SURVIE THERMIQUE DES MOUSTIQUES GENRE *CULEX* ADULTES SOUS DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES AU NIGER : IMPLICATIONS POUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

THERMAL SURVIVAL OF ADULT *CULEX* MOSQUITOES UNDER HIGH TEMPERATURES IN NIGER: IMPLICATIONS FOR CLIMATE CHANGE

YANSAMBOU M. S.[1*], MOUSSA **MAHAMAT** A.D.[1], **LAWALI IBRAHIM** Y.[1], **MAHAMAN MOUSTAPHA** L.[1,2]

1. *Université André Salifou, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences Biologiques Zinder, Niger.*
2. *Centre de Formation et Recherche en Médecine Tropicale, Niamey, Niger.*

Auteur correspondant : Email : bioyans@gmail.com / Mahamadou Seyni YANSAMBOU, Microbiologiste, spécialiste de Santé Publique, ORCID : 0000-0002-8766-6053 Phone : +227 96 29 18 70 / 227 91 77 81 03

RESUME

Les moustiques du genre *Culex* constituent des vecteurs majeurs de plusieurs arboviroses, notamment le virus du Nil occidental et l'encéphalite de Saint-Louis. Dans un contexte de changement climatique, caractérisé par une augmentation fréquente et et de l'intensité des épisodes de chaleur extrême, il est essentiel de comprendre l'effet des températures élevées sur leur survie afin d'anticiper les modifications potentielles de la transmission vectorielle. Cette étude visait à évaluer expérimentalement l'effet de températures élevées (36–42°C) sur la survie de femelles de *Culex* pendant 144 h.

Au total, 160 femelles de *Culex* collectées à Zinder (Niger) ont été réparties en quatre groupes et exposées pendant 1 h à 36°C, 38°C, 40°C ou 42°C. La survie a été suivie jusqu'à 144 h et analysée par les méthodes de Kaplan–Meier, log-rank et Cox.

Le risque de mortalité augmentait significativement avec la température (HR = 1,506 ; IC95% : 1,367–1,660 ; p < 0,0001). Le modèle de Cox révèle qu'une augmentation de 1°C multiplie le risque de mortalité par 1,51 (HR = 1,506 ; IC95% : 1,367-1,660). À 42°C, la quasi-totalité des moustiques est morte avant 24 h, contrairement à 36°C où la survie restait élevée jusqu'à 144 h.

Ces résultats suggèrent que le réchauffement climatique pourrait modifier la dynamique de transmission vectorielle.

Mots-clés : *Culex*, température, survie, changement climatique, analyse de survie, Kaplan-Meier, Zinder-Niger

ABSTRACT

Culex mosquitoes are major vectors of several arboviruses, including West Nile virus and Saint Louis encephalitis virus. In the context of climate change, characterized by increasingly frequent and intense heat waves, understanding the effect of high temperatures on their is essential to anticipate potential changes in vector transmission. This study aimed to experimentally evaluate the effect of high temperatures (36 - 42°C) on the survival of female *Culex* mosquitoes over a 144-hour.

A total of 160 female *Culex* mosquitoes collected in Zinder (Niger) were randomly assigned to four experimental groups and exposed for 1 hour to 36°C, 38°C, 40°C, or 42°C. Survival was monitored for up to 144 hours and analyzed using Kaplan–Meier survival curves, log-rank tests, and Cox proportional hazards regression

Mortality risk increased significantly with temperature (HR = 1.506; 95% CI: 1.367–1.660; $p < 0.0001$). The Cox model indicated that each 1°C increase multiplied mortality risk by 1.51. At 42°C, nearly all mosquitoes died within 24 hours, whereas survival remained high at 36°C up to 144 hours.
These findings suggest that climate warming may alter vector transmission dynamics.
Keywords : *Culex*, temperature, survival, climate change, survival analysis, Kaplan-Meier, Zinder-Niger

INTRODUCTION

Les moustiques du genre *Culex* sont des vecteurs de plusieurs arboriviroses, notamment le virus du Nil occidental, l'encéphalite de Saint-Louis, et diverses filarioses lymphatiques (Tolsá-García et al, 2023). En Afrique subsaharienne, ces espèces constituent un enjeu majeur de santé publique, particulièrement *Culex quinquefasciatus* et *Culex pipiens*, largement présents dans les zones tropicales et subtropicales. La biologie et l'écologie de ces moustiques sont fortement influencées par les facteurs environnementaux, la température étant reconnue comme le déterminant majeur de leur développement, survie et capacité vectorielle. Les études menées sur différents continents ont établi une relation complexe entre température et de la survie des moustiques, avec des implications directes sur la transmission d'arboviroses (Figueroa et al., 2020 ; Kimberly et al., 2020).

Des recherches récentes ont montré que les variations de températures influencent différemment les modifications de l'aire de répartition selon les espèces. Chez ces moustiques, les changements climatiques affectant leur distribution géographique et leur abondance représentent un défi majeur pour la modélisation des populations et la prévision du risque de transmission des maladies. La température affecte significativement les taux de développement immature, la survie des stades immatures, la taille des adultes, la longévité des adultes, la prise de sang et la fécondité des *adultes Culex pipiens* et *Culex quinquefasciatus* (Alexandre et al., 2014 ; Ruybal et al. 2016). Ces recherches ont mis en évidence une sensibilité thermique marquée, suggérant que des températures plus élevées pourraient avoir un impact direct sur la transmission des pathogènes (Alexandre et al., 2014).

En contexte tropical, plusieurs études ont exploré la relation température-développement, mais principalement sur les stades larvaires. Au Botswana, la dynamique de *Culex pipiens* a été modélisée en fonction de la température, mais sans suivi direct sur les adultes exposés à des températures spécifiques (Hammami et al., 2016 ; Moser et al. 2023).

Le changement climatique constitue actuellement l'une des principales menaces pour la santé humaine au 21ème siècle. Selon l'OMS (2023), l'élévation de la température moyenne mondiale augmentera l'aptitude climatique des maladies, particulièrement dans les zones déjà endémiques. L'augmentation des températures peut étendre et prolonger le cycle de vie des vecteurs porteurs de maladies tels que les moustiques. Cependant, peu d'études africaines ont évalué de manière expérimentale et

statistiquement rigoureuse l'effet de températures spécifiques sur la survie des moustiques adultes. De plus, les méthodes d'analyse de survie, telles que les courbes de Kaplan-Meier et les modèles de Cox, sont rarement utilisées dans ce contexte en Afrique subsaharienne.

La présente étude vise à combler ces lacunes en évaluant expérimentalement l'impact de différentes températures élevées (36°C, 38°C, 40°C et 42°C) sur la survie de femelles adultes de *Culex* sur une période de six jours (144h), à l'aide d'outils statistiques robustes. Il s'agit de la quantification de l'effet de la température sur la mortalité, pour mieux comprendre les implications écologiques de ces effets dans un contexte de réchauffement climatique. Les résultats obtenus permettront de renforcer les connaissances sur la tolérance thermique des vecteurs et d'adapter les programmes de surveillance entomologique et les stratégies de lutte antivectorielle.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Site et période d'étude

L'expérimentation a été réalisée au laboratoire de l'Université André Salifou de Zinder, Niger, en février 2025. Cette période correspond à la saison sèche, permettant un contrôle optimal des conditions expérimentales.

1.2 Collecte et identification des spécimens

Des moustiques adultes de *Culex* ont été collectés sur le terrain puis transportés au laboratoire, où les femelles ont été maintenues pour la ponte afin d'obtenir une descendance expérimentale. Les moustiques ont été élevés dans des conditions standardisées d'insectarium à une température de 25 ± 2 °C et une humidité relative de 80 %. Les adultes de première génération issus des femelles collectées sur le terrain (F1) ont été utilisés pour les essais expérimentaux. Les tests de survie thermique ont été réalisés sur des moustiques adultes âgés de 3 à 5 jours post-émergence.

1.3 Sélection et préparation des moustiques

Seules les femelles adultes non gorgées ont été sélectionnées pour l'étude, identifiées morphologiquement selon la clé d'identification de Robert (Robert et al, 2022). Chaque moustique a été introduit individuellement dans un tube à hémolyse stérile (12 × 75 mm) à l'aide d'un aspirateur à bouche équipé d'un filtre de protection. L'ouverture de chaque tube a été obturée avec une boule de coton hydrophile stérilisée, permettant les échanges gazeux tout en empêchant l'évasion. Les tubes ont été disposés dans un portoir adapté, maintenant la partie contenant le moustique, légèrement inclinée vers le bas.

1.4 Protocole d'exposition thermique

Les 160 moustiques ont été répartis aléatoirement en quatre groupes de 40 individus chacun, correspondant aux températures d'exposition : 36°C, 38°C, 40°C et 42°C. Ces températures ont été choisies pour représenter des conditions de stress thermique progressif, allant de températures élevées mais tolérables (36°C) à des températures

potentiellement létales (42°C). Le nombre de moustiques par groupe a été défini en s'inspirant des recommandations opérationnelles de l'OMS pour les bioessais sur moustiques adultes, qui préconisent l'utilisation d'effectifs suffisants et standardisés afin de garantir la robustesse des estimations de mortalité tout en limitant les effets liés à la variabilité biologique. Les moustiques utilisés étaient des adultes femelles âgés de 3 à 5 jours, sélectionnés aléatoirement parmi les individus viables, conformément aux recommandations méthodologiques de l'OMS pour les tests biologiques sur moustiques adultes.

L'exposition a été effectuée dans un bain-marie thermostatique de précision (Water Bath DK420, DAIHAN Scientific Co., Ltd), rempli d'eau distillée préalablement chauffée et stabilisée à la température souhaitée (±0,1°C). Chaque moustique, dans son tube, a été immergé verticalement dans le bain-marie pendant exactement une heure. Le couvercle du bain-marie a été maintenu fermé durant toute l'exposition pour assurer la stabilité thermique. La température a été vérifiée toutes les 15 minutes à l'aide d'un thermomètre digital calibré.

1.5 Conditions post-exposition et suivi de survie

Après l'exposition thermique, les moustiques ont été transférés dans des conditions contrôlées standard (25°C ± 2°C, 65% ± 5% d'humidité relative, photopériode 12:12 L:O). Ils ont été regroupés par lots de 10 individus par température dans des cages d'élevage ventilées (20 × 20 × 20 cm), avec accès ad libitum à une solution sucrée à 10% (coton imbibé renouvelé quotidiennement).

L'évaluation de la survie a été effectuée à intervalles réguliers : 24h, 48h, 72h, 96h, 120h et 144h post-exposition. À chaque point de contrôle, les moustiques ont été examinés individuellement pour déterminer leur statut vital (vivant/mort). Un moustique était considéré comme mort en l'absence de tout mouvement après stimulation tactile douce. Les moustiques morts ont été immédiatement transférés dans des tubes Eppendorf étiquetés avec les informations suivantes : température d'exposition, date et heure exacte de la mort, numéro d'identification.

1.6 Analyse statistique

Les données de survie ont été analysées selon une approche d'analyse de survie classique. Les courbes de survie ont été estimées par la méthode de Kaplan-Meier, permettant de tenir compte de la censure des données. La gestion des censures a été effectuée selon un modèle de censure à droite de type I : les individus vivants à la fin de la période de suivi (144 heures) ont été censurés, soit 21 individus à 38°C, 12 individus à 36°C, et aucun à 40°C ou 42°C. Le nombre exact de décès par intervalle de 24 heures a été dénombré pour chaque groupe de température. La comparaison globale entre les groupes de température a été effectuée à l'aide du test de log-rank (Mantel-Cox).

Un modèle de régression de Cox à risques proportionnels a été ajusté pour quantifier l'effet de la température sur le risque instantané de mortalité. La température a été

considérée comme variable continue pour estimer le hazard ratio (HR) par degré d'augmentation. Ce choix est justifié par la présomption d'une relation dose-réponse monotone dans la plage étudiée (36-42°C), par un gain en puissance statistique, et par la validation post-hoc d'un test du rapport de vraisemblance comparant le modèle continu au modèle catégoriel, lequel n'a pas montré de différence significative ($p = 0,37$). La proportionnalité des risques a été vérifiée graphiquement par l'examen des résidus de Schoenfeld normalisés, lesquels oscillent aléatoirement autour de zéro sans tendance systématique, et confirmée par le test de corrélation de Schoenfeld ($p = 0,082$; $\chi^2 = 1,24$; $p = 0,265$). La concordance du modèle a été évaluée par l'indice C de Harrell. Les tests de vraisemblance (likelihood ratio), de Wald et de score (log-rank) ont été calculés pour évaluer la significativité globale du modèle.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 4.5.2). Le seuil de significativité a été fixé à $\alpha = 0,05$ pour tous les tests statistiques. Les intervalles de confiance ont été rapportés à 95 %.

2. RESULTATS

2.1 Caractéristiques générales de l'expérimentation

L'étude a porté sur 160 moustiques femelles du genre *Culex*, répartis équitablement en quatre groupes d'exposition thermique (n = 40 par température). Le suivi sur 144 heures a permis d'enregistrer 125 événements de mortalité (78,1% de l'effectif total), avec 35 individus censurés (21,9%) ayant survécu jusqu'à la fin de l'observation.

2.2 Évolution temporelle de la survie selon la température

L'analyse des courbes de Kaplan-Meier révèle une diminution progressive et dose-dépendante de la probabilité de survie avec l'augmentation de la température d'exposition (Figure 1).

À 36°C, la survie demeure relativement stable avec une probabilité de survie de 87,5% à 24h, déclinant graduellement pour atteindre 75% à 144h. Cette température semble représenter un seuil de tolérance acceptable pour les moustiques *Culex* dans les conditions expérimentales.

À 38°C, une mortalité modérée mais progressive est observée dès 48h post-exposition. La probabilité de survie chute à 72,5% à 72h et continue de décliner pour atteindre 52,5% à 144h, témoignant d'un stress thermique significatif mais non immédiatement létal.

À 40°C, un changement qualitatif majeur est observé avec une mortalité brutale débutant vers 72h. La survie chute drastiquement de 85% à 48h à seulement 25% à 96h, puis se stabilise autour de 17,5% jusqu'à 144h. Cette température semble constituer un seuil critique de tolérance thermique.

À 42°C, une mortalité massive et précoce est enregistrée, avec seulement 12,5% des moustiques survivant à 24h post-exposition. À 48h, la totalité des individus est décédée, démontrant le caractère immédiatement létal de cette température.

2.3 Comparaison statistique entre groupes

Le test de log-rank révèle une différence hautement significative entre les courbes de survie des quatre groupes de température (χ^2 = 89,7 ; dl = 3 ; p < 0,0001). Cette différence confirme que la température d'exposition influence de manière statistiquement significative et substantielle la survie des moustiques *Culex* adultes. Les comparaisons par paires montrent que chaque groupe diffère significativement des autres (p < 0,01 pour toutes les comparaisons), indiquant une réponse graduée à l'augmentation thermique.

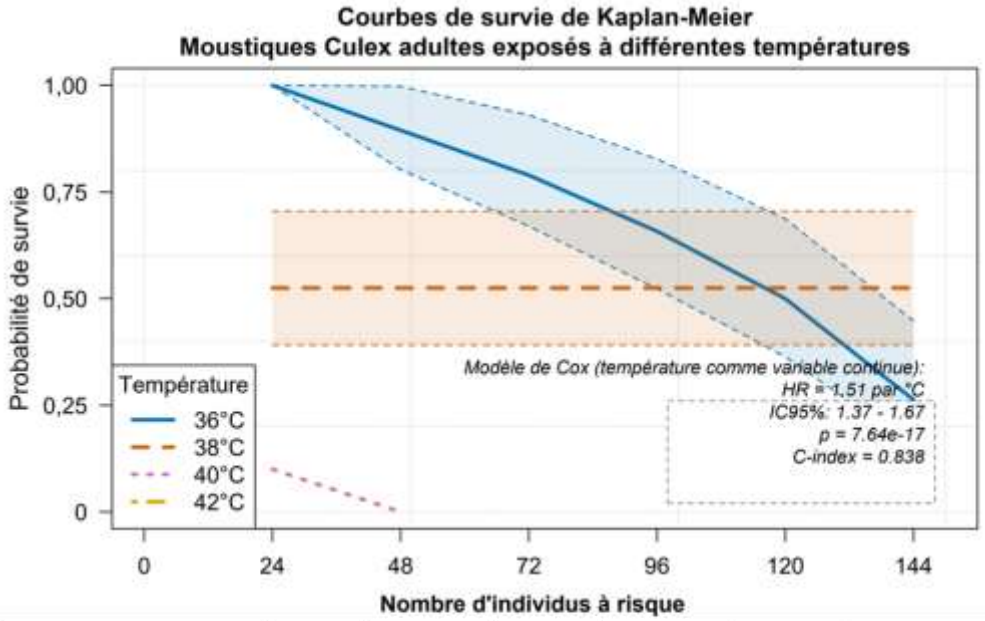
2.4 Modélisation par régression de Cox

L'analyse de régression de Cox, utilisant la température comme variable continue, a produit un modèle statistiquement robuste et biologiquement interprétable. Le coefficient de régression β = 0,4097 (ES = 0,0487) correspond à un hazard ratio HR = 1,506 (IC95% : 1,367 – 1,660 ; $p < 2\times10^{-16}$). Cela signifie que chaque augmentation d'1°C de la température d'exposition multiplie le risque instantané de mortalité par un facteur de 1,51, soit une augmentation de 51% du risque de décès.

La concordance du modèle (indice C = 0,833) indique une excellente capacité prédictive, avec 83,3% de paires d'individus correctement classées selon leur temps de survie.

Les tests de significativité globale du modèle sont tous hautement significatifs :

- Test de vraisemblance : χ^2 = 70,9 ; p < 0,0001
- Test de Wald : χ^2 = 70,8 ; p < 0,0001
- Test de score : χ^2 = 85,3 ; p < 0,0001



Température	24h	48h	72h	96h	120h	144h
36°C	38	34	30	25	20	0
38°C	21	21	21	21	21	0
40°C	4	0	0	0	0	0
42°C	0	0	0	0	0	0

La vérification de l'hypothèse de proportionnalité des risques n'a révélé aucune violation significative (p > 0,05), validant l'utilisation du modèle de Cox.

Figure 1 : Courbes de survie de moustiques *Culex* exposés à différentes températures (36°C, 38°C, 40°C, 42°C) au laboratoire. [L'analyse de Kaplan-Meier montre une diminution progressive de la probabilité de survie avec l'élévation de la température. Le nombre de moustiques encore à risque est indiqué en bas de la figure pour chaque température et chaque point de suivi. L'analyse multivariée par le modèle de Cox (HR = 1,51 ; IC95 % : 1,37–1,67) indique qu'à chaque augmentation d'1°C, le risque de mortalité augmente de 51 %, confirmant un effet significatif et croissant de la température sur la survie (p < 0,0001).]

3. DISCUSSION

3.1 Signifiance biologique des résultats

Cette étude apporte des preuves expérimentales robustes de la sensibilité thermique des moustiques *Culex* adultes aux températures élevées. La relation dose-réponse observée, caractérisée par un hazard ratio de 1,51 par degré Celsius, révèle une vulnérabilité thermique importante de ces vecteurs aux températures extrêmes.

Nos résultats sont cohérents avec les observations antérieures montrant que les températures élevées peuvent avoir un effet négatif sur la survie des moustiques adultes. La mortalité massive observée à 42°C confirme l'existence d'un seuil létal critique, probablement lié à la dénaturation des protéines cellulaires et à l'effondrement des processus physiologiques essentiels.

La température de 40°C apparaît comme un point d'inflexion critique, permettant la transition d'une phase de mortalité progressive à une phase brutal. Cette observation suggère l'existence de mécanismes adaptatifs fonctionnels jusqu'à environ 38-39°C, au-delà desquels les systèmes de thermorégulation sont débordés. Arjunan et al. (2014), qui ont travaillé sur des larves de *Culex*, ont conclu à l'absence de développement au-delà de 36 °C.

Statistiquement, le modèle de Cox confirme l'impact significatif de la température sur le risque de mortalité, le rapport de risque quantifiant une augmentation de 51 % par degré. Ces résultats concordent avec des études antérieures sur d'autres espèces de *Culex* (Alexandre et al., 2014 ; Delatte et al., 2009). La température affectait non seulement la survie, mais aussi la fertilité des femelles (Delatte et al. 2009).

La recherche récente indique que les populations de moustiques Anopheles diminuent à 40°C, suggérant que cette température critique pourrait être partagée par plusieurs genres de vecteurs. Cette convergence évolutive vers un seuil létal similaire, pourrait refléter des contraintes physiologiques fondamentales communes aux diptères hématophages. Arjunan et al. (2014) se sont concentrés sur les stades larvaires, montrant les effets des températures sur le développement. Notre étude va plus loin en ciblant les adultes, un stade critique pour la transmission vectorielle.

Ewing et al. (2016) ont quant à eux modélisé la dynamique des populations de *Culex* en fonction des variables climatiques, y compris la température, mais sans validation expérimentale. Notre travail comble donc un vide en proposant une approche empirique rigoureuse.

3.2 Implications écologiques et épidémiologiques

Dans un contexte de réchauffement climatique, nos résultats prennent une importance particulière. Des températures dépassant les 40 °C sont de plus en plus fréquentes dans certaines zones urbaines africaines. Cela pourrait limiter la survie des moustiques adultes, mais aussi modifier la dynamique de transmission selon que la période d'exposition coïncide avec les cycles de piqûre et d'incubation.

En résumé, cette étude confirme que la température est un facteur écologique majeur qui influence directement la survie des moustiques *Culex*. Elle offre une base expérimentale solide pour anticiper les effets du changement climatique sur les populations de vecteurs et adapter les stratégies de lutte antivectorielle aux réalités thermiques locales.

Cependant, cette étude se distingue par l'utilisation de méthodes d'analyse de survie qui a une bonne capacité prédictive du modèle utilisé (concordance = 0,83), montrant que les méthodes statistiques appliquées (Kaplan-Meier et Cox) sont bien adaptées pour ce type d'analyse. L'approche par régression de Cox permet une quantification précise du risque, facilitant l'intégration de ces données dans les modèles prédictifs de transmission vectorielle.

En ce qui concerne les implications écologiques et épidémiologiques dans un contexte de réchauffement climatique, ces résultats suggèrent des modifications complexes de la dynamique de transmission vectorielle. D'une part, des températures plus chaudes peuvent augmenter la répartition géographique des zones où les vecteurs peuvent survivre et se reproduire. D'autre part, nos données indiquent qu'au-delà de certains seuils, l'augmentation thermique pourrait paradoxalement réduire les populations de vecteurs adultes par mortalité directe.

Cette dualité température-favorable/température-létale implique une réponse non-linéaire des populations de moustiques au réchauffement. Dans les régions déjà chaudes d'Afrique subsaharienne, une augmentation de quelques degrés pourrait pousser les températures maximales quotidiennes au-delà des seuils de tolérance, induisant une mortalité vectorielle accrue pendant les périodes les plus chaudes.

Cependant, il convient de noter que le taux de survie de la phase adulte est quasi-linéaire, allant de 0% à 15°C et atteignant 90% à 20°C avant de décliner à 60% à 35°C, indiquant que nos températures expérimentales représentent des conditions de stress extrême plutôt que des conditions ambiantes typiques.

3.3 Implications pour la lutte antivectorielle

Pour la lutte antivectorielle, nos résultats offrent des perspectives nouvelles pour l'adaptation des stratégies de lutte antivectorielle au changement climatique. La connaissance précise des seuils de tolérance thermique pourrait permettre de prédire les périodes et zones de vulnérabilité maximale des populations vectorielles.

Les interventions de lutte pourraient être optimisées en ciblant préférentiellement les périodes de stress thermique naturel, où les populations sont déjà affaiblies. Inversement, pendant les périodes de températures favorables, un renforcement des mesures de contrôle pourrait être nécessaire pour compenser l'augmentation du fitness vectoriel.

Dans un contexte plus large, l'importante endémicité et la menace croissante de maladies telles que le paludisme et les arboviroses, intensifiées par le changement climatique, affectent de manière disproportionnée les communautés vulnérables à l'échelle mondiale. Nos résultats contribuent à la base scientifique nécessaire pour développer des stratégies d'adaptation robustes.

3.4 Limites et perspectives

Néanmoins, cette étude présente plusieurs limitations qui doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats. L'exposition thermique de courte durée (1 heure) pourrait ne pas refléter fidèlement les effets d'expositions prolongées aux températures élevées, plus représentatives des conditions naturelles lors des vagues de chaleur.

L'utilisation de moustiques non identifiés au niveau spécifique et le manque de témoin négatif, limitent la généralisation des résultats. Les différentes espèces de *Culex* présentent potentiellement des tolérances thermiques variables, influençant leur réponse individuelle au stress thermique. Une des limites de cette étude réside dans le fait que l'exposition thermique aiguë et contrôlée ne reproduit pas entièrement les fluctuations thermiques naturelles auxquelles les moustiques sont exposés dans leur environnement.

Les conditions de laboratoire, bien que contrôlées, ne reproduisent pas la complexité des facteurs environnementaux naturels (humidité relative, radiation solaire, disponibilité de refuges thermiques) qui modulent la réponse thermique in situ.

Les recherches futures devraient explorer plusieurs directions. L'identification spécifique des moustiques testés permettrait d'établir des profils de thermotolérance espèce-spécifiques. L'étude des mécanismes physiologiques sous-jacents (protéines de choc thermique, métabolisme énergétique) éclairerait les bases biologiques de la thermotolérance. L'investigation des effets transgénérationnels de l'exposition thermique pourrait révéler des processus d'acclimatation ou de sélection naturelle.

Enfin, l'intégration de ces données dans des modèles mécanistiques de dynamique de population permettrait de prédire quantitativement l'impact du réchauffement

climatique sur les populations vectorielles et, ultimement, sur la transmission des pathogènes qu'elles véhiculent.

CONCLUSION

Cette étude démontre expérimentalement la sensibilité thermique marquée des moustiques *Culex* adultes aux températures élevées, avec une mortalité qui augmente exponentiellement au-delà de 38°C. Le modèle de Cox révèle qu'une augmentation de 1°C multiplie le risque de mortalité par 1,51, quantifiant précisément cette relation température-survie. Dans le contexte du réchauffement climatique global, ces résultats suggèrent des modifications complexes de la dynamique vectorielle, avec des implications directes pour la transmission des maladies à Zinder (Niger) en particulier et en Afrique subsaharienne en général. La compréhension de ces seuils thermiques critiques est essentielle pour anticiper les changements épidémiologiques futurs et adapter les stratégies de surveillance et de lutte antivectorielle.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Université André Salifou de Zinder pour la mise à disposition des infrastructures de laboratoire. Nous exprimons notre gratitude aux communautés de Zinder ayant autorisé les captures de moustiques dans leurs habitations.

Déclaration de conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts en relation avec cette étude.

Financement

Cette recherche a été réalisée avec le soutien logistique de l'Université André Salifou et du Centre de Formation et Recherche en Médecine Tropicale de Niamey.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alexandre, T. C., Amy, M., A. Kilpatrick, M., & Laura, K. (2014). The Effect of Temperature on Life History Traits of *Culex* Mosquitoes. Journal of Medical Entomology, 51(1), 55-62. https://doi.org/10.1603/ME13003

Arjunan Nareshkumar, Murugan Kadarkari, Madhiyazhagan Pari, Nataraj Thiyagarajan, Shobana Kumar, Impact of climate change on filarial vector, *Culex quinquefasciatus* and control using bacterial pesticide, spinosad, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, Volume 4, Supplement 1, 2014, Pages S87-S91, ISSN 2222-1808, https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60420-5.

Delatte, H., Gimonneau, G., Triboire, A., & Fontenille, D. (2009). Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of Aedes albopictus, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. Journal of Medical Entomology, 46(1), 33–41. https://doi.org/10.1603/033.046.0105

Ewing D.A., C.A. Cobbold, B.V. Purse, M.A. Nunn, S.M. White; (2016); Modelling the effect of temperature on the seasonal population dynamics of temperate mosquitoes; Journal of Theoretical Biology 400 (2016) 65–79; http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2016.04.008

Figueroa Daniela P., Sergio Scott, Christian R. González, Gustavo Bizama, Raúl FloresMara, Ramiro Bustamante & Mauricio Canals; (2020); Estimating the climate change consequences on the potential distribution of *Culex pipiens* L. 1758, to assess the risk of West Nile virus establishment in Chile; Gayana (2020) vol. 84, No. 1, 46-53

Hammami Pachka, Tran Annelise, Kemp Alan, Tshikae Power, Kgori Patrick, Chevalier Véronique, Paweska Janusz and Jori Ferran (2016). Rift Valley fever vector diversity and impact of meteorological and environmental factors on *Culex pipiens* dynamics in the Okavango Delta, Botswana, Pachka et al. Parasites & Vectors (2016) 9:434, DOI 10.1186/s13071-016-1712-1

Kimberly Gromek, Matthew Hung, Nuria Montero, Gonçalo Sousa Pinto (2020) ; Maladies à transmission vectorielle : un manuel pour les pharmaciens Prévention, contrôle, gestion et traitement des maladies ; Colophon, Fédération internationale pharmaceutique (FIP) Andries Bickerweg 52517 JP La Haye, Pays-Baswww.fip.org

Moser, SK, Barnard, M., Frantz, RM et al. Revue exploratoire de l' hétérogénéité des traits d'histoire de vie du moustique Culex en fonction de la température. Parasites Vectors 16 , 200 (2023). https://doi.org/10.1186/s13071-023-05792-3

OMS, (2023) ; Changement climatique ; https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

Robert, V., Ndiaye, E. H., Rahola, N., Le Goff, G., Boussès, P., Diallo, D., ... & Diallo, M. (2022). Clés dichotomiques illustrées d'identification des femelles et des larves de moustiques (Diptera: Culicidae) du Burkina Faso, Cap-Vert, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad. Montpellier, IRD.

Ruybal, J.E., Kramer, L.D. & Kilpatrick, A.M. Geographic variation in the response of *Culex pipiens* life history traits to temperature. *Parasites Vectors* **9**, 116 (2016). https://doi.org/10.1186/s13071-016-1402-z

Tolsá-García, M.J., Wehmeyer, M.L., Lühken, R. *et al.* Worldwide transmission and infection risk of mosquito vectors of West Nile, St. Louis encephalitis, Usutu and Japanese encephalitis viruses: a systematic review. *Sci Rep* **13**, 308 (2023). https://doi.org/10.1038/s41598-022-27236-1