

Facteurs environnementaux associés à la domiciliation persistante et prolifique des vecteurs d'arbovirus dans les habitats larvaires du mont Ngafula, en République Démocratique du Congo (RDC)

Environmental factors associated with persistent and prolific domiciliation of arbovirus vectors in larval breeding areas in Mont Ngafula, Democratic Republic of the Congo (DRC)

Factores ambientales asociados a la domiciliación persistente y prolífica de vectores de arbovirus en hábitats larvarios en el Monte Ngafula, en la República Democrática del Congo (RDC)

Dieudonné Kikozokozo Kikozokozo

dieudonnekikozokozokozo@gmail.com  0000-0003-1008-962x

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kananga B.P. 321 Kasaï central, RDC
Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Olivier Munduku Midishi

olimunduku@gmail.com  0009-0003-6296-557x

Environment Ressources and Global Security «ERGS» Mention sciences et gestion de l'environnement,
Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

Emery Metelo Matubi

pathymetelo@gmail.com  0000-0003-2427-1000

Laboratoire National de Santé Publique et de Lutte Antivectorielle de l'Institut National de Recherche Biomedicale «INRB»
Av. De la Démocratie N°5345, (Ex Av. Des huileries), Kinshasa - Gombe, RDC.

Constantin Lubini Ayingweu

constantinlubini14@gmail.com

Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoir Endogène
Mention sciences et gestion de l'environnement, Faculté des Sciences et Technologies,
Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RDC.

INFO ARTÍCULO

Reçu : 10-09-2024
Révisé : 18-05-2025
Accepté : 24-09-2025

MOTS CLÉS

Prolifique
Aedes aegypti
Aedes albopictus
Mont Ngafula
RDC

RÉSUMÉ

Le terme "arbovirus" est une contraction abrégée de "arthropod - borne - virus" signifiant littéralement un virus engendré ou transmis à un vertébré par un vecteur arthropode en l'occurrence un moustique femelle hématophage du genre *Aedes aegypti* et *albopictus*. Et un vecteur désigne un organisme biologique actif, généralement un arthropode capable d'acquérir et de transférer un parasite pathogène d'un hôte infecté vers un hôte naïf. Le gîte larvaire est un réservoir naturel ou artificiel, temporel ou permanent susceptible de contenir une masse d'eau assez longtemps et est propice au développement des larves des moustiques issus de l'éclosion. Enfin, l'arbovirose est une affection causée par un arbovirus. Actuellement, la lutte anti vectorielle reste cruciale pour la prévention des arbovirus, sans thérapie spécifique ni vaccin à large spectre. Son efficacité passe par la maîtrise de la spatialisation urbaine des vecteurs et des mécanismes de leurs proliférations en gîtes larvaires artificiels. Le but de cette étude est de déterminer les facteurs environnementaux associés à la persistance des *Aedes spp*, vecteurs d'arbovirus en gîtes larvaires prolifiques à Mont Ngafula. Les prospections des gîtes larvaires ont été réalisées dans 4 quartiers du site d'étude, en période pluviale et sèche au cours de l'année 2024.



Les larves collectées ont été placées en cages DCD/Atlanta au laboratoire d'écotoxicologie de la Mention environnement de l'Université de Kinshasa pendant 21 jours en attente de l'émergence définitive. Les adultes affiliés à leurs gîtes de reproduction ont été capturés et identifiés à la loupe entomologique. Les paramètres physico-chimiques de 385 gîtes discriminés, ont été regroupés et mesurés.

Il existe un lien significatif entre la densité larvaire des *Aedes sp* et les facteurs écologiques de gîtes : O_2 dissout (khi deux = 3,91 ; p-value = 0,038), Température (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01), Conductivité (khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001), TDS (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001) Turbidité (khi deux = 14,97 ; p-value = < 0,0001). Ces gîtes ont été quasiment anthropiques et leurs densités variant d'un type à l'autre. L'analyse d'association a montré une liaison non significative entre le type des gîtes et le niveau de la densité de la population larvaire : chi-deux = 5,93 ; ddl = 4 ; p-value = 0,204 suggérant ainsi que le type des gîtes n'influence pas la densité larvaire en leurs seins.

La prolifération Persistance des *Aedes sp* vecteurs d'arbovirus à Mont Ngafula, serait associée à la culture écologique méprisant les risques liés aux activités humaines qui créent et les entretiennent. Cette alerte pourra favoriser le renforcement de stratégies de lutte.

KEYWORDS

Prolific
Aedes aegypti
Aedes albopictus
Mont Ngafula
DRC

ABSTRACT

The term "arbovirus" is a shortened contraction of "arthropod - borne - virus", literally meaning a virus generated or transmitted to a vertebrate by an arthropod vector, in this case a hematophagous female mosquito of the genus *Aedes aegypti* and *albopictus*. A vector is a biologically active organism, generally an arthropod, capable of acquiring and transferring a pathogenic parasite from an infected host to a naïve one. A breeding ground is a natural or artificial, temporary or permanent reservoir capable of containing a body of water long enough to support the development of mosquito larvae. Finally, arbovirosis is a disease caused by an arbovirus.

At present, vector control remains crucial for the prevention of arboviruses, without any specific therapy or broad-spectrum vaccine. Its effectiveness depends on mastering the urban spatialization of vectors and the mechanisms of their proliferation in artificial breeding grounds. The aim of this study is to determine the environmental factors associated with the persistence of *Aedes sp*, vectors of arboviruses in prolific breeding sites at Mont Ngafula. Surveys of breeding sites were carried out in 4 areas of the study site, during the rainy and dry seasons of 2024. The larvae collected were placed in DCD/Atlanta cages in the ecotoxicology laboratory of the Environment Department of the University of Kinshasa for 21 days awaiting final emergence. Adults affiliated with their breeding sites were captured and identified with an entomological magnifier. The physico-chemical parameters of 385 discriminated breeding sites were grouped together and measured.

There was a significant relationship between the larval density of *Aedes sp* and the ecological factors of the breeding sites: Dissolved O_2 (chi-square = 3.91; p-value = 0.038), Temperature (chi-square = 4.845; p-value = 0.01), Conductivity (chi-square = 15.7; p-value < 0.001), TDS (chi-square = 16.62; p-value < 0.001) Turbidity (chi-square = 14.97; p-value = < 0.0001). Association analysis showed a non-significant relationship between the type of bed and the level of larval population density: chi-square = 5.93; ddl = 4; p-value = 0.204, suggesting that the type of bed does not influence larval density within it.

The persistent proliferation of *Aedes sp* vectors of arboviruses at Mont Ngafula is associated with an ecological culture that disregards the risks associated with linked to the human activities that create and maintain them. This alert could help strengthen control strategies.

RESUMEN

El término «arbovirus» es una contracción abreviada de «arthropod - borne - virus», que significa literalmente virus generado o transmitido a un vertebrado por un artrópodo vector, en este caso un mosquito hembra hematófago del género *Aedes aegypti* y *albopictus*. Un vector es un organismo biológico activo, generalmente un artrópodo capaz de adquirir y transferir un parásito patógeno de un hospedador infectado a un hospedador ingenuo. Un criadero es un depósito natural o artificial, temporal o permanente, capaz de contener una masa de agua durante el tiempo suficiente para favorecer el desarrollo de las larvas de mosquito allí incubadas. Por último, la arbovirosis es una enfermedad causada por un arbovirus.

En la actualidad, el control de los vectores sigue siendo crucial para la prevención de los arbovirus, sin que exista ninguna terapia específica ni vacuna de amplio espectro.

PALABRAS CLAVE

Prolífico
Aedes aegypti
Aedes albopictus
Monte Ngafula (RDC)



Su eficacia depende del control de la localización urbana de los vectores y de los mecanismos por los que proliferan en los criaderos artificiales. El objetivo de este estudio era determinar los factores ambientales asociados a la persistencia de *Aedes spp.*, vectores de arbovirus, en lugares de cría prolíficos del monte Ngafula. Se realizaron prospecciones de los lugares de cría en 4 distritos del lugar de estudio, durante los periodos lluvioso y seco de 2024. Las larvas recogidas se colocaron en jaulas DCD/Atlanta en el laboratorio de ecotoxicología del Departamento de Medio Ambiente de la Universidad de Kinshasa durante 21 días a la espera de la emergencia final. Los adultos afiliados a sus lugares de cría fueron capturados e identificados con una lupa entomológica. Se agruparon y midieron los parámetros fisicoquímicos de 385 lugares de cría discriminados.

Se observó una relación significativa entre la densidad larvaria de *Aedes sp* y los factores ecológicos de los lugares de cría: O₂ disuelto (chi-cuadrado = 3,91; p-valor = 0,038), Temperatura (chi-cuadrado = 4,845; p-valor = 0,01), Conductividad (chi-cuadrado = 15,7; p-valor < 0,001), TDS (chi-cuadrado = 16,62; p-valor < 0,001) Turbidez (chi-cuadrado = 14,97; p-valor < 0,0001). El análisis de asociación mostró una relación no significativa entre el tipo de lecho y el nivel de densidad de población larvaria: chi-cuadrado = 5,93; ddl = 4; p-valor = 0,204, lo que sugiere que el tipo de lecho no influye en la densidad larvaria en su interior.

La proliferación persistente de *Aedes sp* vectores de arbovirus en el Monte Ngafula se asocia a una cultura ecológica que desprecia los riesgos asociados vinculados a las actividades humanas que los crean y mantienen. Esta alerta podría contribuir a reforzar las estrategias de control.

1. INTRODUCTION

Les arboviroses constituent aujourd'hui un enjeu croissant de santé publique dans les régions tropicales et subtropicales (Lecollinet, 2022). Leur émergence récurrente s'inscrit dans un contexte de pressions écologique, sociale et climatique qui complexifient les dynamiques de transmission. La dengue, la fièvre jaune, le chikungunya et le Zika, connaissent une recrudescence préoccupante dans les domaines répondant à la tropicalisation. Cette dynamique est alimentée par une pluralité de facteurs (Barrera *et al* 2019).

En République Démocratique du Congo (RDC), plusieurs arboviroses présentent un statut épidémiologique préoccupant. La fièvre jaune et la dengue sont endémiques, avec des manifestations épisodiques sous forme d'épidémies, tandis que la maladie à virus Chikungunya est classée parmi les pathologies émergentes (Selhorst *et al.*, 2020 ; Kikozoko *et al.*, 2022). En vue de contribuer aux stratégies de prophylaxie d'exposition aux piqûres infectantes des *Aedes sp.*, la maîtrise de l'écologie de ces vecteurs s'avère nécessaire. Les moustiques du genre *Aedes sp* sont des vecteurs d'agents infectieux viraux, qui ne peuvent actuellement être guéris par une thérapie spécifique ni prévenus tous par des vaccins. Ils sont donc épidémiologiquement responsables du spectre de maladies à arbovirus émergents et/ou réémergents notamment le virus de la fièvre Chikungunya, les virus de la Dengue, le virus amaril et de l'infection à virus Zika dans le monde (Tur *et al.*, 2021). Ces virus qu'ils inoculent lors de leurs repas sanguin, ont provoqué des épidémies dans certains pays et, en ont neutralisé autant dans plus de 125 autres à travers le monde, notamment en Afrique tropicale (OMS, 2020 ; Gutierrez-Barbosa *et al.*, 2020) où les systèmes de santé sont encore à la traîne, posant ainsi un réel risque de santé publique. Toutefois, le virus Zika présente des similitudes antigéniques et structurales avec les virus responsables de la dengue, de la fièvre jaune et du virus du Nil occidental. Il a cependant, un tropisme irrésistible pour les organes nobles et les principaux systèmes, notamment le système nerveux, le foie, le système vasculaire et les fluides biologiques sexuels, ce qui en fait un agent infectieux sexuellement transmissible et une cause de maladies congénitales. (Krauer *et al.*, 2017). De plus, la microcéphalie associée au syndrome de Guillin-Barré reste la séquelle la plus inquiétante qui a condamné et scellé l'avenir de la génération des enfants nés au cours la période épidémique dans la région amazonienne et, à qui l'infection doit sa notoriété, (De Araujo *et al.*, 2018 ; Musso *et al.*, 2019 ; Yuill, 2021).

Face à l'ampleur de la crise sanitaire et la menace humanitaire causées par la propagation interhumaine et par les transferts vectoriels du ZIKV, cette affection a été déclarée par l'Organisation Mondiale de la Santé, une urgence de santé publique de portée internationale en novembre de l'année 2016 (OMS, 2022).



En tout état de cause, la nécessité de lutter contre le vecteur polyvalent du ZIKV et CHIKV devient toute particulière, étant donné que la médecine n'a à sa disposition, du moins jusqu'à l'heure actuelle, ni molécules médicamenteuses spécifiques et efficaces pour les combattre ni d'antigènes d'immunisation des masses pour les contrôler (Barrante, 2018). Motivé par la nécessité de contribuer à l'amélioration et au développement des stratégies de lutte anti vectorielle autre que l'utilisation des insecticides, cette étude se concentre sur la connaissance et la compréhension des facteurs environnementaux associés à la domestication persistante des vecteurs d'arbovirus dans les gîtes larvaires prolifiques à Mont-Ngafula afin d'orienter avec succès les opérations de prévention et de surveillance.

En effet, c'est au prix d'un bilan humain souvent lourd, que les arbovirus sévissent inlassablement dans le domaine climatique tropical. Par exemple, dans les Amériques, on constate au cours d'un semestre 2023, le taux d'incidence de la Dengue et du Chikungunya, frôlant celle de pires années de l'histoire des arboviroses en 2016 puis 2019 (OMS, 2023). Cette situation est quasiment similaire dans toute la zone d'Afrique subsaharienne puisque cette dernière, répond aux critères de similarité écologique, incluant les effets du changement climatique. Elle est également une sous-région d'expression démographique qui contribue significativement à la mortalité liée aux maladies vectorielles, notamment le paludisme (Koumba, 2020). Plusieurs auteurs dont Kading *et al.* (2020) estiment qu'environ la moitié de la population mondiale vit en zones de risques associés à l'existence de vecteurs des arbovirus. Ce qui signifie qu'à cette condition de coexistence, l'essor du commerce international de ces dernières années, couplé à la croissance démographique galopante, y accroissent les risques de la propagation de ces pathogènes susceptibles d'embraser les zones encore indemnes de leurs présences (Cameron *et al.*, 2021).

C'est donc ce globalisation et endémicité généralisées des souffrances dues aux arbovirus qu'il est convenable de prévenir par des actions fondées sur des données probantes, et c'est précisément ce à quoi la présente étude se propose d'apporter une contribution. Les statistiques dans ce domaine sont parcellaires et des recherches ne sont pas ciblées, ce qui ne parvient pas à susciter une réponse adéquate et urgente de la part des autorités même lors de la moindre résurgence d'épidémie dans le pays à faible revenu comme la RDC. Bien que les gîtes de reproduction des *Aedes sp* soient stéréotypés et repartis selon les régions du monde (Philibert & Ijumba, 2013 ; Abilio *et al.*, 2018) et selon les considérations culturelles concernant la gestion de l'eau (Islam *et al.*, 2019), les activités humaines là où il existe un déficit d'aménagement et de gestion de l'environnement, comme Kinshasa par exemple, peuvent également créer les conditions environnementales propices à la prolifération des moustiques *Aedes sp*.

Les réservoirs destinés au stockage d'eau domestique par exemple et, ceux abandonnés, s'ils sont mal gérés ainsi que les eaux stagnantes dans les caniveaux sous dimensionnés et dysfonctionnels, constituent de bons lieux de reproduction de ces culidae. Par ailleurs, sur plus de 3500 espèces de moustiques répertoriés dans le monde (Lecollinet *et al.*, 2022), le genre *Aedes sp* est trouvé par plusieurs auteurs comme l'une des espèces les plus meurtrières en raison de sa capacité particulière d'adaptation aux différentes conditions environnementales continentales et de son hétérogénéité de la transmission de plusieurs pathogènes (Waggoner *et al.*, 2016). En conséquence, sa présence prolifique dans une zone endémique, récemment réputée comme épicerie du Chikungunya en 2018-2019 à Kinshasa, réclame mesures et actions concertées en vue d'éviter qu'il en devienne une urgence médicale et de santé publique. L'attractivité des espèces de moustiques *Aedes sp* aux établissements humains et dans les endroits agglomérés, est également affectée par une mauvaise planification urbaine, presque caractéristique de villes africaines comme Kinshasa où les habitations spontanées, surtout en zones d'extension du carré urbain et la prédation des ressources environnementales ne sont soumises à aucune norme. Cette situation favorise la pénétration et la conquête des espaces jadis exempts de la présence des moustiques *Aedes sp* vecteurs d'arbovirus épidémiques.

En République Démocratique du Congo, les arbovirus de la fièvre jaune et dengue, sont endémiques et sévissent sous formes épidémiques. Par ailleurs, la maladie à virus chikungunya est en émergence (Kikozoko *et al.*, 2022). Plusieurs épisodes épidémiques se sont produits, le plus récents étant la fièvre jaune en 2016 et le chikungunya en 2018-2019 (Franke, 2017). Deux espèces de moustiques du genre *Aedes sp* seraient responsables de la transmission des virus causant ces maladies dans le pays : *Ae.albopictus* et



Ae.aegypti, (Raja babu *et al.*, 2016 ; Bobanga *et al.*, 2018) ; (Dos Reis IC, *et al.*, 2019; Selhorst *et al.*, 2020). Ces Culicidés sont potentiellement deux vecteurs qui coexistent souvent dans une symbiose mutualiste au niveau de leurs sites de reproduction, ce qui suggère qu'ils soient considérés comme deux interfaces nécessitant une lecture alternative au cours de la transmission des arbovirus à Kinshasa. (Proesman *et al.*, 2019 ; Bifani *et al.*, 2022).

Ces arthropodes présentent une agilité anthropophile (Rose *et al.*, 2023), relativement endophile; (Kikozoko *et al.*, 2019). On les trouve souvent en train de se reproduire dans des récipients artificiels contenant de l'eau claire, propre ou même trouble, tels que des citernes d'eaux pluviales, des seaux, des bords mal entretenus et dans des sites encombrés pour leurs repos (Bobanga *et al.*, 2018 ; Powel *et al.*, 2023). La transformation de l'environnement physique et naturel en noosphère par le génie humain, la dynamique de populations et leur comportement écologiquement irresponsables traduit par une gestion imprudente de l'eau et de l'espace, constituent autant des facteurs qui augmentent les possibilités écologiques et influencent l'adaptation des *Aedes* spp par ricochets la réémergence des arbovirus épidémiques. Certains sites de reproduction permissifs et préférés sont les pots de fleurs, les aisselles des bananiers et de cannes à sucre, les réservoirs d'eau en béton, les coquilles de noix de coco, les vieux pneus et autres petits récipients. La présence massive de ces arthropodes dans la zone de Mont-Ngafula est liée aux activités humaines. Celles-ci leur offrent de multiples lieux de reproduction et de repos, ce qui accroît leur nombre. De plus, les moustiques peuvent se reproduire facilement dans les gîtes opportunistes, ce qui augmente les risques de transmission des pathogènes qu'ils ont absorbés. Cette propagation des arbovirus épidémiques est facilitée par le fait que les moustiques sont de bons vecteurs. Cela constitue une menace pour la santé publique.

2. SITE D'ÉTUDE

La commune de Mont- Ngafula est située à S° 4° 25' 35". E°15° 17' 44" , dans le district de LUKUNGA. Ce site s'étend sur une superficie de 237,8 km² avec une population résidentielle d'environ 718.197 personnes (Shomba, 2019). Elle jouit du même climat de la ville de Kinshasa qui est tropical humide de type AW₄ de la classification de Koppen, caractérisé par une alternance de saisons sèches et de saisons humides ou pluvieuses (<https://www.meteorlogiaenred.com/fr/>). Cette zone présente un faciès urbano-rural à cause du type d'habitat rudimentaire et délabré dans 47% de quartiers résidentiels qui la constitue. La dégradation des espaces verts, le manque des infrastructures d'assainissement adéquates et des services sociaux de base, ainsi que l'enclavement sont causés par les activités agro-pastorales intensives exercées dans le bassin versant de la Lukaya. La gestion imprudente de l'eau pluvieuses qui cause les éboulements et glissement de terrain lors de fortes pluies diluviennes ou torrentielles et la consommation de l'énergie bois sont de problèmes environnementaux les plus récurrents.

144

2.1. Description du milieu d'étude : Commune de Mont-Ngafula à Kinshasa-RDC

Cette étude s'est effectuée dans quatre quartiers urbains dont: Plateau 1, Masanga Mbila, Kindele et Mama Yemo. Portant la ceinture verte de la ville de Kinshasa, l'espace de la Commune de Mont- Ngafula est baigné d'un riche et abondant réseau hydrographique à la fois allogène et Perrin. Plusieurs de ces cours d'eau sont des affluents de la rivière Nd'jili à l'Est et du fleuve Congo. Parmi les plus importants cours d'eau on peut citer : le bassin versant de la Lukaya, Luzizila, Manyonzi, Boyen, Lutega, Kwambila et Ngudia-baka. Toute cette hydrographie confère à la Commune de Mont-Ngafula une humidité relative et un microclimat favorable au développement de différentes espèces des moustiques d'intérêt médical dont les *Aedes* spp. Outre cette abondante ressources en eau douce, il convient de noter que c'est dans cette partie de la ville de Kinshasa que l'eau est une denrée rare parce qu'elle ne jaillit pas au robinet de la REGIDESO, elle requiert d'énormes efforts physiques pour sa domestication. Cette pratique de stockage d'eau favorise la multiplicité des gîtes larvaires des moustiques. La plupart de cours d'eau sont de dépotoirs de canalisation des égouts.



Le choix porté sur Mont-Ngafula est motivé par la prévalence de Chikungunya ayant fait de lui l'épicentre de cette épidémie en 2019, ensuite il est l'une de plus vastes communes collinaire surplombant toute la ville de Kinshasa avec une richesse en biodiversité où est observé un déficit en management environnemental. Cette situation préoccupante est très favorable à la pénétration, installation et colonisation des gîtes par des *Aedes sp* qui s'y adapte facilement.

Faisant partie intégrante de la ville de Kinshasa, le milieu de la commune de Mont-Ngafula jouit également du climat tropical humide de type AW4 de la classification de Koppen caractérisé par deux saisons nettement tranchées : l'une pluvieuse et l'autre sèche. La saison des pluies, voit une diminution de la précipitation en janvier-février, la durée de la saison va diminuant du sud-ouest vers le nord-est. Tandis que la saison sèche commence théoriquement vers le 15 mai et se termine vers le 15 septembre, elle dure 120 jours. Il sied de signaler que la ville de Kinshasa fait face aux effets du dérèglement climatique par lesquels les pluies s'abattent jusqu'au milieu du mois de juin 2025 causant de dégâts matériels énormes et de pertes en vies humaines.

Au cours de toute cette période, la sécheresse atmosphérique est compensée par une humidité due aux brouillards produits par le courant froid de Benguela influençant la température vers la baisse [<https://www.meteorlogiaenred.com/fr>]. Parmi les facteurs climatiques on distingue les facteurs énergétiques constitués de la température, la précipitation et l'humidité, la lumière, le vent, l'air, étant donné qu'ils exercent une grande influence sur le développement de culicidés dont l'*Aedes.sp*. Les principaux facteurs climatiques de la ville de Kinshasa où se localise la Commune de Mont-Ngafula sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Récapitulatif des facteurs climatiques de Kinshasa.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	25.5	26	26.2	25.9	25.8	24.9	24.5	25	26.1	26	25.3	25.2
Température minimale moyenne (°C)	22.5	22.8	23	22.9	22.5	20.7	19.8	20.3	21.7	22.5	22.3	22.3
Température maximale (°C)	29.4	30	30.4	29.8	29.7	29.8	30	30.2	31.3	30.4	29	28.8
Précipitations (mm)	126	110	118	146	83	6	1	7	20	120	192	166
Humidité(%)	83%	82%	81%	84%	82%	73%	67%	65%	66%	75%	84%	85%
Jours de pluie (jrée)	16	13	14	16	12	1	0	1	5	15	19	19
Heures de soleil (h)	6.6	6.5	6.9	6.6	5.9	5.1	5.1	4.2	4.7	5.9	6.5	6.6

Data: 1994 - 2024 Température minimale moyenne (°C), Température maximale (°C), Précipitations (mm), Humidité, Jours de pluie, Heures de soleil .

Source : élaboration personnelle basée sur Centre Météorologique de Binza Ozone.

La fluctuation des précipitations est notable, avec 191 mm d'écart observé entre le mois le moins arrosé et le mois le plus arrosé. Il a été observé que le mois de décembre présente l'humidité relative la plus élevée, avec un pourcentage de 85.21. D'autre part, août présente l'humidité relative la plus faible, avec un taux approximatif de 65.26. Selon les données, novembre est observé comme le mois avec le maximum de jours de pluie (25.37) tandis que juillet a enregistré un minimum de précipitation.



3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le matériel biologique de la présente étude est constitué des moustiques de formes pré-imaginales (larves et nymphes) collectés à l'aide d'une louche entomologique et une pipette pasteur au cours de prospections des gîtes situés dans et/ou hors des ménages.

3.1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude écologique transversale dont la finalité analytique s'appuie sur des observations et des expérimentations afin d'évaluer la dynamique écologique des gîtes larvaires densément peuplés, déterminant entomologique majeur de l'émergence d'arbovirus à Kinshasa.

3.2. Prospection et détermination des paramètres physico-chimiques des gîtes larvaires

Les facteurs abiotiques des gîtes de reproduction larvaire savoir : pH, température, turbidité, conductivité, oxygène dissous, pourcentage d'oxygène, et tds ont été terminés à l'aide d'un analyseur multiparamétriques de Combo Hanna, d'un saturomètre et d'un pH-mètre du laboratoire de bio écologie et lutte anti vectorielle de l'école de santé publique de l'Université de Kinshasa (BIOLAV) et de l'Institut National des recherches Biomédicales (INRB). Tandis que les coordonnées géographiques l'ont été par GPS de type Garmin. Un décimètre en métal a servi à déterminer la profondeur de chaque gîte larvaire, alors que la louche de modèle OMS et une pipette pasteur ont cueilli les effluents et les moustiques immatures des gîtes positifs pour analyse et conservation. Les espèces ainsi cueillies ont été directement placées dans les bocaux portant le numéro du ménage et la date, puis acheminées au laboratoire d'écotoxicologie de la mention Sciences et gestion de l'environnement de l'Université de Kinshasa pour y être mises en attente d'émergence définitive en attendant le résultat des analyses du CDC/Antlata. L'opération d'identification des espèces de moustiques émergents a été effectuée à l'aide du stéréo-microscopique ou loupe entomologique au grossissement 10 x 40, d'une pince entomologique souple pour la manipulation des moustiques lesquels ont été conservés en tube eppendorf de 1,5ml. le silicagel a été utilisé comme un dessiccant et de l'ouate empêchant le contact direct de moustique d'avec le dessiccant.

146

3.3. Technique de sondage

Pour la stratification des ménages enquêtés, nous avons recouru à l'échantillonnage probabiliste à plusieurs degrés. En effet, 400 ménages ont été visés pour des prospections ayant ciblé quatre sites qui comptent chacun plusieurs Quartiers, dont chacun a un nombre différent des rues et des ménages. La méthode employée était la suivante :

- (i) sélectionner un ménage où un cas de CHIKV a été confirmé par l'Institut national de recherches biomédicales (INRB) ;(ii) ensuite, sélectionner aléatoirement 10 rues par site en utilisant le pas de sondage de 5 ; (iii) enfin, sélectionner 10 ménages par rue selon la même technique, ce qui a permis d'explorer 735 gîtes dont 385 ont été positifs

3.4. Critères d'inclusion

- Tout réceptacle d'eau susceptible de servir de gîte larvaire pour les moustiques *Aedes*, situé à moins de 20 mètres des habitations sur le site d'étude.
- Les gîtes larvaires à potentiel d'*Aedes* doivent être accessibles.
- L'accord du responsable de ménage.



3.5. Critère d'exclusion

- Tout réceptacle d'eau susceptible de servir de gîte larvaire pour les moustique *Aedes*, situé à plus de 20 mètres des habitations sur le site d'étude.
- Tout gîte larvaire à potentiel d'*Aedes* inaccessible ;
- Tout ménage bénéficiant de l'approbation du responsable accusant un déficit mental.
- Tout ménage se trouvant dans le site d'étude sans l'approbation du responsable

3.6. Méthode

Une enquête transversale a été menée en deux périodes : pluvieuse et sèche, allant de mars à mi-mai ensuite de juin à mi-juillet 2024. Les données collectées ont été compilées sur Microsoft Excel 2016, puis exportées sur SPSS Statistics Version 28 et Open Epi 3.5

4. RÉSULTATS

Cette section présente les résultats obtenus conformément aux objectifs de l'étude. Elle repose sur l'analyse de 385 sur 735 gîtes larvaires de moustiques *Aedes sp.* explorés dans 400 ménages répartis sur quatre Quartiers ou sites urbains : Masanga Mbila, Kindele, Plateau I et Mama Yemo. L'analyse des données a d'abord permis de caractériser les facteurs écologiques associés à la reproduction vectorielle, sur la base des résultats entomologiques. L'examen des corrélations entre ces facteurs et la densité larvaire a mis en évidence une relation significative entre les conditions environnementales et la prolifération d'*Aedes sp.* dans la zone. Les résultats de nombreux et divers types des gîtes larvaires exploités par les culicidés comme lieux de reproduction sont exprimés dans le tableau 2.

147

Tableau 2. Répartition de type des gîtes larvaires par site.

N°	Types gîtes	Sites				Total
		Kindele n=113 % & (%)	Mama Yemo n= 106 & (%)	Plateau 1 n = 89 & (%)	Masanga Mbila n=77 &(&%)	N= 385 &%
1	Boîtes de conserves éparpillées	7 (6,1)	5(4,7)	8(8,9%)	5(6,5)	25 (6,4)
2	Conteneurs en Plastiques abandonnés	9 (7,9)	5 (4,7)	9 (10,1)	8 (10,3)	31 (8)
3	Pneus recyclables	16 (14,1)	13 (12,2)	10 (11,2)	7 (9)	46 (11,9)
4	Seau en plastique	12 (10,6)	9 (8,4)	11(12,3)	14 (18,1)	46 (11,9)
5	PCSEP (sur béton armé avec ouverture)	17 (15)	11 (10,3)	12 (13,4)	12 (15,5)	52 (13,5)
6	Bidons de diverses dimensions	11 (9,7)	9 (8,4)	8 (8,9)	10 (12,9)	38 (9,8)
7	Citernes	14 (12,3)	11 (10,3)	7 (7,8)	13 (16,8)	45 (11,6)
8	Fûts en métal	8 (7)	10 (9,4)	9 (10,1)	3 (3,8)	30 (7,7)
9	Tonneaux en plastique	10 (8,8)	8 (7,5)	5 (5,6)	2 (2,5)	25 (6,4)
10	Bouteilles cassées (en verre	4 (3,5)	14 (13,2)	5 (5,5)	1 (1,2)	24 (6,2)



N°	Types gîtes	Sites				Total
		Kindele n=113 % & (%)	Mama Yemo n= 106 & (%)	Plateau 1 n = 89 & (%)	Masanga Mbila n=77 &(&%)	N= 385 &%
11	Pots de fleurs	3 (2,5)	6 (5,6)	3 (3,3)	1 (1,2)	13 (3,3)
12	Cannelles pour breuvage de volailles	2 (1,7)	5 (4,7)	2 (2,2%)	1 (1,2)	10 (2,5)
	Total gites	113	106	89	77	385 (100%)

Légende : [1 &2] Boîtes du lait, peinture, sardine, tomate concentrée, plastiques abandonnés [5] Puits de Collecte et de Stockage d'Eau Pluviale (PCSEP) sur béton armé avec couvercle, creuset ; [8& 9] Fûts métalliques et en plastiques ayant une ouverture en cerceau large.

Source : élaboration propre.

Sur un total de 735 conteneurs prospectés, 385 gîtes positifs ont été analysés, le principal type étant constitué de récipients utilisés pour la conservation de l'eau domestique, dont environ 14 % ont été des PCSEP, suivis des réservoirs de stockage amovibles tels que les tonneaux, des bidons etc., tandis que de pneus destinés au recyclage sont en ex-æquo de 11 % avec les seaux en plastique. Eu égard à la diversification des habits de cette espèce, les moustiques *Aedes*, en particulier *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* affichent nettement leur qualité d'opportuniste en exploitant au maximum toutes les ressources disponibles pour se reproduire et s'abriter. Chaque réceptacle créant un micro climat en son sein de par sa nature et sa situation de localisation, cependant le genre *Aegypti* comme *albopictus* s'y développent indépendamment des chocs exogènes ou endogènes dus à ces conditions.

Durant la période de cette étude plus de 13 % de gîtes larvaires étaient constitués des puits de collecte et de stockage d'eau, généralement mal entretenus et deviennent des gîtes de reproduction d'*Aedes* sp. Ces résultats témoignent la précarité quant à l'accès à l'eau potable et la faiblesse du réseau d'adduction et de distribution régulière d'eau par la REGIDESO/Kinshasa Mont- Ngafula. Ce qui pousse la population à se constituer des réserves d'eau dans des bidons, seaux et par la suite se transforment en des bons gîtes larvaires d'*Aedes* sp. Ceci constitue déjà un signe d'alarme et d'alerte pour une zone à potentiel épidémique aux arboviroses comme la Fièvre jaune et aux maladies émergentes à l'instar du virus Chikungunya.

Les *Aedes* sp peuvent se reproduire dans les gîtes naturels tels que les creux d'arbres, de roches, mais également dans les collections d'eau créées par les activités d'origine anthropique (Rodhain, 1985). Dans la présente étude, nous avons observé une mosaïque de conteneurs d'eaux placés soit à l'extérieur de maisons [69,7%] soit à l'intérieur au sein desquels les larves d'*Aedes* prospéraient, s'adaptant opportunément aux différentes écologies qui sont le fait de l'homme.

La collecte des formes pré-imaginales d'*Aedes* sp effectuée à Mont-Ngafula a révélé une panoplie de récipients. Les larves et les nymphes des *Aedes* ont été prélevées dans des boîtes de conserves, creux divers, récipients de stockage d'eau. Les résultats des analyses menées dans les quatre sites ont décrit les mêmes types des gîtes que les enquêtes entomologiques réalisées par (Yee, 2012).

Les résultats renseignant sur la relation entre les types des gîtes et la densité larvaire sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Relation entre les types des gîtes et la densité larvaire.

	Valeur	ddl	Sig. approx. [bilatérale]
khi-deux de Pearson	5,932	4	,204
Rapport de vraisemblance	5,904	4	,206
Association linéaire par linéaire	,299	1	,584

Source : nos analyses



Ce tableau 3 montre une liaison non significative entre le type des gîtes et le peuplement larvaire : $\chi^2 = 5,93$; $ddl = 4$; $p\text{-value} = 0,204$. Donc le type des gîtes n'influence pas la densité larvaire dans les gîtes. Cette condition témoigne de l'élasticité et l'opportunisme liés au comportement écologique et adaptatif d'*Aedes sp.*, en présence ou à l'absence de l'hôte humain, en milieu forestier ou urbain faisant de lui un vecteur efficace. L'utilisation des gîtes de reproduction très diversifiés (boîtes du lait, peinture, sardine, tomate concentrée, plastiques abandonnés, puits de collecte et de stockage d'eau pluviale (PCSEP) sur béton armé avec couvercle, creuset, fûts métalliques et en plastiques ayant une ouverture en cerceau large, pneu etc.). Confirme sa tolérance aux modifications anthropiques et sa capacité à exploiter efficacement toutes les ressources écologiques, alimentaires et comportementales qui lui permette de survivre de se reproduire et de transmettre des virus même dans le contexte défavorable. Cependant la multiplicité des conteneurs a également contribué à la modification des indices entomologiques de transmission. Les facteurs environnementaux liés aux activités anthropiques ont largement contribué à la variation des indices entomologiques IM, IR, IB dans les quatre sites de cette étude, révélant une disparité.

Cette sous-section de l'étude présente les résultats généraux de tous les 385 gîtes positifs qui ont été soumis à l'analyse. Ils font parti de 738 récipients explorés dans les 4 sites. Et 7 paramètres physico-chimiques notamment: pH, température, conductivité, turbidité, O_2 dissous, pourcentage de saturation en oxygène et TDS ont été mesurés. Les résultats renseignant la caractérisation des paramètres physico-chimiques déterminant la densité larvaire des *Aedes sp.*, sont exposés dans tableau 4.



Photos 1- 4. Présentent un panel des gîtes colonisés par les *Aedes sp* à Mont-Ngafula et le matériel de mesure des paramètres physico-chimiques. (Sonde multiparamétrique. Photo inférieure de gauche).
Source : photos des auteurs, 2024.

**Tableau 4.** Description des paramètres abiotiques dans les gîtes positifs.

		pH	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	Turbidité(e (NTU)	O ₂ Dissout (mg/l)	% Saturation	TDS (ppm)
N		385	385	385	385	385	385	385
Moyenne		7,8	26,0	294,28	148,01	8,21	102,31	147,1
Médiane		7,8	25,9	169,00	85,00	8,22	102,38	84,5
Mode		8,0	25,9	104	32	8,04	102,30	52,0
Ecart type		0,4	2,0	466,98	233,25	0,445	6,22	233,5
Plage		3,2	16,7	3975	1987	4,20	60,26	1987,5
Minimum		6,5	21,8	25	13	5,35	64,93	12,5
Maximum		9,7	38,5	4000	2000	9,55	125,19	2000,0
Percentiles	25	7,5	24,5	94,00	47,00	8,01	98,22	47,0
	50	7,8	25,9	169,00	85,00	8,22	102,38	84,5
	75	8,0	27,2	306,00	156,00	8,48	106,37	153,0

Source : nos analyses.

Le tableau 4 indique un total de 385 gîtes positifs dont 75 % ont un pH inférieur à 8, une température de 26°C en moyenne, une conductivité inférieure à 306 µs/cm, une turbidité inférieure à 156 NTU, un niveau d'oxygène dissout inférieurs à 84,8 mg/l, enfin un TDS inférieur à 153 ppm. Seule la moitié de gîtes a la saturation en oxygène inférieure à 102,4 %.

150

1. Le pH : a varié de 6,5 à 9,7 avec une moyenne de 7,8. En outre, 75% des gîtes ont un pH inférieur à 8,0.
2. La Température : a varié de 21,8 °C à 38,5 °C avec une moyenne de 26,0 °C. En outre, 75% des gîtes ont montré une température inférieure à 27,2 °C.
3. La Conductivité : a varié de 25 µs/cm à 4000 µs/cm avec une médiane de 169 µs/cm. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont eu une conductivité inférieure à 306 µs/cm.
4. La Turbidité : a varié de 13 NTU à 2000 NTU avec une médiane de 85 NTU. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont montré une turbidité inférieure à 156 NTU.
5. La teneur en oxygène dissous (O₂ dissous) : a varié de 53,5 mg/L à 95,5 mg/l avec une moyenne de 82,15 mg/l. En outre, 75% des gîtes ont indiqué une teneur en oxygène dissous inférieure à 84,8 mg/L.
6. Le pourcentage de la saturation en oxygène : a varié de 64,93 à 125,19. En outre, 50% des gîtes ont montré un pourcentage de saturation en oxygène inférieur à 102,28.
7. Le TDS (Total Dissolver Solid) : a varié de 12,5 ppm à 2000 ppm avec une médiane de 84,5 ppm. Ce paramètre a montré une grande fluctuation dans certains gîtes avec des valeurs extrêmes, ce qui pourra demander une étude plus approfondie. Néanmoins, 75% des gîtes observés ont montré un TDS inférieure à 153 ppm.

L'observation de ces paramètres nous amène à dire au demeurant que le moustique *Aedes* dont il est question dans cette étude est une espèce généraliste car capable de coloniser des gîtes ayant des paramètres abiotiques variables et capables de résister à des valeurs extrêmes dans un environnement hostile comme le



montre le tableau 4. Ces caractéristiques leur permettent donc de coloniser des environnements selvatiques et anthropiques, en dépit d'autres paramètres non pris en compte dans cette analyse.

Les résultats d'analyse des paramètres abiotiques dans les gîtes larvaires dichotomisés sont condensés dans le tableau 5.

Tableau 5. Caractérisation des paramètres abiotiques dans les gîtes à haute (≥ 10 larves) et basse (< 10 larves) densité larvaire.

Densité		pH	Température	Conductivité	Turbidité	oz Dissout	% saturation	TDS
Densité larvaire < 10	N	119	119	119	119	119	119	119
	Moyenne	7,8	26,4	163,35	82,29	80,55	101,11	81,67
	Médiane	7,8	26,2	128,00	64,00	81,20	101,23	64,00
	Minimum	6,6	22,9	25	13	53,5	64,92	12,5
	Maximum	8,9	31,3	672	341	90,1	114,08	336,0
	Ecart type	,441	1,924	123,47	64,00	4,484	6,47	61,73
Densité larvaire ≥ 10	N	266	266	266	266	266	266	266
	Moyenne	7,8	25,8	352,85	177,40	82,87	102,84	176,42
	Médiane	7,8	25,5	193,00	96,50	82,90	102,66	96,50
	Minimum	6,5	21,8	40	20	72,2	86,07	20,0
	Maximum	9,7	38,5	4000	2000	95,5	125,19	2000,0
	Ecart type	,414	2,11	545,965	272,418	4,254	6,046	272,98

151

Source : nos analyses.

Les observations du tableau 5 montrent deux catégories des gîtes larvaires : d'abord ceux à faible densité larvaire puis ceux avec un peuplement important. Dans le premier cas, le pH moyen a été de 7,8 (SD = 0,44) tandis que 7,8 (SD = 0,414) a été la valeur du pH dans les gîtes densément peuplés et le pH médian dans les deux groupes a été également de 7,8. Les valeurs de température moyenne et médiane pour les deux groupes ont été quasiment similaires 26,4 °C (SD : 1,9 °C) pour les gîtes plus prolifiques, 25,8 °C (SD : 2,1 °C) dans les gîtes à forte densité et, de 26,2 °C pour les gîtes à faible densité contre 25,5 °C pour les gîtes à faible densité. Par ailleurs les valeurs moyennes et médianes de trois paramètres physiques notamment : la conductivité, turbidité et de TDS sont prédominantes dans les gîtes densément peuplés. Cela permet de faire les observations suivantes :

1. Dans les gîtes à faible densité larvaire, le pH moyen est de 7,8 (ET = 0,44) contre 7,8 (ET = 0,414) dans les gîtes à forte densité et, le pH médian est aussi de 7,8 pour les gîtes à forte densité contre 7,8 pour les gîtes à faible densité.
2. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la température moyenne est de 26,4 °C (ET : 1,9 °C) contre 25,8 °C (ET : 2,1 °C) dans les gîtes à forte densité et, la température médiane est de 26,2 °C pour les gîtes à faible densité contre 25,5 °C pour les gîtes à forte densité.
3. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la conductivité moyenne est de 163,35 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ (ET : 123,47 $\mu\text{S}/\text{Cm}$) contre 352,85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ET : 545,96 $\mu\text{S}/\text{Cm}$) dans les gîtes à forte densité et, la conductivité médiane est de 128 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ pour les gîtes à faible densité contre 193 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les gîtes à forte densité.



4. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la turbidité moyenne est de 82,29 NTU (ET : 64 NTU) contre 177,40 NTU (ET : 272,418 NTU) dans les gîtes à forte densité et, la turbidité médiane est de 64 NTU pour les gîtes à faible densité contre 96,50 NTU pour les gîtes à forte densité.
5. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la teneur en oxygène dissous moyen est de 80,55 mg/l (ET : 4,484 mg/l) contre 82,87 mg/l (ET : 4,25 mg/l) dans les gîtes à forte densité et, la teneur en oxygène dissous médian est de 81,20 mg/l pour les gîtes à faible densité contre 82,90 pour les gîtes à forte densité.
6. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la moyenne du pourcentage de saturation d'eau en oxygène est de 101,11 (ET : 6,47) contre 102,84 (ET : 6,046) dans les gîtes à forte densité et, le pourcentage de saturation d'eau en oxygène médian est de 101,23 pour les gîtes à faible densité contre 102,66 pour les gîtes à forte densité.
7. Dans les gîtes à faible densité larvaire, la moyenne du TDS est de 81,67 ppm (ET : 61,73 ppm) contre 176,42 ppm (ET : 272,98 ppm) dans les gîtes à forte densité et, le TDS médian est de 64 ppm pour les gîtes à faible densité contre 96,50 ppm pour les gîtes à forte densité.

4.1. Réponse du peuplement larvaire des *Aedes spp* aux conditions environnementales des gîtes

Cette sous-section présente d'abord la description des facteurs écologiques notamment : pH, température, O₂ dissous, pourcentage de la saturation en O₂, TDS, turbidité ensuite analyse l'affinité entre cette composante environnementale d'une part et l'aptitude d'espèces de moustiques *Aedes sp* immatures à se développer dans ces gîtes larvaires d'autre part. Les résultats décrivant la répartition de la densité larvaire des gîtes en lien avec le paramètre pH de l'eau et la signification statistique entre ces variables sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6. Distribution et mesures de la relation entre densité larvaire et le pH.

		pH		
		≥ 7	< 7	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	262	5	267
		98.1%	1.9%	100%
	< 10	114	4	118
		96.6%	3.4%	100%
Total		376	9	385
		97.7%	2.3%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gites et le pH de l'eau du gîtes				
Test		valeur	Valeur-p(unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		0.8251	0.1819	0.3637
Test du chi carré corrigé de Yates		0.2943	0.2937	0.5875
Test du chi carré Mantel-Haenszel		0.8229	0.1822	0.3643
Test de Fisher exact			0.2836	0.5673
Mid-P exact			0.1940	0.3880

Source : nos analyses.



Le tableau 6 illustre une liaison non significative entre la densité larvaire des gîtes et le pH de l'eau de ces derniers ($khi\text{ deux} = 0,294$; $p\text{-value} = 0,194$), c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes ne dépend pas directement du pH de l'eau des gîtes ; le pH de l'eau n'influence pas la densité larvaire des gîtes. L'analyse du tableau 3b indique une liaison non significative entre la densité larvaire des gîtes et le pH de l'eau de gîte ($khi\text{ deux} = 0,294$; $p\text{-value} = 0,194$), c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes ne dépend pas directement du pH de l'eau des gîtes ; le pH de l'eau n'influence pas la densité larvaire des gîtes. Cependant, quelques études rapportent la présence d'*Aedes* dans des eaux acides et alcalines avec des pH allant de 5 à 11 au Brésil et en Australie (Tun-Lin *et al.*, 1995). Ceci a été confirmé en conditions de laboratoire où les larves tolèrent des valeurs de pH variant de 4 à 11 (Clark *et al.*, 2004), mais ces valeurs extrêmes impactent leur temps de développement. Malgré ces observations, le pH peu variable sur le terrain, ne serait pas un indicateur de la forte densité larvaire dans les gîtes.

Les résultats décrivant la distribution de la densité larvaire des gîtes et la turbidité d'effluent des gîtes larvaires sont inscrits dans le tableau 7.

Tableau 7. Distribution et mesures de la relation entre la densité larvaire et la turbidité.

		Turbidité		
		≥ 100	< 100	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	128	139	267
		47,9%	52,1%	100%
	< 10	31	87	118
		26,3	73,7	100
TOTAL 41,3%		159	226	385
		58,7%	100%	
Mesure d'association entre la densité larvaire et la turbidité				
Test		Valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		15.85	0.00003429	0.00006858
Test du chi carré corrigé de Yates		14.97	0.00005466	0.0001093
Test du chi carré Mantel-Haenszel		15.81	0.00003504	0.00007008
Test de Fisher exact			0.00004254	0.00008508
Mid-P exact			0.00002909	0.00005819

Source : nos analyses.

Il ressort du tableau 7 qu'une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la turbidité de l'eau du gîte ($khi\text{ deux} = 14,97$; $p\text{-value} = < 0,0001$) c'est-à-dire que la densité des gîtes dépend en partie de la turbidité de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une diminution de 1 NTU de la turbidité a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,58 (odds ratio = 2,58 ; IC = 1,611 – 4,188). L'*Aedes* est réputé pour se développer dans des eaux claires (moins de 5 NTU). Cependant, des larves peuvent être retrouvées dans des gîtes qui ont une turbidité variant entre 20 et 100 NTU, soulignant ainsi le développement aussi bien dans des habitats d'eau claire que d'eau trouble. Leur développement en eau trouble semble possible grâce à la présence des bactéries et matières organiques qui peuvent servir de ressource alimentaire (Tun-Li *et al.*, 2000). Toutefois, la composition en matière organique dans l'eau peut impacter la densité larvaire.



Dans cette étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 128 gîtes (soit 47,9%) ont une turbidité supérieure ou égale à 100 NTU et 139 gîtes (soit 52,1%) ont une turbidité inférieure à 100 NTU. Ces faits sont décrits dans le tableau 7.

Dans le tableau 8 sont consignés les résultats sur la distribution de la densité des gîtes larvaires en lien avec le TDS

Tableau 8. Distribution et mesures associatives entre la densité larvaire et TDS.

		TDS		
		≥ 100	< 100	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	129	138	267
		48,3%	51,7%	100%
	< 10	29	89	118
		24,6%	75,4%	100%
TOTAL 41%		158	227	385
		59%	100%	
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et TDS				
Test		Valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		17.54	0.00001407	0.00002814
Test du chi carré corrigé de Yates		16.62	0.00002279	0.00004558
Test du chi carré Mantel-Haenszel		17.49	0.00001441	0.00002882
Test de Fisher exact			0.00001720	0.00003441
Mid-P exact			0.00001166	0.00002332

Source : nos analyses.

L'analyse du tableau 8 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et le total des matières solides dissous (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la quantité des matières solides dissous de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 ppm de TDS a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,6 (odds ratio = 2,677 ; IC = 1.681, 4.323). La TDS (Total Dissolved Solid), matières solides totales dissoutes, est la quantité totale d'ions chargés mobiles, y compris les minéraux, les sels et les métaux dissous dans un volume donnée d'eau. La TDS est directement liée à la pureté d'eau.

Le taux des matières solides dissoutes est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 20 ppm et 2000 ppm avec une moyenne de 147,1 ppm (cfr. tableau 4 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans cette étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 129 gîtes (soit 48,3%) ont un taux de matières solides dissous supérieure ou égale à 100 ppm et 138 gîtes (soit 51,7 %) ont un taux de matières solides dissous inférieure à 100 ppm. Le fort TDS peut empêcher la pénétration de la lumière et l'oxygénation du milieu (Attingli *et al.*, 2016).

Les résultats sur la densité larvaire des gîtes et le pourcentage de saturation en oxygène sont exprimés dans le tableau 9.

**Tableau 9.** Distribution des gîtes selon la densité larvaire et le % de saturation en O₂.

		Pourcentage de saturation en O2		
		≥ 80	< 80	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	233	34	267
		87,3%	12,7%	100%
	< 10	29	89	118
		24,6%	75,4%	100%
TOTAL		262	123	385
		68,1%	31,9%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et le degré du pourcentage de saturation de l'eau en oxygène				
Test		Valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		147.9	<0.0000001	<0.0000001
Test du chi carré corrigé de Yates		145.1	<0.0000001	<0.0000001
Test du chi carré Mantel-Haenszel		147.5	<0.0000001	<0.0000001
Test de Fisher exact			<0.0000001	<0.0000001
Mid-P exact			<0.0000001	<0.0000001

Source : nos analyse.

Il se dégage du tableau 9 qu'une liaison entre la densité larvaire des gîtes et le taux de saturation en oxygène de l'eau (khi deux = 145,1 ; p-value < 0,001) est significative c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la saturation de l'eau en oxygène. Le taux d'oxygène dissous à saturation indique la concentration d'oxygène dissous dans l'eau à l'équilibre avec l'air atmosphérique à pression barométrique normale, c'est-à-dire qu'il exprime la quantité d'oxygène présente dans l'eau par rapport à la quantité totale d'oxygène que l'eau peut contenir à une température donnée. Ce taux varie avec la température et la salinité. Le pourcentage de saturation est une mesure permettant de comparer plus facilement les données entre différents sites ou à différentes dates. Le pourcentage de saturation en oxygène a faiblement varié sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 86 et 125 (cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs). Dans notre étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 233 gîtes (soit 87,3%) ont une saturation en oxygène supérieure ou égale à 80 et 34 gîtes (soit 12,7%) ont une saturation en oxygène inférieure à 80. Ces faits sont décrits dans la moitié inférieure du tableau 9.

En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 % de la saturation en O₂ a la chance de multiplier la densité larvaire par 20,7 (odds ratio = 20,7 ; IC = 12.07, 36.6).

En théorie, les conséquences observées par rapport à la variation du pourcentage de saturation en oxygène sont résumées comme suit :

- Moins de 60 % : signifie que le taux d'oxygène est faible pour la plupart des organismes,
- 60 – 79% : signifie que le taux d'oxygène est acceptable pour la plupart des organismes,
- 80 – 124 : signifie que le taux d'oxygène est excellent pour la plupart des organismes,
- 125 ou plus : signifie que le taux d'oxygène est très élevé pour la plupart des organismes et peut être dangereux.



Donc, nous pouvons dire que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire car ils sont dans la plage des valeurs comprises entre 86 et 125. (Cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Les résultats de description et analysant la relation entre la densité larvaire d'*Aedes* et la fluctuation d'oxygène dissous dans l'eau des gîtes sont transcrits dans le tableau 10.

Tableau 10. Distribution et mesures d'association entre la densité larvaire et l'oxygène dissous.

		Teneur en oxygène dissous		
		≥ 5	< 5	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	210	57	267
		78,7%	21,3%	100%
	< 10	81	37	118
		68,6%	31,4%	100%
TOTAL		291	94	385
		75,6%	24,4%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire et la teneur en oxygène dissous				
Test		Valeur	valeur-(unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		4.441	0.01754	0.03508
Test du chi carré corrigé de Yates		3.915	0.02392	0.04785
Test du chi carré Mantel-Haenszel		4.43	0.01766	0.03532
Test de Fisher exact			0.02508	0.05016
Mid-P exact			0.01933	0.03867

Source : nos analyses.

Le tableau 10 illustre une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la teneur en oxygène dissous de l'eau ($\chi^2_{\text{deux}} = 3,91$; $p\text{-value} = 0,038$) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la teneur de l'oxygène dissous de l'eau.

En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 mg/l de la teneur en oxygène dissous a la chance de multiplier la densité larvaire par 1,6 (odds ratio = 1,681 ; IC = 1.028 - 2.735). L'oxygène dissous est crucial pour de nombreux processus chimiques et biologiques qui se produisent dans l'eau. A cette qualité, il est un indicateur qui renseigne quant à l'aptitude du milieu à maintenir la vie ou à absorber un excédent momentané de pollution à forte "Demande Biochimique en Oxygène (DBO)", pour l'oxydation de matières organiques par exemple.

Son influence sur la biodiversité aquatique peut avoir des conséquences variables, notamment, en cas de faible taux, nous pouvons assister à un changement du comportement des organismes aquatiques pouvant aller de la simple réduction de leurs activités à la disparition totale (mort).

La teneur en oxygène dissous est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 5,35 mg/L et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,215 mg/l (cfr. tableau 2 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans la présente étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une teneur en oxygène dissous supérieure ou égale à 5 mg/l et 57 gîtes (soit 21,3 %) ont une teneur en oxygène dissous inférieure à 5 mg/l.



Dans le tableau 11 sont consignés les résultats présentant la distribution de la densité larvaire des gîtes en lien avec la variable température et il en mesure la relation statistique.

Tableau 11. Distribution et mesure d'association entre la densité larvaire et la température.

		Température		
		≥ 25	< 25	TOTAL
Densité larvaire	≥ 10	157	110	267
		58,8%	41,2%	100%
	< 10	84	34	118
		71,2%	28,8%	100%
Total		241	144	385
		62,6%	37,4%	100%
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et la température				
Test		valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		5.361	0.01029	0.02059
Test du chi carré corrigé de Yates		4.845	0.01386	0.02772
Test du chi carré Mantel-Haenszel		5.347	0.01038	0.02075
Test de Fisher exact			0.01322(P)	0.02643
Mid-P exact			0.01014(P)	0.02028

Source : nos analyses.

Le tableau 11 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la température de l'eau du gîte (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01) c'est-à-dire que la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la température de l'eau. En outre, dans les limites optimales thermiques de la survie larvaire, une augmentation de 1°C de la température a la chance de multiplier la densité larvaire par 0,58 (odds ratio = 0,578 ; IC = 0,36 – 0,92). La température est considérée comme l'un des paramètres abiotiques le plus important dans les gîtes larvaires et, son effet sur le développement des *Aedes* a été bien établi. Le moustique, étant ectotherme, dépend de la température de l'eau pour la régulation des activités enzymatiques nécessaires à la locomotion et à sa croissance (Abram *et al.*, 2017).

Dans cette étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 157 gîtes (soit 58,8%) ont une température supérieure ou égale à 25 °C et 110 gîtes (soit 41,2%) ont une température inférieure à 25 °C.

Les résultats sur la distribution des gîtes selon leur densité et la conductivité électrique sont présentés dans le tableau 12 et la moitié inférieure du tableau illustre la relation.

Le tableau 12 indique une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité de l'eau du gîte (khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001) autrement dit, la densité larvaire des gîtes dépend en partie de la conductivité de l'eau. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 µS/cm de la conductivité a la chance de multiplier la densité larvaire par 2,7 (odds ratio = 2,76 ; IC = 1.73 - 4.41). La conductivité électrique de l'eau exerce une influence critique sur la vie aquatique. Les différents organismes



qui y habitent sont capables de tolérer un certain niveau de conductivité, mais des changements importants entraînent des changements dans l'abondance et la diversité dans le biotope aquatique.

Tableau 12. Distribution et mesures d'association entre la densité larvaire et la conductivité.

		Conductivité		
		≥ 100	< 100	Total
Densité larvaire	≥ 10	210	57	267
		78,7%	21,3%	100
	< 10	69	49	118
		58,5%	41,5%	100
Total		279	106	385
		72,5%	27,5%	100
Mesure d'association entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité				
Test		valeur	valeur-p (unilatérale)	valeur-p (bilatérale)
Test du Chi carré non corrigé		16.7	0.00002191	0.00004383
Test du chi carré corrigé de Yates		15.7	0.00003707	0.00007415
Test du chi carré Mantel-Haenszel		16.65	0.00002242	0.00004484
Test de Fisher exact			0.00004968	0.00009936
Mid-P exact			0.00003383	0.00006766

Source : nos analyses.

La conductivité associée aux gîtes larvaires est très variable sur le terrain, avec des valeurs comprises entre 25 µs/cm et 4.000 µs/cm avec une moyenne de 294,28 µs/cm (cfr. Tableau 4 : description des paramètres abiotiques des gîtes positifs).

Dans notre étude, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, nous observons que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une conductivité supérieure ou égale à 100 µs/cm et 57 gîtes (soit 21,3%) ont une conductivité inférieure à 100 µs/cm. Ces faits sont illustrés dans la deuxième moitié du tableau 12.

5. DISCUSSION

Cette étude a analysé et identifié 385 gîtes de ponte d'où se développent les larves d'*Aedes* dont la grande majorité est attribuable à l'activité humaine. Ces gîtes se répartissent en 12 catégories. L'analyse a porté sur sept paramètres environnementaux essentiels à la croissance des moustiques juvéniles : pH, température, saturation en oxygène, turbidité, conductivité, pourcentage d'oxygène dissous, et le TDS. La discussion qui en résulte soutient immédiatement l'hypothèse selon laquelle le moustique du genre *Aedes* exploite une variété des conteneurs dans lesquels il se développe de manière opportuniste pourvu qu'une collection d'eau soit disponible pour induire l'oviposition.



La variabilité des gîtes productifs colonisés par ce moustique dans ces quartiers, démontre sa capacité d'adaptation aux différentes conditions écologiques créées par les activités humaines, situation qui explique comment il peut pénétrer et conquérir de nouveaux espaces écologiquement insoupçonnés. Par ailleurs, le lien entre le type de récipients positifs et le peuplement larvaire d'*Aedes* sp. n'est pas statiquement établi, ($\chi^2 = 5,93$; ddl = 4 ; p-value = 0,204) et pourtant Marin *et al.* (2020) et Hery *et al.* (2021) colligent sur le fait que certaines caractéristiques d'un dispositif de ponte, notamment la dimension, la couleur ou la texture d'un gîte, attirent les moustiques gravides vers lui et déterminent en conséquence les profils physico-chimiques influant le stade aquatique de leur développement.

Dans la présente étude, les gîtes de type pneu (11 %, n = 385) quoique confortant les résultats de ces auteurs dans leurs tendances, ne se sont cependant pas imposés en peuplement larvaire pour faire d'eux le type de gîtes de prédilection ou les plus prolifiques. Par ailleurs, la présence d'*Aedes* sp. en Europe précisément en Italie (Bellini *et al.*, 2020) et en Allemagne (Becker, 2022), est, sur le plan épidémiologique, impliquée dans la propagation des épidémies de la dengue et du Chikungunya etc. Cette situation témoigne par ailleurs, les aptitudes exotiques de cette espèce de moustique favorisées par l'essor du commerce international qui le transporte souvent dans son cortège, indépendamment du type de conteneur (Ammar *et al.*, 2019 ; Whelan *et al.*, 2020).

Nos résultats relatifs à la typologie des gîtes de reproduction larvaire prolifique suggèrent que l'écologie urbaine des moustiques *Aedes* sp est associée à la présence d'une collection d'eau résultant des activités humaines et des comportements culturels écologiques. Ces éléments sont également associés aux risques épidémiologiques de ces vecteurs dans l'aire géographique de Mont Ngafula. Cette attitude marquée par l'ignorance ou l'insouciance maintient et entretient la proximité entre l'homme et les vecteurs *Aedes* dans la zone de Mont Ngafula, ce qui favorise leur capacité à se spécialiser sur les hôtes humains naïfs. Ceux-ci vont à leur tour alimenter et élargir le cycle de transmission. Il est donc nécessaire de comprendre les facteurs environnementaux et écologiques qui facilitent l'adaptation des espèces de moustiques comme l'*Aedes* sp aux hôtes humains, car cela peut permettre de rompre la chaîne de transmission par des actions fondées sur de données probantes (Rose, 2023)

Selon certains auteurs, les moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* proviennent principalement de la zone des écosystèmes forestiers d'Afrique et d'Asie (Aubry, 2020). Toutefois, leur aire de répartition s'est étendue et déplacée au-delà de leurs zones géographiques d'origine (Falloux, 2018). Cela expliquerait la prévalence des arboviroses au-delà des foyers autochtones d'Afrique et d'Asie. En outre, la tolérance et l'adaptation avérées des *Aedes* sp de forme pré-imaginale aux chocs exogènes du milieu de développement, y compris leur capacité d'adaptation aux effets du changement climatique (Bellone *et al.*, 2023) est remarquable puisque Farrell *et al.* (2024) ont démontré que les moustiques sont capables de réguler le pH de leur hémolymphe notamment grâce à des processus d'osmorégulation qui sont rapidement équilibrés via les échanges osmotique et ioniques assurés par les organes osmorégulateurs dont ils sont pourvus. Dans les éclosiers, un pH proche de 7 est optimal pour l'éclosion des œufs et le développement des larves.

Dans la présente étude, sur un total de 267 gîtes ayant un peuplement larvaire supérieur ou égal à 10, il convient de faire observer que 262 gîtes (soit 98,1 %) ont un pH supérieur ou égal à 7, et que seulement 5 gîtes (soit 1,9 %) en ont inférieur à 7. Cette situation est rapportée dans quelques études qui font état de la tolérance d'*Aedes* dans des eaux saumâtres (Lyza *et al.*, 2021) mais ces valeurs extrêmes, impactent leurs temps de développement. Malgré ces observations, le pH peu variable sur le terrain, ne serait pas un indicateur de la forte densité larvaire d'*Aedes* sp dans les gîtes ($\chi^2 = 0,294$; p-value = 0,194). De plus, la température est un facteur écologique dont le rôle pour le maintien des écosystèmes est indéniable et, son impact au cours de la phase aquatique du développement des moustiques est intensément documenté. Les moustiques sont des espèces poïkilothermes qui dépendent de la température ambiante pour réguler l'activité enzymatique nécessaire à leur mouvement et à leur croissance (Bellone, op.cit).

Dans cet échantillon analysé, on a observé que 157 soit (58,8%) présente une densité larvaire supérieure ou égale à 10 avaient une température supérieure ou égale à 25°C, tandis que 110 gîtes (soit 41,2%) avaient une température inférieure à 25°C. Certaines études ont démontré que dans les conditions de laboratoire des températures constantes comprises entre 24 °C et 30 °C favorisent l'éclosion et le développement des



larves, alors que des températures hors de cette plage prolongent le temps de développement larvaire et le taux de mortalité cumulé (Jauze *et al.*, 2010). Ainsi, les études menées à température constante dans les laboratoires ne reflètent pas fidèlement les conditions du terrain, où l'on a observé des fluctuations quotidiennes de ce paramètre et l'apparition d'adaptations larvaire permettant de supporter le stress thermique. Malgré l'influence de la température, dans la présente étude, ce facteur n'est pas un bon indicateur de la prolifération larvaire (khi deux = 4,845 ; p-value = 0,01) et l'odds ratio est de 0,578 avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 0,36 et 0,92. Le pourcentage de saturation en oxygène a faiblement varié sur le terrain de cet étude, avec des valeurs comprises entre 86 et 125. Sur un total de 267 gîtes présentant une densité larvaire supérieure ou égale à 10, nous avons observé 233 gîtes (soit 87,3 %) ayant une saturation en oxygène supérieure ou égale à 80 et 34 gîtes (soit 12,7 %) ayant une valeur inférieure à 80. En outre, dans les limites optimales de la survie larvaire, une augmentation de 1 % de la saturation en oxygène a la chance de multiplier la densité larvaire par 20,7 (odds ratio = 20,7 ; IC = 12,07, 36,6).

Nous avons donc compris que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire, car leur valeur se situe dans la plage des valeurs comprises entre 86 et 125. Cette observation corrobore les travaux de Judson *et al.* (1967), qui ont mis en évidence la réponse plus adaptée des larves des *Aedes* spp. à la variation de l'O₂ dans l'effluent de gîtes. Les valeurs de teneur en oxygène dissous dans la présente étude ont été très variables présentant deux extrêmes: 5,35 mg/l et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,215 mg/l. Par ailleurs, sur un total de 267 gîtes ayant une densité larvaire supérieure ou égale à 10 larves, on observe que 210 gîtes (soit 78,7%) ont une teneur en oxygène dissous supérieure ou égale à 5 mg/l et, 57 gîtes (soit 21,3 %) ont une teneur en oxygène dissous inférieure à 5 mg/l.

Donc, on constate que tous les gîtes positifs enquêtés offrent d'excellentes conditions de survie larvaire car ils sont dans la plage des valeurs comprises entre 5,35 mg/l et 9,55 mg/l avec une moyenne de 8,21 mg/l. Le percentile 75 donne la valeur de 8,48 mg/l. Bien qu'aquatiques, les larves ont besoin de l'oxygène atmosphérique pour leurs respiration et de l'oxygène dissout qui rend leur habitat vivable. De plus, l'activité microbiologique bonifiant de l'eau des gîtes (Nilsson *et al.*, 2018) dont le pH est neutre à l'origine, associée à l'exposition atmosphérique de tous les conteneurs prospectés, ont constitué la source d'oxygénation qui a fini par devenir un objet de compétition entre les larves. En outre, le couvert végétal qui caractérise la commune de Mont Ngafula a concouru au brassage de l'aire atmosphérique favorisant ainsi l'aération des gîtes au profit des moustiques immatures. De plus, nous remarquons une liaison significative entre la densité larvaire des gîtes et le total des matières solides dissoutes (khi deux = 16,62 ; p-value < 0,001).

Par ailleurs, dans les conditions optimales pour la survie des larves, une hausse de 1 ppm de TDS a le potentiel d'accroître la densité larvaire de 2,6 fois (odds ratio = 2,677 ; IC = 1,681, 4,323). Cette même analyse révèle aussi une relation significative entre la densité larvaire des gîtes et la conductivité de l'eau du gîte (Khi deux = 15,7 ; p-value < 0,001), ce qui signifie que la densité larvaire des gîtes est en partie influencée par ces deux paramètres. Dans les conditions les plus favorables à la survie larvaire, une hausse de 1 µs/cm de la conductivité peut conduire à une augmentation de la densité larvaire, avec un rapport de chances de 2,7 (odds ratio = 2,76 ; IC = 1,73 - 4,41). Au stade aquatique, le rôle de caractères physiques et chimiques de l'eau sur la répartition et le comportement des espèces culicidiennes est certes indéniable (Hery *et al.*, 2021 ; Walker *et al.*, 2021).

Ainsi, les espèces des *Aedes* sp qui se sont exprimées favorablement aux critères abiotiques de ce milieu, sont prolifiques dans des effluents domestiques souvent à l'abri du stress thermique, contenant de matières organiques qui sont vite subtilisées par les bactéries nitrifiantes pour bonifier l'habitat mais aussi pour entrer dans la chaîne alimentaire des larves d'*Aedes* spp, et y croître normalement. En outre, l'expérience du terrain, le respect du principe d'inclusion et d'exclusion des unités statiques, le choix de la méthode en cohérence avec les indicateurs à mesurer, sont autant des précautions prises afin de contrôler les biais. Par ailleurs, la cohérence des variables estimée par alpha de CRONBACH 0.69, la validité convergente de l'outil de mesure supposent que l'instrument d'évaluation possède une plus grande validité externe.



6. CONCLUSION

Il s'est avéré que la densité des moustiques immatures du genre *Aedes sp* accroît la capacité vectorielle par ricochet les risques de transmission de virus causant les maladies épidémiques et endémiques notamment la Fièvre jaune, la Dengue et la maladie à virus Chikungunya en RDC. La présence abondante, permanente et prolifique de ces vecteurs est multi factorielle, elle résulte de divers types de gîtes, qui sont le fait d'activités anthropiques, auxquels ces vecteurs s'adaptent opportunément pour les transformer en lieux de reproduction. Dans le but de contribuer à l'amélioration des stratégies de lutte anti vectorielle, cette étude a été menée dans la ville de Kinshasa précisément dans la Commune de Mont Ngafula au sein de quatre sites (Plateau 1, Kindele, Masanga Mbila et Maman Yemo) en deux temps saisonniers au cours de l'année 2024. Nous avons procédé par la caractérisation des paramètres physico-chimiques associés à la reproduction larvaire après la phase de la typologie des gîtes. L'urbanisation spontanée et anarchique, la pression démographique avec pour corollaire la production de déchets mal gérés et le développement croissant d'installations humaines dans le contexte de pauvreté effrénée dans les zones périphériques de Mont Ngafula, créent les conditions écologiques propices à la pénétration, installation et adaptation du moustique vecteur de maladies à arbovirus notamment le Virus Chikungunya, la Dengue et la Fièvre jaune. Le caractère endémo-épidémique de ces affections résulte du déficit de management environnemental dans le secteur de l'eau, les déchets et d'espace. L'implication des communautés dans la gestion des ressources environnementales notamment l'eau et d'espace, serait d'un intérêt capital et un pari gagné.

La stratégie payante de lutte contre les arbovirus épidémiques passe par la maîtrise des facteurs environnementaux et écologiques favorisant la domestication et prolifération des moustiques *Aedes sp*, qui en assurent la transmission. Les thérapies spécifiques et possibilités d'immunisation contre toutes ces maladies étant futuristes, la prévention des arbovirus nécessite que les opérations d'assainissement ciblent les types de gîtes plus prolifiques et qu'elles s'étendent à l'échelle communautaire. Ceci étant les données probantes que fourni la présente étude vont orienter les décisions des autorités dans la mise en place de programme de santé publique dans son approche « une santé » pour un contrôle et surveillance efficaces des *Aedes sp* à Kinshasa.

161

Cette étude a permis de mettre en évidence les facteurs bioécologiques déterminants dans la dynamique d'émergence et de réémergence des arboviroses à Kinshasa, avec un accent particulier sur la commune de Mont Ngafula. L'analyse de 358 gîtes larvaires positifs d'*Aedes spp.* a révélé une forte densité vectorielle, étroitement liée aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau et aux conditions environnementales induites par l'urbanisation non planifiée. Les résultats ont confirmé que des paramètres tels que la température, la turbidité, la conductivité, l'oxygène dissous et les solides dissous totaux influencent significativement la prolifération larvaire. Les espèces identifiées : *Aedes albopictus* et *Aedes aegypti* se sont avérées hautement prolifiques, colonisant une diversité de gîtes artificiels issus d'un contexte urbain à forte pression démographique et à faible gouvernance environnementale. Les résultats obtenus appellent à l'instauration urgente d'une surveillance entomologique intégrée, capable de guider les politiques de prévention, de prédiction épidémique et d'intervention rapide. Ainsi, cette recherche offre des outils de compréhension et d'anticipation essentiels pour une approche proactive et durable de la santé publique face à la menace croissante des arboviroses à Kinshasa.

Responsabilité et conflit d'intérêts

Les auteurs affirment en âmes et consciences libres que les résultats de cette recherche ne font nullement l'objet d'un quelconque conflit d'intérêt.

Tous les auteurs ont contribué chacun en ce qui le concerne à l'élaboration de la présente étude et leurs contributions se présentent de la manière suivante: Dieudonné Kikozoko Kikozoko est l'auteur principal, a coordonné les prospections larvaires lors de collecte des données entomologiques sur terrain et a assuré la rédaction finale du manuscrit ; Olivier Munduku Midishi, a assuré la prise des photos et des



coordonnées de géolocalisation pendant les prospections ; Emmanuel Biey Makaly a supervisé les travaux de laboratoire; Contantin Lubini Ayingweu ; et Emery Metelo Matubi on identifié les espèces de moustiques et corrigé le manuscrit final.

RÉFÉRENCES

- Abílio, A. P., Gastão, A., Camp d'Ayubo, Balthazar, C., Sioi, S., et al. (2018). Répartition et sites de reproduction d' *Aedes aegypti* et d' *Aedes albopictus* dans 32 districts urbains/périurbains du Mozambique : implications pour l'évaluation du risque d'épidémies d'arbovirus. *PLoS.Negl. Trop. Dis.*, 12(9), e0006692. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006692>
- Abram, P. K., Boivin, G., Moiroux, J., & Brodeur, J. (2017). Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. *Biol. Rev.*, 92(4), 1859-1876, <https://doi.org/10.1111/brv.12312>
- Ammar, S. E., McIntyre, M., Swan, T., Kasper, J., Derraik, J. G., et al. (2019). Moustiques interceptés aux ports d'entrée de la Nouvelle-Zélande, 2001 à 2018 : état actuel et préoccupations futures. *Trop. Med. Infect. Dis.*, 4(101). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4030101>
- Attingli, J. et al. (2016). Spatialisation des paramètres physico-chimiques dans les Pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 105, 10190 –10202. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v105i1.15>
- Aubry, P., & Gauzère, B. A. (2020). Arboviroses Tropicales. Centre René Labusquière (1-20). Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076. <https://www.medicinetropicale.com>
- Becker, N., Kong, S. M. L., Rodriguez, A. T., Oo, T. T., Reichle, R., et al. (2022). Lutte intégrée contre *Aedes albopictus* dans le sud-ouest de l'Allemagne grâce à la technique de l'insecte stérile. *Parasites Vectors*, 15(9). <https://doi.org/10.1186/s13071-021-05112-7>
- Bellone, R., Léchat, P., Mousson, L., Gilbert, V., Piorkowski, et al. (2023). Changement climatique et maladies à transmission vectorielle: Une approche multi-omique de changement induit par la température chez le moustique. *Journal of Travel Medicine*, 30(4) taad062. <https://doi.org/10.1093/jtm>
- Bifani, A. M., Siriphanitchakorn, T., & Choy, M. M., (2022). Diversité intra-hôte du virus de la dengue chez les moustiques vecteurs . *Front. Cell Infect. Microbiol.*, 12, 888804. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.888804>
- Bobanga, T., Moyo, M., Vulu, F., & Irish, S. R. (2018). First report of *Aedes albopictus* Diptera : Culicidae in Democratic Republic of Congo. *African Entomology*, 26(1), 234-236. <https://doi.org/10.4001/003.026.0234>
- Bobanga, T., Moyo, M., Vulu, F., & Irish, S.R.(2018). Short communication First Report of *Aedes albopictus* (DipteraCulicidae) in the Republic Democratic of Congo. *African Entomology Journal*, 26(1) 34-36. <https://doi.org/10.4001/003.026.0234>
- Cameron, E. W., Porigneaux, P. G., & Durrheim, D. N., (2021). Évaluation du risque d'incursion de moustiques exotiques dans un port maritime international, Newcastle, Nouvelle-Galles du Sud, Australie, *Trop. Med. Infect. Dis.*, 6(1), 25. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed6010025>
- Clark, T. M. et al. (2007). Strategies for regulation of hemolymph pH in acidic and alkaline water by the larval mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera; Culicidae). *J. Exp. Biol.*, 210(24), 4359-4367. <https://doi.org/10.1242/jeb.010694>
- De Araújo, T. V. B., Ximenes, R. A., Mirinda-Filho, D., Wayner, V. S., Ulisses, R. M. et al. (2018). Association Between microcephaly Zika Virus infection and other risk factor in Brazil. Final report of case-control study. *Lancet infect Dis.*, 18(3), 328-336. <https://doi.org/10.1016/S1473-3099>
- Dos Reis, I. C., Gibson, G., Ayllón, T., de Medeiros, T. A, de Araújo J. M. G., et al. (2019). Stratégie de surveillance entomovirologique des arbovirus de la dengue, du Zika et du chikungunya chez les moustiques *Aedes* capturés sur le terrain dans une zone urbaine endémique du nord-est du Brésil. *Acta Trop.* 197:105061. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105061>
- Failloux, A. B. (2019). Les moustiques vecteurs d'arbovirus: une histoire sans fin. *Biologie Aujourd'hui* 212, 3-4. <https://doi.org/10.1051/jbio/2018026>
- Farrell, S., Dates, J., Ramirez, N., Hausknecht-Buss, H., & Kolosov, D. (2024). Les canaux ioniques voltage-dépendants sont exprimés dans les tubules de Malpighi et les papilles anales du moustique de la fièvre jaune (*Aedes aegypti*) et peuvent réguler le transport des ions lors d'un déséquilibre entre le sel et l'eau. *J Exp Biol.*, 227(3), jeb246486. <https://doi.org/10.1242/jeb.246486>



- Franke, F., & Paca-Corse, C. (2017) Situation Internationale Chikungunya-Dengue-Zika-Fièvre Jaune. *ECDC Santé Publique*, 545(25), 13-25.
- Gutierrez-Barbosa, H., Medina-Moreno, S., Zapata, J. C., & Chua, J. V., (2020). Infections par la dengue en Colombie : tendances épidémiologiques d'un pays hyperendémique . *Trop. Med. Infect. Dis.*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5040156>
- Hery, L., Guidez, A. Anne-Durand, A., Delannay, C., & Normandeau-Guimond, J. (2021). Natural variation in physico-chemical profiles and bacterial communities associated with *Aedes aegypti* breeding sites and larvae on Guadeloupe and French Guiana. *Microb. Ecol.*, 81(1), 93-109. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01544-3>
- Hery, L., Boullis, A., & Vega-Rúa, A. (2021). Les propriétés biotiques et abiotiques des gîtes larvaires d'*Aedes aegypti* et leur influence sur les traits de vie des adultes. *Synthèse bibliographique*, 25(1). <https://doi-org/10.25518/1780-4507.18886>
- Islam, S., Haque, C. E., Hossain, S. & Rochon, K., (2019). Role of container type, behavioral, and ecological factors in *Aedes* pupal production in Dhaka, Bangladesh: an application of zero-inflated negative binomial model. *Acta Tropica*, 193, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.02.019>
- Jauze, L., Arnoux, S., & Leïla, B. (2010). Impacts des changements climatiques sur les arboviroses dans une île tropicale en développement (Mayotte). *Revue Électronique en science de l'environnement Vertigo*, 10(3) <https://doi.org/10.4000/vertigo.10538>
- Judson, C. L., & Gojrati, H. A. (1967). The effects of various oxygen tensions on embryogeny and larval responses of *Aedes aegypti*. *Entomol. Exp. Appl.*, 10(2), 181-188. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1967.tb00057.x>
- Kading, R. C., Brault, Aaron, C., & Beckham, J. D., (2020). Global Perspectives on Arbovirus Outbreaks: A 2020 Snapshot. *Trop.Med.Infect.Dis.*, 5(3), 142. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5030142>
- Kikozoko, D. K., Ifuta, S. D., Metelo, E. M., & Mansiangi, P. M. (2021) Caractérisation de Types des Gîtes Larvaires d'*Aedes* sp à Kinshasa Mont-Ngafula après l'Epidémie de Chikungunya de 2018-2019. *Congosciences*, 9(3), 206-215. <http://www.congosciences.cd>
- Kikozoko, K. D., Munduku, M.O., Bondo, B.S., Kalela, I.T., & Biey, M.E. (2022). Evaluation des Risques de réémergence de l'épidémie du virus Chikungunya dans la vallée du Monastère de Mont Ngafula, RD Congo. *Ann Afr Med*, 16(1), e4956-e4964. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v16i1.10>
- Koppen (2021). <https://www.meteorlogiaenred.com/fr/classification-climatique-de-Koppen>
- Koumba, A. A., Zinga, K. C. R., Mintsu, N. R., Djogbenou, S. L., & Obame Ondo, P. (2018). Distribution spatiale et saisonnière des gîtes larvaires des moustiques dans les espaces agricoles de la zone de Mouila, Gabon. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12(4), 1754-1769. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.19>
- Krauer, F. Riesen, M., & Reveiz, L. (2017). Zika Virus infection as a cause of congénital Brain Abnormalities and Guillain-Barré: systematic review. *PLOS Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002203>
- Lecollinet, S., Fontenille, D. Pagès, N., & Failloux, A.-B. (2022). *Le moustique, Ennemi public n° 1* ? (pp.94-104). Édition Quae. Cedex. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3598-8>
- Marin, G., Mahiba, B., Arivoli, S., & Tennyson, S. (2020). Does colour of ovitrap influence the ovipositional preference of *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae). *Int. J. Mosq. Res.*, 7(2), 11-15.
- Musso, D., & Ko, A. I. B. (2019). Zika Virus infection- After Pandemic. *N Engl. J Med* 381(15). <https://doi.org/10.1056/nejmra1808246>
- Nilsson, L. K., Sharma, A., Bhatnagar, R. K., Bertilsson, S., & Terenius, O. (2018). Presence of *Aedes* and *Anopheles* mosquito larvae is correlated to bacteria found in domestic water-storage containers. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 94(6), fty058. <https://doi.org/10.1093/femsec/fty058>
- Noah, H. R., Badolo, A., Massamba, S., Jewelna, A., & Otoo, S. (2023). Datation de l'origine et de la propagation de la spécialisation sur les hôtes humains chez les moustiques *Aedes aegypti*.
- OMS (2022). <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/Zika-virus>.
- OMS (2017). *Contrôle des vecteurs*. Genève; OMS, dispo sur. <https://www.Who.int/Vector/publications/global-control-reponse/en/>
- OMS (2020). *Maladies à transmission vectorielle: Faits essentiels*. dispo sur <https://www.Who.int/newsroom/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>



- OMS (2023). *Bulletins d'information sur les flambées épidémiques. Expansion géographique des cas de dengue et de chikungunya au-delà des zones historiques de transmission dans la Région des Amériques*. <https://www.who.int/fr/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON448>
- Philbert A., & Ijumba J. N. (2013). Preferred breeding habitats of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito and its public health implications in Dares Salaam, Tanzania. *J. Environ. Manage.*, 4(10), 344-351.
- Powell, J. R., Gloria-Soria, A., & Kotsakiozi, P. (2018) Histoire récente d'*Aedes aegypti* : génomique vectorielle et données épidémiologiques. *Bioscience*, 68, 854-860. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy119>
- Proesmans, S., Katshongo, F., Milambu, J., Fungula, B., & Muhindo, M. H. (2019). Dengue and chikungunya among outpatients with acute undifferentiated fever in Kinshasa, Democratic Republic of Congo: A cross-sectional study. *PLoS Negl Trop Dis*, 13(9), e0007047. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007047>
- Raja babu (2016). Evidence for Natural Vertical Transmission of Chikungunya Viruses in Field population of *Aedes aegypti* in Delhi and Haryana states in India- A Primary report, in *Acta Tropica*.
- Selhorst, P., Sheila, M., De smet, B., & Marien, J. A. (2020). Molecular Characterization virus during the 2019 the Democratic Republic of Congo. *Emerging Microb & infections* (9). <https://doi.org/10.1080/222175120201810135>
- Shomba, K. S., Mukoka, N. F., Olela, N. D., Kaminar, T. M., & Mbalanda, W. (2015). *Monographie de la Ville de Kinshasa*. ICREDES, Kinshasa- Montréal- Washington.
- Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med. Vet. Entomol.*, 14(1), 31-37. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00207.x>
- Tun-Lin, W., Kay, B. H., & Barnes, A. (1995). Understanding productivity, a key to *Aedes aegypti* surveillance. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 53(6), 595-601. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1995.53.595>
- Tur, C., Almenar, D., Benlloch-Navarro, S., Argilés-Herrero, R., & Zacarés, M. (2021). Technique d'insectes stériles dans un programme de gestion intégrée des vecteurs contre le moustique tigre *Aedes albopictus* dans la région de Valence (Espagne) : procédures opérationnelles et paramètres de contrôle de la qualité. *Insectes*, 12(272).
- Waggoner, J. J. (2016). Viremia and Clinical Presentation in Nicaraguan Patients Infected With Zika Virus, Chikungunya Virus, and Dengue Virus. *Clinical Infectious Diseases*, 63(12), 1584-1590. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw589>
- Walker, M., Karthikeyan, C. S., Vinauger, C., Robert, M. A., & Childs, L. M. (2021). Modeling the effects of *Aedes aegypti* larval environment of adult body mass at emergence. <https://doi.org/10.1101/2021.05.24.445402>
- Whelan, P. I., Kurucz, N., Pettit, W. J., & Krause, V. (2020). Élimination d' *Aedes aegypti* dans le nord de l'Australie, 2004-2006. *J. Vector Ecol.*, 45, 118-126. <https://doi.org/10.1111/jvec.12379>
- Yee, D. A., All good, D., Keitel, J. M., & Kuehn, K. A. (2012). Constitutive Differences between Natural and Artificial Container Mosquito Habitats: Vector Communities, Resources, Microorganisms, and Habitat Parameters. *Journal of medical entomology, Entomological Society of America*, 49(4), 482-91. <https://doi.org/10.1603/ME11227>
- Yuil, T. M., & Walker, E. D. (2023). Snowshoe hare virus: discovery, distribution vector and host associations, and medical significance. *Journal of Medical Entomology*, 60(6), 1252-1261. <https://doi.org/10.1093/jme/tjad128>