INFLUENCE DE LA TEMPERATURE ET DE LA PLUVIOMETRIE SUR L'ABONDANCE DES POPULATIONS *D'ANOPHELES GAMBIAE* S. L DANS LA ZONE CÔTIERE DE DABOU (CÔTE D'IVOIRE)

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND RAINFALL ON THE ABUNDANCE OF *ANOPHELES GAMBIAE* POPULATIONS IN THE COASTAL ZONE OF DABOU (IVORY COAST)

Anne-Marie **OUASSA-BOBY**[1*], Mahama **TOURE**[1], Zoumana **OUATTARA**[1], Emmanuel **TIA**[1], Kouassi Armand **Ekra**[2], Bernard Kouassi **KOFFI**[3], Moussa **KONE**[1]

[1] *Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire de Bouaké, Université Alassane Ouattara, 27 BP 529 Abidjan 27, Côte d'Ivoire, Tél. : 00225 272241435122*

[2] *Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro, BP 1093, Tél. 00225 2730646666*

[3] *Centre de Recherches Pierre Richet, 01 BP 1500 Bouaké 01, 01 BP V 47, Abidjan 01, Côte d'Ivoire, Tél. : 00225 2731633745*

***Auteur correspondant :** BOBY OUASSA Anne-Marie, téléphone : 0140376782, E-mail : annemarieboby@yahoo.fr , pays : Côte d'Ivoire

RESUME

Cette étude vise à déterminer l'impact de la pluviométrie et de la température sur les populations adultes d'*Anopheles gambiae s l* dans la zone côtière et lagunaire de Dabou. Les captures intradomiciliaires (CID) ont eu lieu d'octobre 2019 à août 2020 dans les villages de Bouboury, Layo et Mopoyem une fois tous les deux mois pendant deux jours successifs durant une année couvrant ainsi les deux types de saisons (sèche et pluvieuse). Tous les moustiques capturés ont ensuite été identifiés à l'aide de la clé de Gillies et De Meillon et dénombrés. Les données de pluviométrie et de température ont été mesurées quotidiennement (Source : SODEXAM 2019-2020). L'analyse statistique selon le modèle binomial négatif a été utilisée afin de déterminer l'influence des différents paramètres sur l'abondance des adultes d'*An. gambiae* s.l . Selon les résultats obtenus, 230 moustiques de l'espèce *An. gambiae s l*, vecteur majeur du paludisme a été capturée dans les trois villages d'étude avec un pic de 5 (41,7%) en février pour Bouboury, de 44 (24,9%) en Juin pour Layo et de 13 (31,7%) en août pour Mopoyem, L'analyse statistique de l'impact des paramètres climatiques a permis d'observer une différence significative entre les populations d'*An. gambiae* en fonction de la température. Aucune différence significative n'a été observée en fonction de la pluviométrie et des saisons. Cette étude a mis en évidence le rôle de la température sur l'abondance des populations *d'An. gambiae dans* cette zone.

Mots clés : Côte d'Ivoire, *Anopheles gambiae* s.l, Température, Pluviométrie, Saisons

ABSTRACT

This study aims to determine the impact of rainfall and temperature on adult populations of *Anopheles gambiae* s.l. in the coastal and lagoon area of Dabou. Intradomestic mosquito capture (IDC) was conducted from October 2019 to August 2020 in the villages of Bouboury, Layo, and Mopoyem, once every two months for two consecutive days throughout the year, thus covering both dry and rainy seasons. All captured mosquitoes were then identified using the

Gillies and De Meillon key and counted. Rainfall and temperature data were measured daily (Source: SODEXAM 2019-2020). Statistical analysis using the negative binomial model was employed to determine the influence of the different parameters on the abundance of adult *An. gambiae* s.l. According to the results obtained, 230 mosquitoes of the species *Anopheles gambiae* s l, a major vector of malaria, were captured in the three study villages, with a peak of 5 (41.7%) in February for Bouboury, 44 (24.9%) in June for Layo, and 13 (31.7%) in August for Mopoyem. Statistical analysis of the impact of climatic parameters revealed a significant difference between *Anopheles gambiae* populations based on temperature. No significant difference was observed based on rainfall or season. This study highlights the role of temperature on the abundance of *Anopheles gambiae* populations in this area.
Keywords: Ivory Coast, *Anopheles gambiae* s.l, Temperature, Rainfall, Seasons

INTRODUCTION

Les maladies à transmission vectorielle représentent plus de 17 % de l'ensemble des maladies infectieuses, entraînant plus de 700 000 décès par an (OMS, 2020). Selon de nombreux auteurs, les vecteurs de ces maladies dont le paludisme, sont influencés par les conditions environnementales (Black, P., et Nunn, M., 2009 ; Jourdain, F., et Paty, M. C. 2019 ; Ketty B-A et al., 2021 ; Fouque, F., 2024.). Mais, la connaissance de l'effet précis des facteurs climatiques, telles que la température et les précipitations sur ces organismes reste limitée (Githeko AK et al., 2000, Lafferty K, 2009). Une meilleure compréhension des effets des facteurs environnementaux est extrêmement précieuse pour les prédictions de l'abondance des vecteurs (Semenza JC et Menne B, 2009 ; Paaijmans K., et al., 2013.) et donc de la propagation du paludisme, en particulier sous l'influence du changement climatique. En Côte d'Ivoire, peu d'études ont analysé l'influence des paramètres climatiques sur les populations d'anophèles dans les zones côtières lagunaires caractérisées par des gîtes semi-permanents. Il est important de savoir comment la température et la pluviométrie influencent l'abondance et la distribution des populations adultes d'*Anopheles gambiae* s l. L'objectif de ce travail est de déterminer l'impact de la pluviométrie et de la température sur les populations adultes d'*Anopheles gambiae* s l dans la zone côtière de Dabou à travers la collecte d'informations sur les populations d'*An. gambiae s l* et les différents paramètres dans la zone d'étude.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Site d'étude

La zone d'étude (Figure 1) est la zone côtière lagunaire située au sud de la Côte d'Ivoire, précisément dans la région de Dabou, qui s'étend de 4°20 à 4°40 de longitude Ouest et de 5°15 à 5°30 de latitude Nord. Elle se situe dans une zone géographique limitée au Sud par la lagune Ebrié, à l'Est par l'Agnéby (fleuve côtier), à l'Ouest par l'Ira et au Nord par une série de forêts à Cosrou, Bakanou et Pedo. Cette zone climatique est caractérisée par quatre saisons : la grande saison sèche (décembre à février), la grande saison des pluies (mars à mi-juillet), la petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre), la petite saison des pluies (mi-septembre à mi-novembre) (Ochou A.D et al., 1991).

Les sites d'étude sont les villages de Grand-Bouboury, Layo et Mopoyem situés dans le secteur non communal de la Sous-Préfecture de Dabou et localisé à 6 km, 3 km et 9 km de la ville sur l'axe Dabou-Gd Lahou.

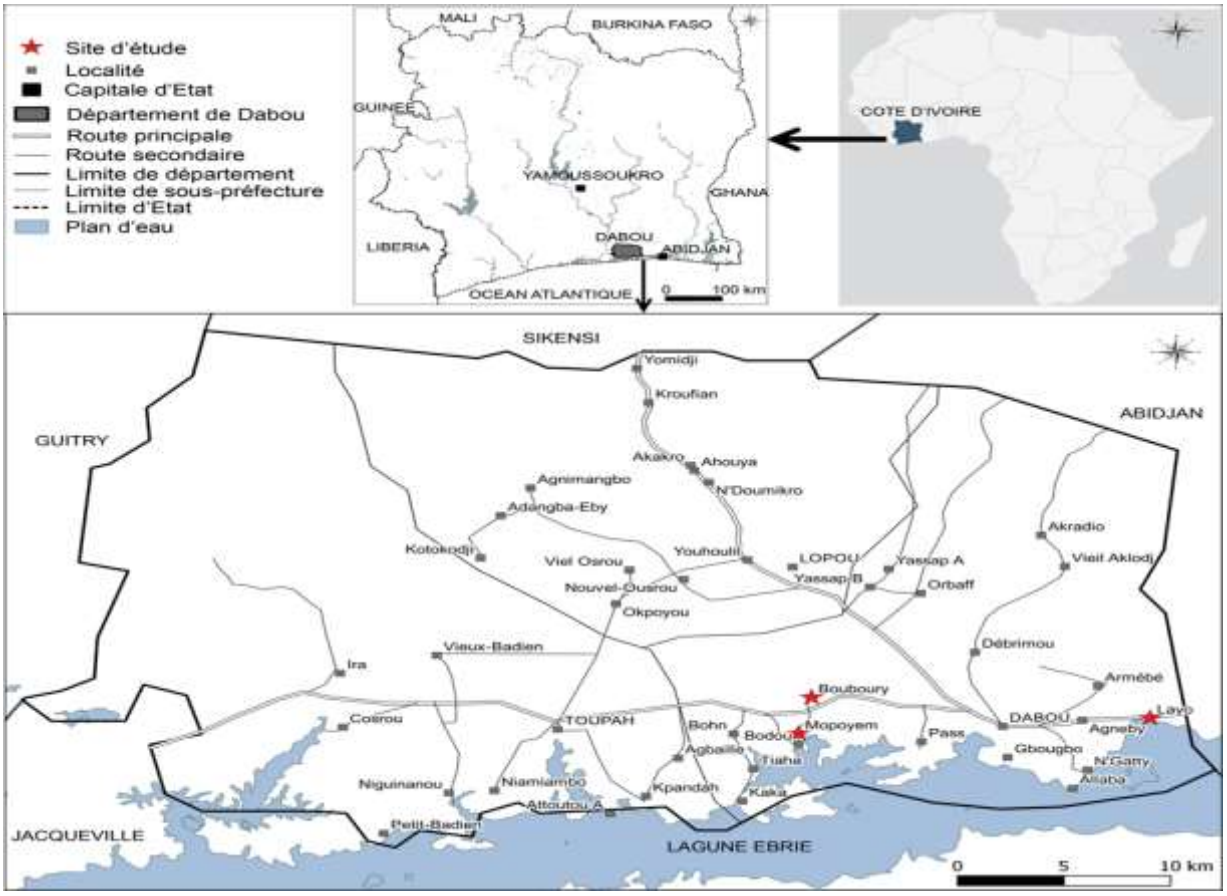


Figure 1 : Carte du département de Dabou présentant les sites d'études (**Source/Réalisation** : Dr Boby-Ouassa / Dr Bamoro)

3.2 Méthode de collecte et identification des moustiques

Les captures intra domiciliaires ont eu lieu d'octobre 2019 à août 2020 dans les villages de Bouboury, Layo et Mopoyem. La collecte s'est effectuée à une fréquence d'une fois tous les deux mois pendant deux jours successifs et durant une année couvrant ainsi les deux saisons (sèche et pluvieuse). Elles ont été effectuées tôt le matin de 6 h à 8 h du matin. Huit maisons ont été choisies dans chaque village dont quatre en périphérie et quatre au centre selon les quatre points cardinaux(Nord, sud, Est et Ouest). Dans chaque maison, une chambre habituellement occupée a été choisie et suivie pendant toute la durée de l'étude. Le nombre de personnes ayant dormi dans la chambre la veille de la capture, a été noté. Les chambres ont été pulvérisées dès 6 h du matin à l'aide d'un insecticide à base de pyrèthre afin d'assommer les moustiques et après 15 mn d'attente les moustiques récoltés sur un drap blanc préalablement étendus sur le sol, ont été recueillis dans un tube à hémolyse dont le bout est refermé par un bout de

coton. Lors de la réalisation de cette étude, le choix a été porté sur cette méthode d'échantillonnage beaucoup moins contraignante sur le plan éthique. Tous les moustiques capturés ont ensuite été identifiés à l'aide de la clé de Gillies et De Meillon et dénombrés. Les données de pluviométrie et de température ont été mesurées quotidiennement (Source : SODEXAM 2019-2020).

3.3 Analyse statistique

Les données ont été saisie dans le logiciel Excel 2013. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R. Pour comparer l'abondance d'*An. gambiae* selon les saisons, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé. Le modèle binomial négatif particulièrement adapté aux données de comptage présentant une forte dispersion, a été utilisé afin de déterminer l'influence des différents paramètres sur l'abondance des adultes d'*An. gambiae s l.* Des différences statistiquement significatives ont été estimées lorsque la valeur de $P < 0,05$.

4. RESULTATS

4.1. Abondance d'*An. gambiae* s l en fonction de la pluviométrie et de la température

Le tableau I présente les effectifs des femelles adultes d'*An. gambiae* s.l collectées durant l'étude de même que les données de pluviométrie et de température mesurées.

Tableau I : Effectifs des femelles adultes d'*An. gambiae* s.l capturées en fonction de la pluviométrie et de la température dans les trois sites d'étude

				Sites		
Année	**Mois**	**Pluviométrie (mm)**	**Température (°c)**	**Bouboury N(%)**	**Layo N(%)**	**Mopoyem N(%)**
2019	Octobre	147,3	26	1(8,3%)	22 (12,4%)	3 (7,3%)
	Décembre	58,6	27,6	2 (16,7%)	43 (24,3%)	3 (7,3%)
2020	Février	**0**	28,4	5 (41,7%)	18 (10,2%)	11 (26,8%)
	Avril	143,8	**28,7**	1 (8,3%)	16 (9%)	5 (12,3%)
	Juin	**550,5**	26,9	3 (25%)	44 (24,9%)	6 (14,6%)
	Août	24,6	**24,6**	0 (0%)	34 (19,2%)	13 (31,7%)
	Total			12 (100%)	177 (100%)	41 (100%)

N : Effectifs d'*An. gambiae s.l*

Tout au long de l'étude, les mesures de pluviométrie ont varié de 0 mm (Février) à 550, 5 mm (Juin) de pluie. Cette valeur de février correspond à 5 (41,7%) femelles d'*An. gambiae* s.l collectées à Bouboury, 18 (10,2%) à Layo et 11 (26,8%) à Mopoyem. Celle de Juin correspond à 3 (25%) femelles d' *An. gambiae* s.l collectées à Bouboury, 44 (24,9%) à Layo et 6 (14,6%) à Mopoyem.

Les données de température allaient de 24,6°C (Août) à 28, 7°C (Avril). Elles correspondaient respectivement pour le mois d'août à 0 (0%) femelle d' *An. gambiae s.l* collectée à Bouboury, 34 (19,2%) femelles à Layo et 13 (31,7%) à Mopoyem puis pour le mois d'avril à 1 (8,3%), 16 (9%) et 5 (12,3%) femelles d' *An. gambiae s.l* capturées à Bouboury, Layo et Mopoyem.

Concernant l'abondance des femelles d'*An. gambiae* s.l collectées dans les 3 sites d'étude, le pic est observé en février (5 /41,7%) pour Bouboury, en Juin (44 /24,9%) pour Layo et en Août (13 /31,7%) pour Mopoyem. Ces Pics correspondent à des valeurs de pluviométrie de 0 mm, 550,5 mm, 24, 6 mm de pluie et à des valeurs de température de 28,4°C, 26,9°C, 24, 6°C

4.2. Interaction entre la pluviométrie et le nombre d'*Anopheles gambiae*

L'abondance relativement faible d'*An. gambiae* s.l (Figure 2) pourrait indiquer que les fortes précipitations réduisent la stabilité des gîtes larvaires temporaires, souvent préférés par cette espèce. Cependant, même de faibles variations peuvent avoir une importance sanitaire majeure compte tenu de son rôle vectoriel.

Les résultats de l'analyse en utilisant la régression binomiale négative (Tableau II) indiquent qu'il n'y a pas de corrélation entre le nombre total d'*Anopheles gambiae* et la pluviométrie enregistrée à cette période (P = 0,36510).

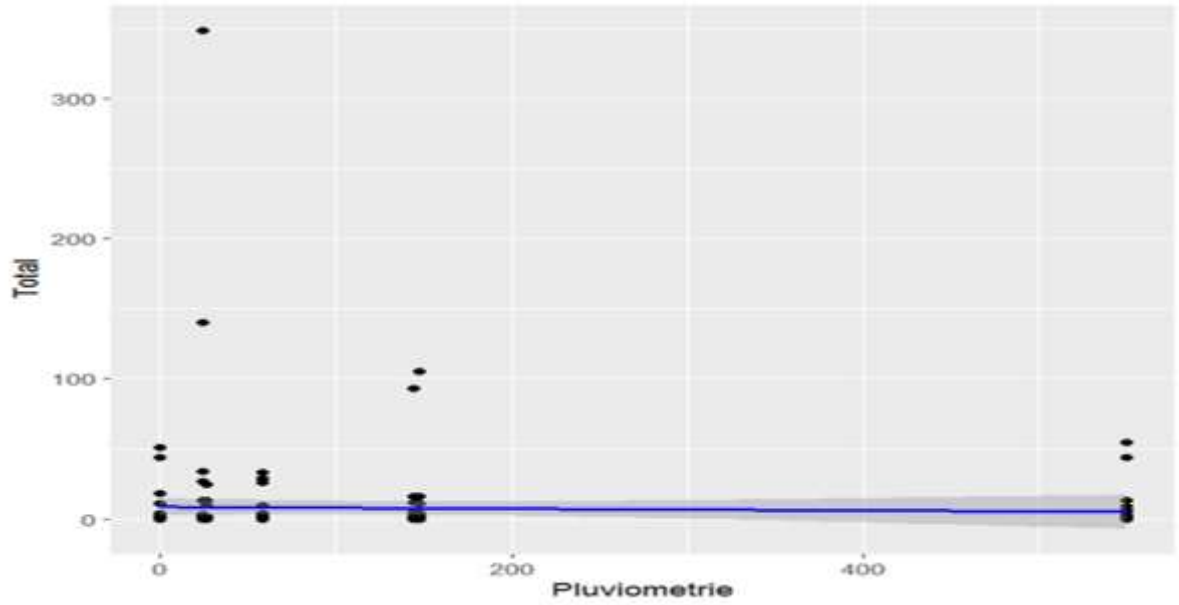


Figure 2 : Relation entre la pluviométrie et le nombre d'*An. gambiae* s.l

Tableau II: Analyse statistique de l'interaction entre la pluviométrie et le nombre d'*Anopheles gambiae*

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)
(Intercept)	7.164608	2.320529	3.087	0.00202 **
Pluviometrie	-0.001362	0.001504	-0.906	**0.36510**

4.3. Interaction entre la température et le nombre d'*Anopheles gambiae* s.l

L'abondance de *An. gambiae* reste relativement faible (Figure 3) mais semble davantage représentée aux températures modérées. La diminution observée aux températures plus élevées pourrait traduire une sensibilité accrue au stress thermique ou une réduction des gîtes larvaires favorables. D'un point de vue épidémiologique, cette observation est importante car *An. gambiae* constitue un vecteur majeur du paludisme. Les variations thermiques pourraient donc influencer indirectement le risque de transmission.

Les résultats de l'analyse en utilisant la régression binomiale négative (Tableau III) indiquent qu'il y a une corrélation négative entre le nombre total d' *An. gambiae* s.l et la température enregistrée à cette période. Il y a une baisse significative du nombre d'anophèles à mesure que la température augmente. (P = 0,01255).

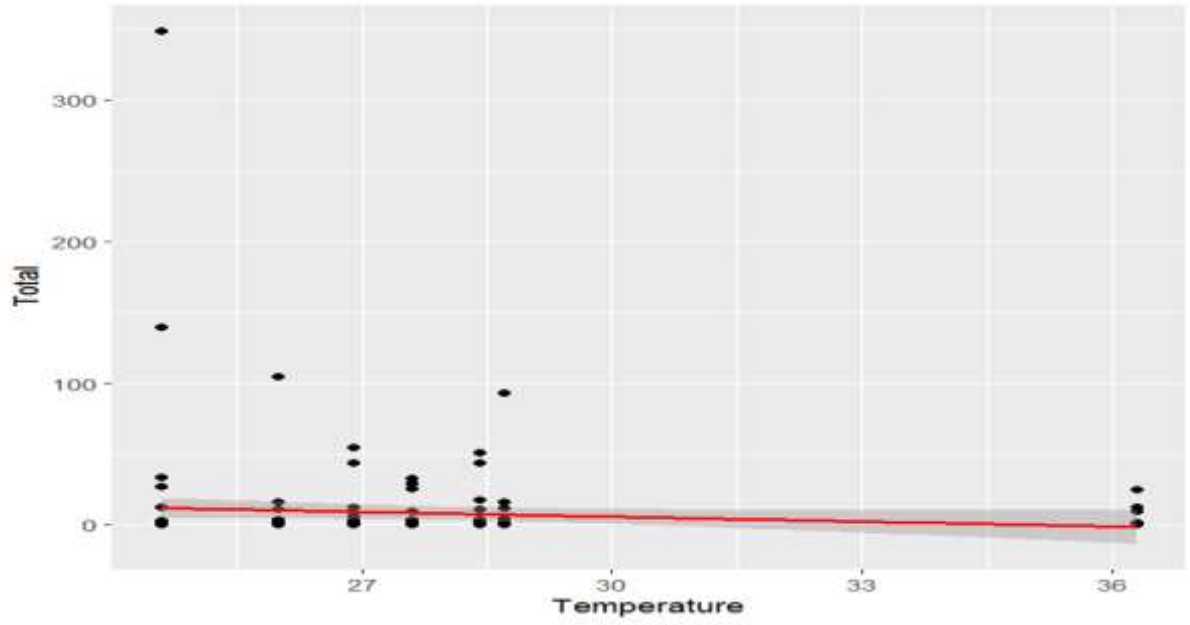


Figure 3 : Relation entre la température et le nombre d'*An. gambiae* s.l

Tableau III : Analyse statistique de la Relation entre la température et le nombre d'*An. gambiae*

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)
(Intercept)	7.164608	2.320529	3.087	0.00202 **
Température	-0.175413	0.070270	-2.496	0.01255 *

La température est associée à une baisse significative du nombre d'*An. gambiae* s.l (Figure 4). Les résultats indiquent que chaque 1°C supplémentaire réduit le nombre d'anophèles d'environ 16%. Ainsi les modèles linéaires généralisés (régression binomiale négative) ont permis de comprendre les interactions qui existent entre l'abondance des moustiques, la pluviométrie et la température.

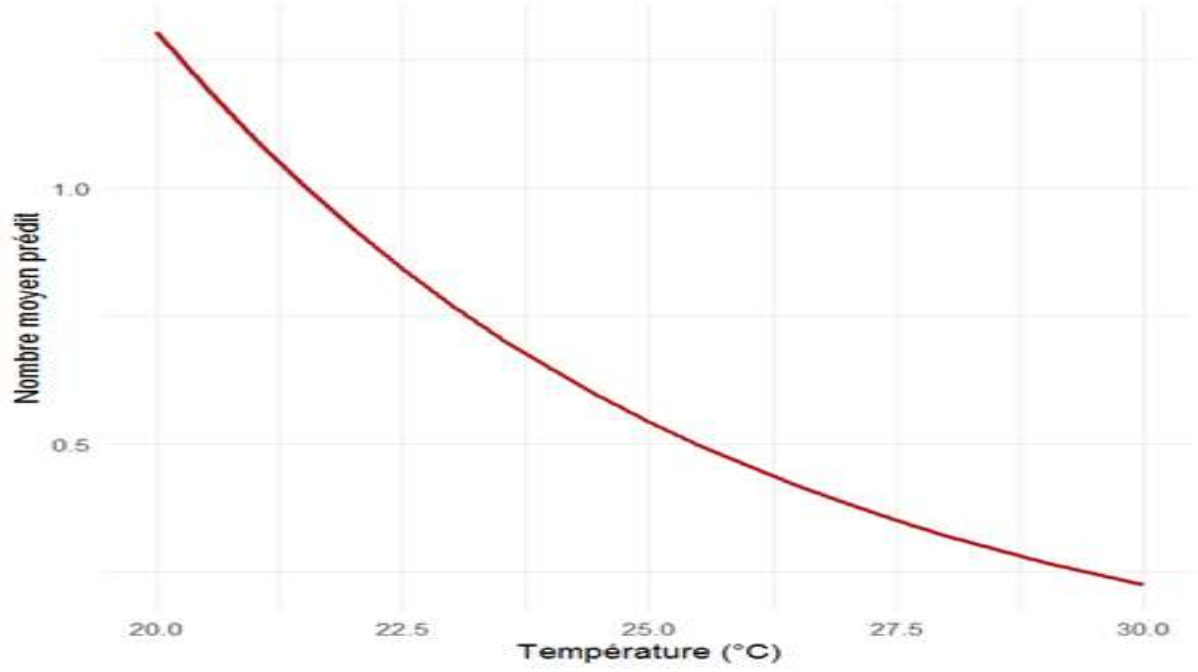


Figure 4 : Prédictions du modèle binomial négatif selon la température

4.4. Variation saisonnière de l'espèce *Anopheles gambiae s.l*

Que ce soit en saison sèche ou pluvieuse les densités moyennes d'individus capturés sont comparables (Figure 5). En d'autres termes, quel que soit la saison, il y a eu autant de moustiques en saison sèche qu'en saison pluvieuse dans ces localités sur cette période de l'étude. Ceci indique que le nombre total d'*An. gambiae* s.l récolté en ces lieux n'est pas associé à la saison du point de vue statistique (Kruskal-Wallis chi2 = 0.69674, df = 1). La valeur de P est supérieure à 0,05 (p = 0.4039).

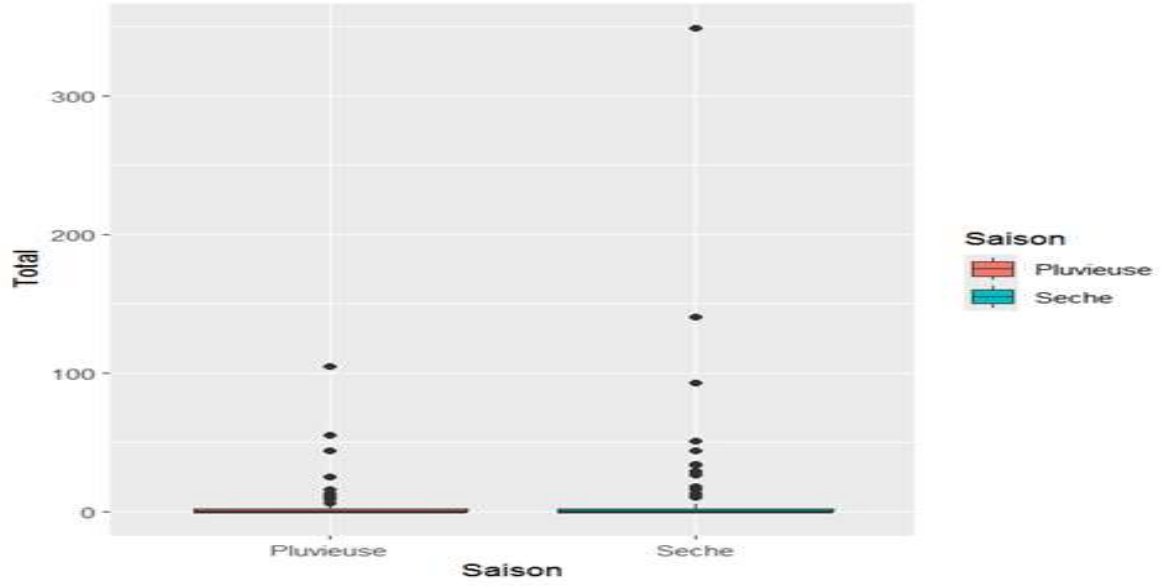


Figure 5 : Variation saisonnière du total d' *An. gambiae* s.l

5. DISCUSSION

Concernant l'influence des facteurs environnementaux (Saison, Pluviométrie, Température) sur les populations d'*An. gambiae* s.l, diverses observations ont été faites. L'analyse de l'effet des saisons (sèche, pluvieuse) a montré que les populations d'*An. gambiae* s.l collectées à Bouboury et à Mopoyem sont plus abondantes en saison sèche qu'en saison pluvieuse conformément aux observations de certains auteurs (Afrane Y.A. et al., 2012 ; Amusan A.A.S., et al., 2003). A Layo, par contre *An. gambiae* s.l a été collectée tout au long de l'année avec un pic en saison pluvieuse. Aucune corrélation n'a donc été établie entre l'abondance des adultes d'*An. gambiae* et les saisons (sèche et pluvieuse). Selon les auteurs cités ci-dessus, cela peut être justifié par la spécificité des zones côtières jalonnées de lagunes et de marécages pouvant favoriser l'existence de gîtes larvaires pérennes ou résiduels. Concernant l'effet de la pluviométrie, aucune corrélation directe n'a été établie avec la densité des adultes d' *An. gambiae* s.l contrairement aux études menées ailleurs (Doumbe-Belisse P., et al., 2018 ; Salako A.S, et al., 2019). Selon d'autres auteurs, la topographie locale du milieu doit être un paramètre additionnel au climat pour mieux expliquer l'impact des eaux de pluies (Moussa F., 2011, Keven JB et al., 2019 ; Haile selassie W et al., 2021). Il est établi que la pluie contribue à la création de gîtes larvaires, d'autres facteurs peuvent déterminer la présence ou non des larves et par conséquent des adultes d'*An. gambiae* s.l et leur abondance en un endroit donné. L'intensité des pluies joue un rôle non négligeable car le lessivage des gîtes provoqué par les fortes précipitations de la saison pluvieuse pourrait contribuer à une baisse de la productivité larvaire (Benkhalfate EHC, 1991 ; Sanford MR et al., 2013). Pour ce qui est de la température, il existe une corrélation négative entre la densité des femelles adultes d'*An. gambiae* s.l et la température

enregistrée dans cette période, en accord avec des observations également faites par d'autres auteurs (Noura Mamane Salé et al., 2023).

Limites de l'étude

Malgré l'intérêt de cette étude, certaines limites doivent être prises en considération. Premièrement, la fréquence des captures, réalisées une fois tous les deux mois pendant deux jours successifs, peut ne pas avoir permis de détecter toutes les fluctuations temporelles des populations d'*Anopheles gambiae* s.l. Deuxièmement, l'effectif relativement limité de moustiques collectés pourrait avoir réduit la puissance statistique nécessaire pour mettre en évidence certains effets de la pluviométrie ou de la saisonnalité. Troisièmement, les analyses ont été basées sur des données climatiques contemporaines aux captures sans prise en compte d'éventuels effets retardés des précipitations sur le développement larvaire. Par ailleurs, l'identification des moustiques a été réalisée au niveau du complexe *Anopheles gambiae* s.l., sans caractérisation moléculaire des espèces constitutives. Enfin, d'autres facteurs environnementaux tels que l'humidité relative, la salinité des gîtes, la couverture végétale et l'occupation des sols n'ont pas été intégrés aux analyses. Des études futures combinant des suivis entomologiques plus fréquents, des analyses moléculaires et une approche écologique plus intégrée permettraient de mieux comprendre les déterminants de l'abondance des vecteurs du paludisme dans les zones côtières de Côte d'Ivoire.

Les données de température et de pluie proviennent de la SODEXAM peuvent ne pas refléter réellement les conditions microclimatiques ; elle pourrait expliquer l'absence d'association observée entre pluviométrie et abondance.

CONCLUSION

L'étude de l'impact des facteurs environnementaux (température, pluviométrie, saison,) sur l'abondance d'*An. gambiae* s.l. a révélé l'existence d'une corrélation négative statistiquement significative entre la température et l'abondance cette espèce. Mais elle n'a pas mis en évidence une relation directe entre la pluviométrie et l'abondance d'*An. gambiae* s.l. Aucune corrélation n'a été démontrée non plus entre la densité d'adultes d'*An. gambiae* s.l et les saisons (sèche et pluvieuse). La présence de cette espèce peut être justifiée par l'intervention d'autres paramètres liés à l'environnement local. Il est certain que la pluie favorise la formation de lieux de reproduction des larves d'*An. gambiae* s.l mais d'autres éléments peuvent influencer l'existence ou l'absence de ces dernières ainsi que des adultes et leur densité dans cette zone spécifique jalonnée de lagunes et de marécages. Une étude plus approfondie de tous les facteurs pouvant favoriser l'existence de gîtes larvaires pérennes ou résiduels

nécessite l'implication de diverses spécialistes dans la perspective de la recherche d'une stratégie de lutte antivectorielle efficace.

Remerciements : Nous adressons nos sincères remerciements au Pr Toure Mahama, Directeur du Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire (CEMV) pour sa contribution à l'amélioration de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Afrane YA, Lawson BW, Brenya R, Kruppa T, Yan G. The ecology of mosquitoes in an irrigated vegetable farm in Kumasi, Ghana: abundance, productivity and survivorship. Parasites & Vectors 2012;5:233. https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-233
2. Amusan A.A.S., Mafiana CF, Idowu AB, Oke OA. A survey of adult mosquitoes in the hostels of the University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria. Nigerian Journal of Parasitology 2003;24:167–72. https://doi.org/10.4314/njpar.v24i1.37822.
3. Black, P., & Nunn, M. (2009). Conséquences du changement climatique et des modifications environnementales sur les maladies animales émergentes ou ré émergentes et sur la production animale. In Conf. OIE, pp. 1-13.
4. Doumbe-Belisse P, Ngadjeu CS, Sonhafouo-Chiana N, Talipouo A, Djamouko-Djonkam L, Kopya E, et al. High malaria transmission sustained by Anopheles gambiae s.l. occurring both indoors and outdoors in the city of Yaoundé, Cameroon. Wellcome Open Res 2018;3:164. https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.14963.1.
5. Fouque, F. (2024). Impacts des Changements Climatiques sur les Maladies à Transmission Vectorielle. Humanités environnementales : sciences, arts et citoyennetés face aux changements globaux, (actes n°1).
6. Githeko AK, Lindsay SW, Confalonier UE, Patz JA. Changement climatique et maladies à transmission vectorielle : une analyse régionale. Bull Organe mondial de la santé. 2000; 78:1136–47.
7. Haileselassie W, Zemene E, Lee M-C, Zhong D, Zhou G, Taye B, et al. The effect of irrigation on malaria vector bionomics and transmission intensity in western Ethiopia. Parasites Vectors 2021;14:516. https://doi.org/10.1186/s13071-021-04993-y.
8. Jourdain, F., & Paty, M. C. (2019). Impact des changements climatiques sur les vecteurs et les maladies à transmission vectorielle en France. Les Tribunes de la sante, 3:41-51.
9. Ketty Balthazard-Accou, Daphnide Saint-Louis, Daphnée Michel, Max François Millien. Impact du changement climatique sur la survenue de maladies vectorielles émergentes et réémergentes. Evens Emmanuel et Ketty Balthazard-Accou (Eds). COVID-19, Santé-Environnement, Productivité Scien tifique:

Regards sur la période du confinement à l'Université Quisqueya. Port-au-Prince: Université Quisqueya, 2021. Hal-05001279
10. Keven JB, Katusele M, Vinit R, Kombu, Vincent, Thomsen EK, et al. Species abundance, composition, and nocturnal activity of female Anopheles (Diptera: Culicidae) in malaria-endemic villages of Papua New Guinea: assessment with barrier screen sampling. Malar J 2019;18:96. https://doi.org/10.1186/s12936-019-2742-x.
11. Kouakou, K. E., Moussa, H., Kouassi, A. M., Goula, B. T. A., & Savané, I. (2017). Redefinition of homogeneous climatic zones in Cote d'Ivoire in a context of climate change. International Journal of Scientific & Engineering Research, 8 (11), 453-462.
12. Lafferty K. L'écologie du changement climatique et des maladies infectieuses. Écologie. 2009; 90:888–900.
13. Moussa Fane. Impact du climat sur l'écologie et la transmission du paludisme : analyse du risque palustre dans le septentrion malien. Médecine humaine et pathologie. Université de Grenoble, 2011. Français. NNT : 2011GRENS042. Tel-01178824
14. Noura Mamane Salé, Halima Zamanka Naroua, Wilfried Zoulkifouly Hounkarin, Rabi'ou Labbo, Ibrahim Maman Laminou2, Ali Djibo Souley, Amadou Soumana, Ibrahima Issa Arzika, Ronan Jambou and Ali Doumma 2023. Influence des facteurs environnementaux sur l'abondance des anophèles dans les différents agroécosystèmes de la ville de Niamey International Journal of Advanced Research (IJAR). ISSN : 2320-5407 Int. J. Adv. Res. 11(08), 01-15
15. Ochou A.D., Kouadio K., Marchant J., Yapo C., Sauvageot H., Achy S.A. (1991). Etude des précipitations par satellite en Côte d'Ivoire. Veille Climatique Satellitaire, (38), p. 57-62. ISSN 1144-2026
16. OMS. Vector-borne diseases - Key facts. 2020. [en ligne]. Disp. www.who.int/news-room/fact sheets/detail/vector-borne-diseases
17. Paaijmans K, Cator L, Thomas M. La période pré-repas de sang dépendante de la température et l'asynchronie liée à la température entre le développement du parasite et le taux de piqûre de moustiques réduisent l'intensité de la transmission du paludisme. PLoS UN. 2013; 8 : e55777.
18. Salako AS, Ossè R, Padonou GG, Dagnon F, Aïkpon R, Kpanou C, et al. Population Dynamics of *Anopheles gambiae* s.l. and Culex quinquefasciatus in Rural and Urban Settings Before an Indoor Residual Spraying Campaign in Northern Benin. Vector-Borne and Zoonotic Diseases 2019;19:674–84. https://doi.org/10.1089/vbz.2018.2409.
19. Semenza JC, Menne B. Changement climatique et maladies infectieuses en Europe. Lancet Infect Dis. 2009 ; 9:365–75.
20. WHO. World malaria report 2024. Geneva: World Health Organization; 2024.