

Influence des Facteurs climatiques sur l'incidence de la dengue et du paludisme au Burkina Faso : une étude écologique

Titre courant : Influence du climat sur l'incidence de la dengue et du paludisme

**Jean Claude Romaric Pingdwindé OUEDRAOGO^{1*},
Adama BAGUIYA² et Abou COULIBALY²**

Résumé

Introduction : Le paludisme et la dengue sont des maladies vectorielles endémo-épidémiques au Burkina Faso. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'influence du climat sur le paludisme et la dengue dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso.

Méthodologie : Il s'agissait d'une analyse exploratoire de séries temporelles utilisant des données du SNIS et de la Direction Générale de la Météorologie. Des modèles ARIMA ont été utilisés pour décrire la tendance de la dengue et du paludisme de 2013 à 2016.

Résultats : A Ouagadougou, la dengue a suivi une tendance intra-annuelle bimodale en août et en novembre 2016. En analyse univariée par ARIMA, aucune association significative à 5% n'a été retrouvée entre climat et dengue. La tendance intra-annuelle du paludisme était bimodale en août et en octobre dans les deux villes. L'analyse univariée par ARIMA n'a retrouvé aucune association significative à 5% entre le paludisme et le climat à Ouagadougou. La température et l'humidité relative prédisaient l'incidence du paludisme en analyse multivariée. Plus 1% d'humidité induisait 2780 nouveaux cas et +1°C de température maximale, 12833 nouveaux cas ; +1°C de température minimale induisait une réduction de 13196 cas. A Bobo-Dioulasso, le paludisme était significativement associé à la pluviométrie et à l'humidité en analyse univariée. En analyse multivariée par ARIMA, l'humidité prédisait significativement le paludisme ; +1% provoquait 400 cas de paludisme.

Conclusion : Il y avait une influence différenciée du climat sur les maladies vectorielles selon la zone climatique, commandant des réponses spécifiques. Par ailleurs, la surveillance de la dengue doit être améliorée dans les deux villes.

Mots-clés : Dengue, paludisme, climat, Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

¹Département Médecine et Pharmacopée Traditionnelles/Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Ouagadougou, Burkina Faso

²Système de surveillance démographique et sanitaire de Kaya (Kaya-HDSS), Institut de recherche en sciences de la santé, Ouagadougou, Burkina Faso.

Auteur correspondant : drping.jc@gmail.com

Title: Influence of climatic factors on the incidence of dengue and malaria in Burkina Faso: an ecological study

Abstract

Introduction: Dengue and malaria are vector-borne diseases that are endemic and epidemic in Burkina Faso. This study aimed to assess the influence of climate on malaria and dengue fever in the cities of Ouagadougou and Bobo-Dioulasso.

Methodology: It was an exploratory time series analysis using data from the SNIS and the General Directorate of Meteorology. ARIMA models were used to describe the trend of dengue fever and malaria from 2013 to 2016.

Results: From 2014 to 2016, 4287 cases of dengue fever were reported in the city of Ouagadougou, where dengue followed a bimodal intra-annual trend in August and November. In the univariate analysis by ARIMA, no significant association at 5% was found between climate and dengue. In total, 3,621,668 malaria cases were reported at Ouagadougou, against 2,521,789 cases at Bobo-Dioulasso. Malaria followed an intra-annual bimodal trend in August and October in both cities. The univariate analysis by ARIMA found no significant association at 5% between malaria and climate in Ouagadougou. Temperature and relative humidity predicted malaria incidence in multivariate analysis. Plus 1% of humidity induced 2780 new cases and +1°C maximum temperature, 12833 new cases; +1°C minimum temperature resulted in a reduction of 13196 cases. In Bobo-Dioulasso, malaria was significantly associated with rainfall and humidity in univariate analysis. In the multivariate analysis by ARIMA, humidity significantly predicted malaria; +1% caused 400 malaria cases.

Conclusion: There was a differential influence of climate on vector-borne diseases depending on the climatic zone, commanding specific responses. Moreover, dengue fever surveillance needs to be improved in the two cities.

Keywords: Dengue, malaria, climate, Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Introduction

Le paludisme menace 3,3 milliards de personnes dans le monde (1). Même si sa morbi-mortalité est en net recul depuis les années 2000, l'Afrique subsaharienne en paie toujours un lourd tribut (1,2). Malgré la transition épidémiologique en cours au Burkina Faso, la morbidité du pays reste dominée par les maladies infectieuses(3). Le paludisme constitue le principal motif de consultation et d'hospitalisation dans les districts sanitaires et les hôpitaux du pays, et la première cause de décès(3). Son endémicité ancienne et sa forte morbi-mortalité pourrait cacher d'autres affections fébriles, telle que la dengue. Cette situation serait favorisée par le faible recours au test de diagnostic rapide chez les cas fébriles dans notre contexte (2).

Virose transmise principalement par *Aedes aegypti*, la dengue est considérée comme une urgence sanitaire de portée internationale depuis la révision 2005 de l'International Health Regularisations (IHR) (4). A travers le monde, plus de 2,5 milliards de personnes sont à risque de contracter la dengue (5). Au Burkina Faso, la première épidémie a eu lieu en 1925 (6). Depuis 2003, une séroprévalence relativement élevée a été retrouvée dans la ville de Ouagadougou et des villes secondaires du Burkina Faso (7–9). La dengue et le paludisme sont donc des maladies vectorielles endémiques au Burkina Faso.

Différents facteurs tels que la température, la pluviométrie et l'humidité relative peuvent influencer l'incidence de la dengue et du paludisme et leur distribution géographique (10–12). En particulier, la température moyenne hebdomadaire et la pluviométrie cumulée hebdomadaire étaient associées à une augmentation de l'incidence de la dengue à Singapour, avec les décalages nécessaires au développement du vecteur (13). Ainsi, des modèles variés de séries temporelles ont prédit les nouveaux cas de dengue à partir de la température, l'humidité et la pluviométrie, et d'autres facteurs environnementaux ou vectoriels, à des écarts pouvant atteindre 16 semaines (11, 14–16). En Afrique, les anticorps du virus de la dengue étaient significativement plus élevés en saison pluvieuse qu'en saison froide, voire en saison sèche où ils étaient même absents dans une zone semi-aride du Nigeria (17). Au Burkina Faso, les études sur la dengue ont porté principalement sur la séroprévalence et l'identification des sérotypes ; quelques-unes ont associé une approche environnementale, principalement sur la présence de vecteurs *Aedes* et la disponibilité de sites de reproduction autour de la ville de Ouagadougou (7, 8, 18–20). Les études des impacts du climat sur l'incidence de la dengue au Burkina Faso restent à être menées pour mieux cerner son épidémiologie au niveau local.

Quant au paludisme, l'influence de la température et de la pluie sur sa survenue a été établie au Burkina Faso, en particulier dans la zone soudano-sahélienne centrée sur Ouagadougou (21–23). Toutefois, les données manquent sur les autres parties géo-climatiques du pays : soudano-guinéenne et sahélienne. Alors que l'impact du climat pourrait différer selon la zone climatique.

L'objectif de cette étude était de décrire la tendance des cas de paludisme et de dengue au Burkina Faso et d'analyser leurs relations

avec le climat dans les zones climatiques soudano-sahélienne et soudano-guinéenne du pays, de 2013 à 2016. Cette analyse pourrait contribuer à améliorer la surveillance du paludisme et de la dengue dans les régions du Centre et des Hauts Bassins.

I. Méthodologie

1.1. Cadre d'étude

Le Burkina Faso connaît un climat soudano-sahélien avec 03 zones distinctes (24). Au sud du pays dans la zone soudano-guinéenne, la ville de Bobo-Dioulasso connaît une température moyenne annuelle de 27°C, plus de 900 mm de pluie par an, et une humidité moyenne de 85% en saison pluvieuse. La ville de Ouagadougou au centre du pays connaît un climat soudano-sahélien, avec une température moyenne annuelle de 28°C, une pluviométrie annuelle comprise entre 600 et 900 mm, et une humidité moyenne de 75% en saison pluvieuse(25). La zone sahélienne au nord connaît des amplitudes thermiques élevées et une pluviométrie annuelle en dessous de 600 mm.

La population de Ouagadougou est passée de 2 329 499 personnes en 2013 à 2 637 303 habitants en 2016 (3,26). La population de Bobo-Dioulasso était de 1 836 838 et 2 025 511, respectivement en 2013 et 2016 (3,26).

Type et période d'étude

Il s'est agi d'une analyse de séries chronologiques à espaces de temps discrets, à partir de relevés mensuels des éléments climatiques et des données de routine de la dengue et du paludisme. Les données de paludisme et de climat étaient disponibles de 2013 à 2016 pour les villes de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Les données de dengue couvraient 2014 à 2016 à Ouagadougou, et n'existaient pas jusqu'en 2016 à Bobo-Dioulasso.

Variables d'étude

Les variables dépendantes étaient : nombre mensuel de cas de paludisme et nombre mensuel de cas de dengue. Les variables indépendantes étaient : température mensuelle (moyenne, maximale et minimale) en °C, précipitations cumulées mensuelles en mm, humidité relative mensuelle en % d'eau.

Sources de données

Les données épidémiologiques provenaient du Système National d'Information Sanitaire (SNIS) du Burkina Faso. Elles sont collectées par les Centres d'information sanitaire et de surveillance épidémiologique (CISSE) des districts, et les Services de planification et d'information hospitalière (SPIH) ou les Services d'information médicale (SIM) des hôpitaux, et validées avec les services statistiques du ministère de la santé (3). La dengue était diagnostiquée cliniquement et/ou confirmée par les résultats de tests de diagnostic rapides (TDR) de dengue à travers un Antigène NS1 positif et/ou des Immunoglobulines M ou G. Le paludisme était diagnostiqué cliniquement et/ou confirmé par le test de diagnostic rapide du paludisme et/ou la goutte épaisse. Si les tests TDR du paludisme sont disponibles, les TDR de la dengue sont prescrits pour analyse en laboratoire.

Les données météorologiques provenaient de la Direction Générale de la Météorologie (DGM) du Burkina Faso. Les relevés pluviométriques ont été réalisés à l'aide d'un pluviomètre association ou d'un pluviomètre à lecture directe, et contrôlés par une station automatique de type ADCON. Les relevés thermiques ont été effectués avec des thermomètres à mercure et à alcool dans un abri météorologique pour les températures maximales et minimales, et contrôlés par une station automatique de type ADCON.

1.2. Analyse statistique

Les tendances ont été présentées à l'aide de graphiques. Nous avons effectué une analyse univariée de la tendance des cas de paludisme et de dengue à partir de modèles Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA). Enfin, nous avons réalisé une analyse multivariée avec des modèles ARIMA (AR(1), I(0), MA(1)) des séries chronologiques pour mesurer l'association entre la pluviométrie, l'humidité, la température et le nombre de cas de dengue et de paludisme.

Le logiciel STATA dans sa version 15.1 a été utilisé pour les analyses au seuil de significativité de 5%.

1.3. Considérations éthiques

Nous avons utilisé des données secondaires agrégées du système d'information sanitaire, obtenues avec l'autorisation des directeurs régionaux de la santé du Centre et des Hauts Bassins (N# 2016-1079/MS/RCEN/DRSC). Les données climatiques ont fait l'objet d'une procédure d'obtention auprès de la DGM du Burkina Faso, pour usage académique (N# 2016/63)

II. Résultats

Eléments climatiques

Les données climatiques sont présentées dans le Tableau I. Pour la période d'étude (2013 à 2016), les températures moyennes minimale et maximale étaient plus élevées à Ouagadougou qu'à Bobo-Dioulasso (22,9°C versus 22,5°C ; 35,9°C versus 33,8°C, respectivement). Il en était de même pour les valeurs médianes des températures minimale et maximale.

Les valeurs moyennes et médianes de pluie et d'humidité étaient plus élevées dans la ville de Bobo-Dioulasso comparativement à Ouagadougou. Ainsi, les moyennes de pluviométrie étaient de 95,4 mm et 73,2 mm, respectivement à Bobo-Dioulasso et à Ouagadougou. L'humidité relative médiane était de 57,5% à Bobo-Dioulasso contre 45% à Ouagadougou.

Tableau I : Valeurs des éléments climatiques dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso, de 2013 à 2016

Paramètres climatiques		Ouagadougou	Bobo-Dioulasso
Température minimale (°C)	Moyenne ± Ecart type	22,9 ± 2,1	22,5 ± 3,2
	Médiane (IQR)	23,3 (21,6 ; 23,7)	22,5 (20,7 ; 25,3)
Température maximale (°C)	Moyenne ± Ecart type	35,9 ± 2,5	33,8 ± 2,9
	Médiane (IQR)	36,2 (31,8 ; 35,7)	33,5 (33,3 ; 37,8)
Pluviométrie (mm)	Moyenne ± Ecart type	73,2 ± 113,1	95,4 ± 100,1
	Médiane (IQR)	24,4 (0 ; 118,5)	60,7 (0,6 ; 172,7)
Humidité relative (%)	Moyenne ± Ecart type	49,3 ± 21,1	54,7 ± 19,1
	Médiane (IQR)	45 (43,5 ; 75,3)	57,5 (30,5 ; 66,3)

La dengue

De 2014 à 2016, 4287 cas de dengue ont été notifiés au total dans la ville de Ouagadougou. En 2014-2015, peu de cas de dengue ont été notifiés avec 112 et 169 cas, respectivement en 2014 et en 2015, contre 4006 cas rapportés en 2016. La dengue a montré une tendance intra-annuelle bimodale en 2016 avec le premier pic en août et le deuxième pic en novembre, séparés par une inflexion en septembre (Figure 1).

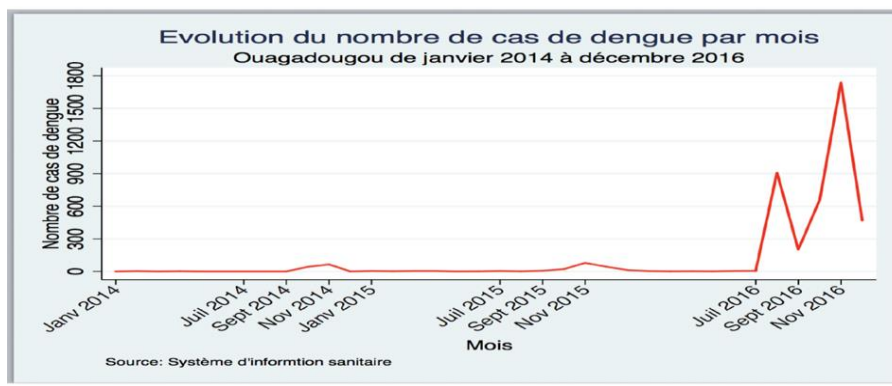


Figure 1 : Tendence mensuelle de la dengue dans la ville de Ouagadougou, de 2014 à 2016

En analyse univariée, aucune association statistiquement significative n'a été trouvée entre la dengue et les facteurs climatiques dans la ville de Ouagadougou, au seuil de 5% (Tableau II).

Tableau II : Analyse univariée de l'association entre la dengue et les facteurs climatiques dans la ville de Ouagadougou, de 2014 à 2016

Facteurs climatiques	Coefficient	Intervalle de confiance (IC95%)	P-value
Température minimale	-9,10	(-88,46 ; 70,27)	0,822
Température moyenne	-4,22	(-84,25 ; 75,81)	0,918
Température maximale	1,89	(-52,48 ; 56,26)	0,946
Humidité relative	-0,15	(-1,13 ; 0,83)	0,760
Pluviométrie	-1,53	(-12,18 ; 9,11)	0,777

Le paludisme

Avec un total de 3 621 668 notifications, les cas de paludisme ont évolué de 609 852 en 2013, à 671 194 en 2014, 700 873 en 2015 et 1

639 749 en 2016 dans la ville de Ouagadougou. Dans la ville de Bobo-Dioulasso, les chiffres suivants ont été rapportés : 376 145 en 2013, 468 013 en 2014, 608 747 en 2015 et 1 068 884 de cas en 2016, avec un total de 2 521 789 de cas de paludisme dans la période.

La tendance intra-annuelle du paludisme est similaire à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Elle est bimodale avec le premier pic en aout et le deuxième pic en octobre, avec une inflexion en septembre (Figure 2). De plus, il y'avait plus de cas de paludisme chaque mois à Ouagadougou qu'à Bobo-Dioulasso, à l'exception des mois de Novembre 2015 à Février 2016.

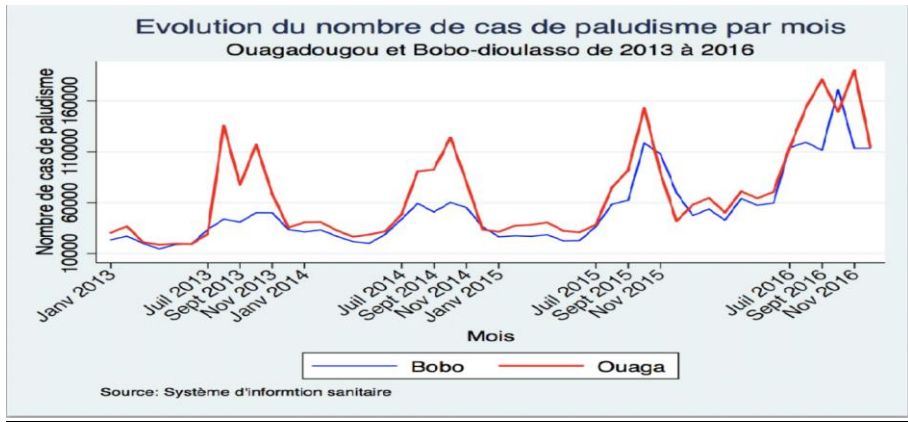


Figure 2 : Tendance mensuelle du paludisme dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso, de 2013 à 2016

Dans la ville de Ouagadougou, aucune association statistiquement significative n'a été retrouvée entre le paludisme et les facteurs climatiques en analyse univariée par la méthode ARIMA (Tableau III).

En analyse multivariée, la température minimale (-13196,05 ; IC95% (-22365,41 ; -4026,70); p=0,05), la température maximale(12833; IC95% 2576,63-23089,37 ; p=0,014) et l'humidité relative (2779,91 ; IC95% 1279,87-4279,95;p<0,001) étaient indépendamment associées au nombre de cas de paludisme à Ouagadougou (Tableau III). Ainsi +1°C de température minimale était associée à une réduction de 13196 cas, tandis que +1°C de température maximale impliquait 12833 cas de plus. Pour l'humidité relative, l'augmentation d'1% s'associait à une augmentation de 2780 cas de paludisme.

Tableau III: Analyses univariée et multivariée par ARIMA de l'association entre le paludisme et les facteurs climatiques dans la ville de Ouagadougou, de 2013 à 2016

Facteurs climatiques	Coefficient	Intervalle de confiance (IC95%)	P value
Analyse univariée			
Température minimale	1558,48	(-2965,86 ; 6082,81)	0,500
Température moyenne	997,57	(-3649,50 ; 5644,65)	0,674
Température maximale	47,20	(-4106,11 ; 4200,51)	0,982
Humidité relative	989,57	(-168,51 ; 2147,64)	0,094
Pluviométrie	63,99	(-38,27 ; 166,26)	0,220
Analyse multivariée			
Température minimale	-13196,05	(-22365,41 ; -4026,70)	0,005
Température maximale	12833	(2576,63 ; 23089,37)	0,014
Humidité relative	2779,91	(1279,87; 4279,95)	<0,001

En analyse univariée, une association statistiquement significative a été retrouvée entre le nombre de cas de paludisme, la pluviométrie (86,46 ;IC95%60,48-112,45 ; p<0,001) et l'humidité relative (417,28;IC95%223,09-611,47 ; p<0,001) dans la ville de Bobo-Dioulasso(Tableau IV). En approche multivariée, l'humidité (400,08; IC95% 197,70-602,46;p<0,001) était associée au paludisme dans cette ville (Tableau IV). Dans la ville de Bobo-Dioulasso, une augmentation de l'humidité de l'ordre de 1% causait la survenue de 400 nouveaux cas de paludisme.

Tableau IV: Analyse univariée et multivariée par ARIMA de l'association entre le paludisme et les facteurs climatiques dans la ville de Bobo-Dioulasso, de 2013 à 2016

Facteurs climatiques	Coefficient	Intervalle de confiance (IC 95%)	P value
Analyse univariée			
Température minimale	2193,01	(-1709,98 ; 6095,99)	0,271
Température moyenne	-33,27	(-4522,52 ; 4455,99)	0,988
Température maximale	-1583,17	(-4733,28 ; 1566,94)	0,325
Pluviométrie	86,46	(60,48 ; 112,45)	<0,001
Humidité relative	417,28	(223,09 ; 611,47)	<0,001
Analyse multivariée			
Température minimale	1012,85	(-1275,27 ; 3300,98)	0,386
Humidité relative	400,08	(197,70 ; 602,46)	<0,001

III. Discussion

Dengue et facteurs climatiques dans la ville de Ouagadougou

Malgré l'épidémie de dengue déclarée en 2013 dans la ville de Ouagadougou, peu de cas de dengue ont été rapportés en 2014 (112 cas) et 2015 (169 cas), signifiant une sous-notification. Entre 2014 et 2016, la dengue n'était pas encore surveillée dans la ville de Bobo-Dioulasso. La faible surveillance de la dengue résulte en une sous-notification en Afrique, la majorité des cas fébriles étant encore traités en zone d'endémie palustre comme du paludisme, surtout que le test de diagnostic rapide du paludisme est encore faiblement utilisé (2,6,27). Ainsi, la situation réelle de la dengue est probablement sous-estimée(28). Pourtant, la dengue est endémique au Burkina Faso, au regard de sa présence ancienne depuis 1925 et récente, telle que rapportée à Nouna et à Ouagadougou en 2003 et 2013-2014(6-8). La surveillance passive des cas fébriles a d'ailleurs confirmé l'endémicité de la dengue à Ouagadougou (29). Ces données imposent de renforcer la surveillance de la dengue au Burkina Faso.

Aucune association significative entre facteurs climatiques et dengue n'a été trouvée, à cause de la sous-notification des cas. Sinon, des niveaux élevés de température et de précipitation sont très fortement associés à un risque de dengue(28). Ainsi, des associations entre la température, la pluviométrie ou l'humidité relative (hebdomadaire ou mensuelle) et l'incidence de la dengue ont été retrouvées en

Asie(13,16,30). En Afrique, l'épidémiologie de la dengue est peu connue, et les études sur l'influence des facteurs météorologiques rares. La sérologie de la dengue est plus fréquemment positive en saison pluvieuse qu'en saison sèche au Nigeria, suggérant une saisonnalité intra-annuelle influencée par des facteurs climatiques(17).

Cette saisonnalité se retrouve dans la tendance saisonnière bimodale de la dengue en 2016, liée aux délais de développement du vecteur *Aedes*, de l'incubation extrinsèque et intrinsèque (chez l'hôte). L'incubation extrinsèque permet la diffusion du virus de la dengue qui se multiplie à ce stade au sein du moustique *Aedes*(27). Théoriquement, en ne considérant que la pluviométrie, 20 à 32 jours sont nécessaires pour passer du vecteur (stade d'œuf) aux symptômes chez l'hôte. Hii et al. avaient retrouvé 5 à 20 semaines de décalage lié à la pluviométrie (13). Les précipitations, ainsi que la température, rendent disponibles les habitats, indispensables à la survie des moustiques immatures et la reproduction des adultes (31). Les œufs d'*Aedes* résistent à la dessiccation, et peuvent rester viables en l'absence d'eau pendant des mois, voire des années (32). De ce fait, les premières pluies provoquent la reprise du développement du moustique *Aedes*, favorisant le premier pic de dengue en août. Pour le pic de novembre, l'influence complexe des facteurs climatologiques entre autres, fait qu'elle intervient 03 mois après celui des précipitations (en août). En effet, la température agit sur le développement, la survie et le comportement reproductif du vecteur, ainsi que la réplication du virus de la dengue chez le vecteur infecté (31) ; avec les jours de pluies, elle est associée à la densité des moustiques femelles (16). Toutefois, l'effet de la température ambiante sur la survie et l'activité reproductive de *Aedes* femelle est modulé par l'humidité relative (33). Sous ces conditions, la présence de moustiques *Aedes aegypti* et *albopictus*, de même que des sérotypes DENV 2-4 au Burkina Faso en fait un pays à risque d'épidémie de dengue(6,8).

Paludisme et facteurs climatiques dans les villes de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso

Dans la zone soudano-sahélienne, la température et l'humidité influencerait significativement l'incidence du paludisme(21–23). Dans cette zone soudano-sahélienne du Burkina Faso où les températures sont élevées et la pluviométrie moyenne, la transmission du paludisme

était sensible aux variations de la température et de l'humidité. En effet, +1°C de température maximale était associé à une augmentation de 12833 cas alors que +1°C de température minimale a résulté en une réduction de 13196 cas. En revanche, +1% d'humidité relative induisait 2780 nouveaux cas de paludisme. Mais la température et l'humidité dépendent de la pluviométrie qui influence la formation et le maintien des gîtes larvaires, donc régule le nombre de moustiques (34). Dans la zone soudano-guinéenne où la pluviométrie est élevée et les températures plus basses, la transmission n'était sensible qu'à l'humidité. Ainsi, +1% d'humidité relative a induit 400 nouveaux cas. D'autres études tendent à conforter la prédiction de l'incidence du paludisme par des variables climatiques(35,36).

Quelle que soit la zone géo-climatique, l'humidité détermine la survenue du paludisme. L'humidité garantit la survie et l'activité des anophèles femelles et influence le développement et la multiplication du Plasmodium (34,37). En particulier, une humidité supérieure à 50% est nécessaire pour le cycle sporogonique du Plasmodium au sein du vecteur, de 70-80% pour l'activité des adultes (37). L'influence du climat sur la transmission du paludisme est plus déterminante sur le développement du parasite à l'intérieur du vecteur ou sur l'activité des vecteurs adultes (31,38).

Toutefois, cette approche isolée des différents facteurs est problématique, car la transmission naturelle se fait dans des zones combinant une pluviométrie suffisante, une température et une humidité suffisamment élevées pour assurer la survie et l'activité des moustiques adultes, ainsi que le cycle extrinsèque du Plasmodium (39). L'influence de la température sur la transmission s'exerce sur la digestion, la ponte des œufs, l'intervalle d'éclosion des pontes qui dépend de son intensité (34). En particulier, quand la température passe sous 18°C, le cycle sporogonique du Plasmodium au sein du vecteur s'arrête ; c'est pourquoi une baisse jusqu'à un certain niveau de la température minimale qui tourne autour de 23°C dans la période d'étude, peut interrompre la transmission et ainsi réduire l'incidence du paludisme (37).

La tendance intra-annuelle bimodale du paludisme dans les deux villes est due aux facteurs climatiques. Les premières pluies de mai-juin fournissent en gîtes larvaires les anophèles femelles (37). La pluviométrie isolée ou associée à la température moyenne ont prédit l'incidence du paludisme au Ghana et en Afrique du Sud (40,41).

Deux mois après les premières pluies, l'incidence du paludisme est maximale en août, au moment où l'humidité atteint 70 à 80% d'eau, indispensables à l'activité des anophèles adultes (39). La transmission est aussi importante en fin de saison pluvieuse, quand l'humidité est suffisante et les pluies peu violentes pour détruire les gîtes larvaires (42). L'inflexion en septembre serait due à la destruction des gîtes larvaires par les grosses pluies de juillet et d'août. En effet, les pluies trop intenses perturbent les gîtes larvaires, si elles ne les détruisent pas (39).

L'influence des variables climatiques sur le paludisme et la dengue a été étudiée dans les zones géo-climatiques de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Ces résultats ne sont donc pas généralisables au niveau national. De plus, cette étude utilise des données secondaires, alors qu'il pourrait y avoir une sous notification des cas de paludisme dans le SNIS, car certains cas symptomatiques de paludisme ne consulteraient pas forcément les formations sanitaires. Les critères diagnostics du paludisme ont également évolué avec le temps, basé sur des signes cliniques et/ou biologiques. La différence de critères diagnostics a donc favorisé des biais de sélection. Malgré ces limites, l'utilisation de données géo-climatiques, une première en matière d'étude de tendances de la dengue au Burkina Faso, attire l'attention sur la nécessité de surveiller la maladie. Concernant le paludisme, il était possible de comparer les zones climatiques soudano-guinéenne et soudano-sahélienne. De plus, le recours aux données climatiques à une échelle locale (ville) est recommandé pour mesurer l'association de facteurs climatologiques avec les maladies climato-sensibles (10).

Conclusion

Le paludisme et la dengue ont une saisonnalité intra-annuelle similaire au Burkina Faso. Pour le paludisme, alors que l'humidité est le facteur prédictif commun de la zone soudanienne, la température n'a concerné que la zone soudano-sahélienne (Ouagadougou). Dans le contexte de changements climatiques, il est très important de poursuivre la recherche sur l'influence des variables climatiques sur ces maladies vectorielles. Car, la maîtrise des liens entre climat et maladies est cruciale dans la prévention et la lutte contre certaines maladies infectieuses dans la zone sub-saharienne, la plus touchée par les changements climatiques. Mais pour la dengue, une amélioration du système de surveillance s'impose dans les 2 villes pour étudier efficacement son épidémiologie et faire le lien avec le climat.

Remerciements

Nous remercions la Direction Générale de la Météorologie (DGM), les Directions Régionales de la Santé du Centre et des Hauts-Bassins pour avoir fourni les données de cette étude. Nous remercions également M. le Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) et tout son personnel pour leur encadrement.

Conflit d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Références bibliographiques

1. Organisation Mondiale de la Santé. Paludisme [Internet]. World Health Organization. [cited 2018 Nov 18]. Available from: <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
2. Organisation Mondiale de la Santé. Rapport sur le paludisme dans le monde 2015 - résumé. OMS. Genève, Suisse: Organisation mondiale de la santé; 2016. 32 p.
3. Ministère de la santé. Annuaire statistique 2016. Ouagadougou: DGESS; 2017. 315 p.
4. Organisation Mondiale de la Santé. Règlement sanitaire international: 2005. 2. ed. Genève: Organisation Mondiale de la Santé; 2008. 89 p.
5. Guzman MG, Halstead SB, Artsob H, Buchy P, Farrar J, Gubler DJ, et al. Dengue: a continuing global threat. *Nat Rev Microbiol.* 2010;8(12 0):S7–16.
6. Amarasinghe A. Dengue Virus Infection in Africa. *Emerg Infect Dis.* 2011;17(8):1349–54.
7. Collenberg E, Ouedraogo T, Ganamé J, Fickenscher H, Kynast-Wolf G, Becher H, et al. Seroprevalence of six different viruses among pregnant women and blood donors in rural and urban Burkina Faso: A comparative analysis. *J Med Virol.* 2006;78(5):683–92.
8. Ridde V, Agier I, Bonnet E, Carabali M, Dabiré KR, Fournet F, et al. Presence of three dengue serotypes in Ouagadougou (Burkina Faso): research and public health implications. *Infect Dis Poverty.* 2016;5(1):23.

9. Ridde V, Carabali M, Ly A, Druetz T, Kouanda S, Bonnet E, et al. The Need for More Research and Public Health Interventions on Dengue Fever in Burkina Faso. Johansson MA, editor. *PLoS Negl Trop Dis*. 2014;8(6):e2859.
10. McMichael AJ, World Health Organization, editors. *Climate change and human health: risks and responses*. Geneva: World Health Organization; 2003. 322 p.
11. Sang S, Yin W, Bi P, Zhang H, Wang C, Liu X, et al. Predicting Local Dengue Transmission in Guangzhou, China, through the Influence of Imported Cases, Mosquito Density and Climate Variability. *PLoS ONE*. 2014;9(7):e102755.
12. Organisation mondiale de la santé, Organisation météorologique mondiale. *Atlas de la santé et du climat*. Genève, Suisse: OMS et OMM; 2012. 65 p.
13. Hii YL, Rocklöv J, Ng N, Tang CS, Pang FY, Sauerborn R. Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. *Glob Health Action*. 2009;2(1):9.
14. Hii YL, Zhu H, Ng N, Ng LC, Rocklöv J. Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. Mutuku F, editor. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2012;6(11):e1908.
15. Kesetyaningsih TW, Andarini S, Sudarto S, Pramoedyo H. Determination of environmental factors affecting dengue incidence in sleman district, Yogyakarta, Indonesia. *African Journal of Infectious Diseases*. 2018 Apr 7;12(1S):13–35.
16. Xu L, Stige LC, Chan KS, Zhou J, Yang J, Sang S, et al. Climate variation drives dengue dynamics. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2017;114(1):113–8.
17. Baba MM, Talle M. The Effect of Climate on Dengue Virus Infections in Nigeria. *N J Sci J*. 2011;4(1):28–33.
18. Eldin C, Gautret P, Nougairede A, Sentis M, Ninove L, Saidani N, et al. Identification of dengue type 2 virus in febrile travellers returning from Burkina Faso to France, related to an ongoing outbreak, October to November 2016. *Euro Surveill*. 2016;21(50):pii=30425.
19. Tarnagda Z, Cissé A, Bicaba BW, Diagbouga S, Sagna T, Ilboudo AK, et al. Dengue Fever in Burkina Faso, 2016. *Emerg Infect Dis*. 2018;24(1):170–2.
20. WHO. WHO | Dengue fever – Burkina Faso [Internet]. World Health Organization. 2017 [cited 2019 Mar 13]. Available from:

<http://www.who.int/csr/don/6-november-2017-dengue-burkina-faso/en/>

21. Yé Y, Louis VR, Simboro S, Sauerborn R. Effect of meteorological factors on clinical malaria risk among children: an assessment using village-based meteorological stations and community-based parasitological survey. *BMC Public Health*. 2007;7(1):101.
22. Rouamba T, Nakanabo-Diallo S, Derra K, Rouamba E, Kazienga A, Inoue Y, et al. Socioeconomic and environmental factors associated with malaria hotspots in the Nanoro demographic surveillance area, Burkina Faso. *BMC Public Health*. 2019;19(1):249.
23. Ouedraogo B, Inoue Y, Kambiré A, Sallah K, Dieng S, Tine R, et al. Spatio-temporal dynamic of malaria in Ouagadougou, Burkina Faso, 2011–2015. *Malar J*. 2018;17(1):138.
24. Ministère de l'Économie et des Finances. Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples (EDSBF-MICS IV) 2010. Ouagadougou: INSD; 2012. 525 p.
25. Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie. Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA du Burkina faso). Ouagadougou: SP/CONEDD; 2007.
26. Ministère de la santé. Annuaire statistique 2013. Ouagadougou, Burkina Faso: Ministère de la santé; 2014 p. 350.
27. Gubler DJ. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. *Trends Microbiol*. 2002;10(2):100–3.
28. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 2013;496(7446):504–7.
29. Lim JK, Carabali M, Lee JS, Lee KS, Namkung S, Lim SK, et al. Evaluating dengue burden in Africa in passive fever surveillance and seroprevalence studies: protocol of field studies of the Dengue Vaccine Initiative. *BMJ Open*. 2018;8:e017673.
30. Sumi A, Telan EFO, Chagan-Yasutan H, Piolo MB, Hattori T, Kobayashi N. Effect of temperature, relative humidity and rainfall on dengue fever and leptospirosis infections in Manila, the Philippines. *Epidemiology and Infection*. 2017 Jan;145(01):78–86.
31. Morin CW, Comrie AC, Ernst K. Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environ Health Perspect*. 2013;121(11–12):1264–72.

32. CDC. Entomology & Ecology | Dengue | CDC [Internet]. 2018 [cited 2018 Nov 7]. Available from: <https://www.cdc.gov/dengue/entomologyecology/index.html>
33. Costa EAP de A, Santos EM de M, Correia JC, Albuquerque CMR de. Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Rev Bras Entomol.* 2010;54(3):488–93.
34. Noguer A. Les facteurs influençant la distribution géographique du paludisme dans le monde. *Le Globe.* 1979;119(1):15–25.
35. Wangdi K, Canavati SE, Ngo TD, Tran LK, Nguyen TM, Tran DT, et al. Analysis of clinical malaria disease patterns and trends in Vietnam 2009–2015. *Malar J.* 2018;17(1):332.
36. Teklehaimanot A, Peterson I, Borrell LN, El-Sadr W. A Temporal-Spatial Analysis of Malaria Transmission in Adama, Ethiopia. *Am J Trop Med Hyg.* 2009;81(6):944–9.
37. Pages F, Orlandipradines E, Corbel V. Vecteurs du paludisme: biologie, diversité, contrôle et protection individuelle. *Med Mal Infect.* 2007;37(3):153–61.
38. Barbosa P, Peters TM, Greenough NC. Overcrowding of Mosquito Populations: Responses of Larval *Aedes aegypti* to Stress 2. *Environmental Entomology.* 1972 Feb 1;1(1):89–93.
39. Delmont J. Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane soudanienne d’Afrique de l’Ouest. *Cahiers d’études africaines.* 1982;22(85):117–33.
40. Adeola A, Botai J, Rautenbach H, Adisa O, Ncongwane K, Botai C, et al. Climatic Variables and Malaria Morbidity in Mutale Local Municipality, South Africa: A 19-Year Data Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(11):1360.
41. Nkrumah B, Fobil J, Krefis AC, Loag W, Ranft U, Acquah S, et al. Modeling the Relationship between Precipitation and Malaria Incidence in Children from a Holoendemic Area in Ghana. *Am J Trop Med Hyg.* 2011;84(2):285–91.
42. Coz J, Brengues J. Le complexe *Anopheles gambiae* et l’épidémiologie du paludisme et de la filariose de Bancroft en Afrique de l’ouest. *Méd d’Afr Noire.* 1967;6:301–3.