résultats sont similaires à ceux des travaux de recherche effectués à Saga au Niger [32] En effet, les gîtes positifs à pH semblable ont été identifiés au cours de leur recherche. Le pH joue un rôle important dans le contrôle du développement larvaire des Culicidae. S'agissant de la teneur en oxygène dissout, elle est variable selon le type de gîte (valeur comprise entre 0,6 à 39,6mg/L). La corrélation entre les larves des *Anopheles* et l'oxygène justifierait que les *Anopheles* affectionnent les eaux bien oxygénées. Contrairement à nos résultats, des teneurs en oxygène dissout relativement faible (valeur comprise entre 0,05 et 2,32mg/L) ont été obtenues au Niger [32]. Aussi, nos résultats révèlent que la productivité larvaire des gîtes inhabituels est faible comparativement à celle des gîtes habituels. Cette faible abondance des larves dans les gîtes inhabituels pourrait s'expliquer par le taux de la EC et la TDS élevés dans ces gîtes larvaires. En effet, la EC et la TDS des eaux des gîtes étudiés sont élevée (2916µS/cm au niveau des pneus usés et 2861µS/cm au niveau des pots de fleurs). Ces résultats sont en accord avec

ceux obtenus dans la province de Kenitra au Maroc [31] et dans la zone de santé de Ngaba-Kinshasa [33]. Ainsi, de fortes valeurs de la EC et de TDS ont été enregistrées dans deux différentes stations au Maroc et des variations de la EC (595,3 à 1549,6  $\mu\text{S/cm}$ ) ont été observées au cours de ces différentes études. Les valeurs de la salinité présentent un minimum de 0,4g/L et un maximum de 5,8 g/L. Plusieurs larves des *Anopheles* ont été collectées dans les gîtes à faible salinité comparativement à ceux dont la salinité était élevée. Les *Anopheles* affectionneraient les milieux qui ont une faible salinité. Nos observations sont similaires à celles d'une étude de recherche conduite au Maroc [31]. Cette étude a montré que les valeurs de salinité faibles favorisent la prolifération des larves par rapport aux valeurs fortes qui les éliminent du milieu. Par ailleurs, les *Anopheles* principalement *An. coluzzii* du complexe d'espèces *An. gambiae* a la capacité de s'adapter aux gîtes larvaires riches en matières organiques et fortement minéralisés [27]. Aussi, *An. gambiae* s.l. est en constante évolution, ce qui permet son adaptation à la pollution urbaine [34]. Les larves des *Anopheles* récoltées au niveau de plusieurs gîtes n'ont pas été élevées au laboratoire afin d'obtenir les stades adultes. Par conséquent l'identification a été faite au niveau du genre et le niveau de sensibilité aux insecticides n'a pas été testé.

## 5. Conclusion

Une variété de gîtes a été identifiée et catégorisée au cours de cette étude. Notre étude révèle que les *Anopheles* se développent dans toutes les catégories de gîtes. En revanche, elles préfèrent les gîtes habituels. En outre, la majorité des habitats larvaires était d'origines anthropiques. Aussi, le maximum de larves a été enregistré dans les gîtes habituels en saison pluvieuse. Cette importante productivité larvaire est liée à la pluviométrie et aux activités anthropiques. En plus, la densité larvaire est forte dans les gîtes habituels tandis qu'elle est faible dans les gîtes inhabituels. D'autre part, la productivité larvaire dans les deux localités est influencée par les paramètres physico-chimiques. Ainsi, les *Anopheles* affectionnent les gîtes à pH légèrement acide, les eaux bien oxygénées et faiblement minéralisées avec une température élevée et une faible salinité. Cette étude entomologique devrait permettre d'adapter les campagnes de traitement des gîtes larvaires pour une lutte anti vectorielle appropriée et efficace.

## Références

- [1] - P. CARNEVALE and V. ROBERT, "Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte anti vectorielle", Ed. IRD Editions, Marseille, (2009) 402
- [2] - J. MOUCHET, P. CARNEVALE, M. COOSEMANS, J. JULVEZ, S. MANGUIN, D. R. LENOBLE and J. SIRCOULON, " Biodiversité du paludisme dans le monde", Ed. John Libbey Eurotext, Montrouge, (2004) 462
- [3] - A. M. ADJA, E. K. N'GORAN, B. G. KOUDOU, I. DIA, P. KENGNE, D. FONTENILLE and F. CHANDRE, *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 105 (1) (2011) 13 - 24
- [4] - A. N. BETSI, E. S. TCHICAYA and B. G. KOUDOU, *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 105 (3) (2012) 220 - 229
- [5] - K. A. ADOU, A. M. ADJA, D. D. ZOH, D. T. DOUDOU, P. TUO, K. P. ANOH and F. FOURNET, *Revue francophone sur la santé et les territoires*, (2019) 1 - 21
- [6] - B. K. MAKANGA, " Ecologie de la transmission des Plasmodium simiens au Gabon", Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale Régionale de Franceville, (2016) 191 p.
- [7] - I. DJEGBE, F. TOPONON, A. GBANKOTO, G. TCHIGOSSOU, D. DJOSSOU-HESSOU, C. DOSSOU, A. YESSOUFOU, M. AKOGBETO, L. DJOGBENOU and R. DJOUAKA, *European Scientific Journal*, 15 (33) (2019) 171 - 191

- [8] - J.-R. MOUROU, T. COFFINET, F. JARJAVAL, C. COTTEAUX, E. PRADINES, L. GODEFROY, M. KOMBILA and F. PAGES, *Malaria Journal*, 11 (1) (2012) 40
- [9] - Organisation Mondiale de la Santé, in "Rapport Biennal OMS Côte d'Ivoire 2020-2021", (2022)
- [10] - World Health Organization, in "Malaria report", (2022)
- [11] - L. DJOGBENOU, N. PASTEUR, M. AKOGBETO, M. WEILL and F. CHANDRE, *Medical and veterinary entomology*, 25 (3) (2011) 256 - 267
- [12] - J. ETANG, C. PENNETIER, M. PIAMEU, A. BOURAIMA, F. CHANDRE, P. AWONO-AMBENE, M. COOSEMANS and V. CORBEL, *Parasites and Vectors*, 9 (1) (2016) 1 - 10
- [13] - R. DJOUAKA, J. M. RIVERON, A. YESSOUFOU, G. TCHIGOSSOU, R. AKOTON, H. IRVING, I. DJEGBE, K. MOUTAIROU, R. ADEOTI, M. TAMO, V. MANYONG and C. S. WONDJI, *Parasites and Vectors*, 9 (1) (2016) 453
- [14] - I. DJEGBE, A. A. MISSIHOUN, R. DJOUAKA and M. AKOGBETO, *Journal of Applied Biosciences*, 111 (2017) 10934 - 10943
- [15] - World Health Organization, in "Malaria report", (2019)
- [16] - L. AÏSSAOUI, "Etude écophysiologique et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique", Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar—Annaba, (2014) 187 p.
- [17] - R. K. M'BRA, B. KONE, D. P. SORO, R. T. A. S. N'KRUMAH, N. SORO, J. A. NDIONE, I. SY, P. CECCATO, K. L. EBI, J. UTZINGER, C. SCHINDLER and G. CISSE, *PLOS ONE*, 13 (6) (2018) e0182304
- [18] - K. R. M'BRA, "Eau, assainissement et changements climatiques : analyse intégrée des facteurs de risque au paludisme et aux bilharzioses à Korhogo (Nord Côte d'Ivoire) et à Kaédi (Sud Mauritanie)", Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Cocody Côte d'Ivoire, (2017) 284 p.
- [19] - R. I. YAPO, V. MAMBO, A. C. ALDER, M. J. OHOU-YAO, R. LIGBAN, D. DAO, C. STAMM and B. BONFOH, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (3) (2016) 1433
- [20] - A. K. N'GUESSAN, M. A. KOUASSI, R. GNABOA, S. K. TRAORÉ and V. P. HOUENOU, *Larhyss Journal*, (17) (2014) 135 - 154
- [21] - J. B. SILVER and M. W. SERVICE, *Australia entomology*, 47 (2008) 382 - 3
- [22] - N. ALLAOUA, M. MENAKH, H. HAFID, S. CHENTOUH and S. BOULHBEL, *Algerian journal of arid environment*, 8 (2) (2018) 99 - 110
- [23] - A. A. KOUMBA, C. R. Z. KOUMBA, R. M. NGUEMA, L. S. DJOGBENOU, P. O. ONDO, G. K. KETOH, P. COMLAN, B. M'BATCHI and J. F. MAVOUGOU, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (4) (2018) 1754
- [24] - S. BENHISSEN, W. HABBACHI, K. REBBAS and F. MASNA, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 87 (2018) 112 - 120
- [25] - A. B. KONE, Y. L. KONAN, Z. I. COULIBALY, D. FOFANA, N. GUINDO-COULIBALY, M. DIALLO, J. M. C. DOANNIO, K. D. EKRA and P. ODEHOURI-KOUDOU, *Médecine et Santé Tropicales*, 23 (1) (2013) 66 - 71
- [26] - E. TIA, N. G. C. GBALÉGBA, K. R. M'BRA, A. KABA, O. A. M. BOBY, M. KONE, M. CHOUAIBOU, B. KONE and G. B. KOUDOU, *Journal of Applied Biosciences*, 105 (1) (2016) 10170
- [27] - M. A. MBIDA, J. ETANG, N. P. AKONO, E. C. MOUKOKO, P. AWONO-AMBENE, D. TAGNE, A. TALIPOUO, W. EKOKO, J. BINYANG, R. TCHOFFO, G. LEHMAN and R. MIMPFUNDI, *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 110 (2) (2017) 92 - 101
- [28] - M. A. MBIDA, N. P. AKONO, P. AWONO-AMBENE, H. SIMO WOPO, A. TALIPOUO, R. TCHOFFO FOBASSO, A. DONGMO, G. LEHMAN and R. MIMPFUNDI, *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 73 (4) (2018) 550 - 558
- [29] - S. BERCHI, "Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte", Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, (2000) 133 p.
- [30] - N. BRAHMI, A. HATIRA, C. RABIA, I. TOUNSI-GUERIN, T. BOUHAFI and L. BACCAR, *Revue méditerranéenne de l'environnement*, (2) (2007) 1 - 18

- [31] - M. IKRAM, C. ABDEIKDER, A. ALI, A. ARWA, B. ASMAA, H. MOHAMMED, B. DRISS and E. K. KHADIJA, *European Scientific Journal*, 12 (32) (2016) 398 - 409
- [32] - S. M. IRO, Y. A. SEYDOU and A. DOUMMA, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (4) (2020) 1188 - 1202
- [33] - A. M. ATUNGALE, D. MUSIBONO, P. MANSIANGI, E. METELO, S. C. ATUNGALE, J. W. K. TSHIBANGU and K. Z. B. NGOYI, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2 (2) (2022) 460 - 468
- [34] - C. PIERRAT, " Des moustiques et des hommes. Les territoires du paludisme à Tori-Bossito (sud du Bénin)", Thèse de Doctorat, Université Panthéon-Sorbonne Paris, 1 (2010) 185 p.