

Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement

IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'INCIDENCE DU PALUDISME DANS LE NORD-OUEST DE MADAGASCAR

TSITOHERY Christophe^{1*}, TIANDAZA Dinaraly Odilon¹, RAZANAMIHAJA Noeline¹

¹ Ecole Doctorale Nutrition-Environnement-SanteUniversité de Mahajanga

E-mail: dtsitoherychristophe@gmail.com

Résumé

Le paludisme touche des millions de personnes dans le monde et reste actuellement la première cause de consultation externe au Nord-Ouest de Madagascar. Conjointement, le changement climatique favorise les maladies infectieuses à transmission vectorielle dont le paludisme. Peu d'étude avait examiné la relation entre le climat et le paludisme à Madagascar, et aucune n'a encore été réalisée au Nord-Ouest du pays. Ces contextes nous incitent à mener la présente étude. Il s'agit d'une étude observationnelle rétrospective menée dans la région Boeny et Sofia, de 2011 en 2015. Elle concerne les cas de paludisme ainsi que les températures et les précipitations moyennes mensuelles des treize districts des deux Régions.

La moyenne annuelle de l'incidence du paludisme était de 17,7 / 1000 habitants. Une relation linéaire croissante entre la variation de la précipitation et les cas de paludisme a été enregistrée (Adjusted R-squared: 0.0163. P-value : 0.01668). Il en est de même pour la température sauf que dans quelques districts, à savoir Marovoay et Bealanana les P-values ont été au-dessus du seuil de 5%.

Le changement climatique agit sur la tendance du paludisme dans le nord-ouest de Madagascar. Devant ces situations, des stratégies visant à renforcer la protection de la santé publique vis-à-vis du paludisme devraient être mis en place, que l'on prenne ou non des mesures pour atténuer les effets du changement climatique.

Mots-clés: changement climatique, paludisme, incidence, prévention

I. INTRODUCTION

Le monde a fait d'énormes progrès dans la lutte contre le paludisme au cours des 15 dernières années. L'incidence des cas et le taux de mortalité due au paludisme ont été réduits respectivement de 41% et 62% de 2000 à 2015[1]. Malgré ces progrès, il continue de faire de nombreuses victimes dans le monde, dont la plupart sont des enfants de moins de cinq ans en Afrique [2] [3]. Quelques pays signalent récemment un nombre accru de cas: Cambodge, Diibouti, Ouganda Venezuela. et Madagascar [4].

Conjointement, le changement climatique induit des impacts négatifs à travers des maladies infectieuses à transmission vectorielle [5]. La capacité d'adaptation au changement climatique varie d'une région à l'autre, et d'un pays à l'autre [6] [7].

A Madagascar, le paludisme recule lentement de 2007 en 2012. Il regagne du terrain en 2013, un recul en 2014 et un retour en 2015, avec une proportion respective de 18%, 6% et 10% de cause de la consultation externe [8]. Dans le Nord-Ouest du pays, le paludisme persiste et occupe la première place des causes de consultation externe en 2015 [9] [10]. Aucune étude n'a

encore été réalisée pour établir la prévisibilité de la transmission du paludisme en fonction du climat dans la région Nord-Ouest du pays. Ces différents contextes nous incitent à mener la présente étude visant à expliquer l'influence du changement climatique sur le paludisme.

I. MÉTHODOLOGIES

Il s'agit d'une étude de type observationnelle rétrospective, menée dans deux régions (Boeny et Sofia) situées au Nord-Ouest de Madagascar, de 2011 en 2015. Les variables indépendantes étaient les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles. La variable dépendante était incidence du paludisme. L'incidence du paludisme est définie par le nombre de cas de paludisme ou test de diagnostic rapide (TDR) positif collectées auprès des responsables de programme de lutte contre le paludisme des 13 districts concernés. Par contre, les températures et les précipitations moyennes mensuelles ont été recueillies auprès de la direction générale de météorologie à Ampandrianomby Antananarivo. Les données collectées ont été traitées et analysées avec SPSS 20.0

II. RESULTATS

Il y a lieu de préciser que faute d'indisponibilité des données du District de Mahajanga II, les données analysées ne concernent que les cinq autres districts de la Région Boeny ainsi que les sept Districts de la Région de Sofia.

III. L'INCIDENCE DU PALUDISME

III.1.1 Dans la Région Boeny

Le cas de paludisme dans le District de Mahajanga I a augmenté progressivement. En 2011, nous avons enregistré 700 cas avec une incidence de 4/1000 habitants. Alors qu'en 2015, le total de cas annuel a été évalué à 1963 individus, avec une incidence de 1'ordre de 10/1000 habitants. Le cas le plus nombreux a été repéré au mois de mars 2015, dont 341 individus. Le nombre des sujets atteints du paludisme à Mahajanga I augmentait d'une année à 1'autre, sauf en 2014.

Pour le District de Marovoay, la tendance du paludisme monte d'une année à l'autre. Le pic maximal a été enregistré au mois de mars 2013 avec 708 cas. L'incidence annuelle du paludisme dans le District de Marovoay varie de 9,4/1000 habitants à 27,1/ 1000 habitants.

En termes de nombre absolu de TDR positif, le District d'Ambato-Boeny s'est trouvé au top par rapport aux autres districts. Nous avons enregistré 25269 cas total dans ce district, avec une augmentation annuelle progressive. On a constaté aussi la tendance saisonnière avec prédominance de cas pendant la saison humide. L'incidence annuelle du paludisme à Ambato-Boeny varie de 18,8 à 42,3/1000 habitants avec une moyenne de 27,6/1000 habitants. Dans l'ensemble le cas de paludisme dans le District d'Ambato-Boeny progresse en hausse.

Dans le District de Mitsinjo, la tendance générale du paludisme régresse. L'incidence annuelle du paludisme a été moyennée de 31,1/1000 habitant à Mitsinjo.

Le District de Soalala a enregistré 9273 cas total. Le plus nombreux cas mensuel a été trouvé au mois de mai 2015, soit 355 individus. L'incidence annuelle du paludisme a été moyennée à 49,1/1000 habitants; le plus haut de la Région Boeny. Au total, le nombre de cas de paludisme dans la Région Boeny a été de 67018, avec une moyenne mensuelle de 232,39 et un écart-type de 153,80. L'incidence annuelle a été évaluée à 20,7/1000 individus. Soalala a été le District le plus touché, suivi d'Ambato-Boeny; Mahajanga I termine le rang.

III.1.2 Dans la Région Sofia

La tendance globale dans le District de Mampikony a été décroissante, avec un pic maximal de 773 cas au mois de mars 2014.

L'incidence annuelle varie de 13,6/1000 à 24,1/1000 avec une moyenne générale de 20,2/1000 habitants.

Le District de Port Berger a enregistré une moyenne mensuelle de 313,51 avec un écart-type évalué à 223,75. L'incidence du paludisme dans le District de Port Berger a été évaluée à 20,1/1000 habitants.

Quant au District d'Antsohihy, la moyenne mensuelle a été estimée à 385,03 et un écart-type à 282,39. L'incidence annuelle du paludisme varie entre 8,7 à 45,4/1000 habitants dont la moyenne s'est trouvée aux 20,5/1000 habitants.

Concernant le District d'Analalava, l'incidence annuelle du paludisme a oscillée entre 12,8 à 20,1/1000 habitants et la moyenne s'est évaluée à 20,1/1000 habitants.

A Bealanana, le nombre moyen mensuel est estimé à 24,05 et un écart-type de 19,5. Le District de Bealanana a trouvé un zéro (0) cas uniquement au mois d'octobre 2012. L'incidence de paludisme dans ce district a été de 2/1000 habitants.

Dans le District de Befandriana Nord, le cas moyen mensuel a été de l'ordre de 266 avec un écart-type de 178,7. La morbidité annuelle du paludisme dans ce district présente ainsi une tendance générale

stationnaire, avec une incidence annuelle égale à 13,3/1000 habitants.

Relatif au cas de paludisme de le District de Mandritsara chaque année, la moyenne de cas vue en consultation mensuelle a été de 190,75 dont un écart-type de 138,38. Le paludisme gagne du terrain progressivement dans ce district, avec une incidence moyennée à 7,4/1000 habitants.

III.2 LE CLIMAT

III.2.1 LE CLIMAT DE LA REGION BOENY

III.2.1.1 Les précipitations

Les districts les moins arrosés Mahajanga 1 et Mitsinjo, Dans lesquels le pic maximal des précipitations ne dépasse pas les 300mm, soit respectivement de 290,4mm et de 281,6mm. Tandis que les autres districts peuvent atteindre jusqu'à 600mm de pluie en saison humide. Les précipitations mensuelles ont culminé entre janvier et mars pour les cinq districts Le plus haut sommet des précipitations a été repéré dans le district de Marovoay au mois de janvier 2015 avec 710,4 mm, suivi du cas dans le district d'Ambato-Boeny le même mois et même année qui a été de 690,6 mm. Concernant les nombres de jour pluvieux, les mois de janvier cumulent le plus nombreux, avec une moyenne mensuelle de 21 jours, suivi du mois de février et mars respectivement de 17 jours et de 11 jours. Les mois de septembre enregistrent zéro jour de précipitation durant 5 années de suite. De 2011 à 2015, les précipitations dans la Région Boeny sont moyennées à 96,08 mm avec un écart-type de 141,25.

III.2.1.2 Les températures

La température minimale a été enregistrée dans le District de Mitsinjo au mois de juillet 2013, avec une valeur de 18,4, suivi par celui de Soalala la même période. Par contre la température maximale rencontrée a été celle du District d'Ambatoboeny au mois de novembre 2015, dont une valeur de 34,15. La température minimale moyenne et mensuelle dans la Région Boeny évoque une tendance négative, alors que la moyenne de la température maximale évolue en hausse mais avec une pente douce.

III.2.2 LE CLIMAT DE LA REGION SOFIA

III.2.2.1 Les précipitations

Le District de Bealanana est la plus arrosée de tous avec une moyenne de 630,9 mm de pluie; vient ensuite Befandriana Nord à 595,3 mm et puis Mandritsara à 485,8 mm. La zone la plus sèche se trouve à Port Berger, soit 47,2 mm, sur lequel, la saison sèche avec presque zéro précipitation s'étale du mois d'avril au mois d'octobre de chaque année. Au total les précipitations dans la

Région Sofia sont moyennées à 121,76 mm avec un écart-type de 149,50. La tendance de la précipitation dans la région Sofia est quasi-stationnaire avec une pente sensiblement égale à zéro.

III.2.2.2 Les températures

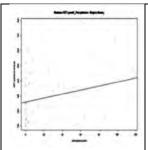
Mampikony est le district le plus chaud de Sofia. Il présente une moyenne de 29,9°C avec écart-type de 1,52. Alors que la moyenne régionale est de 26,6°C. Par ailleurs, la température minimale a été vue à Bealanana en juillet 2012, soit 15,4°C, suivi celle de Befandriana Nord. Dans la Région Sofia, la tendance de la température moyenne a été quasi stationnaire, avec une pente nulle de la droite linéaire, tout au long de la période d'étude.

III.3 RELATION ENTRE INCIDENCE DU PALUDISME ET CLIMAT

III.3.1 DANS LA REGION BOENY

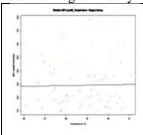
En moyennant les données mensuelles couvrant la totalité des 5 ans d'étude dans les cinq districts, pour apprécier les relations entre les nombres de TDR positifs et le climat, les figures suivantes montrent clairement que la précipitation à un effet augmentant sur les TDR avec un niveau très significatif de moins de 5% (Figure 1). La chaleur fait aussi augmenter les individus atteints de paludisme mais ne présente pas

de p-value significative, donc on ne peut pas retenir cette hypothèse (Figure 2).



Call:Im(formula = Total.RDT.positif ~ Précipitation) Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|) (Intercept) 259.9273 25.3075 10.271 1.14e-14 *** Residual standard error: 154.1 on 58 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.0673, F-statistic: 4.185 on 1 and 58 DF, p-value: 0.04532

Figure 1: Relation entre TDR(+) et précipitation dans la Région Boeny



Call:Im(formula = Total.RDT.positif ~ Température)
Coefficients : Estimate Std.
Error t value Pr(>|t|)
Residual standard error: 159.5
on 58 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.000441,
Adjusted R-squared: -0.01679
F-statistic: 0.02559 on 1 and 58
DF, p-value: 0.8735

Figure2 : Relation entre TDR(+) et température dans la Région Boeny

III.3.2 DANS LA REGION SOFIA

Concernant le District de Mampikony, la température évoque une timide relation linéaire avec les TDR positif. Par contre, la précipitation influe significativement sur l'incidence du paludisme (Figure n°50 -51).

Le District de Port-Berger signale une relation linéaire en hausse entre la linéaire possible n'a été observée avec la température (Figure n°58-59).

Les mêmes scénarios ont été évoqué dans le District de Befandriana Nord; aucune relation linéaire avec la température, mais une relation linéaire en hausse avec la précipitation (Figure n°60 - 61).

précipitation et les TDR positifs et statistiquement significative. Alors que la température n'y évoque pas (Figure n°52 - 53).

Avec une p-value pratiquement significative (inférieur à 5%), les précipitations font augmenter le nombre d'individus atteint de paludisme dans le District d'Antsohihy. Cependant, la température présente un effet timide sur la maladie, la P-value dépasse le 5% prévue (P-value=7,8%), alors l'hypothèse sur l'effet de la température sur l'incidence du paludisme n'est pas retenue dans ce District (Figure n°54 -55).

Pour Analalava, la température et la précipitation ont un effet rehausseur des nombres de TDR positifs. Les relations sont statistiquement significatives avec des P-values respectivement inférieures au seuil de 5% (Figure n°56 -57).

Pour le cas de Bealanana, le nombre de TDR positif présente, avec une significativité de moins de 5%, une relation linéaire croissante avec la précipitation, mais aucune relation Dans la Région Sofia, le nombre de TDR positif croit au fur et à mesure que les précipitations augmentent, une relation statistiquement significative dont la P-value égale à 0,06% (Figure 3).

La température fait effet statistiquement significative sur le paludisme significatif avec une p-value = 4,7% (Figure 4).

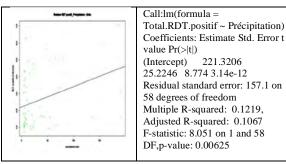


Figure 3 : Relation entre TDR(+) et la précipitation dans la Région de Sofia

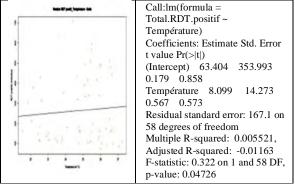


Figure 4: Relation entre TDR(+) et température dans la Région de Sofia

IV. DISCUSSIONS

IV.1 CONCERNANT L'INCIDENCE DU PALUDISME

Dans la Région Boeny, le nombre le plus élevé d'individus à TDR positif repéré a été localisé dans le district d'Ambato-Boeny. Le nombre le plus bas trouvé a été vu dans le district de Mahajanga I. Ont été compté dans ce dernier le minimum de cas en 2011 avec seulement 700 individus. En termes de proportion, malgré le nombre inférieur à celui d'Ambato-Boeny, Soalala a affiché une

incidence cumulée la plus élevée de la région tout au long de la période étudiée.)

Quant à la variation saisonnière, les taux les plus élevés ont été observés durant la période de pluie, du janvier à mai, avec un pic maximal en février 2015 à Ambato-Boeny. L'incidence du paludisme touche son niveau minimal, sans pour autant arriver au zéro cas, du mois de juillet au septembre de chaque année.

En effet, dans la Région Boeny la transmission a été pérenne et stable avec une saisonnalité remarquable. Une tendance répondant au faciès épidémiologique du paludisme dans le nord-ouest de Madagascar relaté dans beaucoup d'ouvrages antérieurs [16]. Selon lesquels, Madagascar présente, en matière de paludisme, quatre faciès épidémiologiques différents.

La représentation graphique de la tendance du paludisme dans cette région montre une trajectoire opposée à celle attendue pour la marche vers l'élimination de ce fléau. Nous avons pu remarquer aussi que l'incidence du paludisme a une tendance centrifuge dans la Région Boeny. Le District Mahajanga I, chef-lieu de la région compte le minimum d'incidence de paludisme. Soalala, District le plus lointain encaisse maximum, suivi successivement de Mitsinjo, d'Ambato-Boeny. Une étude menée sur la morbidité palustre en août 1990 a montré que dans la ville d'Antananarivo le paludisme représentait 1% des consultations, alors qu'à Analaroa, une zone rurale de la même région, la morbidité était de l'ordre de 5% [11]. Par ailleurs, une autre étude a conclu qu'en ville la transmission diminue de la périphérie au centre par suite de la diminution des espaces disponibles pour les gîtes larvaires et la pollution des eaux de surface par les effluents domestiques. [12].

Pour la Région Sofia la tendance classe le paludisme au top de la cause de morbidité dans les centres de santé en 2015 et devance l'infection respiratoire aigüe (IRA). Une situation qui ne répond certainement pas à l'objectif général du plan stratégique de lutte contre le paludisme à Madagascar [13].

La tendance saisonnière a été marquée, avec prédominance des cas pendant la période pluvieuse et une diminution significative en hiver et printemps. Contrairement à la région Boeny, le paludisme dans la région de Sofia suit une tendance centripète; Antsohihy a enregistré les plus de cas et Bealanana a été le moins touché.

Au total, les deux régions Boeny et Sofia comptent une incidence annuelle moyennée de 17,7/1000 habitants, dont Boeny dispose de 20,7/1000 habitants et Sofia 14,74. La tendance de la maladie est en hausse dans les

deux régions aussi bien en termes d'incidence que la morbidité.

Notre étude, s'accorde avec les résultats des études antérieurs lesquels ont conclu que sur la côte Ouest et Nord-Ouest de Madagascar, le paludisme se présente sous le faciès tropical caractérisé par une transmission saisonnière longue de plus de 6 mois [16].

IV. 2 A PROPOS DU CLIMAT

IV.2.1 Le climat dans la Région Boeny

Les températures moyennes mensuelles de la région Boeny ont montré une tendance en hausse de 2011 à 2015 (Figure n°18 - 22). La moyenne la plus élevée a été marquée dans le district d'Ambato-Boeny en octobre 2015 (32,6) et à Marovoay durant la même période (32,29° C). Par contre la plus basse, soit 24,43° C, a été vu dans le district de Mitsinjo, et puis 24,95° C à Mahajanga1; les deux cas se sont passée en 2012. Selon les données de notre enquête, la température moyenne annuelle de la région est évaluée à29,7 °C. Les moyennes annuelles de la température de la Région Boeny invoquent une tendance très légèrement en hausse.

Des données recueillies auprès de service de la météorologie en 2010 ont montrés les mêmes tendances. Ces données ont relaté la configuration topographique de la Région Boeny, laquelle bénéficie d'un climat de type tropical sec, fortement influencé par la mousson avec une alternance de 7 mois de saison sèche d'avril à octobre et 5 mois de saison pluvieuse, qui s'étale d'octobre à avril. Ainsi, on observe une grande régularité des températures, qui varient faiblement au cours de l'année. Seules les précipitations connaissent des variations annuelles conséquentes, et c'est donc principalement ce paramètre météorologique qui détermine le rythme des saisons de la région. Cette région bénéficie d'assez faibles précipitations ne dépassant pas 1500 mm/an, avec une saison des pluies de la minovembre avril, en une température moyenne annuelle de 30°C [17].

IV.2.2 Le climat dans la Région Sofia

Quant à la Région de Sofia, notre étude a montré que le climat ressemble au climat de type sub-semi-humide caractérisé par deux saisons bien distinctes, sèche de mai à octobre, humide de novembre à avril. Il varie suivant l'altitude, le district de Bealanana et de Mandritsara, lesquels se situent dans une zone de haute terre sont plus arrosés et plus frais que les autres districts de la zone littorale tel qu'Analalava, Port Berger et Antsohihy. Il fait plus chaud sur les côtes que sur les plateaux. La température varie suivant le climat et l'altitude. Elle est nettement élevée sur les zones côtières, où la

température annuelle moyenne atteint 27 °C. Par contre en saison sèche, la température descend jusqu'à 14,7 °C à Bealanana qui se trouve à 1 125 m d'altitude. La température moyenne mensuelle la plus élevée est observée à Mampikony et Antsohihy avec 33°C.

La littérature confirme notre observation, selon laquelle, la Région Sofia présente 2 zones thermiques bien distinctes: zone côtière, avec une température moyenne annuelle supérieure à 25 °C, qui concerne les districts de Port-Bergé, d'Antsohihy et d'Analalava; – une zone dite de hautes terres où la température varie de 20 °C à 25 °C. Il s'agit des sous-préfectures de Bealanana, Befandriana Nord, Mandritsara. La pluviométrie est caractérisée par une forte irrégularité. La saison humide commence en général au mois de décembre. Les pluies se concentrent sur 4 mois de l'année (décembre à avril). On peut assister à des précipitations violentes de quelques heures pendant la journée. Dans l'ensemble, la variation des pluies est moins nette et la pluviométrie annuelle se situe entre 1 100 à 1 900 mm. Malgré le nombre élevé de mois secs, la pluviosité est favorable à la riziculture et aux cultures sur brulis [18].

IV.3 RELATION ENTRE INCIDENCE DU PALUDISME ET LE CLIMAT

Il ressort des résultats de notre étude que l'incidence du paludisme dans les deux régions étroitement liée est aux précipitations. Bien que Sofia soit quasiment plus arrosée que Boeny, les deux régions présentent des relations linéaires significatives avec les précipitations. En effet, quand les précipitations augmentent, le nombre de TDR positif augmente aussi, avec des coefficients de corrélation nettement supérieur à zéro.

Nos résultats ne sont forcément pas en cohérence avec les résultats d'autres études antérieures, lesquelles ont montré que des précipitations plus abondantes n'induisent nécessairement pas d'une résurgence du paludisme [19] [20]. Dire que les résultats de différentes études sur la relation entre le climat et le paludisme sont très variés. La différence peut être due à l'existence de multitudes facteurs pouvant être liés au paludisme qui ne sont nécessairement pas inclus dans chaque étude. Une étude antérieure évoque, dans ce sens que lorsque le paludisme est stable comme dans le faciès tropical et équatorial, les facteurs locaux et anthropiques peuvent jouer sur le niveau ou la durée de la transmission [13]. En effet, Il s'avère opportun d'étudier le rôle d'autres variables susceptibles de jouer un rôle dans l'épidémiologie du paludisme; parmi lesquelles les modifications du réseau hydrographique, l'habitat, l'urbanisation, les mouvements de populations et les actions sur la lutte contre antipaludique. Des nombreuses variables n'ont qui malheureusement pas été incluses dans la présente étude.

Par ailleurs, des études fondées sur des modèles de prévision [21] [22] ont stipulé des conclusions appropriées à nos résultats. lesquelles, Selon les scénarios du climatique changement entrainent un accroissement net de l'aire géographique de transmission potentielle du paludisme; et dans les limites de ses aires d'extension actuelles, paludisme présente fréquence et un caractère saisonnier plus marqués. Et d'ajouter que la fréquence du paludisme est cependant fortement influencée les conditions par environnementales locales, 1a situation socio-économique et l'infrastructure de santé publique.

Une autre étude antérieure a conclu que les effets du changement climatique sur les vecteurs du paludisme modifient leur potentiel de distribution, induisant dans une région ou même un pays, des répercussions

sur le nombre total de personnes exposées. Que cette dernière augmente ou diminue, le paludisme risque de poser de nouveaux problèmes de santé publique dans des zones là où il n'était pas commun auparavant [23]. Les températures ont été constamment élevées mais non pas excessives, subissant très peu de variations dans les deux régions. L'hiver lui-même est chaud, avec quelques coups de froid. Des coups de froid qui n'a jamais descendu en dessous du 16°C. Pendant l'étude la moyenne de température de la Région Boeny était de 29,7°C, contre 27°C, à Sofia, températures incluses dans les seuils limites de développement optimal des larves d'Anophèle Gambiae [24]. En effet, la température fait effet sur le nombre de TDR positif dans certains districts des deux régions excepté Ambatoboeny, Marovoay, pour Boeny, et Port-Berger, Bealanana, pour Sofia.

Une étude antérieure a conclu que les températures dans une grande partie de l'Afrique sont actuellement plus propices à la transmission du paludisme que prévu précédemment. Et d'ajouter que les températures dans de vastes régions du continent seront mieux adaptées à la transmission dans l'ensemble des scénarios climatiques futurs, et les zones où les basses

températures empêchent totalement la transmission du paludisme vont se contracter [25].

D'autres ont affirmé que les facteurs climatiques, en particulier la température et l'humidité de l'air, jouent un rôle important dans la transmission du paludisme en influant sur l'abondance, le développement, le taux de piqûre et la survie des moustiques, ainsi que sur la survie des parasites et la période d'incubation extrinsèque [26] [27] [28]. Par conséquent, le changement climatique affectera probablement dynamique du paludisme et d'autres maladies transmises par les moustiques à 1'avenir [29] [30].

Toutefois, les effets du réchauffement climatique sur la transmission du paludisme restent un sujet de débat intense [31] [32]. Un certain nombre d'études ont montré que les observations du paludisme mondial ont diminué au cours du 20ème siècle et la résurgence locale de cette maladie dans les hauts plateaux d'Afrique de l'Est était à des principalement due facteurs anthropiques, à savoir les systèmes socioéconomiques et de surveillance de la maladie, plutôt que les facteurs climatiques [33] [34].

Inversement, des études ont suggéré une association étroite entre les changements

d'incidence du paludisme et la variabilité climatique dans les hautes terres d'Afrique de l'Est [35]. Jusqu'à présent, la plupart des études analysant les relations paludismechangement climatique ont eu tendance à considérer les facteurs environnementaux et facteurs anthropiques de manière indépendante Beguin [36]. et ses collaborateurs ont utilisé des modèles statistiques pour montrer les effets opposés du réchauffement climatique du développement socio-économique sur la répartition mondiale du paludisme. Bien que le risque de paludisme puisse être limité par la croissance économique, la modification du climat dans les zones pauvres reste un défi majeur pour la lutte antipaludique.

L'influence de la température sur le développement larvaire est bien étudiée chez différentes espèces de moustiques. l'intérieur des seuils limites de faible développement température de de température supérieure létale, le développement des stades aquatiques du moustique croît fortement l'augmentation de la température [37]. Chez An. gambiae s. l. les études ont montré que le développement d'un stade larvaire au stade suivant croit lorsque la température augmente jusqu'à un pic autour de 28°C et ensuite décroît. Que l'optimum d'émergence

des adultes à partir des gîtes larvaires se situe entre 22 et 26°C et qu'aucune émergence ne s'observe sous le seuil limite de 18°C et au-delà de 34°C. Le taux de reproduction est l'un des facteurs clés, déterminant le taux d'accroissement des populations d'insectes. Ce taux dépend des facteurs de développement des stades immatures que la température gouverne tant que la nourriture ne fait pas défaut [38]

De toutes les maladies transmissibles par les moustiques, le paludisme est la plus redoutable et la plus compliquée. La variabilité spatio-temporelle du paludisme liée aux déterminants environnementaux dont les moustiques nous conduit à admettre qu'à chaque localité correspond une situation palustre spécifique

V. CONCLUSION

Tout le risque du paludisme c'est d'être piqué par un moustique vecteur infestant. L'impact environnemental sur le vecteur influe forcément le système de transmission de la maladie. Des modifications environnementales qui se traduisent par la création des conditions nouvelles favorables ou défavorables à l'épidémiologie du paludisme. Malheureusement, le résultat de notre étude nous permet d'affirmer désormais que dans le nord-ouest de Madagascar, la situation bascule sur le côté favorable à la recrudescence du paludisme, à travers des modifications environnementales lié au changement climatique.

La santé publique devrait agir d'avantage au-delà du seul angle homme moustique, et intégrer d'autres volets, car les espèces n'évoluent pas seules en biologie, mais dans un système d'interdépendance les unes des autres, un écosystème qui détermine les conditions dans lequel les populations vivent. Les stratégies de lutte devront être à la fois multidisciplinaires et multisectorielle, favorisant d'avantage de choix des mesures préventives facilement accessibles et impliquant volontairement la communauté.

REFERENCES

- [1] World Health Organization. Global technical strategy for malaria 2016–2030. Geneva: World Health Organization (WHO); 2015
- [2] Indrani Gupta Samik Chowdhury. Financing for Health Coverage in India: Issues and Concerns. Institute of Economic Growth, Delhi, India; 2015. Rapport-346-first draft-cdr
- [3] Organisation mondiale de la Santé. Stratégie technique mondiale contre le paludisme 2016-2030 de l'OMS (2015).
- [4] Am J. Four malaria success stories: how malaria burden was successfully reduced in Brazil, Eritrea, India, and Vietnam. Trop Med Hyg, vol. 74, no 1, p.12-16, 2006.
- [5] Craig MH, Kleinschmidt I, Nawn JB, Le Sueur D, Sharp BL. Exploring 30 years of malaria case data in KwaZulu-

- Natal, South Africa: part I. The impact of climatic factors. Trop Med Int Health. 2004;9:1247–1257. doi: 10.1111/j.1365
- [6] United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007. IPCC fourth assessment report. Geneva: World Meteorological Association; 2007. Available from:http://en.wikipedia.org/wiki/IPC CFourthAssessment_Report [accès au 28 octobre 2009]
- [7] Teklehaimanot HD, Lipsitch M, Teklehaimanot A, Schwartz J. Weather-based prediction of Plasmodium falciparum malaria in epidemic-prone regions of Ethiopia I. Patterns of lagged weather effects reflect biological mechanisms. Malar J. 2004;3:41. doi: 10.1186/1475-2875-3-41. [PMC free article] [PubMed][Cross Ref]
- [8]. Ministère de la santé publique de Madagascar, plan de développement du secteur sante (PDSS) 2015-2019, juin 2015, p 12 au 16
- [9] Organisation mondiale de la Santé. Faire reculer le paludisme. Plan mondial de maîtrise de la résistance à l'artémisinine. Genève, 2011 [http://www.who.int/malaria/publication/atoz/artemisinin_resistance_containment_2011.pdf, consulté le 10 mars 2015].
- [10]. Gestion du Système d'Information Sanitaire (GSIS) de la région de Sofia. Données paludisme du janvier 2014 au décembre 2015, Consulté le 22/04/2016
- [11] Mouchet J, Blanchy S, Rakotonjanabelo A. Stratification épidémiologique du paludisme à Madagascar
- [12] CARNEVALE P, ROBERT V, BAUDON D et al. Faciès épidémiologique des paludismes en

- Afrique sub-saharienne. Etudes Médicales, 1984,3: 123-133
- [13] Mathilde.S. Evaluation de l'impact du paludisme et mise en application de la politique 'nationale de lutte contre le paludisme `a Antananarivo, Madagascar: enquêtes réalisées sur le terrain d'après les données de 2012. Sciences pharmaceutiques. 2014.
- [14] Roll Back Malaria, Focus sur Madagascar, Numéro 7 mai 2008
- [15] National Malaria Control Program. Madagascar Malaria Operational Plan Fiscal Year. 2016; 69-23
- [16] Bouma MJ. A new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972-89. Trans R Soc Trop Med Hyg. 2003 Mar-Apr; 97(2):133-9. Review. PMID: 14584363
- [17] Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar. Monographie Région Boeny. 2013 Fév
- [18] Komen K, Olwoch J, Rautenbach H, Botai J, Adebayo A. Long-run relative importance of temperature as the main driver to malaria transmission in Limpopo Province, South Africa: a simple econometric approach. EcoHealth. 2015;12:131–43
- [19] Dhimal M, O'Hara RB, Karki R, Thakur GD, Kuch U, Ahrens B. Spatio-temporal distribution of malaria and its association with climatic factors and vector-control interventions in two high-risk districts of Nepal. Malar J. 2014;13:457
- [20] Resign bias- Gunda1*, Moses John Chimbari2, Shepherd Shamu and al. Malaria incidence trends and their association with climatic variables in rural Gwanda, Zimbabwe, 2005– 2015
- [21] Volker Ermert Andreas H. Fink Heiko Paeth. The potential effects of climate change on malaria transmission in Africa using corrected

- regionalised climate projections and a simple malaria seasonality model. 6 August 2013],
- [22] Pearson RG, Dawson TP. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? Global Ecology and Biogeography 2003, 12(5):361-371
- [23] Institut National de la Statistique. Enquête Démographique et de Santé 2008-2009 (EDSMD-IV). Madagascar. INSTAT, 2009
- [24] MacDonald G. The Epidemiology and Control of Malaria. Oxford Medical Publications. United Kingdom: Oxford University Press; 1957. 2. Anderson RM, May RM. Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control. Dynamics and Control. United Kingdom: Oxford University Press; 1992.].
- [25] Sadie J. Ryan, 1–4 Amy McNally, 5. Leah R. Johnson, 6. Cartographie des limites physiologiques du paludisme en Afrique dans le contexte du changement climatique. Volume 15, Numéro 12, 2015]
- [26] Miller LH, Baruch DI, Marsh K, Doumbo OK. The pathogenic basis of malaria. Nature. 2002; 415(6872):673– 679. https://doi.org/10.1038/415673a PMID: 11832955 5.
- [27] Pascual M, Ahumada JA, Chaves LF, X. Rodo Bouma M. Malaria resurgence in the East African highlands: Temperature trends revisited. Proceedings of the National Academy Sciences. 2006; of 103(15):5829-5834. https://doi.org/10.1073/ pnas. 0508929103 6.
- [28] Patz JA, Olson SH. Malaria risk and temperature: Influences from global climate change and local land use practices. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2006;

- 103(15):5635–5636. https://doi.org/10.1073/pnas.0601493103].
- [29] Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. Nature. 2005; 438(7066):310–317.
 - https://doi.org/10.1038/nature04188 PMID: 16292302 8.
- [30] Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PTJ, Kutz S, Harvell CD. Climate Change and Infectious Diseases: From Evidence to a Predictive Framework. Science. 2013; 341(6145):514–519. https://doi.org/10. 1126/science.1239401 PMID: 239082301.
- [31] Reiter P, Thomas CJ, Atkinson PM, Hay SI, Randolph SE, Rogers DJ, et al. Global warming and malaria: a call for accuracy. Lancet Infect Dis. 2004; 4(6):323–324. https://doi.org/10.1016/S1473-3099 (04)01038-2 10.
- [32] Chaves LF, Koenraadt CJ. Climate change and highland malaria: fresh air for a hot debate. The Quarterly review of biology. 2010; 85(1):27–55. https://doi.org/10. 1086/650284 PMID: 20337259].
- [33] Gething PW, Smith DL, Patil AP, Tatem AJ, Snow RW, Hay SI. Climate change and the global malaria recession. Nature. 2010; 465(7296):342–345. https://doi.org/10.1038/nature09098 PMID: 20485434]
- [34] Stern DI, Gething PW, Kabaria CW et al. Temperature and Malaria Trends in Highland East Africa. PLoS ONE. 2011; 6(9):1–9. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0024524].
- [35] Patz JA, Hulme M, Rosenzweig C et al. Climate change (Communication arising): Regional warming and malaria resurgence. Nature. 2002; 420(6916):627–628.

- https://doi.org/10.1038/420627a PMID: 12478282].
- [36] Paaijmans KP, Thomas MB. Health. Wealth versus warming. Nature Climate Change. 2011; 1(7):349–350. https://doi.org/10.1038/nclimate1234].
- [37] Minakawa N, Mutero CM, Githure JI, Beier JC, Yan G. Spatial distribution and habitat characterization of anopheline mosquito larvae in Western Kenya. Am. J. Trop. Med. Hyg. 1999;61:1010-1016.)
- Zhou G, Munga S, Minakawa N, [38] **Spatial** Githeko AK. Yan G. relationship between adult malaria vector abundance and environmental factors in western Kenya highlands. Am. J. Trop. Med. Hyg. 2007;77(1):29-35).