

# *Changement climatique et paludisme: comment se préparer à la reconfiguration radicale de l'épidémie ?*

Le paludisme est l'une des maladies les plus sensibles au changement climatique. En effet, les variations de températures et de pluviométrie affectent significativement la saisonnalité de la transmission, la densité, la distribution et le comportement des vecteurs. Elles redéfinissent aussi largement le périmètre des zones palustres endémiques. Des facteurs locaux, tels que les caractéristiques des différentes espèces de moustiques, l'immunité des personnes infectées, les mouvements de population, la résistance des parasites aux médicaments, les changements environnementaux (comme l'utilisation des sols) sont aussi déterminants pour comprendre l'impact potentiel du changement climatique sur l'épidémiologie du paludisme. Des modèles mathématiques nous aident à tracer des scénarii et à imaginer les mesures qui peuvent en mitiger l'impact. Mais sans une traduction opérationnelle de ces modèles dans des politiques cohérentes de santé publique, la préparation aux changements à venir (« *pandemic preparedness*») risque de rester lettre morte.

Le tableau dressé par l'OMS dans sa revue sur le changement climatique et la santé<sup>1</sup> est très sombre : 250 000 décès annuels supplémentaires sont prévus d'ici les années 2030 en raison notamment des effets du changement climatique sur des maladies comme le paludisme et sur la montée des eaux dans des régions côtières. Ces estimations demeurent toutefois prudentes, les modélisations sont complexes et par définition incertaines, en particulier lorsqu'il s'agit de prendre en compte des risques tels que la sécheresse et les évolutions migratoires. D'ailleurs ce chiffre utilise une définition qui ne prend pas en compte l'effet du changement climatique sur la nutrition des enfants et des femmes et ne regarde pas l'effet combiné de la baisse de la biodiversité, de la résistance aux pesticides et microbicides, des pollutions et du changement climatique.

1 <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health#:~:text=L'OMS%20pr%C3%A9voit%2C%20selon%20des,paludisme%20et%20des%20inondations%20c%C3%B4ti%C3%A8res>

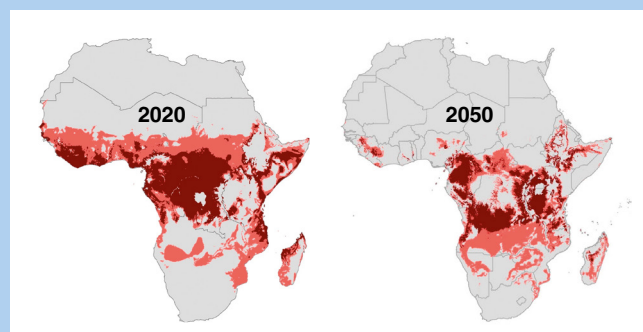
L'objectif de ce « *policy paper* » est de synthétiser quelques tendances qui se dégagent de différentes modélisations, et de fournir quelques clés pour en maximiser leur portée interprétative.

## DES MODÈLES À LONG-TERME POUR COMPRENDRE LA RECONFIGURATION RÉGIONALE DES ZONES ENDÉMIQUES ET DE LA SAISONNALITÉ DU PALUDISME

Malgré les variations existantes entre un modèle et un autre, et sans qu'il y ait un consensus absolu, nombreux sont les experts<sup>2</sup> qui s'accordent à dire que le dérèglement climatique risque de provoquer une hausse des cas de paludisme, et ce dans des contextes disparates. Ainsi, des températures plus élevées et une augmentation des précipitations et de l'humidité pourraient causer une prolifération des moustiques porteurs des parasites du paludisme à des altitudes et latitudes qui jusque-là étaient exemptes du parasite<sup>3</sup> ou ramener la maladie dans des zones alors en voie de pré-élimination<sup>4</sup>. En même temps, dans les zones où le paludisme est endémique, des températures plus chaudes pourraient modifier la durée de croissance du parasite chez le moustique, lui permettant de se développer plus rapidement, augmentant ainsi la durée de la transmission avec des implications sur le fardeau de la maladie<sup>5</sup>. Néanmoins, la réalité est plus complexe et d'autres facteurs comme une amélioration des conditions socio-économiques, un accès rapide aux soins mais aussi la mise en œuvre des mesures de lutte antivectorielle de routine pourraient constituer une barrière à l'émergence ou l'intensification de la dynamique palustre.

Parmi les modèles publiés récemment, Ryan et al<sup>6</sup> ont choisi de tenir compte, dans une approche « une seule-santé », du déséquilibre entre des éléments interdépendants que sont l'environnement, la santé animale et la santé humaine, produisant un modèle croisant des don-

nées climatiques (température, taux d'humidité plutôt que précipitations), des données biologiques (relatives aux moustiques et aux parasites) et des projections démographiques. Les auteurs proposent deux scénarii à des horizons 2030, 2050 et 2080. **Deux grandes tendances se dégagent de ce modèle.** D'une part, le **déplacement vers le Sud et l'Est de l'Afrique des zones de paludisme** vers des populations qui sont peu immunisées et qui risquent de ce fait de développer des formes plus graves de l'infection. Aussi, les scénarii de la fin du siècle (2080) prévoient des zones d'endémisme concentrées dans des régions auparavant épargnées ou marginalement épargnées, à savoir les hauts plateaux d'Afrique de l'Est (Ouganda, Kenya, Tanzanie) et d'Afrique australe (Angola, Zambie). En même temps, selon les auteurs, de vastes zones côtières depuis la côte de l'Afrique de l'Ouest à la Corne de l'Afrique dépasseraient la tolérance thermique des moustiques, et ne seraient donc plus en mesure de s'y adapter. La deuxième tendance est le **changement très probable de saisonnalité du paludisme**, qui devra être pris en compte pour adapter les stratégies : dans certains cas, le paludisme pourrait donc passer d'une charge de morbidité saisonnière à une charge de morbidité tout au long de l'année.



Cartes représentant les résultats modélisés de l'évolution des zones de transmission du paludisme endémique en bordeaux (i.e. 10-12 mois de transmission par an) et saisonnier en rose (i.e. 7-9 mois de transmission par an). Cartes extraites de Ryan, S.J., Lippi, C.A. & Zermoglio, F. Shifting transmission risk for malaria in Africa with climate change: a framework for planning and intervention. *Malar J* 19, 170 (2020), article placé sous une licence Creative Commons Attribution 4.0 International, qui permet l'utilisation, le partage, l'adaptation, la distribution et la reproduction

2 Thomson M.C. & Stanberry L.R. Climate Change and Vectorborne Diseases. *N Engl J Med*, 387: 1969-1978 (2022).

3 Parham P. E. & Michael, E. Modeling the effects of weather and climate change on malaria transmission. *Environmental health perspectives*, 118(5), 620-626. (2010)

4 <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/It-was-just-the-perfect-storm-for-malaria-pakistan-responds-to-surge-in-cases-following-the-2022-floods>

5 Rogers D.J. Changes in disease vector distributions. In: *Climate change and southern Africa: an exploration of some potential impacts and implications in the SADC region*», M. Hulme (Ed.), Climate Research Unit, University of East Anglia, Norwich (1996): p.49-55.

6 Ryan, S.J., Lippi, C.A. & Zermoglio, F. Shifting transmission risk for malaria in Africa with climate change: a framework for planning and intervention. *Malar J* 19, 170 (2020).

Ces changements, selon les estimations des auteurs, auraient un **impact important sur le fardeau et la distribution de la maladie** à l'horizon 2080: environ 197 millions de personnes en Afrique orientale et australe, jusqu'alors épargnées, pourraient être exposées à un certain degré de risque de transmission du paludisme. L'Afrique de l'Est paierait le tribut le plus lourd, avec, dans le pire scénario, 73,4 millions de personnes supplémentaires exposées à la transmission tout au long de l'année.

## PRÉVOIR L'INCIDENCE À COURT-TERME : UN MODÈLE COMPLEXE POUR UNE APPROCHE COMPLÉMENTAIRE

A une toute autre échelle de temps et avec une approche différente et plus fine, Beloconi et al<sup>7</sup> ont utilisé, **pour une région du Kenya à transmission élevée du paludisme**, des données climatiques et non climatiques connues (26 paramètres au total) pour la période 2008-2019, et ont ainsi pu **tester de façon rétrospective le caractère prédictif de leur modèle sur l'incidence du paludisme et la morbi-mortalité** et discuter le poids de chaque paramètre. Les auteurs ont observé une association nette entre l'augmentation des cas de paludisme un mois donné et l'augmentation des précipitations durant le même mois et les 3 mois précédents. La température moyenne au cours des 2 mois précédents a également un effet sur l'incidence du paludisme. Ainsi, les auteurs ont constaté qu'une augmentation de 1°C de la température diurne de la surface terrestre (un indicateur de la température de l'air) était associée à une diminution de 9% de l'incidence du paludisme, alors qu'une augmentation des précipitations de 10mm était associée à une augmentation de 4% de l'incidence du paludisme. Le taux d'utilisation des moustiquaires est également important puisqu'il permet d'affiner la force de prédiction du modèle. Cependant, plusieurs limites sont à souligner. Tout d'abord, ce modèle est incapable de prendre en compte l'âge de la population, alors que c'est un paramètre fondamental pour prévoir notamment la mortalité liée au paludisme. De plus, s'il peut donner de bonnes prévisions dans un contexte circonstancié pour 1 à 2 ans, sa capacité de prévision se détériore

rapidement au-delà. Quoiqu'il en soit, ces approches de modélisation plus circonstanciées demeurent un outil intéressant pouvant compléter les systèmes d'alerte précoce (*early warning systems*) et éclairer les scénarii d'intervention visant à améliorer les préparations et réponses à la variabilité météorologique.

## PRÉVENIR LA RÉSURGENCE DU PALUDISME URBAIN : DES MODÈLES POUR AGIR

Les niveaux d'endémicité palustre sont généralement plus faibles en milieu urbain qu'en milieu rural. Cela est essentiellement dû au processus d'urbanisation, qui tend à supprimer les gîtes larvaires (conquête des terrains de culture, comblement des points d'eau, pollution des réservoirs d'eau, etc.) et génère des modifications bénéfiques dans les habitudes des urbains (usage croissant de moustiquaires, de produits de lutte contre les moustiques, etc.). Cela ne va pas sans des effets paradoxaux: si les populations urbaines sont moins exposées, il n'en reste pas moins qu'elles peuvent développer des formes cliniques graves, leur résistance immunitaire étant habituellement faible, tardive.

Quoiqu'il en soit, plusieurs modèles suggèrent que la **tendance historique de diminution de la prévalence du paludisme en ville pourrait désormais être renversée** par l'arrivée en Afrique subsaharienne depuis la corne de l'Afrique de ***l'anophèle stephensi***. Contrairement aux autres *anophèles* (notamment *An. gambiae*, principal vecteur de diffusion du paludisme), *An. stephensi* est parfaitement adaptée au milieu urbain. Elle est en effet capable d'exploiter des récipients d'eau stagnante comme habitat de ponte, ce qui lui a permis d'envahir récemment non seulement la corne de l'Afrique, mais en particulier les grandes villes de cette région telle Djibouti qui, alors qu'elle était proche d'éliminer le paludisme, connaît dorénavant des épidémies annuelles de paludisme. *An. stephensi* a de plus une plus grande gamme de tolérance thermique qu'*An. gambiae*, ce qui rend les projections la concernant particulièrement inquiétantes: à l'horizon 2050 une grande partie de l'Afrique serait propice à une transmission quasi pérenne via

7 Beloconi, A., Nyawanda, B.O., Bigogo, G. et al. Malaria, climate variability, and interventions: modelling transmission dynamics. Sci Rep 13, 7367 (2023).

ce vecteur<sup>8</sup> avec une forte probabilité de présence dans de nombreuses villes d'Afrique où résident environ 126 millions de personnes<sup>9</sup>. Ces résultats démontrent la nécessité d'intensifier les activités de surveillance entomologique dans les zones à risque de transmission et la nécessité de partager et de diffuser les données de distribution connues<sup>10</sup>. Sans oublier les opportunités de mitigation à saisir : on songe en particulier aux programmes de surveillance et de contrôle de la dengue qui ciblent *Ae. aegypti* et qui peuvent être en mesure d'étendre leurs efforts de lutte à *An. stephensi* (ces deux espèces ayant des gîtes de reproduction similaires) sans investissement majeur dans de nouvelles ressources.

## CONCLUSIONS

Bien que ces modèles existent depuis de nombreuses années ils sont encore peu utilisés par les programmes nationaux de santé publique pour la préparation et la gestion des épidémies. Une des raisons est probablement l'insuffisance ou l'inadéquation de **systèmes de surveillance locaux** combinée à une rareté des ressources humaines en entomologie, dans les pays pourtant les plus exposés, qui entrave alors la mobilisation et l'interprétation de données de qualité au service de la préparation aux épidémies. Ces lacunes pourraient être comblées via l'expérimentation de nouvelles **approches de surveillance et de lutte antivectorielle communautaire**, que ce soit via les communautés elles-mêmes ou autres organisations locales. L'anticipation des résurgences, le développement de stratégies locales de lutte intégrée contre les moustiques et leur mise en œuvre constituent des approches intéressantes à considérer dans des contextes variés, notamment urbains.

Enfin, outre le partage de bonnes pratiques, la collaboration multisectorielle est la clef de voute d'une réponse efficace, orchestrant les secteurs de la santé mais aussi l'environnement, l'urbanisme, l'agriculture ou l'assainissement pour la conception des stratégies locales de préparation aux épidémies et à la lutte contre les maladies telles les arboviroses<sup>11</sup>.

- 8 Ryan, S.J., Lippi, C.A., Villena, O.C. et al. Mapping current and future thermal limits to suitability for malaria transmission by the invasive mosquito *Anopheles stephensi*. *Malar J* 22, 104 (2023)
- 9 Sinka ME, Pironon S, Massey NC, Longbottom J, Hemingway J, Moyes CL, Willis KJ. A new malaria vector in Africa: Predicting the expansion range of *Anopheles stephensi* and identifying the urban populations at risk. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 117(40):24900-24908. (2020)
- 10 Alerte vectorielle : invasion et propagation d'*Anopheles stephensi* en Afrique et à Sri Lanka, Organisation mondiale de la Santé 2023
- 11 Multisectoral approach for the prevention and control of vector-borne diseases. Geneva: World Health Organization; 2020.

L'Initiative exprime ses remerciements pour leur relecture attentive au Dr Patrice Piola Consultant Santé Globale (Epi-GH.com) et au Dr. A. Gildas Yahouedo, Entomologiste médical, spécialiste de Santé Publique au TDR (<https://tdr.who.int/>)

---

Expertise France (Groupe AFD)  
40, boulevard de Port-Royal, 75005 Paris  
Conception : JeanJean Factory  
Réalisation : Efil

Retrouvez les autres publications dans cette collection :  
<https://www.expertisefrance.fr>

