IMPACTS DES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LE PALUDISME DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA REGION IHOROMBE MADAGASCAR

IMPACTS OF CLIMATE VARIATIONS ON MALARIA IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN THE IHOROMBE REGION MADAGASCAR

Hery Nantenaina **RAVANOMANANTSOA** [1/2], Oniarilala **ANDRIAMBELOSOA**[2], Victorine **RASOAMANDROSO**[3], Bernard **KOTO**[2], **VERIZA** Roberto Francis [2], Télesphore Yao **BROU**[1]

1-Laboratoire OIES (Océan Indien : Espaces et Sociétés), Université de La Réunion, Email : ravanomanantsoahery@gmail.com
2- Université de Toliara
3-Université de Fianarantsoa/Université de Toliara

RESUME

Dans cette étude, trois centres de santé de base (CSB) répartis dans les trois districts de la région Ihorombe ont été choisis pour étudier les relations entre climat et paludisme. Les cumuls pluviométriques, les températures moyennes, minimales et maximales ont été les quatre paramètres climatiques utilisés. Ces données climatiques proviennent des estimations satellitaires de type ERA-5 et celles sur le paludisme ont été fournies par la DRSP Ihosy. Avant de calculer les corrélations entre ces paramètres climatiques et le paludisme, une étude interannuelle et tendancielle des pluies et températures, qui se base sur des analyses statistiques, cartographiques et des tests de Mann-Kendall a été menée. Seize indices journaliers sur les pluies et températures ont été également calculés avec le logiciel rclimdex.

Il ressort des résultats que pluviométrie à l'échelle d'Ihorombe varie fortement dans le temps et dans l'espace. Les analyses tendancielles ont montré que les températures mensuelles en particulier de septembre à décembre tendent significativement à augmenter. Ce constat a été confirmé par les études au pas de temps journalier qui a montré une tendance à la hausse de certains indices sur les températures (txx, tnx, tx90p et tn90p) et une légère variation de ceux sur la pluviométrie (prcptot, CWD, R10mm, CDD, R95p, R99p, Rx1day, Rx5day).

Les données sur le paludisme ont globalement montré une importante prévalence du paludisme durant les mois chauds et humides. Les calculs des corrélations au niveau des CSB ont fait part d'un nombre de paludéens influencé différemment par les paramètres climatiques. Pour le cas du CSB d'Ivohibe, le paludisme est positivement et fortement corrélé aux températures (moyennes et maximales). Les deux courbes d'évolution (janvier, mars) du CSB Ihosy ont montré un nombre de paludéens sensibles aux cumuls pluviométriques. Il est à noter que d'autres facteurs tels que la disponibilité des TDR, leur acheminement et l'enclavement de certains centres peuvent aussi influer sur le nombre de cas de paludisme.

Mots clés : Ihorombe, changement climatique, paludisme, vulnérabilité

ABSTRACT

In this study, three basic health centers (BHC) spread across the three districts of the Ihorombe region were chosen to study the relationships between climate and malaria. Cumulative rainfall, average, minimum and maximum temperatures were the four climatic parameters used. These climate data come from the ERA-5 satellite estimates, and those on malaria were

provided by DRSP Ihosy. Before calculating the correlations between these climatic parameters and malaria, an interannual and trend study of rainfall and temperatures, based on statistical analyses, maps and Mann-Kendall tests was conducted. Sixteen daily indices on rainfall and temperatures were also calculated with the rclimdex software.
It appears from the results that rainfall at the scale of Ihorombe varies strongly in time and space. Trend analyses have shown that monthly temperatures, particularly from September to December, tend to increase significantly. This finding was confirmed by daily time-step studies, which showed an upward trend in certain temperature indices (txx, tnx, tx90p, and tn90p) and a slight variation in those for rainfall (prcptot, CWD, R10mm, CDD, R95p, R99p, Rx1day, Rx5day).
Overall, malaria data showed a high prevalence of malaria in the hot and humid months. Correlation calculations at the CSB level revealed a number of malarials influenced differently by climatic parameters. For the case of Ivohibe's CSB, malaria is positively and strongly correlated with temperatures (average and maximum). The two evolution curves (January, March) of CSB Ihosy showed a number of malarials sensitive to rainfall accumulations. It should be noted that other factors such as the availability of RDT, their delivery and the isolation of certain centres may also influence the number of malaria cases.
Keywords : Ihorombe, climate change, malaria, vulnerability

INTRODUCTION

Madagascar est l'un des 10 pays les plus vulnérables au changement climatique dû notamment à sa position géographique, son insularité et sa situation socio-économique. Les effets du changement climatique y sont déjà une réalité et affectent différents secteurs parmi lesquels la santé humaine (J. Tomalka *et al*., 2021). La température, les précipitations et l'humidité peuvent influencer la propagation des maladies en modifiant le cycle de vie et la portée des vecteurs de maladie et en affectant la transmission des maladies communiquées par l'eau et l'alimentation d'après les données de l'OMS (organisation mondiale de la santé) cité par S.R. Weiskopf *et al*., (2021). Dans l'ensemble du pays, la propagation des maladies infectieuses à transmission vectorielle est étroitement liée au changement climatique. Cette vulnérabilité de la population malagasy aux effets des dérèglements climatiques est exacerbée par le manque de soins adéquats, la malnutrition et la pauvreté généralisée avec un PIB/hab de 456 dollars en 2024[1].

Malgré le progrès ces dernières années dans la lutte contre les maladies vectorielles dont l'une des plus mortelles est le paludisme, cette épidémie continue de faire des victimes (C. Tsitohery et al., 2019). Entre 2018 et 2023, on a constaté une augmentation du nombre de piqures par personne par nuit surtout pour les deux principaux vecteurs : *An. gambiae s.l. et An.funestus.* Cette hausse est de 0,13 piqures par homme

[1] *https://donnees.banquemondiale.org*

par nuit (ou 13%) pour *An. gambiae s.l*. et de 0,08 piqures par homme par nuit (ou 8%) pour An. Funestus. Cette situation pourrait être attribuée à l'augmentation de la température de l'ordre de 0,84 à 1°C (Ministère de la santé publique, 2024).

Or, l'étude des effets du changement climatique sur la santé particulièrement sur le paludisme est limitée par l'insuffisance des données notamment climatiques. C'est le cas de la région Ihorombe qui malgré ses 26 930 km2 ne possède qu'une station météorologique opérationnelle (celle de Ranohira). Se trouvant dans le moyen Sud du pays, cette région se démarque par son climat de transition entre le Sud semi-aride, le versant Est plus humide et l'influence de l'altitude dans les hautes terres (A. Saint sauveur, 2007). A cette insuffisance des données s'ajoutent l'insuffisance des financements et des capacités techniques, sans parler des changements climatiques perçus et attendus, qui devraient exacerber les problèmes de santé, particulièrement la lutte contre le paludisme (Banque mondiale, 2024). Cette étude est une contribution à l'analyse des incidences climatiques (températures et de la pluviométrie) sur le paludisme dans le contexte actuel du changement climatique à l'échelle de la région d'Ihorombe.

2. METHODOLOGIE

2.1 Localisation géographique de la zone d'étude

La région Ihorombe se trouve dans le moyen Sud de la grande île (figure 1). Faisant partie de l'ex-province de Fianarantsoa, elle est administrativement divisée en trois districts : Ihosy, Iakora et Ivohibe. D'un point de vue géographique, cette région est comprise entre 21°61′ et 23°10′ de latitude Sud et 44°98′ et 46°62′ de longitude Est. Elle couvre une superficie de 26 930 km² (CREAM, 2013). Cette zone est occupée principalement par les ethnies Bara qui sont réputés par l'élevage extensif de zébu et la riziculture (A. Saint-sauveur, 2007).

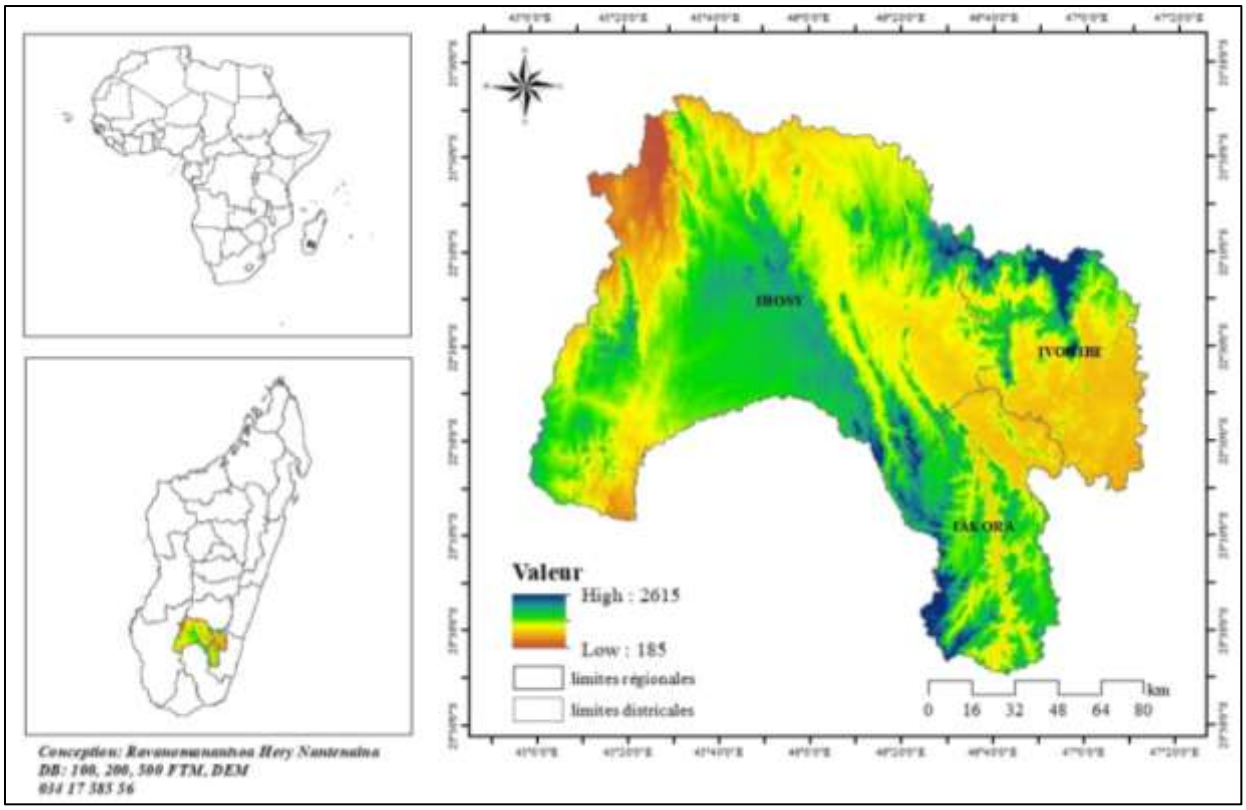


Figure 1 : Localisation de la région Ihorombe

2.2 Données et méthodes

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé deux types de données. Le premier type s'agit des données sur les estimations climatiques satellitaires issues de ERA-5. Ces données ont l'avantage de couvrir la quasi-totalité de la terre ; sont au pas de temps différents et disponibles depuis 1979. Elles permettent donc de compléter l'insuffisance et ou l'absence des données in situ. Le second type s'agit des données sur le paludisme (nombre de cas de paludisme ou test de diagnostic rapide positif) issues de la DRSP (Direction Régionale de la Santé Publique). Elles couvrent la période de 2016 à 2024 et comprennent le nombre de patients présentant de la fièvre et ceux qui sont testés positifs au paludisme. Ces données sont au pas de temps mensuel. Afin d'évaluer les rapports climat-paludisme à l'échelle d'Ihorombe, une analyse statistique, des tests d'hypothèses et des calculs de corrélation ont été menés. Dans un premier temps, les moyennes pluviométriques et thermiques des quatre dernières décennies ont été calculées sous forme de cartes. Puis, le test non-paramétrique de Mann-Kendall (avec saisonnalité) a été appliqué aux moyennes mensuelles afin d'observer leurs tendances.

Pour mener une analyse journalière des évènements pluviométriques et thermiques extrêmes, nous avons eu recours aux 27 indices de précipitations et de température définis par l'Equipe d'experts sur la détection d'indices du changement

climatique (ExpertTeam on Climate Change Detection Indices ETCCDI) (X. Zhang, F. Yang, 2004). L'usage de ces indices présente quelques avantages. Ils peuvent être appliqués à différents paramètres climatiques tels que les températures minimales, les températures maximales et les précipitations, au pas de temps journalier. Ils permettent également une comparaison facile des tendances entre diverses régions appartenant à des zones climatiques différentes (M. Massouangui-Kifouala, AP. Batchi mav et P. S. L. Maleke, 2021) et facilement compréhensibles dans l'évaluation des impacts du changement climatique (F. Hallouz , M. Meddi, G. Mahe et *al.,* 2019)

Ces indices ont été calculés avec le logiciel rclimdex version 1.1 qui fonctionne sur l'environnement du logiciel R. Parmi les 27 indices, 16 ont été choisis dans cette analyse dont 8 sur les précipitations et 8 sur les températures (*tableau 2*). L'analyse des extrêmes climatiques suit la démarche classique universelle dont les principales étapes sont le contrôle de qualité, le choix des indices, le calcul des indices et l'application de tests de tendance (M. Massouangui-Kifouala, *et al*., 2021)

Dans un second temps, une étude de corrélations mensuelles entre quatre paramètres climatiques (cumuls mensuels des pluies, moyennes mensuelles des températures, moyennes des températures minimales et maximales) et le nombre mensuel de cas de paludisme testé positif a été menée afin de mieux connaître le ou les paramètres ayant plus d'incidence sur l'évolution du paludisme.

3. RESULTATS

3.1. Variation interannuelle et saisonnière des pluies de 1979 à 2024

Plus généralement, la région Ihorombe a un climat intermédiaire entre le Sud semi-aride, les hautes terres centrales plus frais et le versant oriental plus humide. La cartographie des moyennes pluviométriques des quatre dernières (figure n°) décennies montrent globalement un faible changement des cumuls des pluies. Nous pouvons remarquer également une forte variabilité spatiale avec la partie Est plus arrosée et la partie Ouest recevant moins d'eau. Sur la période 1979-2024, la pluviométrie varie entre 700 mm et 1500 mm avec une moyenne de 894 mm.

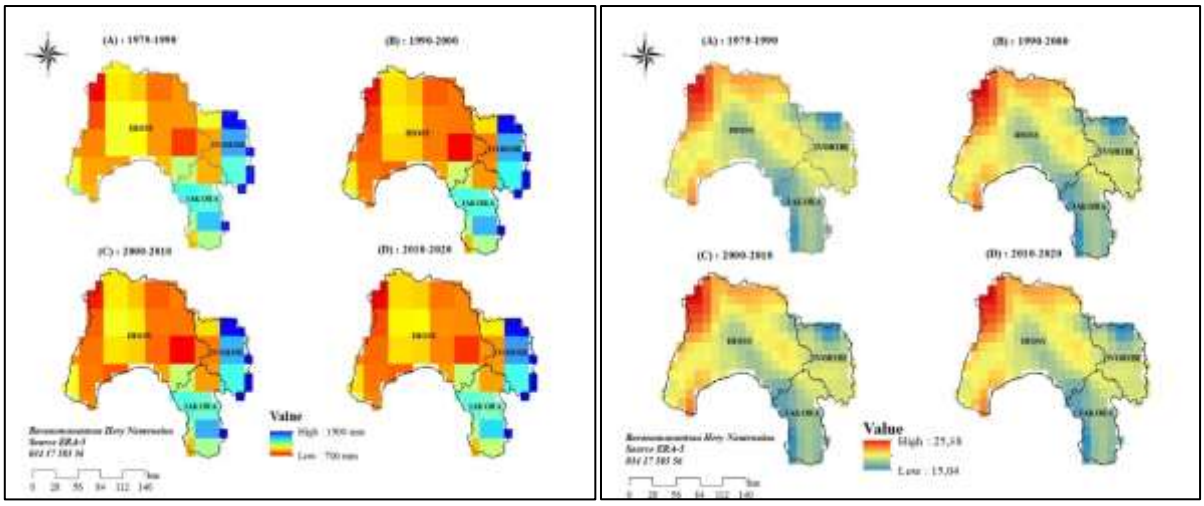


Figure 2: A gauche : carte des moyennes décennales des pluies (mm). A droite : carte des moyennes décennales des températures (°C)

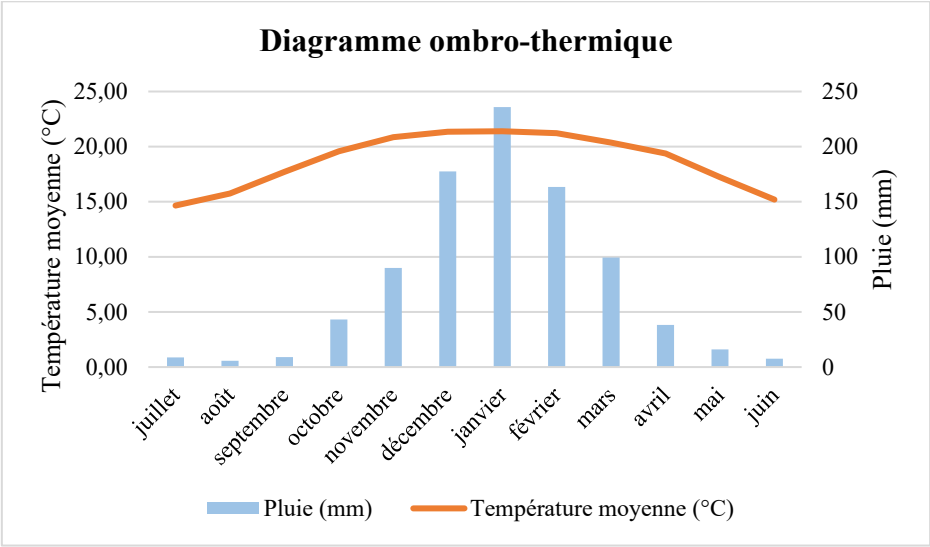


Figure 3: Diagramme ombro-thermique sur la période 1979-2024 (ERA-5)

Au cours d'une année, les cumuls mensuels connaissent également une forte variation. Les calculs des moyennes mensuelles mettent en évidence l'existence des deux saisons. La saison sèche commence en avril et se termine en octobre, soit une durée de 7 mois. Celle humide est plus courte ; elle commence en novembre et prend fin en mars..

3.2.Etudes des tendances interannuelles et saisonnières des températures de 1979 à 2024

Les cartes des moyennes des températures sur les quatre dernières décennies ont été réalisées (figure). Elles montrent d'emblée une forte variation dans l'espace des températures. Le district d'Ivohibe et celui d'Iakora connaissent des températures plus faibles (autour de 15°C) sur l'ensemble de la période. Les fortes températures pouvant aller jusqu'à 25°C sont observées dans la partie Ouest et Nord du district d'Ihosy. La moyenne de la période est de 18,72°C. Au cours d'une année, la température moyenne

varie d'un mois à l'autre. Elle monte progressivement à partir du mois d'août et atteint des valeurs maximales (autour de 21°C) en décembre, janvier et février. Afin d'observer les tendances mensuelles, le test de Mann-Kendall (avec saisonnalité) a été appliqué à tous les mois avec un seuil de signification de 0,05% (tableau 1). Il ressort de l'analyse que cinq des douze mois présentent des tendances significatives à la hausse des températures moyennes. Il s'agit du mois de mai, septembre, octobre, novembre et décembre avec un p-value respectivement de 0,024, 0,004, 0,024, < 0,0001 et 0,001 Tableau I.

Tableau I : Tendances mensuelles des températures moyennes de 1979 à 2024 (seuil de signification : 0,05)

Série\Test	**Tau de Kendall**	**p-value**	**Pente de Sen**
Janvier	0,278	0,175	0,298
Février	0,056	0,880	0,158
Mars	0,111	0,651	0,139
Avril	0,111	0,651	0,260
Mai	0,444	**0,024**	0,429
Juin	0,222	0,291	0,119
Juillet	-0,056	0,880	-0,011
Août	0,278	0,175	0,205
septembre	0,556	**0,004**	0,431
octobre	0,444	**0,024**	0,697
novembre	0,778	**< 0,0001**	0,528
décembre	0,667	**0,001**	0,588

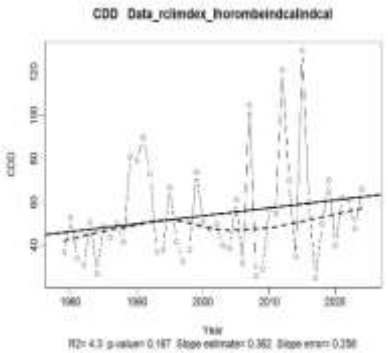
3.3. Analyse journalière des indices sur les pluies et températures de 1979 à 2024

L'analyse journalière a été réalisée à l'aide de l'outil rclimdex 1.1. Plus généralement, le calcul des indices (tableau 2) montre une tendance nette des indices sur les températures et une variation de ceux sur les pluies. Les indices *txx* (maximum des températures max), *tnx* (maximum des températures min), *tx90p* (jours relativement chauds) et *tn90p* (nuits relativement chaudes) ont affiché des nettes tendances à la hausse. Par contre, les nuits relativement fraiches (*tn10p*) et les jours relativement frais (*tx10p*) tendent significativement à baisser. Quant aux indices sur les précipitations, aucune tendance n'a été observée (*figure1*). Cependant, on constate une légère augmentation des *CDD* (jours secs consécutifs), *R95p* (jours très pluvieux), *R99p* (jours extrêmement pluvieux) *Rx1day* (hauteur maximale des précipitations d'un jour), *Rx5day* (cumul maximal des précipitations de 5 jours). Une légère baisse des *prcptot*

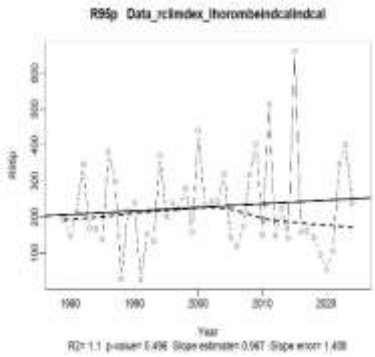
(précipitations totales), *CWD* (jours humides consécutifs) et *R10mm* (nombre de jours de précipitations ≥ 10 mm) a été également constaté entre 1979 et 2024 Tableau II.

Tableau II: Résumé des tendances des indices sur les pluies et températures de 1978 à 2025 (seuil : 0,05)

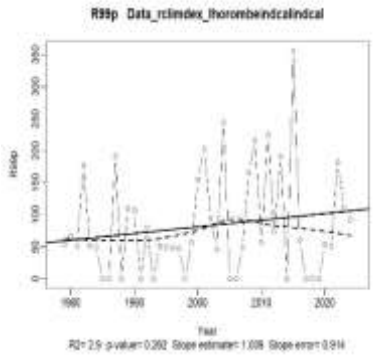
Indices	Start year	End year	Slope	STD_of_Slope	P_Value
txx	1979	2024	0.056	0.014	**0**
txn	1979	2024	0.015	0.011	0.173
tnx	1979	2024	0.013	0.004	**0.002**
tnn	1979	2024	0.006	0.01	0.536
tx10p	1979	2024	-0.155	0.037	**0**
tx90p	1979	2024	0.272	0.091	**0.005**
tn10p	1979	2024	-0.112	0.029	**0**
tn90p	1979	2024	0.216	0.049	**0**
rx1day	1979	2024	0.547	0.343	0.118
rx5day	1979	2024	0.44	0.631	0.489
r10mm	1979	2024	-0.148	0.078	0.063
cdd	1979	2024	0.362	0.258	0.167
cwd	1979	2024	-0.045	0.094	0.635
r95p	1979	2024	0.967	1.408	0.496
r99p	1979	2024	1.039	0.914	0.262
prcptot	1979	2024	-1.857	2.087	0.378



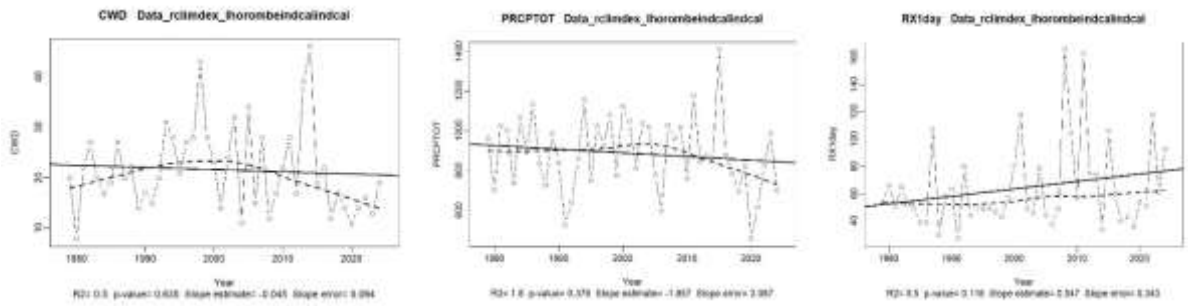
a



b



c



d e f

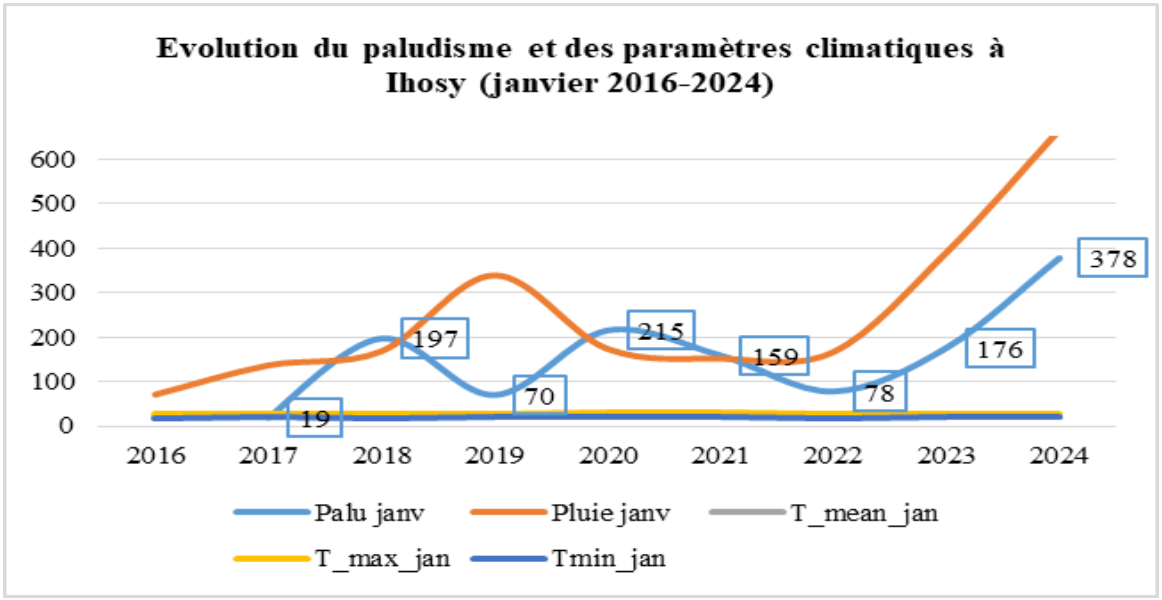
Figure 4 : CDD (a), R95 (b), R99 (c), CWD (d), Prcptot (e) et Rx1day (f)

3.4 Etudes des incidences climatiques sur le paludisme

Trois CSB répartis dans les trois districts (Ihosy, Ivohibe et Iakora) de la région Ihorombe ont été choisis pour étudier les relations climat-paludisme. Les données mensuelles (tableau 4) collectées au niveau de ces centres de 2016 à 2024 montrent globalement des cas de paludisme plus importants essentiellement durant les mois humides.

Quatre paramètres climatiques (pluie, moyenne des températures moyennes, minimales et maximales) ont été mensuellement corrélés au nombre de paludéens enregistrés au niveau de ces trois CSB. Les résultats des corrélations sont présentés dans le tableau 3. Il en ressort que les importantes corrélations positives ont lieu pour l'essentiel durant les mois chauds et humides (octobre, novembre, décembre, janvier et février). Pour le cas d'Ihosy, les fortes valeurs de corrélations sont observées durant le mois d'octobre. Aucune forte corrélation positive n'est observée pour le cas du CSB d'Iakora sauf durant le mois de novembre avec une valeur de 0,65. Pour le cas du CSB d'Ivohibe, on constate que le paludisme est positivement et fortement corrélé aux températures moyennes et maximales. Les valeurs des corrélations peuvent être supérieures à 0,80 durant le mois de janvier.

Afin d'étudier l'évolution mensuelle des relations entre climat et paludisme, les moyennes de ces mêmes paramètres et du nombre de paludéens durant le mois de janvier et mars (2016-2024) dans le CSB Ihosy ont été présentés sur les mêmes graphiques (figure 5). Ces graphiques montrent que l'évolution du paludisme est sensible aux cumuls pluviométriques. Les deux courbes d'évolution montrent que la forte prévalence du paludisme coïncide généralement avec les importants cumuls pluviométriques mensuels. Cependant, il est important de souligner que la rupture des TDR (Test de Diagnostic Rapide) au niveau national et ou le défaut d'acheminement ont un fort déterminisme sur le nombre de tests effectués au niveau de chaque CSB. A titre d'exemple, l'enclavement des districts d'Iakora et d'Ivohibe, compromet périodiquement l'acheminement des TDR durant la saison des pluies (décembre à mars) où le nombre de paludéen est en hausse Tableau III et figure 5.



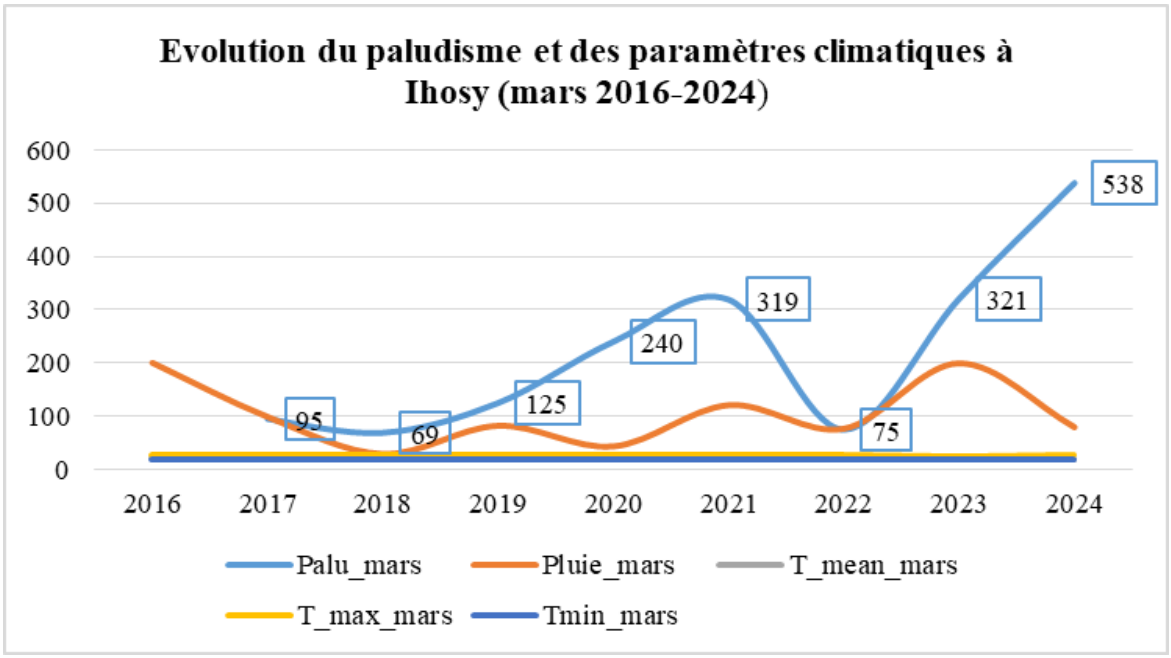


Figure 5 : Courbe d'évolution du paludisme et des paramètres climatiques à Ihosy (janvier, mars) de 2016 à 2024

Tableau III: Corrélations mensuelles entre le nombre de paludisme, moyennes des températures (max, min, moyenne) et cumuls des pluies dans le CSB Ihosy, Iakora et Ivohibe

CSB_Ihosy												
Cor mens	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
R_palu_Tx	-0,20	-0,18	-0,40	-0,15	-0,41	0,09	**0,75**	-0,07	0,21	**0,75**	0,02	0,23
R_palu_pluie	**0,70**	-0,47	0,34	-0,25	-0,16	-0,31	-0,56	0,19	-0,52	-0,17	-0,17	0,25

R_palu_tn	-0,05	-0,37	-0,09	-0,13	-0,11	-0,38	-0,46	-0,15	0,24	**0,67**	-0,09	0,18
R_palu_Tmean	-0,18	-0,25	-0,79	-0,08	-0,29	-0,17	0,43	-0,22	0,39	**0,80**	0,01	0,24
CSB_Iakora												
Cor mens	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
R_palu_Tx	0,26	0,15	0,23	0,30	0,20	0,15	0,08	0,32	0,19	-0,54	**0,65**	0,07
R_palu_pluie	0,00	-0,01	-0,54	-0,55	-0,59	0,25	0,00	-0,18	0,13	0,03	-0,79	-0,40
R_palu_tn	0,24	0,01	-0,30	0,00	-0,15	-0,06	-0,59	-0,61	-0,01	-0,36	-0,08	0,03
R_palu_Tmean	0,19	0,12	-0,33	0,08	0,18	0,10	-0,38	0,07	0,18	-0,57	0,50	0,00
CSB_Ivohibe												
Cor mens	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
R_palu_Tx	**0,89**	**0,63**	0,15	-0,16	-0,76	-0,49	**0,74**	-0,08	-0,06	0,21	**0,60**	**0,57**
R_palu_pluie	-0,47	0,28	-0,31	-0,50	-0,17	0,09	-0,45	0,15	-0,29	-0,24	-0,59	-0,51
R_palu_tn	0,30	0,43	0,04	0,39	-0,72	-0,54	-0,70	-0,30	**0,51**	0,40	-0,05	**0,54**
R_palu_Tmean	**0,83**	**0,62**	-0,31	0,18	-0,91	-0,69	0,23	-0,33	0,28	0,26	0,47	**0,54**

4. DISCUSSION

Le changement climatique affecte directement et indirectement la santé à Madagascar. Ce phénomène favorise les maladies infectieuses à transmission vectorielle. Sur la période 2018-2023, la hausse de la température annuelle due au changement climatique est responsable de l'augmentation de la densité moyenne des vecteurs du paludisme. Cet impact épidémiologique du climat se traduit par une augmentation du taux de positivité de 42,1% en 2018 à 51,2% en 2021 (Ministère de la santé publique, 2024). Selon l'étude de l'impact du changement climatique sur l'incidence du paludisme menée par C. Tsitohery (2019) dans le Nord-Ouest de Madagascar (région Boeny et Sofia) de 2011 à 2015, il existe globalement une relation linéaire croissante entre le climat (précipitations et températures) et les cas de paludisme. Pour le cas de Boeny, l'analyse des moyennes mensuelles montre que la pluviométrie a un effet significatif sur le nombre des TDR positifs contrairement à la température qui fait aussi augmenter le nombre d'individus atteints du paludisme mais de façon non significative. La même situation est observée dans la région Sofia sauf dans le district d'Analalava où la température et la pluviométrie ont une relation statistiquement significative avec le nombre de TDR positifs. Il est à noter que le pic pour les deux régions étudiées a été repéré au mois de mars. Cette étude présente des similitudes à nos résultats où les relations climat-cas de paludisme varient suivant la localisation géographique des CSB. Il faut cependant noter que le nombre de TDR positifs a été plus corrélé aux températures qu'à la pluviométrie. Le pic mensuel varie également d'un district à l'autre mais correspondent généralement aux mois humides (décembre, janvier). A Madagascar, le paludisme ne survient généralement pas au-delà d'une altitude de 1500 m. Le cas de paludisme augmente plutôt dans certaines régions en raison des crues et des eaux stagnantes qui sont propices aux moustiques (J. Tomalka

et al. 2021). Mais avec le changement climatique futur, l'aire de distribution des vecteurs du paludisme et les conditions thermiques de transmissions pourrait croître dans les hautes terres. Par ailleurs, les prédictions sous les scénarios à fortes émissions prévoient qu'à l'horizon 2070, 46 millions des malgaches sont estimées être exposées au risque de paludisme. Cependant, le climat n'est pas le seul facteur de l'augmentation du paludisme. Le nombre de cas de malaria et de décès liés à cette maladie à Madagascar a augmenté ces dernières années dû à la réduction du budget affecté au contrôle de la malaria et de la détérioration générale de la santé à la suite du coup d'état de 2009 (S.R. Weiskopf et al., 2021, Banque mondiale, 2024).

CONCLUSION

Le changement climatique est une réalité à Madagascar depuis quelques décennies. La santé est un des secteurs le plus sensible aux effets de ces dérèglements climatiques. Pour le cas d'Ihorombe, le paludisme qui est une maladie saisonnière semble être sensible aux tendances à la hausse des températures et la forte variation dans le temps et dans l'espace des pluies. Une importante prévalence du paludisme est observée notamment pendant les mois chauds et secs au niveau des trois CSB considérés dans cette étude. Les paramètres climatiques dont les pluies et températures affectent à différents degrés le nombre de cas de paludisme. Cependant, l'enclavement de certaines zones, l'acheminement et la conservation des tests, l'insuffisance des budgets étatiques sont autant de facteurs pouvant influencer le nombre de paludéens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BANQUE MONDIALE (2024). Rapport national sur le climat et le développement, 108 p.
2. Centre de recherches, d'études et d'appui a l'analyse économique à Madagascar CREAM (2013). Monographie région Ihorombe, 162p.
3. DJOSSOU M. L. D., KODJA D. J., & E.W VISSIN, (2020). Analyse de la variabilité des extrêmes climatiques dans le bassin versant de la Pendjari a l'Exutoire de Porga au Bénin, (IJPSAT), Vol. 22 No, 176-182
4. HALLOUZ, F., MEDDI, M., MAHE, G., KARAHACANE, H., & ALI RAHMANI, S. E. (2019). Tendance des précipitations et évolution des écoulements dans un cadre de changement climatique: bassin versant de l'oued Mina en Algérie. Revue des sciences de l'eau, 32(2), 83-114.
5. MASSOUANGUI-KIFOUALA, M., BATCHI MAV, A. P., & MALEKE, P. S. L. (2021). Tendances des évènements extrêmes de température à Brazzaville et à Pointe-Noire (République du Congo) de 1950 à 2010. Cinq Continents, 11(23).
6. Ministère de la santé publique, (2024). Impact du changement climatique dans le cadre de la lutte contre le paludisme à Madagascar, 16 p.
7. SAINT-SAUVEUR A., (2007). Le zébu dans le Sud-Ouest malgache, gardien des espaces pastoraux et des territoires ancestraux, pp 1047-1062

8. TOMALKA, J, LANGE S, ROHRIG F et al., 2021-Profil de risque climatique : Madagascar, 12p.
9. TSITOHERY C, TIANDAZA D.O, RAZANAMIHAJA N, (2019). Impact du changement climatique sur l'incidence du paludisme dans le Nord-Ouest de Madagascar, RSTE, Vol.1-2019, pp 220-234
10. WEISKOPF, S. R., J. A. CUSHING, T. MORELLI, AND B. J. E. MYERS. (2021). Climate change risks and adaptation options for Madagascar.Ecology and Society 26 (4) : 36. https://doi.org/10.5751/ES-12816-260436
11. ZHANG X. ET YANG F (2004). RClimDex (1.0). User Manual. Climate Research Branch Environment, Downsview (Ontario), Canada, 23 p.

ANNEXES

Tableau IV: Cas de paludisme testé positif par RDT

CSB Ihosy												
Année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
2016												
2017	19	42	95	95	112	50	25	8	22	50	29	51
2018	197	113	69	345	282	86	77	38	45	40	47	57
2019	70	101	125	167	307	119	76,5	34	42	104	98	101
2020	215	288	240	56	89	26	12	8	53	68	84	47
2021	159	140	319	490	444	200	87	55	93	49	51	38
2022	78	73	75	136	157	117	29	24	45	73	50	98
2023	176	158	321	345	454	340	187	101	154	221	313	224
2024	378	365	538	885	1272	582	355	438				
CSB Iakora												
Année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
2016	135	91	117	72	30	11	3	2	2	12	26	121
2017	378	454	423	267	263	81	81	2	46	138	315	566
2018	708	462	392	517	388	470	243	107	338	553	246	256
2019	413	473	599	515	408	305	47	106	126	386	540	417,5
2020	295	458	422	182	407	454	560	368	515	695	1021	1012
2021	737	312	635	723	1095	713	303	207	315	391	461	277
2022	400	280	268	295	396	227	112	81	152	257	473	273
2023	273	137	201	245	307	194	167	96	154	253	844	628
2024	439	415	570	788	874	608	388	682				
CSB Ivohibe												
Année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sept	oct	nov	déc
2016												

2017												
2018	491	251	270	53	160	132	42	22	58	238	168	466
2019	374	316	591	797	290	210	115	58	148	238	500	895
2020	1745	1597	683	96	55	346	306	183	135	462	884	1095
2021	1727	1558	571	682	851	691	226	80	162	166	310	646
2022	752	1016	786	1117	1453	582	135	122	82	114	284	235
2023	243	422	303	375	514	341	189	81	198	416	609	992
2024	642	602	695	628	631	675	473	742				

Source : (DRSP Ihorombe, 2024)