



Ministère de l'Éducation Nationale supérieure  
et de la Recherche Scientifique

REPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple - Un But - Une Foi

-----  
Université des Sciences, des Techniques  
et des Technologies de Bamako

-----  
Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie

-----  
DER de Santé Publique et Spécialités

N° ..... DERSP/FMOS/USTTB

# Mémoire

**Master en Santé Publique**  
**Option Epidémiologie**

Année Universitaire 2018 - 2019

Titre

**Évolution du paludisme dans 5 districts sanitaires dans un contexte de mise à échelle de la Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier de 2016 à 2018 au Mali**

Présenté et soutenu le .....

Par :

**Mme SANOGO Aïssata SACKO**

**Président** :  
**Membre** :  
**Directeur** : Prof Issaka SAGARA  
**Co-directeur** : Dr Souleymane Diarra

**Sponsor : (si le cas)**

## **REMERCIEMENTS**

### **A ALLAH tout puissant**

Nous te dédions ce modeste travail,

Seigneur nous t'implorons chaque jour pour pouvoir bénéficier de ta grâce, nous te demandons de nous couvrir avec ton manteau de protection, sans toi nous ne serions pas ce nous sommes aujourd'hui. Merci de nous avoir donné la force et la patience de réaliser ce Mémoire

A tous les enseignants du DERSP pour la qualité de l'enseignement que vous nous avez prodiguée au cours de cette formation, mes sincères remerciements pour **le Professeur Issaka Sagara, le Dr Modibo Diarra et le Dr Souleymane S Diarra.**

### **A mon Cher Mari Docteur Moussa Sanogo,**

Tu es ma source d'inspiration travailleur, courageux, respectueux et tu vas au bout de tout ce que tu entreprends. Merci du fond du cœur de m'avoir soutenue et formée tout au long de cette formation, je te souhaite le meilleur dans la vie.

### **A mon Père Professeur Daouda Sacko et à ma Mère Kadidiatou Touré**

Fruits de vos efforts, nous voici au seuil de la réussite. C'est grâce à vous que nous deviendrons des responsables sur cette terre des hommes. Vous qui ne cessez de nous apporter vos bénédictions et vos soins quotidiens pour nous reconforter.

**A mes frères et sœurs, et tous les membres de la famille SACKO** qui m'ont soutenue tout au long de cette formation. Je vous souhaite le meilleur pour la vie.

**A mes enfants Hawa et Tahirou Nampaga,** Vous êtes le soleil de ma vie. Je vous souhaite une longue et pieuse vie dans la santé et surtout accompagné d'une très belle carrière professionnelle. Que Dieu vous bénisse !

A tous mes amis et promotionnaires de la 7ème promotion de Master en santé publique, particulière le **Dr Ibrahima Berthé.....**

## Table des matières

Liste des Abréviations.....	3
Liste des tableaux.....	4
Liste des Figures.....	5
Introduction.....	7
2. Objectifs.....	4
2.1. Objectif général.....	4
2.2. Objectifs spécifiques.....	4
3. Revue de la littérature.....	5
3.1 Généralités sur le paludisme.....	5
3.2 Épidémiologie du paludisme.....	5
3.3 Facteurs favorisant la transmission du paludisme.....	6
3.4 Les différents facies épidémiologiques du paludisme.....	6
3.5 Les différentes stratégies de lutttes.....	8
3.5.1 Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier.....	8
3.5.2 Traitement préventif intermittent chez la femme enceinte.....	10
3.5.3 Prévention par les moustiquaires.....	11
4. Méthodologie.....	11
4.1. Cadre et lieu d'étude.....	11
4.2. Type d'étude et période.....	14
4.3. Population d'étude.....	14
4.4. Critères d'inclusion, de non inclusion.....	14
4.5. Échantillonnage.....	15
4.6. Gestion et analyse des données.....	15
4.6.1 Variables d'intérêts.....	15
4.6.2 Technique et outils de collecte des données.....	16
4.6.3 Traitement et analyse des données.....	16
5. Résultats.....	17
6. Commentaires et discussions.....	39
7. Conclusion.....	46
Référence.....	47
Annexes.....	49

## Liste des Abréviations

AQ	Amodiaquine
CPS	Chimio Prévention du Paludisme Saisonnier
CTA	Combinaison Thérapeutique à base d'Artémisinine
DRSP	Département d'Enseignement et de la Recherche en Santé Publique
EDS	Enquête Démographique et de Santé
GE	Goutte Epaisse
MII	Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides
MILD	Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides de Longue Durée
MRTC	Centre de Recherche et de Formation sur le Paludisme
MSF	Médecins Sans Frontière
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PID	Pulvérisation Intra Domiciliaire
PNLP	Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme
SLIS	Système Local d'Information Sanitaire
SP	Sulfadoxine Pyrimethamine
TDR	Test de Diagnostic Rapide
TPI	Traitement Préventif Intermitant
MTN	Maladie Tropicale Négligée

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Protocole d'administration de SP/AQ.....	10
Tableau 2 : incidence annuelle du paludisme par district sanitaire .....	19
Tableau 3: Variables météorologiques retenues à l'issu de l'ACP.....	32
Tableau 4 : Analyse uni variée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM .....	33
Tableau 5 : Analyse multivarié entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM .....	33
Tableau 6 : Variables météorologiques retenues à l'issu de l'ACP.....	35
Tableau 7: Analyse uni variée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM .....	36
Tableau 8 : Analyse multivariée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM .....	37
Tableau 9 : comparaison des moyennes d'incidences et des facteurs météorologiques des districts sanitaires .....	38

## Liste des Figures

Figure 1 : Carte du Mali présentant les districts sanitaires concernés par l'étude.....	12
Figure 2: Incidence global par district sanitaire de 2016 à 2018.....	18
Figure 3 : Distribution de l'incidence globale agrégée pour 10 000 personnes mois et par district	19
Figure 4 : Distribution de la précipitation agrégée par mois et par district.....	20
Figure 5 : Distribution de la température moyenne agrégée par mois et par district.....	21
Figure 6 : Distribution de l'humidité relative moyenne agrégée par mois et par district .....	22
Figure 7 : Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Kati de 2016 à 2018 .....	23
Figure 8 : Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Kadiolo de 2016 à 2018....	25
Figure 9 : Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Sikasso de 2016 à 2018 ....	27
Figure 10: Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Yorosso de 2016 à 2018 ...	28
Figure 11 : Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Tominian de 2016 à 2018.	30
Figure 12 : Analyse en composante principale dans les districts sanitaires de Kati et Tominian	31
Figure 13 : Évolution de l'incidence du paludisme en fonction de la composante Met1 dans les districts de Kati et de Tominian.....	34
Figure 14 : Analyse en composante principale dans les districts sanitaires de Kadiolo, Sikasso et Yorosso.....	35
Figure 15 : Évolution de l'incidence du paludisme en fonction de la composante Met1 dans les districts de Kadiolo, Sikasso et Yorosso. ....	37

## **Résumé**

Au Mali, la transmission du paludisme est saisonnière exposant les enfants à une morbidité et mortalité élevées. Une stratégie de Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier (CPS) consiste à distribuer aux enfants de 3 à 59 mois des médicaments en trois doses mensuelles pendant les périodes où le paludisme sévit le plus. Ce travail analyse l'évolution de l'incidence du paludisme dans la population générale des districts de Kati, Kadiolo, Sikasso, Yorosso et Tominian dans un contexte de CPS.

Cette étude transversale porte sur l'analyse des données historiques des cas de paludisme des activités de routine et des données météorologiques du site de Nasa Giovanni des districts de 2016 à 2018. Les cas de paludisme confirmés par le test de diagnostic rapide ou goutte épaisse remontés à travers les rapports mensuels ont été inclus. Un modèle additif général (GAM) étudie la relation entre l'incidence du paludisme et les facteurs météorologiques.

De 2016 à 2018, l'évolution de l'incidence globale du paludisme était similaire dans tous les districts d'études, positivement associée à la composante humidité relative, précipitation et température minimale. La moyenne d'incidence mensuelle agrégée et celle de l'humidité relative étaient différentes selon les districts, celles de la température moyenne et de la précipitation étaient significativement similaires. L'incidence était plus élevée chez les enfants de moins de cinq ans.

La dynamique de transmission du paludisme, sa saisonnalité et sa variabilité restent intactes malgré le contexte de la CPS couplé aux autres stratégies, qui doivent prendre en compte les facteurs météorologiques.

**Mots clés** Paludisme, Incidence, Chimio-prévention

## **Abstract**

In Mali, malaria transmission is seasonal, exposing children to high morbidity and mortality. The preventative strategy called Seasonal Malaria Chemoprevention (SPC) is being considered, which consists of distributing drugs in three monthly doses to children between 3 and 59 months of age during periods when malaria is most prevalent. This work aims to analyze the evolution of the incidence of malaria in the general population of the health districts of Kati, Kadiolo, Sikasso, Yorosso and Tominian in a CPS context.

This is a cross-sectional study of the analysis of historical malaria case data of routine activities and meteorological data from the Nasa Giovanni site of the districts from 2016 to 2018. Cases of malaria confirmed by the rapid diagnostic test or thick drop back through the monthly reports were included. A general additive model (GAM) has investigated the relationship between malaria incidence and meteorological factors.

From 2016 to 2018, the evolution of the overall incidence of malaria was similar in all study districts and was positively associated with the relative humidity, precipitation and minimum temperature component. The average monthly aggregate incidence and the relative humidity were different in different districts, while the average temperature and precipitation were significantly similar. In general, the incidence was higher in children under five.

The dynamics of malaria transmission, its seasonality and variability remain intact despite the context of SPC coupled with other strategies, which must take into account meteorological factors.

**Keywords:** Malaria, Incidence, Chemoprevention



## Introduction

Le paludisme est une maladie endémique potentiellement mortelle causé par des parasites du genre *Plasmodium* sp. et transmis à l'homme par des piqûres de moustiques femelles appartenant au genre *Anopheles*. Quatre espèces différentes causent le paludisme chez l'homme (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* et *P. ovale*). Parmi elles, *P. falciparum* et *P. vivax* ont la plus forte prévalence tandis que *P. falciparum* est la plus dangereuse. *P. knowlesi* est une espèce zoonotique qui peut également infester l'homme [1].

Aujourd'hui, environ la moitié de la population mondiale, vivant en zone d'endémie, est concernée par le risque de paludisme, considéré à ce jour comme la maladie parasitaire la plus fréquente chez l'Homme. Elle demeure un des problèmes majeurs auxquels les politiques et les systèmes de santé sont confrontés bien que des progrès notables aient été réalisés [2].

Quoique évitable et traitable, le paludisme continue d'avoir des conséquences dévastatrices sur la santé et les moyens de subsistance des populations à travers le monde. Cette situation est parfaitement illustrée par les chiffres avec près de 219 millions de cas enregistrés en 2017 contre 217 millions en 2016 selon le rapport de l'OMS en 2018. Cette tendance a été inversée pour le nombre de décès imputable au paludisme avec 435 000 en 2017, contre 451 000 en 2016 [3].

La Région Afrique de l'OMS reste la plus touchée avec 90% de l'ensemble des cas mondiaux [3]. Comme toujours les enfants âgés de moins de 5 ans ont payé le plus lourd tribut avec 61 % (266 000) des décès associés au paludisme dans le monde [4]. L'immense majorité (99,7%) des décès sont dus au paludisme à *Plasmodium falciparum* (*P.f*).

Toutefois, grâce aux différentes stratégies préconisées par l'OMS et mise en œuvre par les Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme (PNLP) dans le cadre des programmes de contrôle et d'élimination du paludisme, le taux d'incidence globale de la maladie a été réduit de 18 % entre 2010 et 2017 [5]. Passant de 72 cas pour 1 000 habitants exposés au risque de paludisme à 59 pour 1 000. En revanche, le nombre de cas pour 1 000 habitants exposés au risque de paludisme a stagné à 59 ces trois dernières années [6].

La baisse la plus prononcée a été enregistrée dans la région Europe de l’OMS (100 %), suivie par la région Asie du Sud-Est (59 %). Même s’il faut dire que les progrès ont été moins perceptibles dans la région Afrique, là où le paludisme pèse le plus. La mortalité a aussi diminué au niveau mondial [3].

Au Mali, le paludisme est le premier motif de consultation pendant la saison de transmission. Selon le Système National de l’Information Sanitaire (SNIS), en 2018, les formations sanitaires ont enregistré 2 345 481 (66%) dont l’incidence du paludisme simple est plus élevée chez les 1-4 ans (158,3 cas pour 1000) suivi des 0-11 mois (145 cas pour 1000). Le paludisme était la pathologie ayant causé plus de décès en 2018 soit 1178 [7].

La situation géographique au Mali, et les conditions climatiques font que le paludisme y constitue un problème majeur dans la presque totalité du pays. Afin de faire face à cette maladie, les autorités du pays ont mis en place à travers le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) des stratégies de lutte. Elles ont toutes été préconisées par l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et mises en œuvre par le PNL. Les stratégies phares sont: (i) la Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier (CPS) adressée aux enfants de 3 à 59 mois, elle est très efficace peu coûteuse et sûre [8]. Elle a été utilisée pour la première fois au niveau opérationnel dans le district de Koutiala de façon pilote à travers une collaboration MSF/PNL/MRTC en 2012 qui fut un énorme succès. Depuis, de façon progressive elle a été déployée sur le terrain jusqu’en 2016, où elle a été mise à échelle sur l’ensemble du territoire national à travers des campagnes nationales pendant les quatre mois de la haute saison de transmission du paludisme (août à novembre ou juillet à octobre); (ii) la lutte anti vectorielle occupe aussi une place importante dans la politique nationale à travers la distribution et la promotion de l’utilisation des Moustiquaires Imprégnées d’Insecticides de Longue Durée d’Action (MILDA) adressée à toute la population à travers des campagnes de distribution universelle mais singulièrement aux femmes enceintes lors de la 1<sup>ère</sup> Consultation Périnatale (CPN), lors de l’accouchement dans une structure de santé et à la clôture du processus d’immunisation du bébé; (iii) le Traitement Préventif Intermittent à la Sulfadoxine-Pyriméthamine (SP) chez la femme enceinte ; (iv) la gratuité de la prise en charge du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans et des femmes enceintes ; (v) la vulgarisation des moyens de diagnostic et la mise en place de médicaments efficaces (Combinaisons Thérapeutiques à base

d'Artémisinine (CTA)) pour le traitement des cas cliniques de paludisme ; (vi) la Pulvérisation Intra Domiciliaire (PID) qui entre aussi dans le cadre de la lutte anti vectorielle beaucoup plus cher ce qui rend son utilisation limitée à quelques districts depuis des années.

Toutes ces stratégies sont efficaces et sûres, relativement peu coûteuses en dehors de la PID, elles sont adaptées à l'épidémiologie du paludisme au Mali. Comme le recommande l'OMS, ces stratégies sont périodiquement monitorées à travers le plan de suivi évaluation du PNLP avec l'implication technique et financière des différents partenaires du Mali.

Malgré la mise à échelle de ces stratégies, le paludisme continue de sévir et de causer encore des décès comme en témoigne les chiffres cités ci-dessus. C'est dans ce contexte que le PNLP et MRTC avec l'appui financier de la Banque Mondiale ont initié une étude au Mali pour identifier les goulots d'étranglement afin de permettre une lutte ciblée et adaptée contre le Paludisme.

Pour notre rapport de mémoire, qui s'inscrit dans le cadre de la formation en Master 2 option Epidémiologie du Département d'Enseignement et de Recherche en santé publique (DER-SP) de l'Université des Sciences, Techniques et Technologies (USTTB), nous avons effectué une analyse secondaires des données de cette étude dans 5 districts sanitaires Kati, Sikasso, Kadiolo, Yorosso et Tominian, situés dans des faciès épidémiologiques différents pour analyser l'évolution de l'incidence du paludisme issus des activités de routine dans un contexte de mise en échelle de la CPS au Mali.

### **Question de recherche**

La mise à échelle de la Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier au Mali associée aux autres stratégies de lutte contre le paludisme contribue-t-elle à une baisse globale de cas de paludisme dans les 5 districts d'étude entre 2016 et 2018 ?

## **2. Objectifs**

### **2.1. Objectif général**

Analyser l'évolution de l'incidence du paludisme dans la population générale des districts d'étude à partir des données de routine de 2016 à 2018

### **2.2. Objectifs spécifiques**

- Déterminer la variation saisonnière du paludisme dans les districts d'étude au Mali
- Estimer l'incidence du paludisme chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans dans les districts d'étude au Mali ;
- Déterminer l'association entre l'incidence du paludisme et les facteurs météorologiques dans les districts d'étude au Mali ;

### 3. Revue de la littérature

#### 3.1 Généralités sur le paludisme

Bien avant la découverte du parasite du paludisme en 1880 par Alphonse Laveran, cette maladie pesait sur l'humanité [9]. Le paludisme est une érythrocytopathie fébrile et hémolysante (potentiellement mortelle), due à la présence et à la multiplication dans l'organisme humain d'un hématozoaire du genre plasmodium, transmis par la piqûre de l'anophèle femelle [10]. Il se manifeste par de la fièvre, des maux de tête et des vomissements. Ces symptômes apparaissent généralement 10 à 15 jours après la piqûre de moustique. En l'absence de traitement, le paludisme peut entraîner rapidement le décès par les troubles circulatoires qu'il provoque. Dans de nombreuses régions du monde, les parasites sont devenus résistants à plusieurs médicaments antipaludiques [11].

#### 3.2 Épidémiologie du paludisme

Le paludisme touche une centaine de pays dans le monde, particulièrement les zones tropicales défavorisées d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine. L'Afrique est de loin le continent le plus touché avec 90% des cas de paludisme recensés dans ses zones tropicales. Des épidémies peuvent survenir lors de mouvements de populations peu exposées au paludisme vers des zones hautement endémiques [12].

Les différentes espèces du parasite de paludisme les plus fréquemment retrouvées chez l'homme sont:

1. *Plasmodium falciparum* est l'espèce la plus pathogène et la plus mortelle. Elle est présente dans les zones tropicales d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie, et elle est dominante en Afrique ;
2. *Plasmodium vivax* coexiste avec *Plasmodium falciparum* dans de nombreuses parties du monde, et est présente dans certaines régions tempérées;
3. *Plasmodium ovale*, principalement trouvée en Afrique de l'ouest, ne tue pas mais peut entraîner des rechutes 4 à 5 ans après la primo infection ;
4. *Plasmodium malariae* a une distribution mondiale mais très inégale. Elle n'est pas mortelle mais peut entraîner des rechutes jusqu'à 20 ans après la primo infection

Au Mali, le paludisme reste un problème de santé publique d'importance majeure, représentant la principale cause de morbidité, de mortalité et d'absentéisme au travail et à l'école [13]. Le *Plasmodium falciparum* est responsable de plus de 90% de ces infections par le paludisme. Les principaux vecteurs responsables de la transmission du paludisme sont Anophèles gambiae sensu stricto (pendant la saison des pluies de juin à octobre), Anophèles funestus (saison sèche et froide de décembre à janvier) et Anophèles arabiensis.(saison sèche chaude de mars à mai) [14].

### **3.3 Facteurs favorisant la transmission du paludisme**

La variabilité climatique peut potentiellement jouer pour ou contre les efforts de lutte contre la maladie. Les résultats d'une étude d'Ebi et al [15] suggèrent que des changements de température et de précipitations pourraient modifier la répartition géographique du paludisme et on s'attend à ce que des zones jusque-là impropres à la transmission du paludisme puissent devenir adaptées à l'avenir à la suite de ces changements climatiques. Le nombre d'infections par le paludisme peut être influencé par des facteurs climatiques, entraînant une augmentation ou une diminution de l'incidence du paludisme sous l'effet de la variabilité climatique comme : La température, l'eau, l'humidité et les phénomènes anthropiques constituent les facteurs favorisant la transmission.

1. **La température** : le cycle sporogonique des plasmodiums nécessite une température optimale qui se situe autour de 27 °C.
2. **L'eau et l'humidité** : Les eaux stagnantes constituent des gîtes larvaires et l'humidité influe sur la longévité du vecteur qui diminue quand elle baisse.
3. **Les facteurs anthropiques** : Les modifications du réseau hydrographique (barrage et irrigation) entraînent la prolifération des vecteurs. Le développement des transports favorisé par les mouvements des populations, entraîne une dissémination des vecteurs.
4. **Les conditions socio-économiques** défavorables, liées à la pauvreté, peuvent favoriser la transmission [16].

### **3.4 Les différents faciès épidémiologiques du paludisme**

#### **En Afrique :**

L'Afrique est un continent qui présente sur le plan géographique plusieurs faciès épidémiologiques hétérogènes et dynamiques. De nombreux facteurs tels que les facteurs

naturels, anthropologiques et biologiques interviennent dans la définition des faciès épidémiologiques.

L'Afrique compte cinq (5) faciès épidémiologiques : faciès équatorial, faciès tropical, faciès sahélien, faciès désertique, faciès montagnard et austral. Les îles des Comores et Madagascar réunissent sur leur territoire la plupart des différents faciès Africaines [17].

### **Au Mali**

Au Mali, il existe cinq (5) faciès épidémiologiques de transmission du paludisme[18]:

-Une zone soudanienne à transmission saisonnière longue de 4 à 6 mois, avec une Pluviométrie de 1250 mm d'eau par an. Le paludisme y est holo-endémique avec un indice plasmodique (IP) d'environ 85% de juin à novembre. La prémunition est acquise autour de 5ans.

-Une zone de transmission saisonnière courte de 3 à 4 mois. Elle correspond à la zone nord Soudanienne et au sahel avec une pluviométrie de 200 à 800 mm d'eau par an. Le paludisme y est hyper-endémique avec un indice plasmodique variant entre 50 et 75%. ; La prémunition est atteinte autour de 9 ans et le neuropaludisme est une des complications les plus fréquentes entre 1 à 9 ans.

-Une zone de transmission sporadique voire épidémique correspondant au Sahara avec 200mm d'eau par an. L'IP est inférieur à 50% ; même les adultes de cette zone sont exposés au risque de paludisme grave ou compliqué.

-Des zones de transmission bi ou plurimodales comprenant le delta intérieur du fleuve Niger et les zones de barrage : Sélingué, Manantali et Markala. Le paludisme y est méso endémique, avec l'IP inférieur à 40%. La prévalence de l'anémie palustre est très élevée dans la tranche d'âge de moins de 9 ans.

-Les zones peu propices à l'impaludation : les milieux urbains (Bamako, Mopti), le paludisme y est hypo-endémique avec un IP inférieur à 10%. Les adultes de Bamako courent aussi le risque de paludisme grave.

### **3.5 Les différentes stratégies de lutttes**

Les interventions actuellement recommandées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) pour lutter contre le paludisme comprennent l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MILDA) et/ou la pulvérisation intra-domiciliaire d'insecticides à effet rémanent dans la lutte anti vectorielle, un accès rapide aux tests de diagnostic en cas de suspicion du paludisme et le traitement des cas confirmés par des associations médicamenteuses comportant de l'artémisinine. Par ailleurs, d'autres interventions sont recommandées pour des groupes cibles à haut risque dans des zones de forte transmission, notamment le traitement préventif intermittent chez la femme enceinte et chez le nourrisson.

L'évolution de l'épidémiologie du paludisme a entraîné un passage progressif d'un mode de stratégie unique en toute circonstance à des stratégies de lutte contre le paludisme ciblées sur des populations et/ou des endroits spécifiques afin d'obtenir un maximum d'efficacité. Conformément à cette approche et sur la base de nouvelles données factuelles, l'OMS recommande désormais une intervention supplémentaire pour lutter contre le paludisme à *Plasmodium falciparum* : la Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier (CPS)[8].

Malgré l'effort mondial intense au cours des deux dernières décennies pour vaincre la maladie, la plupart des pays d'Afrique subsaharienne sont loin de la vision d'un monde sans paludisme définie par la stratégie technique mondiale pour le paludisme 2016-2030 [1]. Néanmoins, les pays où des évaluations de l'impact du paludisme ont été réalisées montrent une diminution de la morbidité et de la mortalité imputables au paludisme après l'intensification des investissements dans la prévention et le contrôle du paludisme [13].

#### **3.5.1 Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier**

La chimio prévention du paludisme saisonnier est définie comme « l'administration intermittente d'un traitement complet par un médicament antipaludique pendant la saison de haute transmission du paludisme pour éviter la maladie, l'objectif étant de maintenir des concentrations thérapeutiques de médicament antipaludique dans le sang pendant la période où le risque de contracter le paludisme est plus élevé [8].

La CPS est indiquée dans les pays où :



1. plus de 60% des cas de paludisme sont diagnostiqués pendant une période inférieure ou égale à 4 mois ;
2. la SP et l'Amodiaquine (AQ) restent efficaces à plus de 90%.

Cette nouvelle stratégie de lutte contre le paludisme appelée (CPS) a été recommandée par l'OMS en Mars 2012 comme politique de lutte contre le paludisme dans les pays du Sahel. Elle consiste à donner une combinaison de SP+AQ à dose thérapeutique pour une prévention pendant la période de haute transmission du paludisme. Les médicaments sont donnés 1 fois par mois pendant 4 mois. Après chaque administration, SP+AQ à J1, AQ à J2 et J3, l'enfant est protégé pendant 4 semaines. Les cibles de la CPS sont les enfants de 3 à 59 mois.

Massaga J. J. et al, ont menées des études en Tanzanie, dans des zones de transmission pérenne du paludisme, ont montré que l'administration d'antipaludéens durant l'enfance, réduit de façon significative l'incidence du paludisme et de l'anémie [19] ;

Au Sénégal Cissé et al ont observé une protection de 86% contre les cas de paludisme associé à l'anémie en administrant les trois doses de Sulfadoxine-Pyriméthamine plus de l'Artésunate à des enfants de moins de cinq ans pendant la période de transmission du paludisme. Cette stratégie a été appelée TPI saisonnier [16]. Des résultats similaires ont été obtenus au Mali [20].

Comme dans de nombreux autres pays d'Afrique occidentale et sahélienne, la transmission du paludisme est très saisonnière pendant la saison des pluies, qui varie de trois à six mois.

Au Mali, le plus grand nombre des cas de paludisme est enregistré en général entre Juillet et Novembre, coïncidant avec la période des pluies. Vu les résultats de la CPS et les recommandations de l'OMS pour son utilisation dans les pays du sahel, le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique du Mali avec ses partenaires se sont engagés à mettre en œuvre progressivement cette stratégie en vue de couvrir tout le pays. C'est ainsi que les districts suivants ont été couverts :

1. 2012 : 01 district : Koutiala ;
2. 2013 : 05 districts ;
3. 2014 : 21 districts ;
4. 2015 : 48 districts ;
5. 2016 : Mise à échelle dans tout le pays.

**Tableau 1** : Protocole d'administration de SP/AQ

Tranche d'âge et taille Jours	3 à 11Mois	12 à 59 Mois
	59cm <Taille<=74cm	75cm<=Taille≤105cm
J1	1cp SP 250 mg/12,5mg +1cp AQ 75mg	1cp SP 500mg/25mg +1cp AQ 150mg
J2	1cp AQ 75 mg	1cp AQ 150 mg
J3	1cp AQ 75 mg	1cp AQ 150 mg

La prise correcte et complète de la CPS doit impérativement être couplée avec une bonne utilisation des moustiquaires imprégnées et des autres méthodes de prévention du paludisme, pour un meilleur résultat.

### 3.5.2 Traitement préventif intermittent chez la femme enceinte

Le TPI chez la femme enceinte consiste à administrer une dose thérapeutique d'un antipaludique efficace au cours des visites systématiques dans les services de consultation prénatale en commençant dès l'apparition des mouvements actifs du fœtus. Actuellement le médicament utilisé dans la plus grande partie de l'Afrique est la Sulfadoxine-Pyriméthamine (SP). La première dose est administrée à la seizième semaine d'aménorrhée ; les autres doses sont administrées à un mois d'intervalle de la dose précédente jusqu'à l'accouchement. L'administration est faite sous observation directe lors des consultations prénatales par l'agent de santé : c'est la stratégie du TDO (Traitement Directement Observé). La SP est bien tolérée pendant la grossesse si elle est administrée à partir du deuxième trimestre. Cependant elle est contre-indiquée pendant le premier trimestre de la grossesse. Par ailleurs comptetenu de sa durée de vie longue, la SP ne doit pas être administrée plus d'une fois par mois. Dans les zones où le TPI a été appliqué, le TPI/SP s'est montré efficace avec notamment une nette réduction de l'anémie maternelle et des petits poids de naissance [16].

Au Mali, Kayentao et al. en 2005 ont mis en évidence une diminution significative de l'anémie maternelle au cours du troisième trimestre, 40,4% chez les femmes sous TPI/SP par rapport à

celles qui étaient sous chimioprophylaxie hebdomadaire à la chloroquine, 58,4%. Ils ont également montré au cours de la même étude, une réduction significative des petits poids de naissance, 24,3% chez les femmes sous TPI/SP et 31% chez les femmes sous chimioprophylaxie [21].

Outre le TPI/SP, l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides est un volet fondamental de la prévention du paludisme chez la femme enceinte.

### **3.5.3 Prévention par les moustiquaires**

L'utilisation systématique de Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide (MII) est la mesure de protection individuelle recommandée dans les zones endémiques. Elle reste l'un des moyens de prévention les plus efficaces pour réduire la transmission du paludisme.

Parallèlement à la protection individuelle, la lutte anti vectorielle doit également préconiser des mesures de prévention générale, notamment l'assainissement du milieu et l'assèchement des eaux stagnantes servant de gîtes aux larves des anophèles vecteurs(13).

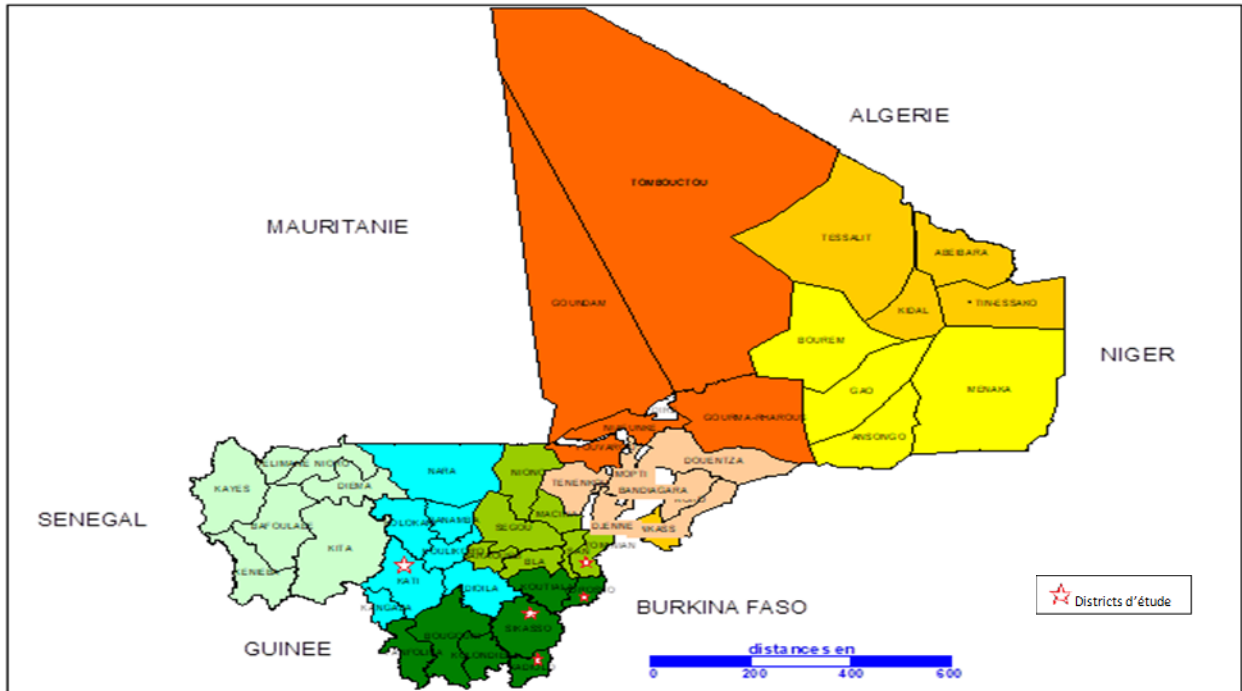
Au Mali les MILD sont distribuées gratuitement depuis 2007 aux nourrissons âgés de moins d'un an après l'achèvement de leur vaccination de routine de la petite enfance le Programme élargi de vaccination (PEV) et aux femmes enceintes recevant des soins prénatals. Ces stratégies peuvent avoir un impact sur l'incidence du paludisme[22].

Il existe également au Mali des campagnes de distribution de masse (une moustiquaire pour 2 personnes) des MILD chaque 3 an[23].

## **4. Méthodologie**

### **4.1. Cadre et lieu d'étude**

Dans un contexte de mise à échelle de la CPS entamé depuis 2012 dans le district sanitaire de Koutiala avec l'appui financier de MSF, la Banque mondiale appui les districts sanitaires frontaliers dans le cadre de son projet Maladie Tropicale Négligée (MTN)-Paludisme avec le Ministère de la Santé au Mali. Notre étude a été réalisée dans 5 districts sanitaires appartenant à différents fasciés épidémiologiques de transmission du paludisme et appuyés par la Banque Mondiale. Ces districts en fonction de leur spécificité géographique et climatique se présentent dans la figure ci-dessous.



**Figure 1 :** Carte du Mali présentant les districts sanitaires concernés par l'étude

- **Le Cercle de Kati,**

Situé à environ 15 km (Kati ville) au Nord-Ouest de Bamako, limitée à l'Ouest par le « Sanoukoulou » et communique au Nord par voie terrestre avec les villes Kita, Kolokani, Nara, Diéma et Nioro du sahel, Le climat est de type soudanien caractérisé par une saison sèche allant de novembre à mai et une saison pluvieuse allant de juin à octobre. La saison sèche compte une période fraîche (de novembre à février) avec une température moyenne de l'ordre de 20° et une période chaude (de mars à mai) avec en moyenne une température variant entre 25° et 30° et les précipitations sont en moyenne de 789.6 mm.

Le district sanitaire de Kati comprend 31 aires de santé fonctionnelles (reparties en 24 communes) et une population de 610,024 habitants en 2009.

- **Le Cercle de Kadiolo**

Le cercle de Kadiolo est situé à environ 470 km (Kadiolo ville) à l'extrême Sud du Mali. Il est limité au Nord par le cercle de Sikasso, à l'Ouest par le cercle de Kolondièba, au Sud par la Côte d'Ivoire, à l'Est par le Burkina Faso.

Actuellement sur le plan administratif, le cercle est divisé en 9 communes rurales : Diou, Dioumaténé, Fourou, Kadiolo, Kai, Loulouni, Misséni, Nimbougou et Zégoua. La population était de 239 713 habitants en 2009 et sur le plan sanitaire en 16 aires toutes fonctionnelles.

Le cercle de Kadiolo possède un climat soudano sahélien avec des précipitations annuelles pouvant dépasser la hauteur des 1000 mm On y distingue deux principales saisons :

- une saison sèche allant de janvier à mai ;
- une saison pluvieuse couvrant la période de mai à octobre.

A celle-ci s'ajoute une saison intermédiaire allant de novembre à février. La végétation est constituée par la savane herbeuse parsemée de grands arbres et de hautes herbes pendant l'hivernage. Sur l'année, la température moyenne est de 27.6°C.

#### **- Le cercle de Sikasso**

Située à environ 370 Km (Sikasso ville) dans l'extrême sud du Mali, le cercle de Sikasso est limité au nord-ouest par la région de Koulikoro, au nord-est par la région de Ségou, à l'est par le Burkina Faso, au sud par la Côte d'Ivoire et à l'ouest par la Guinée.

Le cercle de Sikasso compte 43 communes dont une urbaine et 489 villages officiels pour une population était de 725 494 habitants en 2009. Le climat est de type tropical soudanien, subdivisé en deux ensembles climatiques : la zone soudanienne humide et la zone guinéenne. C'est la région la plus humide du Mali et la plus arrosée (700 à 1 500 mm/an). La température moyenne annuelle est de 27 °C. La couverture végétale va de la savane arborée à la forêt galerie.

#### **- Le cercle de Tominian**

Le cercle de Tominian est situé à environ 464 km (Tominian ville) au nord-est de la région de Ségou du Mali. Il est limité, au Nord par les cercles de Bankass et de Djenné (Région de Mopti); à l'Est par le Burkina Faso; au Sud par le cercle de Yorosso (Région de Sikasso); à l'Ouest par le cercle de San. Le climat est de type soudano sahélien. Les hauteurs moyennes de pluies par an sont environ de 300 à 500 mm au Nord et environ de 500 à 700 mm au sud.

Le district sanitaire compte 19 aires de santé et couvre une superficie de 6 563 Km<sup>2</sup> pour 25 4554 habitants en 2013. La population est en majorité composée de Bobo (Bwa) avec des îlots de populations Bambaras, Peulhs et Dogons.

- **Le cercle de Yorosso**

Le cercle de Yorosso situé à environ 426 km (Yorosso ville) est limité à l'Ouest par le Cercle de Koutiala; au Nord-Ouest par le Cercle de San; au Nord-Est par le Cercle de Tominian; au Sud et à l'Est par la République du Burkina Faso. Caractérisé par l'alternance de deux saisons une saison sèche d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Octobre. Sur l'année, la température moyenne est de 28°C et les précipitations sont en moyenne de 681.7 mm.

Le cercle de Yorosso est une collectivité territoriale dans la région de Sikasso. Il compte 9 communes (Boura, Karangana, Kiffosso<sup>1</sup>, Koumbia, Koury, Mahou, Ménamba<sup>1</sup>, Ourikéla et Yorosso). La population était de 211 508 habitants en 2009.

#### **4.2. Type d'étude et période**

Il s'agissait d'une étude transversale portant sur l'analyse des données historiques des activités de routine des 5 Districts sanitaires de 2016 à 2018.

L'étude a été réalisée sur une période de 4 mois allant de mai à août 2019 dont les données ont été extraites du DHIS2 et préparées.

#### **4.3. Population d'étude**

La population d'étude était constituée de tous les cas de paludisme confirmés vus et enregistrés au niveau des formations sanitaires des districts de Kati, Kadiolo, Sikasso, Yorosso et Tominian.

#### **4.4. Critères d'inclusion, de non inclusion**

- **Critère d'inclusion**

Tous les cas de paludisme confirmés par le test de diagnostic rapide (TDR) ou la goutte épaisse (GE) au niveau des formations sanitaires remontés à travers les rapports mensuels et enregistrés dans le DHIS2.

- **Critère de non inclusion**

Tous les cas de paludisme confirmés par le test de diagnostic rapide (TDR) et la goutte épaisse au niveau des formations sanitaires, remontés à travers les rapports mensuels et non exploitables ou les cas non vus ou non confirmés dans les structures sanitaires des districts d'étude.

#### **4.5. Échantillonnage**

Tous les cas de paludisme confirmé par le TDR ou la GE documentés dans les structures de santé des districts d'étude et enregistrés dans le DHIS2 entre 2016 et 2018 ont constitué notre échantillon d'étude.

#### **4.6. Gestion et analyse des données**

##### **4.6.1. Variables d'intérêts**

###### **- Variables quantitatives**

- Cas de paludisme total confirmé tout âge
- Cas de paludisme total confirmé enfants moins de 5 ans
- Cas de paludisme total confirmé de plus de 5 ans
- Variables météorologiques (Température, Pluviométrie moyenne, Taux d'humidité relative) réduites en composante principale

###### **- Variable qualitatives**

- Districts (Kati, Sikasso, Kadiolo, Yorosso, Tominian)
- Année (2016, 2017, 2018)
- Mois (Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre)
- CPS (Oui, Non)

## **4.6.2 Technique et outils de collecte des données**

### **4.6.2.1 Technique de collecte des données**

#### **- Exploitation de base de données**

Les bases de données des rapports mensuels de paludisme validés des districts sanitaires concernés de 2016 à 2018 sont exploitées, le logiciel Dhis2 a été utilisé pour extraire les données mensuelles de paludisme des districts sanitaires concernés de l'année 2016 à 2018.

#### **- Utilisation du site de Nasa-Giovanni**

Ce site web a été utilisée pour télécharger les données météorologiques (Température moyenne, minimale, maximale mensuelle ; humidité relative moyenne mensuelle ; précipitation moyenne mensuelle) des 5 chefs-lieux de cercle.

Toutes les données agrégées étaient sur une échelle temporelle mensuelle.

### **4.6.2.2 Outil de collecte des données**

Les données sont extraites du logiciel DHIS2 et préparées par la suite pour les besoins d'analyse.

## **4.6.3 Traitement et analyse des données**

### **4.6.3.1 Traitement des données**

Après l'extraction, les données ont été l'objet de vérification pour déceler les données extrêmes ou aberrantes. Certaines variables ont été créées afin de répondre aux objectifs de l'étude sans toucher à la structure initiale de la base extraite du DHIS2.

#### **4.6.3.2 Analyse des données**

Les données ont été analysées sur le logiciel R et sur Microsoft Excel. Les données sont présentées sous forme de tableau et de figure.

#### **- Série temporelles :**

Les données météorologiques ont été mises à une échelle temporelle mensuelle sur les trois ans par district sanitaire. Ceci a permis de représenter graphiquement l'évolution des séries d'incidence, de précipitation, de température, d'humidité relative en utilisant Microsoft Excel.



- **Analyse en composante principale :**

Une Analyse en Composante Principale (ACP) a permis de réduire les dimensions des variables météorologiques et prendre en compte la colinéarité.

- **Modèle Additif Généralisé (GAM) :**

Un Modèle Additif Généralisé (GAM) a été utilisé pour étudier la relation entre l'incidence du paludisme et les facteurs météorologiques, tout en prenant en compte la non linéarité des données de paludisme. Une différence/association statistique a été considérée significative si  $p \leq 0,05$ .

- **Comparaison de moyennes :**

Un test d'Anova a été réalisé pour comparer les moyennes mensuelles agrégées des variables d'incidence, de précipitation cumulée, d'humidité relative moyenne et de température moyenne dans les districts d'études. Pour ce faire, les conditions d'application ont été vérifiées dont indépendance des variables, égalité des variances et la normalité de la distribution. Le test de Bartlett a permis de vérifier l'égalité des variances, et le test de Kolmogorov pour vérifier la normalité des distributions.

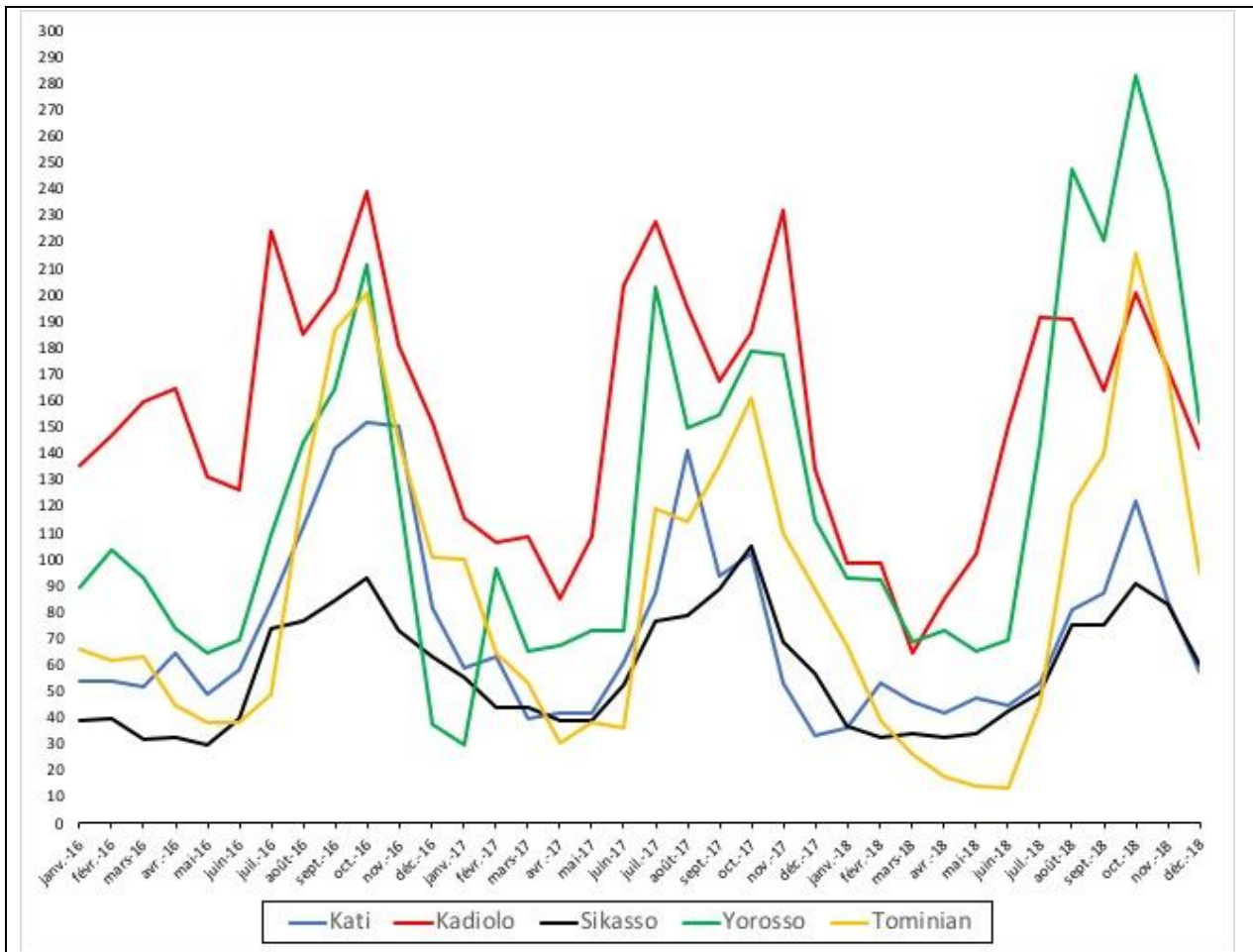
Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé si les conditions d'application ne sont réunies pour le test paramétrique.

## **5. Résultats**

### **5.1. Variation mensuelle de l'incidence du paludisme dans les districts d'études de 2016 à 2018**

De 2016 à 2018, les mensuelles les plus élevées ont été enregistrées de juillet à novembre dans tous les districts d'études correspondant à la période des pluies et fin des pluies. Les districts sanitaires de Kadiolo, de Yorosso et de Tominian ont présenté l'incidence les plus élevées qui variaient de 160 à 290 cas pour 10 000 personnes par mois. Les incidences les plus basses ont été observées dans les districts sanitaires de Sikasso et de Kati. L'évolution de l'incidence était similaire par an dans tous les districts sanitaires sauf à Yorosso qui a présenté une tendance à la hausse en 2018. De janvier à juin on remarque une baisse d'incidence de paludisme dans la

population générale ce qui confirme le caractère saisonnier du paludisme. On constate que la transmission est plus longue (5 à 6 mois) variant de de juin à novembre dans les districts sanitaires de Kadiolo, Yorosso, et Sikasso situé dans les faciès soudano-guinéen et de 4 à 5 mois dans les Districts sanitaires de Kati et Tominian situés dans les faciès nord soudanien et sahélien.



**Figure 2:** Incidence global par district sanitaire de 2016 à 2018

La courbe rouge représente incidence mensuelle pour 10 000 personnes dans le district sanitaire de Kadiolo, la courbe bleue représente celui du district sanitaire de Kati, la courbe noire représente celui du district sanitaire de Sikasso, la courbe verte représente celui du district sanitaire de Yorosso et la courbe jaune pour le district sanitaire de Tominian

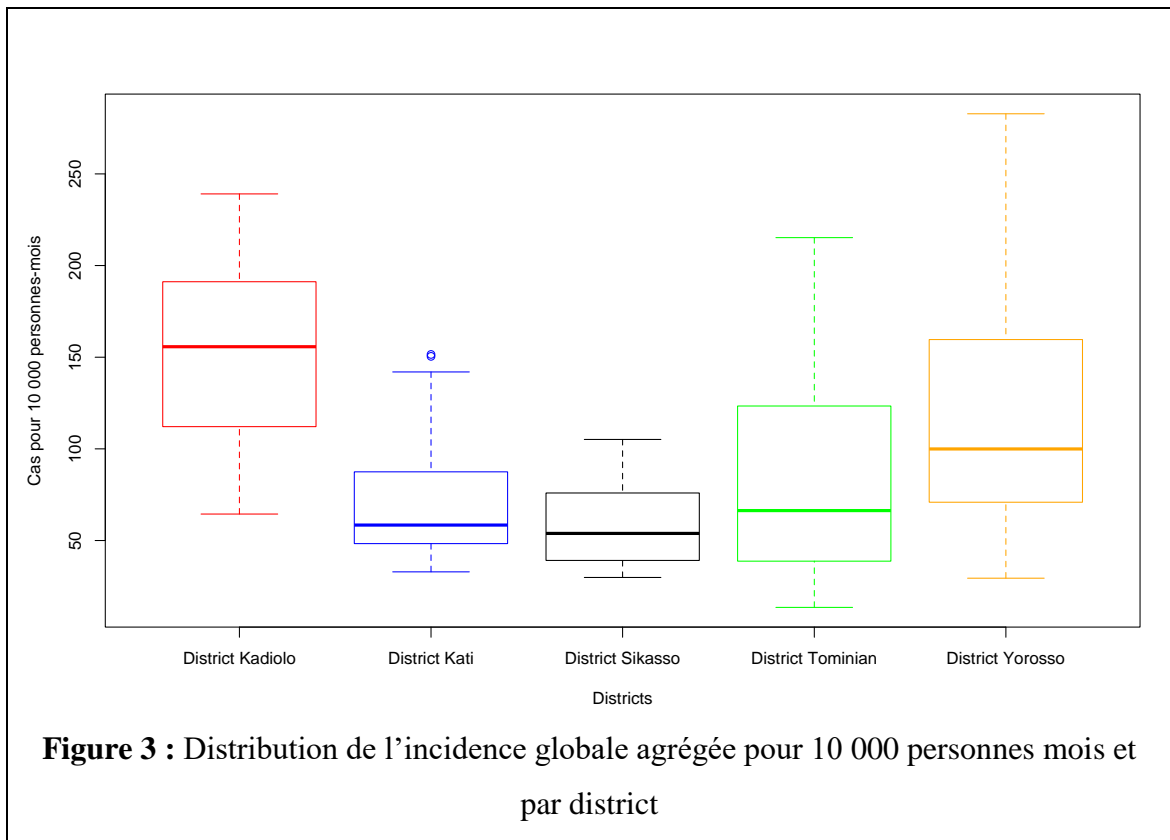
L'incidence annuelle du paludisme était plus élevée à Kadiolo suivie de Yorosso et plus bas a Sikasso (Tableau 2).

**Tableau 2 :** incidence annuelle pour 10 000 personnes du paludisme par district sanitaire

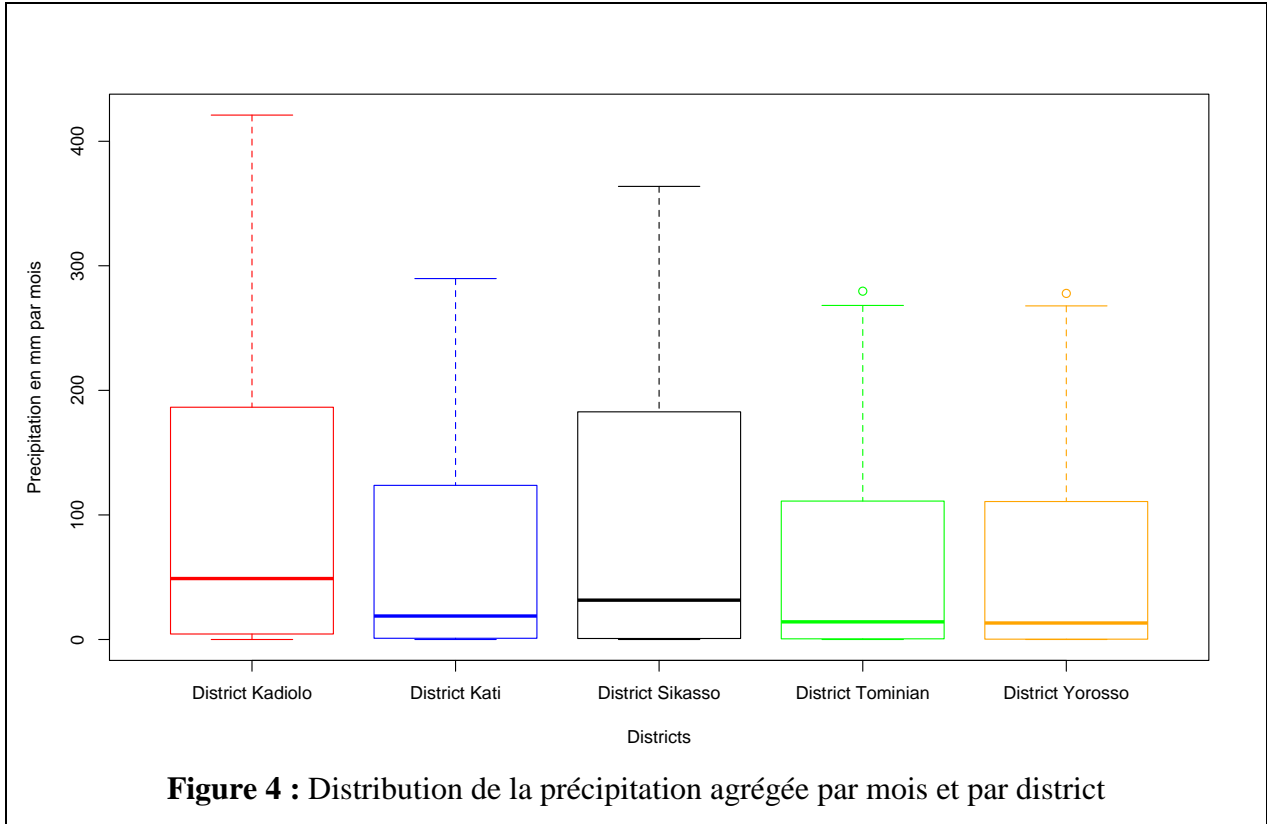
District	2016	2017	2018
Kati	1052	816	754
Kadiolo	2046	1870	1660
Sikasso	676	749	645
Yorosso	1285	1383	1746
Tominian	1119	1051	963

### 5.2. Variation des données mensuelles agrégées par district sanitaire

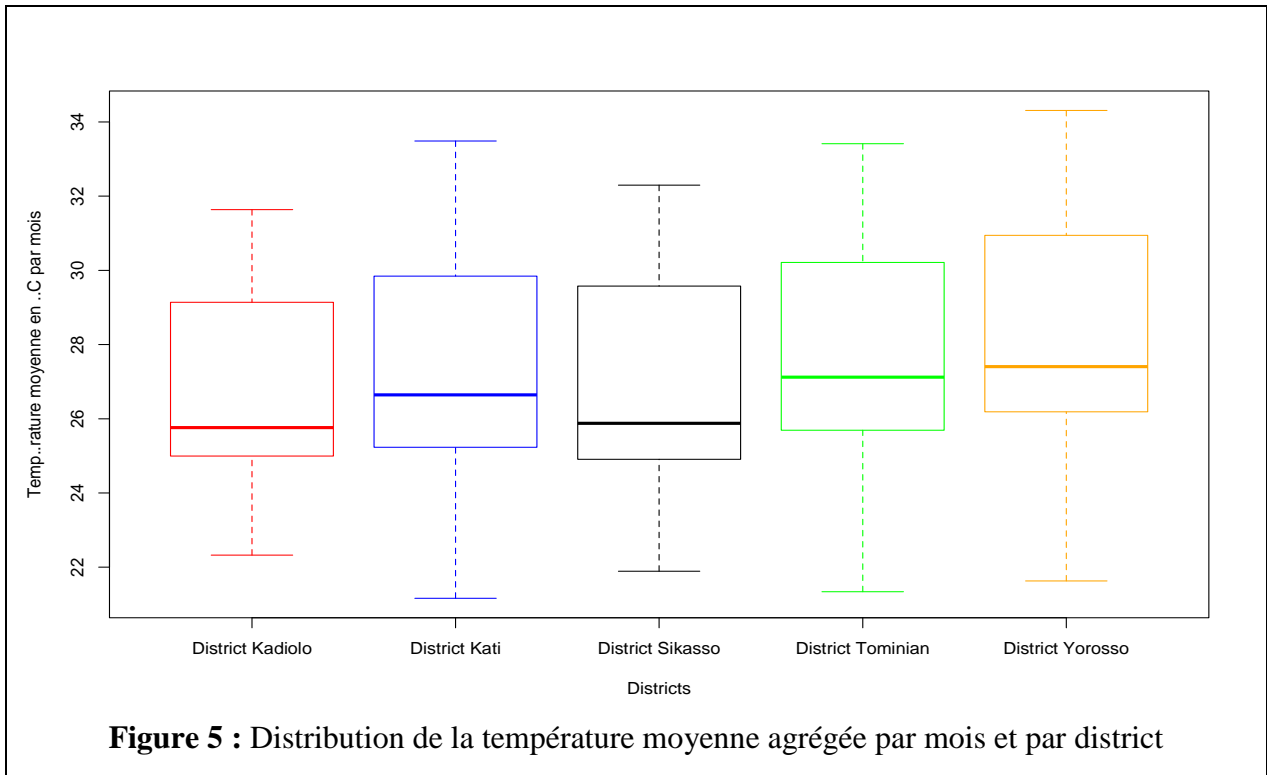
La figure 3 nous montre que la médiane de l'incidence mensuelle agrégée des 3 années est plus élevée dans le district sanitaire de Kadiolo soit 155 cas pour 10000 personnes mois suivie de Yorosso et le plus bas a été enregistré à Sikasso avec une médiane de 50 cas pour 10000 personnes mois.



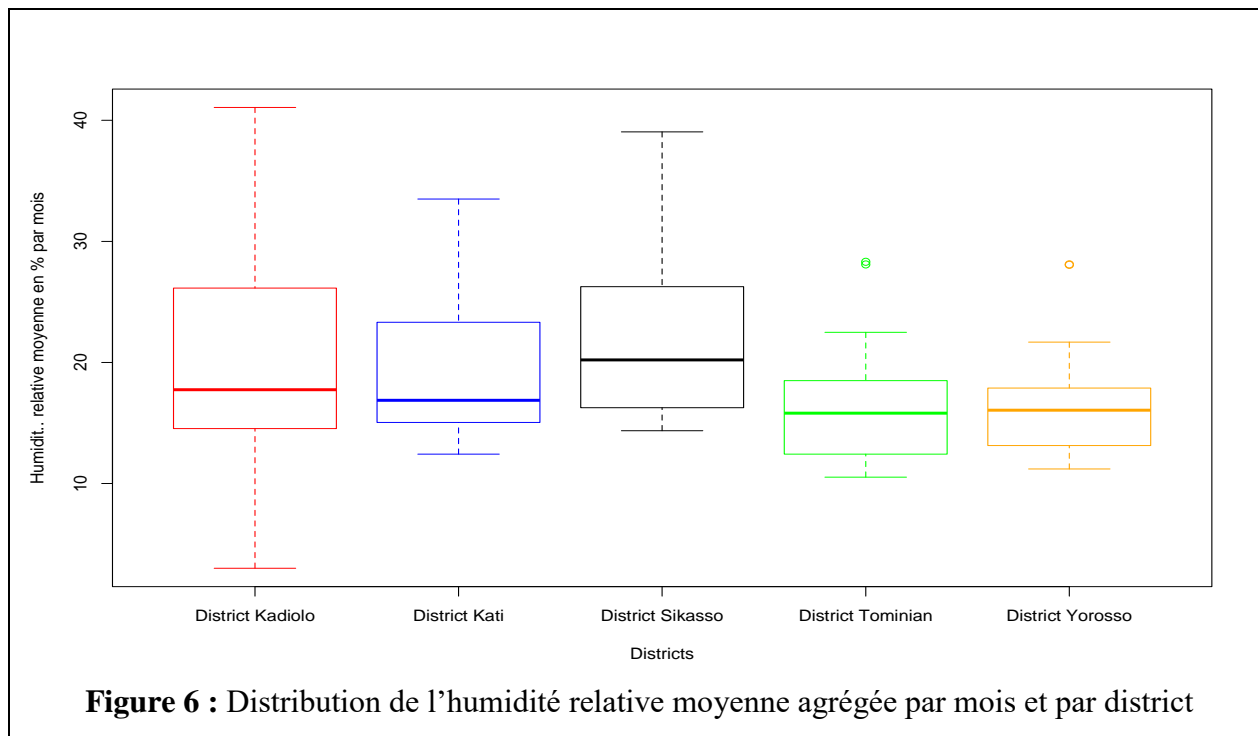
Cette figure nous montre qu'il n'y a pas une grande variation de précipitation d'un district à un autre, la plus forte précipitation a été enregistré à Kadiolo avec des valeurs extrême qui vont de 0 à plus de 400 mm (fig 4).



La température moyenne agrégée varie entre 26 et 27°C d'un district à un autre, avec des valeurs extrêmes qui vont de 21 à 34°C à Yorosso (fig 5)



La médiane de l'humidité relative n'est pratiquement pas variable d'un district à un autre et Kadiolo présente des valeurs extrêmes qui vont de 2 à 40 (fig 6)



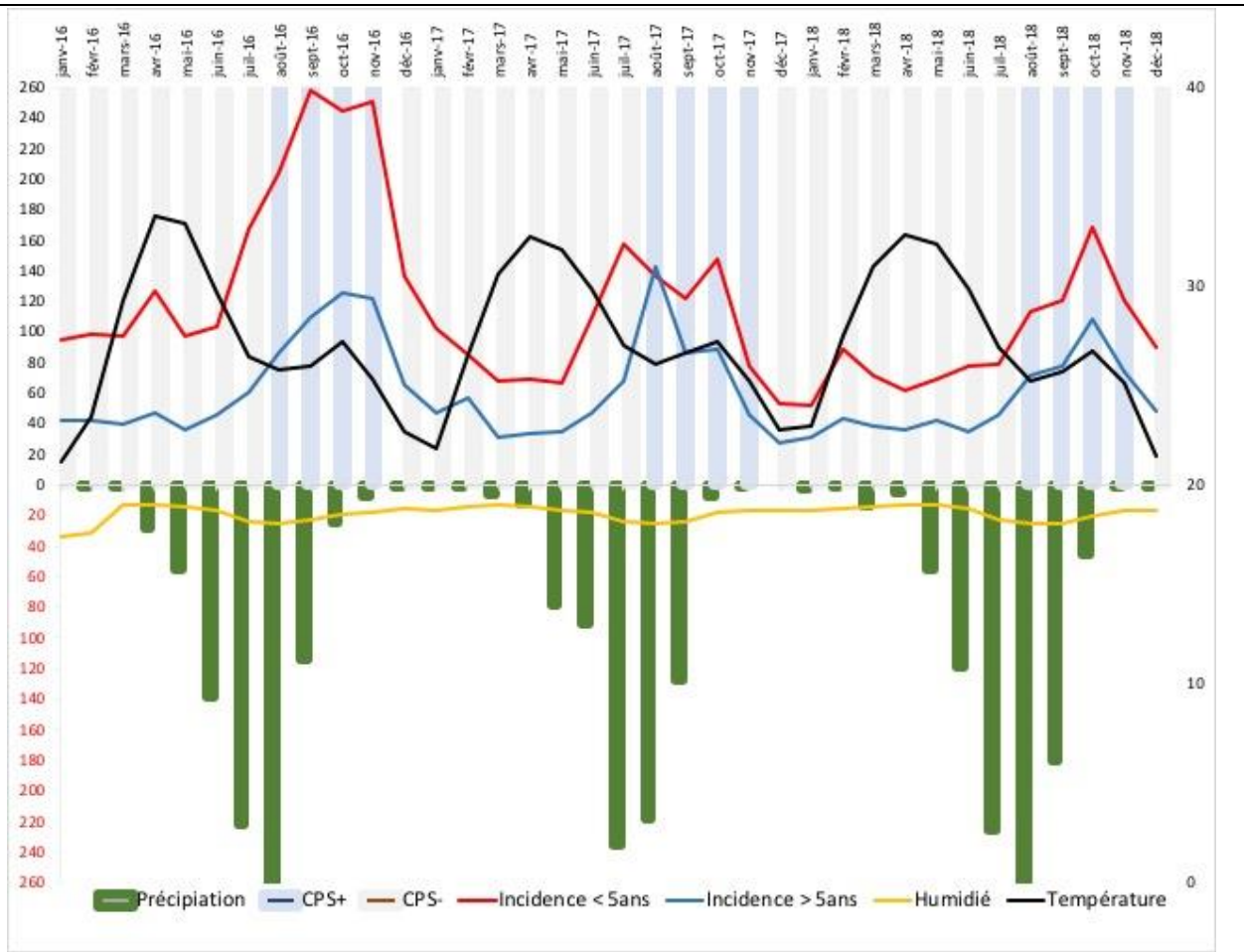
### 5.3. Estimation de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS :

#### - *District sanitaire de Kati*

L'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans est supérieure à ceux des 5 ans et plus de 2016 à 2018. Les incidences les plus élevées ont été enregistrées pendant la période pluvieuse et les plus basses pendant les périodes où la température est plus élevée. Les pics pour les deux groupes ont été obtenus entre juillet et octobre, le plus grand pic a été observé en septembre 2016 chez les enfants de moins de 5 ans avec 255 cas pour 10000 personnes et 120 cas pour 10000 personnes chez les plus de 5 ans. Une tendance à la baisse d'incidence chez les moins de 5 ans a été observée de 2016 à 2018.

Les précipitations les plus importantes ont été obtenues de juillet à Août sur les 3 ans ce qui correspond à la période de la CPS. Les pics des incidences mensuelles sont observés à la fin de la saison des pluies en septembre et octobre.

La CPS a été régulièrement mise en œuvre dans le district sanitaire de Kati durant les 3 ans, cependant on note une diminution de l'incidence qu'après le 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> passage.



**Figure 7 :** Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Kati de 2016 à 2018

La courbe rouge représente l'incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les moins de 5 ans, la courbe bleue représente l'incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les 5 ans et plus, la courbe noire représente la température moyenne mensuelle, la courbe jaune représente l'humidité relative moyenne du sol mensuelle, l'histogramme vert représente la précipitation moyenne mensuelle. Le fond gris représente les périodes sans CPS et le fond bleu clair les périodes avec CPS.

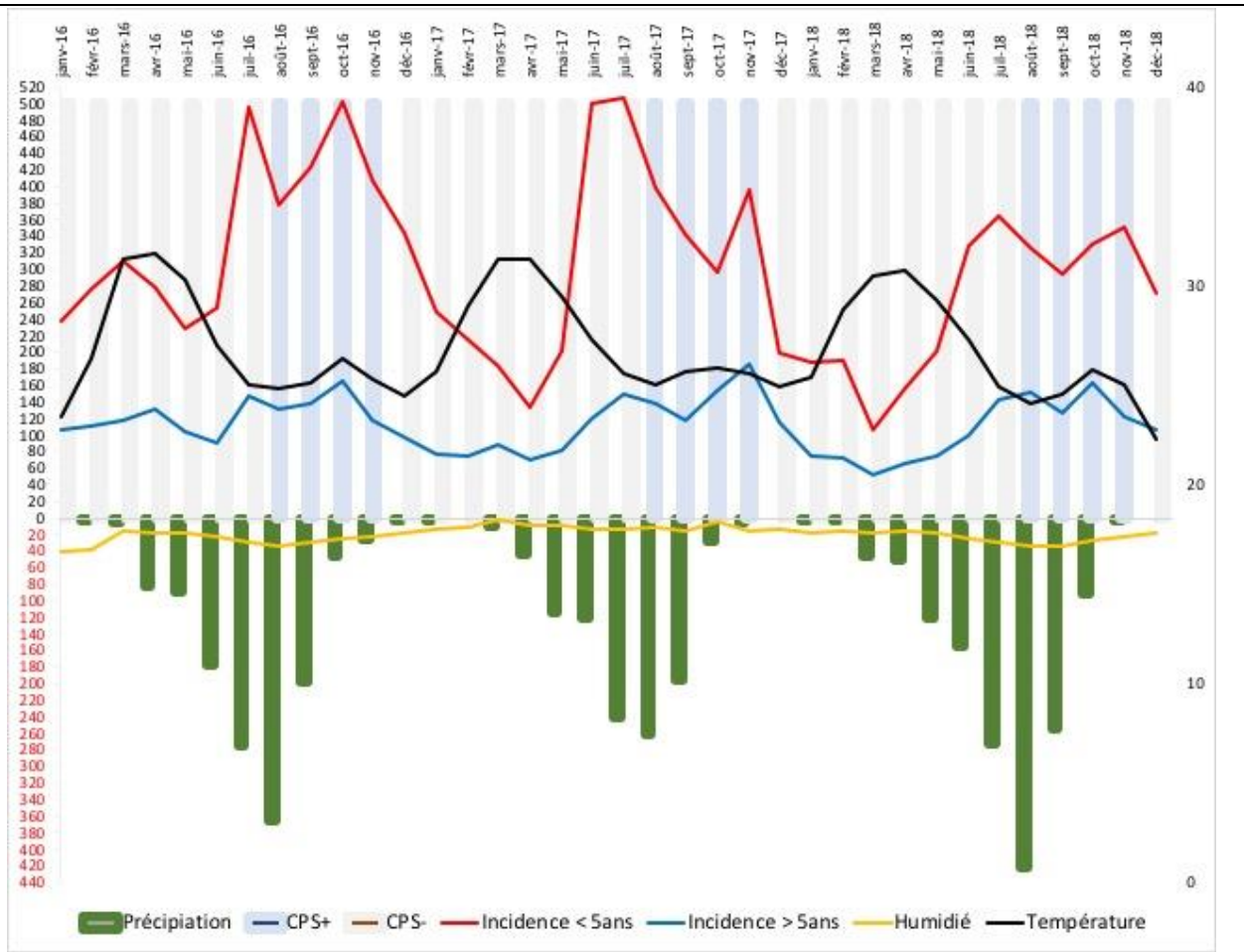
- *District sanitaire de Kadiolo*

De 2016 à 2018 on constate que l'incidence du paludisme est plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans que le reste de la population. Les pics pour les deux groupes ont été obtenues entre juillet et novembre de 2016 à 2018 soient 500 cas pour 10000 personnes par mois chez les enfants de moins de 5 ans et 160 pour 10000 personnes par mois chez les plus de 5 ans en 2017. De janvier à juin on remarque, les tendances sont à la baisse dans la population générale, ce qui confirme le caractère saisonnier du paludisme. Les températures maximales (30°C) sont obtenu, durant le mois d'avril, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier à juin inversement à l'incidence du paludisme dans la population.

Les précipitations les plus importantes ont été obtenues en Aout sur les 3 ans coïncidant à la période de la CPS. Les pics sont observés comme dans le district de Kati à la fin de la saison des pluies en septembre et octobre.

La variation de la courbe d'humidité est pratiquement constante indépendamment de l'évolution de autres variables comme la température, la précipitation et l'incidence.





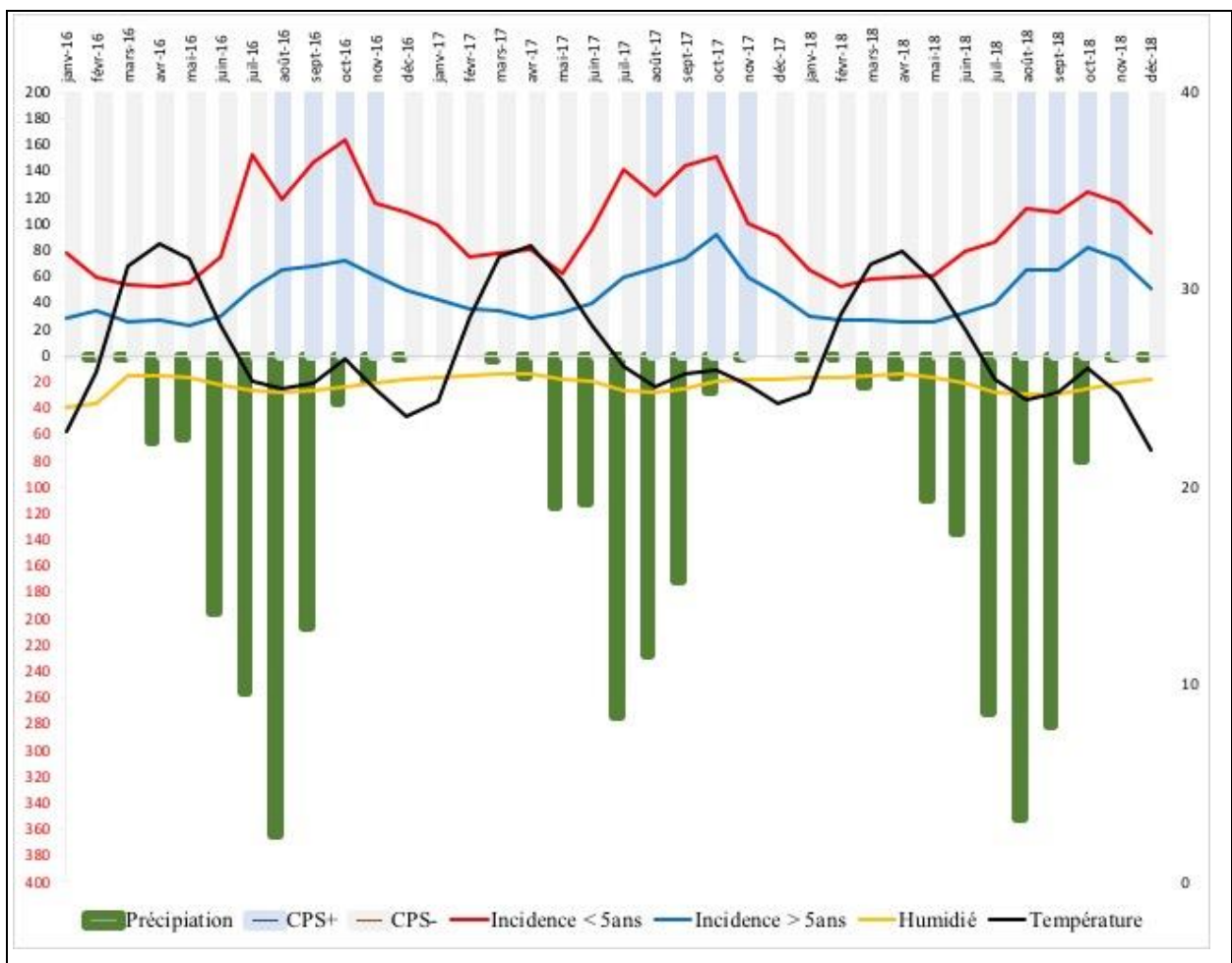
**Figure 8 :** Évolution de l’incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Kadiolo de 2016 à 2018

La courbe rouge représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les moins de 5 ans, la courbe bleue représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les 5 ans et plus, la courbe noire représente la température moyenne mensuelle, la courbe jaune représente l’humidité relative moyenne du sol mensuelle, l’histogramme vert représente la précipitation moyenne mensuelle. Le fond gris représente les périodes sans CPS et le fond bleu clair les périodes avec CPS.

- *District sanitaire de Sikasso*

De 2016 à 2018 on constate que l'incidence du paludisme est plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans que le reste de la population. De façon générale l'allure de la courbe évolue en dent de scie chez les enfants de moins de 5 ans et de plus de 5 ans. Dans les deux groupes une tendance à la hausse a été observée en octobre surtout 2017, 2018. Les températures maximales sont obtenus durant le mois d'avril allant de 32 à 34°C en moyenne, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier à juin pendant que l'incidence du paludisme diminue dans la population. L'évolution des incidences reste similaire d'année à année chez les deux groupes.

Les précipitations les plus importantes ont été obtenues à partir de juillet à Aout sur les 3 ans correspondant à la période de la CPS.



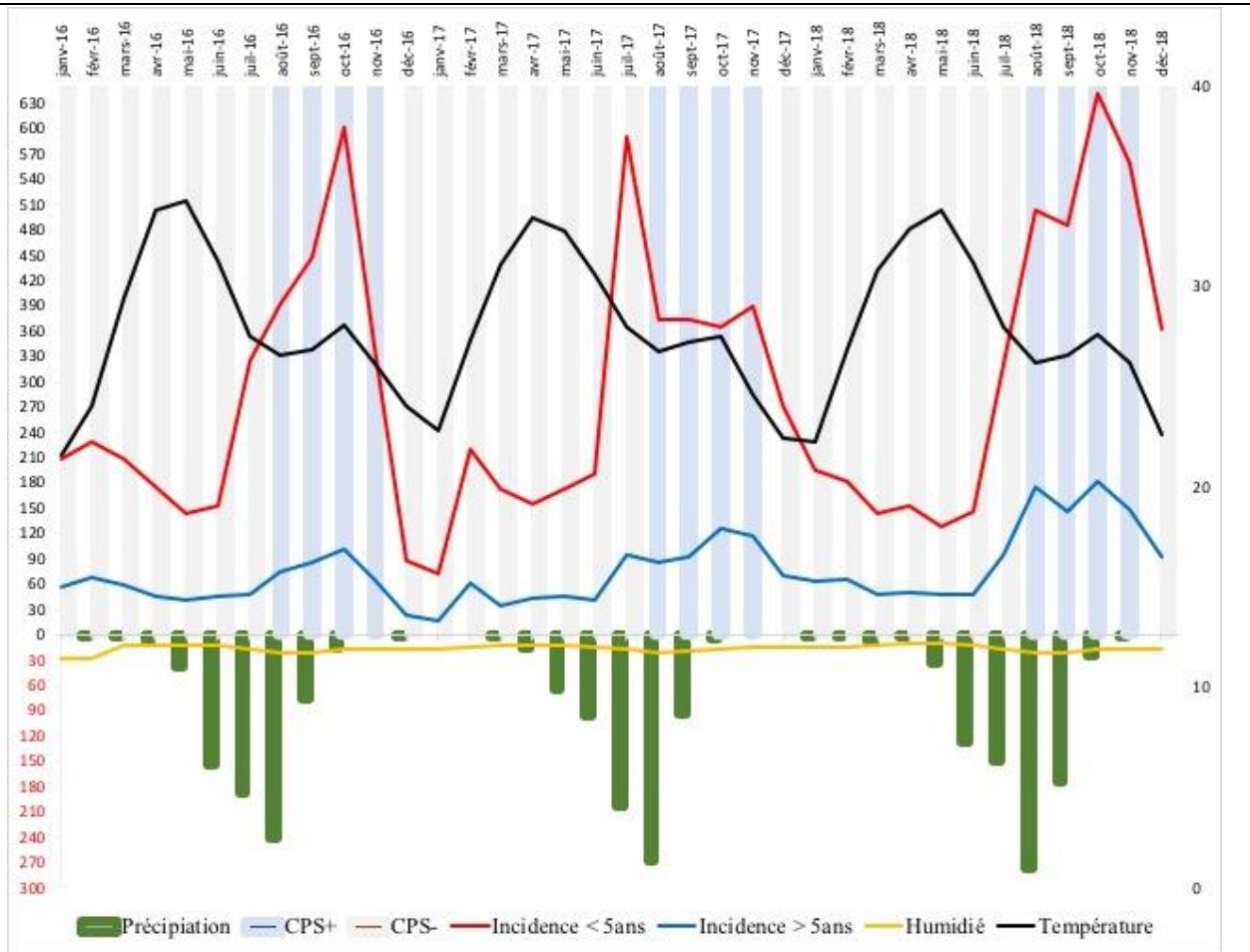
**Figure 9 :** Évolution de l'incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Sikasso de 2016 à 2018

La courbe rouge représente l'incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les moins de 5 ans, la courbe bleue représente l'incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les 5 ans et plus, la courbe noire représente la température moyenne mensuelle, la courbe jaune représente l'humidité relative moyenne du sol mensuelle, l'histogramme vert représente la précipitation moyenne mensuelle. Le fond gris représente les périodes sans CPS et le fond bleu clair les périodes avec CPS.

- *District sanitaire de Yorosso*

Durant les 3 années on constate que l'incidence du paludisme est plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans que le reste de la population. Il existe une tendance claire à la hausse toutes les années à partir de juillet pour atteindre un pic en octobre pour les deux groupes mais de façon très prononcée chez les enfants de moins de 5 ans. Le caractère saisonnier de la transmission est respecté avec une tendance à la baisse de l'incidence du paludisme de janvier à juin. Les températures maximales sont obtenues entre avril et mai allant de 34 à 35°C inversement à l'incidence du paludisme.

La période couverte par la CPS est d'Aout à Novembre d'où l'évolution extrêmes de l'incidence du paludisme (les pics) est obtenue pendant cette période particulièrement au mois d'octobre. Ce pendant on note une baisse de l'incidence chez les enfants de moins de 5 ans juste avant le premier passage de la cps notamment au mois d'août en 2017.



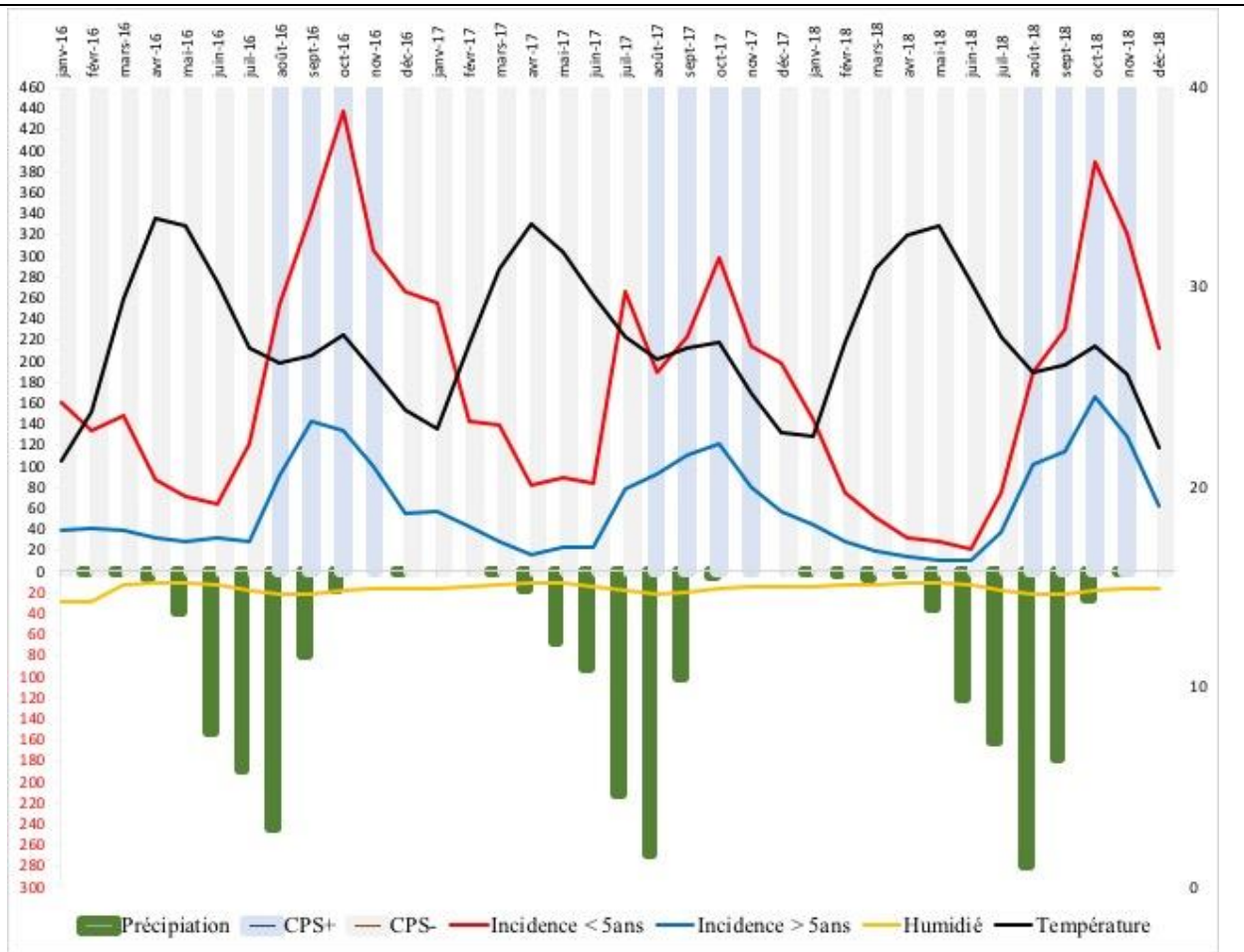
**Figure 10:** Évolution de l’incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Yorosso de 2016 à 2018

La courbe rouge représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les moins de 5 ans, la courbe bleue représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les 5 ans et plus, la courbe noire représente la température moyenne mensuelle, la courbe jaune représente l’humidité relative moyenne du sol mensuelle, l’histogramme vert représente la précipitation moyenne mensuelle. Le fond gris représente les périodes sans CPS et le fond bleu clair les périodes avec CPS.

- *District sanitaire de Tominian*

L'incidence du paludisme est restée plus élevée chez les enfants de moins de 5 ans par rapport au reste de la population durant la période de l'étude avec un pic en octobre. En 2017, la tendance à la hausse était modérée avec cependant deux pics en juillet et octobre. De janvier à juin on remarque une baisse de l'incidence de paludisme dans la population générale ce qui confirme le caractère saisonnier du paludisme. Les températures maximales sont obtenues entre le mois d'avril et le mois de mai allant de 34 à 35°C, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier en juin pendant que l'incidence du paludisme diminue dans la population.

La CPS a été régulière dans le district sanitaire de Tominian durant les 3ans cependant on note une diminution de l'incidence qu'après le 3<sup>ème</sup> passage.



**Figure 11** : Évolution de l’incidence mensuelle chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district de Tominian de 2016 à 2018

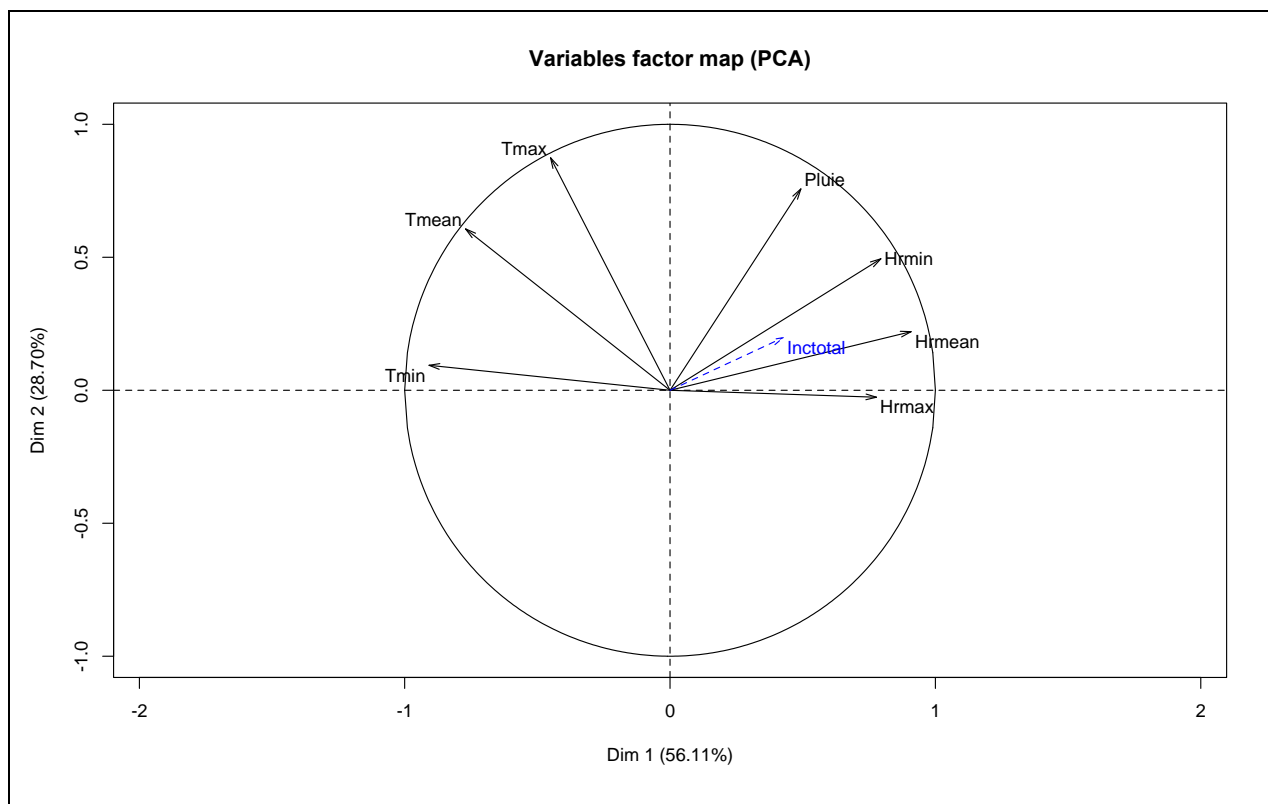
La courbe rouge représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les moins de 5 ans, la courbe bleue représente l’incidence mensuel pour 10 000 personnes chez les 5 ans et plus, la courbe noire représente la température moyenne mensuelle, la courbe jaune représente l’humidité relative moyenne du sol mensuelle, l’histogramme vert représente la précipitation moyenne mensuelle. Le fond gris représente les périodes sans CPS et le fond bleu clair les périodes avec CPS.

#### 5.4. Corrélation entre l'incidence globale du paludisme et les facteurs météorologiques par zone

##### Districts sanitaires de Tominian et Kita (faciès nord soudanien et sahel)

- *Analyse en composante principale :*

L'analyse en composante principale a permis de réduire la dimension des variables météorologiques en deux axes principaux qui expliquent l'inertie à plus de 80%, appelés Dim1 et Dim2 selon le critère de Kaiser (figure 12). Les axes Dim1 et Dim2 sont respectivement horizontal et vertical. De nouvelles variables appelées composante 1 et 2 ont été déterminées respectivement sur l'axe 1 et 2, elles représentaient le regroupement des facteurs météorologiques qui sont significativement corrélés (corrélation > 0,5) et proche du cercle (figure 12).



**Figure 12 :** Analyse en composante principale dans les districts sanitaires de Kati et Tominian

Les nouvelles variables ont été nommées (Tableau 3).

**Tableau 3:** Variables météorologiques retenues à l'issu de l'ACP

Met1 (55,8%)	Corrélation	p	Met2 (24,16%)	Corrélation	P
<b>Hrmean</b>	0,91	< 0,001	Tmax	0,77	< 0,001
<b>Hrmin</b>	0,79	< 0,001			
<b>Hrmax</b>	0,78	< 0,001			
<b>Pluie</b>	0,54	< 0,001			
<b>Tmean</b>	- 0,85	< 0,001			
<b>Tmin</b>	-0,89	< 0,001			

### **Evolution du paludisme en fonction des facteurs météorologiques et l'implémentation de la CPS dans les districts de Kati et Tominian**

Le modèle additif général (GAM) a été utilisé pour modéliser l'incidence globale en fonction des composantes issues de l'ACP. Le décalage entre l'incidence global et les composantes n'a pas été estimés compte tenu de la non disponibilité des données hebdomadaires. Dans les districts de Kati et Tominian, la composante Met1 composée positivement d'humidité relative, la précipitation et négativement de la température moyenne et minimale était significativement associée à l'incidence globale du paludisme à l'analyse uni variée ( $p < 0,05$ ) avec une déviance expliquée de 47,4% (Tableau 4). La composante Met2, représentée par la température maximale n'était pas significativement associée à l'incidence globale du paludisme ( $p > 0,05$ ) à l'analyse uni variée (Tableau 4) avec une relation non linéaire.



**Tableau 4 :** Analyse uni variée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM

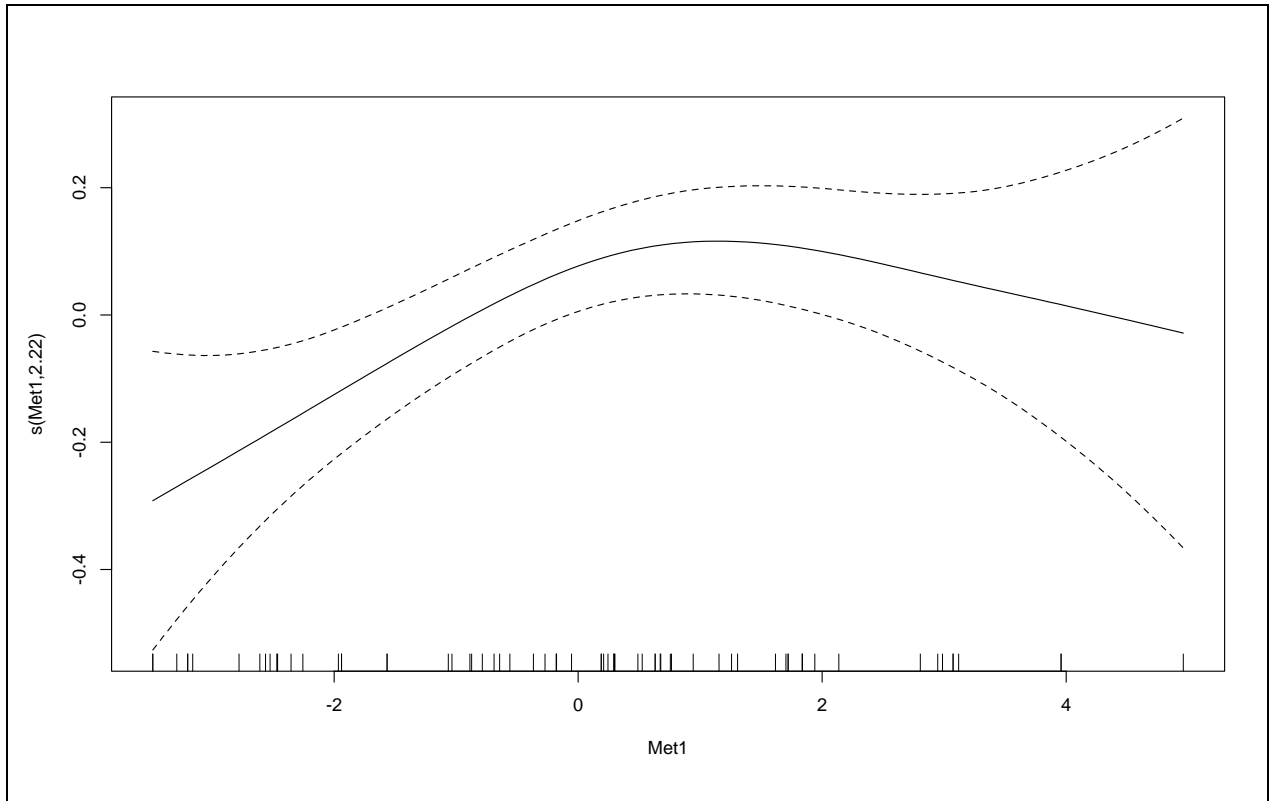
Variables	P	GCV	Déviance expliquée
<b>Met1</b>	< 0,001	598,87	47,4%
<b>Met2</b>	0,44	922,31	5,02%

La composante Met1, significative à l'analyse unie varié a été mise dans le modèle multivarié en tenant compte de l'implémentation de la CPS. Dans ce modèle la composante Met1 étaient significativement associée à l'incidence globale avec une déviance expliquée de 67,1% (Tableau 5). L'implémentation de la CPS était significativement associée à une augmentation de l'incidence globale.

**Tableau 5 :** Analyse multivarié entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM

<b>Partie non paramétrique</b>	<b>P</b>	<b>GCV</b>	<b>Déviance</b>
Met1	0,0365	329,23	67,1%
<b>Partie paramétrique</b>	<b>OR</b>	<b>IC</b>	<b>P</b>
CPS	1,96	[1,68 ; 2,27]	< 0,001

La relation à l'analyse multivariée était non linéaire, l'incidence globale du paludisme augmentait avec l'augmentation de l'humidité relative et la précipitation, puis diminue à des valeurs extrêmes de la précipitation et de l'humidité relative (figure 13).

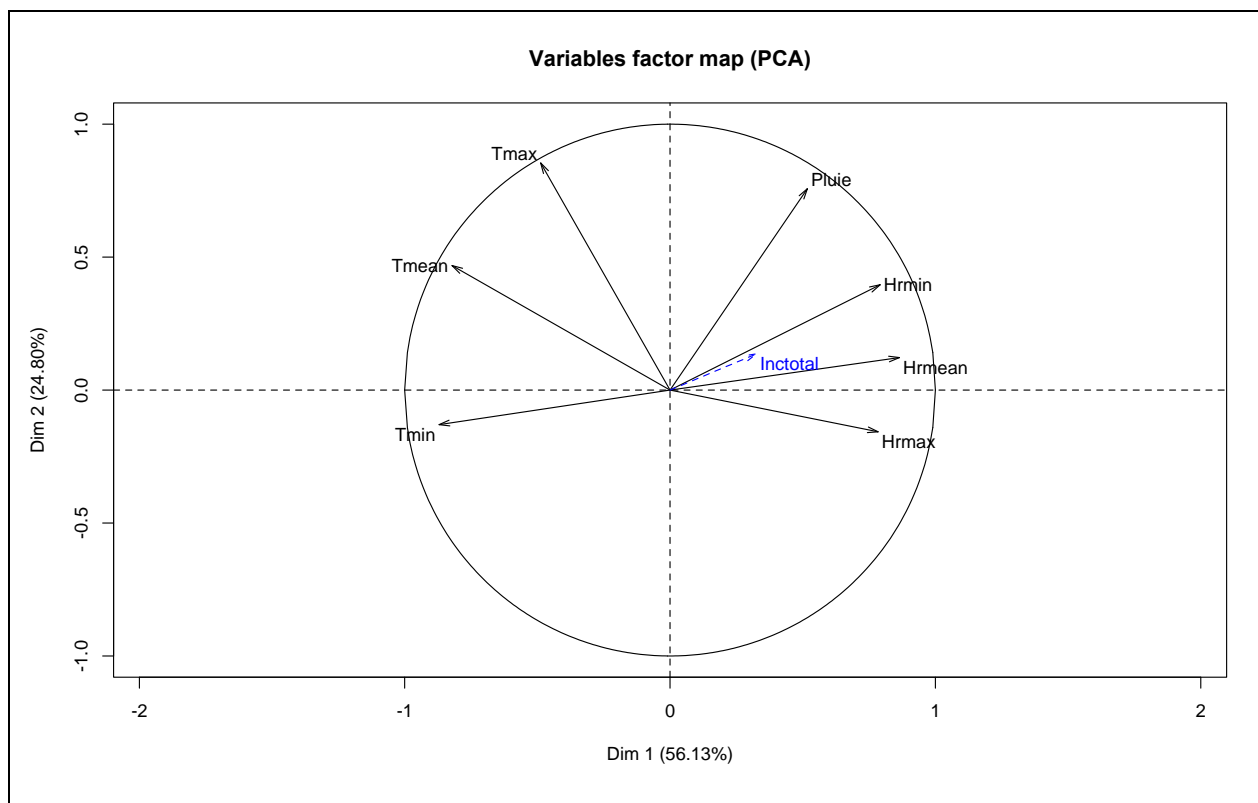


**Figure 13 :** Évolution de l'incidence du paludisme en fonction de la composante Met1 dans les districts de Kati et de Tominian

**Districts sanitaires de Sikasso, Kadiolo et Yorosso (faciès soudano-guinéen)**

- *Analyse en composante principale :*

L'analyse en composante principale a permis de réduire la dimension des variables météorologiques en deux axes principaux qui expliquent l'inertie à plus de 80%, appelés Dim1 et Dim2 selon le critère de Kaiser (figure 14). Les axes Dim 1 et Dim 2 sont respectivement horizontal et vertical. De nouvelles variables appelées composante 1 et 2 ont été déterminées respectivement sur l'axe 1 et 2, elles représentaient le regroupement des facteurs météorologiques qui sont significativement corrélés (corrélations > 0,5) et proche du cercle (figure 14).



**Figure 14** : Analyse en composante principale dans les districts sanitaires de Kadiolo, Sikasso et Yorosso.

Les nouvelles variables ont été nommées Met1 sur l’axe 1 et Met2 sur l’axe 2. La variable Met1 était composée positivement de la précipitation, de l’humidité relative (moyenne, minimale et maximale) et négativement de la température moyenne et minimale (Tableau 6). La variable Met2 était représentée positivement par la température maximale (Tableau 6).

**Tableau 6** : Variables météorologiques retenues à l’issu de l’ACP

<b>Met1 (56,13%)</b>	<b>Corrélation</b>	<b>P</b>	<b>Met2 (24,80%)</b>	<b>Corrélation</b>	<b>P</b>
Hrmean	0,86	< 0,001	Tmax	0,85	< 0,001
Hrmin	0,79	< 0,001	-	-	-
Hrmax	0,78	< 0,001	-	-	-
Pluie	0,52	< 0,001	-	-	-
Tmin	- 0,87	< 0,001	-	-	-
Tmen	-0,82	< 0,001	-	-	-

## Evolution du paludisme en fonction des facteurs météorologiques et l'implémentation de la CPS dans les districts de Sikasso, Kadiolo et Yorosso

Le modèle additif général (GAM) a été utilisé pour modéliser l'incidence globale en fonction des composantes issues de l'ACP. Le décalage entre l'incidence globale et les composantes n'ont pas été estimés compte tenu de la non disponibilité des données hebdomadaires. Dans les districts de Kadiolo, Sikasso et Yorosso la composante Met1 composée positivement d'humidité relative, la précipitation et négativement de la température moyenne et minimale était significativement associée à l'incidence globale du paludisme à l'analyse uni variée ( $p < 0,05$ ) avec une déviance expliquée de 31% (Tableau 7). La composante Met2, représentée par la température maximale n'était pas significativement associée à l'incidence globale du paludisme ( $p > 0,05$ ) à l'analyse uni variée (Tableau 7) avec une relation non linéaire.

**Tableau 7:** Analyse uni variée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM

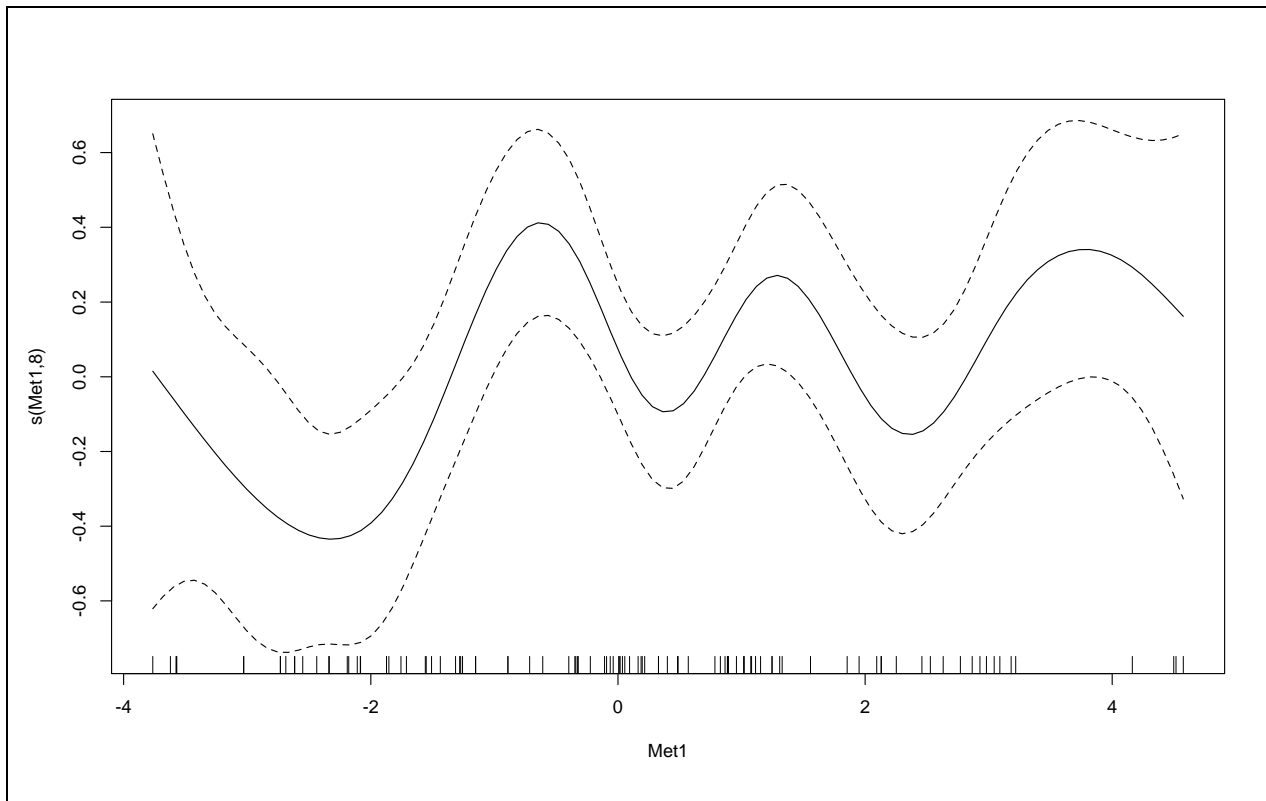
Variables	P	GCV	Déviance expliquée
Met1	0,001	1034,09	31%
Met2	0,231	1284,2	1,26%

La composante Met1, significative à l'analyse uni variée a été mise dans le modèle multivarié en tenant compte de l'implémentation de la CPS. Dans ce modèle la composante Met1 était significativement associée à l'incidence globale avec une déviance expliquée de 34,8% (Tableau 8). L'implémentation de la CPS était significativement associée à une augmentation de l'incidence globale.

**Tableau 8 :** Analyse multivariée entre les composantes et l'incidence globale du paludisme avec GAM

Partie non paramétrique	Déviante	GCV	p
Met1	34,8%	992,2	0,0181
Partie paramétrique	OR	IC	P
CPS	1,37	[1,10 ; 1,69]	< 0,0054

La relation à l'analyse multivariée était non linéaire, l'incidence globale du paludisme diminue avec l'augmentation de l'humidité relative et la précipitation dans un premier temps puis augmente par la suite en dent de scie avec l'augmentation de la précipitation et de l'humidité relative (figure 15).



**Figure 15 :** Évolution de l'incidence du paludisme en fonction de la composante Met1 dans les districts de Kadiolo, Sikasso et Yorosso.

### 5.5. Recherche de facteurs météorologiques différents selon les districts

Les moyennes d'incidences mensuelles et de l'humidité relative mensuelle étaient significativement différentes ( $p < 0,000$ ) selon les districts d'études durant les 3 ans. Par contre les moyennes mensuelles de la température moyenne, de la précipitation n'étaient pas significativement différentes dans les districts d'études durant les 3 ans (Tableau 9)

**Tableau 9 :** comparaison des moyennes d'incidences et des facteurs météorologiques des districts sanitaires

Variables	Hypothèses	<i>p</i> -value	Test
Moyenne d'incidence globale mensuelle	H <sub>0</sub> : Égalité des moyennes H <sub>1</sub> : Au moins une moyenne est différente	< 0,000	Kruskall-Wallis
Moyenne précipitation mensuelle agrégée	H <sub>0</sub> : Égalité de moyenne H <sub>1</sub> : Au moins une moyenne est différente	0,296	Anova
Moyenne température mensuelle agrégée	H <sub>0</sub> : Égalité de moyenne H <sub>1</sub> : Au moins une moyenne est différente	0,686	Anova
Moyenne humidité relative mensuelle agrégée	H <sub>0</sub> : Égalité de moyenne H <sub>1</sub> : Au moins une moyenne est différente	< 0,000	Kruskall-Wallis

## **6. Commentaires et discussions**

L'une des limites de notre étude a été la non réalisation du décalage entre l'incidence globale et les composantes parce que des données hebdomadaires n'étaient pas disponibles. Aussi nous ne sommes pas intéressés aux taux de couverture spécifiques des stratégies (possession et utilisation des MILDA, couverture de la CPS et de la PID), ce qui pouvait aider à expliquer certaines différences de variation de l'incidence par an et dans les districts.

Notre étude a permis d'analyser la dynamique de l'incidence du paludisme dans la population générale de 5 districts à faciès écoclimatiques différents dans un contexte de CPS partir des données de routine de 2016 à 2018.

### **La variation mensuelle de l'incidence du paludisme dans les districts d'études**

La période de forte transmission du paludisme au Mali coïncide avec la saison des pluies où une grande quantité d'eau est versée sur le territoire. Ceci crée un environnement favorable au développement et à la multiplication des moustiques responsables de la transmission du paludisme ce qui pourrait expliquer l'évolution croissante du taux d'incidence du paludisme dans les cinq districts sanitaires (figure 2) avec des pics importants surtout entre juillet et octobre.

Le district sanitaire de Kadiolo a présenté de façon générale l'incidence la plus élevée suivie de Tominian, Yorosso, Kati et Sikasso. Ainsi la durée de transmission du paludisme diffère d'un district à un autre, ce qui confirme l'impact écologique sur cette maladie. Plusieurs études réalisées au Mali et dans le monde montrent que l'incidence du paludisme est plus élevée pendant la saison des pluies. Notamment l'étude réalisée par Dolo et al en 2003 à Bancoumana au Mali [25] et celle réalisée par Sissoko et al dans une zone péri-urbaine le long du fleuve Niger [25]. De même, Veronica Soto-Calle et al [27] dans la région amazonienne Péruvienne au cours d'étude en 2016 trouve que l'incidence du paludisme est plus élevée entre le mois de février à juillet ce qui coïncide à la période des pluies en Pérou.

En 2018, les incidences du paludisme ont commencé à augmenter à partir du mois de juin pour atteindre leurs pics en octobre. Le district sanitaire de Yorosso a présenté l'incidence la plus élevée soit 285/10.000 personnes par mois, suivi de Tominian 220/10000 personnes par mois, Kadiolo 210/10000 personnes par mois, Kati 120/10000 personnes par mois tandis que

l'incidence le plus bas a été enregistré à Sikasso soit 100/10000 personnes par mois. Cependant en 2017, la période des pics s'est déplacée pour certains districts, en juillet pour Yorosso et Kadiolo, et en août pour Katicé qui confirme la différence de faciès épidémiologique. Le caractère de la transmission montre qu'elle est liée à plusieurs facteurs dont certains peuvent être contrôlés par l'homme par contre d'autres non comme le début de la saison des pluies qui varie d'année en année.

L'incidence était moins élevée dans les milieux urbains que les milieux ruraux, il y avait relativement moins de paludisme à Sikasso ville, une zone urbaine, qui serait moins propice à la prolifération de l'anophèle, vecteur du paludisme, suivie de Kati zone moins humide. Dans la revue de la littérature on a vu que l'urbanisation était défavorable au développement des anophèles ce qui est contraire aux résultats de Sissoko et al qui ont rapporté dans leur étude réalisée en 2017 à Sotuba que malgré l'urbanisation croissante aucune réduction de l'incidence du paludisme n'a été observée [25].

### **Estimation des taux d'incidences chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district sanitaire de Kati**

Dans notre étude les enfants de moins de 5 ans avaient le taux d'incidence le plus élevé par rapport à ceux de 5 ans et plus de 2016 à 2018 (figure 7). Ce qui pourrait expliquer la vulnérabilité des enfants face au paludisme [28]. Chez les enfants de moins de 5 ans on estime que le système immunitaire n'est pas assez mature pour faire face aux parasites du paludisme. Il est possible aussi que dans les données historiques de consultations les enfants de moins de 5 ans ont plus tendance à fréquenter les centres de santé que les plus de 5 ans. Certains soins gratuits comme la prise en charge gratuite du paludisme est un argument en faveur de consultation plus élevée dans les centres de santé pour cette tranche d'âge.

Les pics pour les deux groupes ont été obtenus entre juillet et octobre, le plus grand pic a été obtenu en septembre 2016 chez les enfants de moins de 5 ans avec 255/10000 personnes et 120/10000 personnes chez les plus de 5 ans. Une tendance à la baisse de l'incidence chez les moins de 5 ans a été observée de 2016 à 2018. La période couverte par la CPS était de juillet à novembre d'où l'évolution extrême de l'incidence du paludisme (les pics) est obtenue pendant cette période et cela malgré les 4 passages de la CPS qui est censé diminuer l'incidence du



paludisme chez les moins de 5 ans. Cela pourrait être expliqué par le fait qu'au cours de la CPS on dépiste le paludisme dans la communauté et non dans les formations sanitaire.

Cependant on a noté une baisse du taux d'incidence chez les enfants de moins de 5 ans juste après le troisième ou quatrième passage de la CPS notamment entre le mois d'Octobre et Novembre. On constate également que le taux d'incidence du paludisme a beaucoup diminué de 2017 à 2018 par rapport à 2016 chez les enfants de moins de 5 ans, d'où l'impact positif de la CPS sur l'amélioration des indicateurs de santé notamment l'incidence du paludisme chez les moins de 5 ans.

Les températures maximales sont obtenues durant le mois d'avril allant de 32 à 34°C, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier en juin pendant que le taux de l'incidence du paludisme diminue dans la population. Cela peut s'expliquer par le fait que les températures extrêmes (plus de 35°C) diminuent la longévité des moustiques en absence d'humidité d'où la baisse de la transmission[29].

Les précipitations les plus importantes ont été obtenues de juillet à Août sur les 3 ans ce qui correspond à la période de la pluviométrie et de CPS, d'où l'incidence du paludisme augmente. Et les incidences les plus élevées ont été obtenues à la fin de la saison des pluies (septembre-octobre). Les précipitations sont responsables de la création de sites de reproduction des moustiques.

La variation de la courbe d'humidité est pratiquement constante indépendamment de l'évolution de autres variables comme la température, les précipitations et le taux d'incidence.

### **Estimation des taux d'incidences chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district sanitaire de Kadiolo**

L'incidence du paludisme était élevée chez les moins de 5 ans que le reste de la population à cause de leur vulnérabilité face au paludisme (figure 8). Les pics pour les deux groupes ont été obtenues entre juillet et novembre de 2016 à 2018 soient 520/10000 personnes chez les enfants de moins de 5 ans en juillet et 160/10000 personnes chez les plus de 5 ans en novembre pour l'année 2017 durant la période pluvieuse, Ceci crée un environnement favorable au développement et à la multiplication des moustiques responsables de la transmission du paludisme ce qui pourrait expliquer l'évolution croissante du taux d'incidence du paludisme.

L'incidence du paludisme a varié mais on n'a observée aucune modification de la dynamique de l'incidence du paludisme dans le temps malgré la mise en place de la cps qui doit prévenir la morbidité due au paludisme, la CPS est réalisée chaque année au Mois d'aout à Novembre d'où l'évolution extrême de l'incidence du paludisme (les pics) est obtenue. Ce pendant on note une baisse du taux d'incidence chez les enfants de moins de 5 ans juste après le quatrième passage de la cps notamment au mois de Novembre sur les 3 ans ce qui correspond aussi la fin des précipitations. On constate également que le taux d'incidence du paludisme a considérablement baisse en 2018 chez les enfants de moins de 5 ans soit 340 contre 520/10000p en 2017 cela pourrait être due à l'intervention de la CPS.

De janvier à juin on remarque une baisse du taux d'incidence de paludisme dans la population générale ce qui confirme le caractère saisonnier du paludisme.

Les précipitations les plus importantes ont été obtenues en Aout sur les 3 ans ce qui correspond à la période de la CPS d'où le taux d'incidence du paludisme augmente et elle varie d'une année à l'autre Les précipitations annuelles les plus élevées ont été enregistrées en 2018 (440 mm) et les plus faibles en 2017 (260 mm). Les taux les plus élevés sont obtenus à la fin de la saison des pluies (septembre- octobre).

Les températures maximales sont obtenus durant le mois d'avril soit 30°C, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier en juin pendant que le taux de l'incidence du paludisme diminue dans la population. Quand la température diminue le taux d'incidence augmente ce qui peut traduire une évolution en sens inverse, l'incidence du paludisme et la température.

### **Estimation des taux d'incidences chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district sanitaire de Sikasso**

L'incidence du paludisme était élevée chez les moins de 5 ans que le reste de la population à cause de leur vulnérabilité face au paludisme (figure 9). Les pics pour les deux groupes ont été obtenues au mois d'octobre en 2016, 2017, 2018 soient respectivement 160/10000 chez les enfants de moins de 5 ans et 75/10000 chez les plus de 5 ans en 2016.

L'incidence du paludisme a varié mais on n'a observée aucune modification de la dynamique du taux d'incidence du paludisme dans le temps malgré la mise en place de la cps qui est réalisée

chaque année au Mois d'aout à Novembre d'où l'évolution extrême de l'incidence du paludisme (les pics) est obtenue pendant cette période. Cependant on note une baisse du taux d'incidence chez les enfants de moins de 5 ans juste après le troisième passage de la cps notamment au mois d'octobre sur les 3 ans ce qui correspond aussi la fin des précipitations. On constate également que le taux d'incidence diminue timidement de 2016 à 2018. De janvier à juin on remarque une baisse du taux d'incidence de paludisme dans la population générale ce qui confirme le caractère saisonnier du paludisme.

Les précipitations les plus importantes sont généralement obtenues en Aout sur ce qui correspond à la période de la CPS d'où le taux d'incidence du paludisme augmente et elle varie d'une année à l'autre Les précipitations annuelles les plus élevées ont été enregistrées en 2016 (380 mm) et les plus faibles en 2017 (280 mm). Les taux les plus élevés sont obtenus à la fin de la saison des pluies.

Les températures maximales sont obtenues durant le mois d'avril, on constate une évolution ascendante de la courbe de la température de janvier en juin pendant que le taux de l'incidence du paludisme diminue dans la population.

### **Estimation des taux d'incidences chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district sanitaire de Yorosso**

Durant les 3 années le taux d'incidence du paludisme était plus élevé chez les enfants de moins de 5 ans que le reste de la population dont les plus grands pics ont été obtenus en octobre 2018 pour les deux groupes soient 630/10000 personnes par mois chez les moins de 5 ans et 180/10000 personnes par mois chez les plus de 5 ans.

Une tendance à la hausse du taux d'incidence chez les moins et les plus de ans a été observée de 2016 à 2018 alors que la cps s'est déroulée normalement au mois d'aout à Novembre ceci pourrait être expliqué par la variabilité saisonnière, la précipitation aussi a augmenté d'année en année créant un environnement favorable au développement et à la multiplication des moustiques responsables de la transmission du paludisme et Yorosso étant une zone rurale situé dans le faciès soudano-guinéen d'où la transmission est élevée. Ce pendant on note une baisse du taux d'incidence chez les enfants de moins de 5 ans en même temps la fin des précipitations juste après le troisième passage de la cps en mois d'Octobre 2016 et 2018 ce qui pourrait peut-

être montrer l'impact positif de la cps sur l'amélioration des indicateurs de santé notamment le taux d'incidence du paludisme chez les moins de 5 ans, par contre en 2017 le taux d'incidence à commencer à diminuer avant même le premier passage de la cps on pourrait dire que l'incidence du paludisme diminue avec la précipitation.

### **Estimation des taux d'incidences chez les moins de 5 ans et les plus de 5 ans en fonction des facteurs météorologiques et la CPS dans le district sanitaire de Tominian**

Le taux d'incidence du paludisme était plus élevé chez les moins de 5 ans que le reste de la population à cause de leur vulnérabilité face au paludisme. Les pics pour les deux groupes ont été obtenues au mois d'octobre en 2016, 2017, 2018. Mais les plus grands pics sont obtenus en 2016 soient respectivement 440/10000 personnes par mois chez les enfants de moins de 5 ans et 230/10000 personnes par mois chez les plus de 5 ans. Une tendance à la baisse du taux d'incidence a été observé chez les moins et les plus de 5 ans en seulement 2017 sur les 3 ans.

La CPS a été réalisée sur les 4 mois allant d'aout à novembre et c'est durant cette période que les taux d'incidences présentes des pics, Cependant on note une baisse du taux d'incidence chez les enfants de moins de 5 ans juste après le troisième passage de la cps notamment au mois d'octobre sur les 3 ans ce qui correspond aussi la fin des précipitations. Les précipitations n'ont pratiquement pas varié d'une année à l'autre sur les 3 ans et les plus importantes ont été obtenues au mois d'aout.

### **Corrélation entre le taux d'incidence global du paludisme et les facteurs météorologiques dans les districts sanitaires**

La combinaison des facteurs météorologiques a permis d'identifier 2 composantes principales dont La première composante était Met1 constituait la précipitation, l'humidité relative (moyenne, minimale et maximale) positivement et négativement la température moyenne et minimale. La deuxième composante Met2 était constitué positivement de la température maximale.

La première composante météorologique était significativement corrélée à l'incidence du paludisme indiquant une augmentation significative de l'incidence du paludisme ( $P < 0,05$ ). La deuxième composante météorologique n'était pas significativement corrélée à l'incidence du

paludisme indiquant une augmentation avec la température mais diminuait fortement avec la température élevée, un impact négatif de la température élevée sur le paludisme ( $P > 0,05$ )

Le principal facteur météorologique associé au paludisme est une combinaison d'humidité de précipitations et de température (moyenne et minimale) décrite par plusieurs études antérieures [29] Cette corrélation linéaire a été produite sans décalage. Même si dans d'autres régions le décalage entre les précipitations et les cas de paludisme pourrait être différent, les précipitations ne sont pas le seul facteur lié à la transmission du paludisme. En effet, l'humidité, la température, mais aussi la couverture terrestre / l'utilisation des terres sont des facteurs importants[30]. Comme la transmission du paludisme est connue pour être hétérogène, en fonction du contexte géographique / environnemental, la différence de retard entre les différentes zones n'est pas surprenante.

La plupart des études dans la littérature ont montré que les précipitations et l'humidité augmentaient le risque de paludisme en développant des sites de reproduction adaptés et en augmentant la densité des moustiques[20,22,30,31].

### **Recherche de facteurs météorologiques différents selon les districts**

Les moyennes d'incidences mensuelles et de l'humidité relative mensuelle étaient significativement différentes ( $p < 0,000$ ) selon les districts d'études durant les 3 ans. Par contre les moyennes mensuelles de la température moyenne, de la précipitation n'étaient pas significativement différentes dans les districts d'études durant les 3 ans (Tableau VI)

Cette étude révèle que l'humidité relative a une influence importante sur la morbi-mortalité palustre que la précipitation et la température, on a pas trouvé un impact négatif des fortes pluies (qui peuvent détruire les sites de reproduction)[30].

Plusieurs études ont rapporté que les fortes précipitations sont associées à l'incidence du paludisme [32]. L'association entre l'humidité relative et le paludisme reflète le rôle indirect des précipitations et de la température sur la densité, la survie, la longévité, l'ineffectivité et une capacité vectorielle dans la transmission du paludisme.

## 7. Conclusion

- Nous voyons que la dynamique de la transmission du paludisme, sa saisonnalité et sa variabilité restent intactes malgré le contexte de la CPS et des autres stratégies. Cependant, l'incidence du paludisme surtout chez les moins de 5 ans semble être plus maîtrisée après les passages de CPS. Une fois encore, les résultats montrent que les facteurs météorologiques ont un impact certain sur l'incidence du paludisme.
- Une étude additionnelle prenant en compte les taux de couverture spécifique des stratégies de lutte et la distribution spatiale et temporelle du paludisme sur une période d'au moins cinq ans serait souhaitable pour mieux apprécier la dynamique de la transmission de cette maladie et bien orienter les différentes actions de lutte antipaludique.

## Recommandations

Au terme de cette étude nous formulons les recommandations suivantes:

- Aux autorités sanitaires et PNLP
  - Élargir la CPS aux enfants de plus de 5 ans.
  - Sensibiliser les populations sur l'importance d'administrer les doses suivantes des médicaments donnée durant les passages de la CPS.
- Aux chercheurs
  - Approfondir les recherches sur la distribution spatiale des épisodes de paludisme afin d'identifier correctement les points chauds de la transmission pour bien orienter les différentes actions de lutte antipaludique.
- Aux populations
  - Renforcer les mesures de protection individuelle

## Référence

- 1 Organization WH. *Stratégie technique mondiale de lutte contre le paludisme 2016-2030*. World Health Organization; 2015.
- 2 WHO | World malaria report 2018. WHO.
- 3 OMS | Le rapport de cette année en un clin d’oeil. WHO.
- 4 WHO-HTM-GMP-2017.4-fre.pdf. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254913/WHO-HTM-GMP-2017.4-fre.pdf;jsessionid=728272CFE61063A3916EA8EBC2C93F4A?sequence=1> (accessed 26 Feb2019).
- 5 MIS24.pdf. <https://dhsprogram.com/pubs/pdf/MIS24/MIS24.pdf> (accessed 8 Apr2019).
- 6 Organization WH. *Compendium of WHO malaria guidance: prevention, diagnosis, treatment, surveillance and elimination*. World Health Organization; 2019.
- 7 Annuaire Statistique 2018 du système local d’information sanitaire du Mali. <http://www.sante.gov.ml/index.php/nep-mali/item/3304-annuaire-statistique-2018-du-systeme-local-d-information-sanitaire-du-mali> (accessed 19 Aug2019).
- 8 mondiale de la Santé O. *Chimioprévention du paludisme saisonnier par administration de sulfadoxine-pyriméthamine et d’amodiaquine aux enfants: guide de terrain*. 2013.
- 9 Bockarie MJ, Gbakima AA, Barnish G. It all began with Ronald Ross: 100 years of malaria research and control in Sierra Leone (1899–1999). *Ann Trop Med Parasitol* 1999; **93**:213–224.
- 10 Pays JF. Cycle exoérythrocytaire asexué des plasmodiums humains: une découverte laborieuse. *Bull Société Pathol Exot* 2010; **103**:272–279.
- 11 OMS | Paludisme. WHO. <http://www.who.int/topics/malaria/fr/> (accessed 10 May2019).
- 12 CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE PALUDISME. <http://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-i-generalites-sur-le-paludisme-807.html> (accessed 28 May2019).
- 13 Kayentao K, Florey LS, Mihigo J, Doumbia A, Diallo A, Koné D, *et al*. Impact evaluation of malaria control interventions on morbidity and all-cause child mortality in Mali, 2000–2012. *Malar J* 2018; **17**:424.
- 14 Sogoba N, Vounatsou P, Bagayoko MM, Doumbia S, Dolo G, Gosoni L, *et al*. Spatial distribution of the chromosomal forms of *Anopheles gambiae* in Mali. *Malar J* 2008; **7**:205.

- 15 Ebi KL, Hartman J, Chan N, McConnell J, Schlesinger M, Weyant J. Climate Suitability for Stable Malaria Transmission in Zimbabwe Under Different Climate Change Scenarios. *Clim Change* 2005; **73**:375.
- 16 P0552008.pdf. <http://ao.um5s.ac.ma/jspui/bitstream/123456789/14808/1/P0552008.pdf> (accessed 13 Jun2019).
- 17 Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, Fontenille D, Ravaonjanahary C, Richard A, *et al.* Typologie du paludisme en Afrique. *Cah Santé* 1993; **3**:220.
- 18 Dia S. *Epidémiologie du paludisme dans une zone soudanoguinéenne au Mali, Kambila cercle de Kati.* 2011.
- 19 Massaga JJ, Kitua AY, Lemnge MM, Akida JA, Malle LN, Rønn AM, *et al.* Effect of intermittent treatment with amodiaquine on anaemia and malarial fevers in infants in Tanzania: a randomised placebo-controlled trial. *The Lancet* 2003; **361**:1853–1860.
- 20 Dicko A, Sagara I, Sissoko MS, Guindo O, Diallo AI, Kone M, *et al.* Impact of intermittent preventive treatment with sulphadoxine-pyrimethamine targeting the transmission season on the incidence of clinical malaria in children in Mali. *Malar J* 2008; **7**:123.
- 21 Kayentao K, Kodio M, Newman RD, Maiga H, Doumtabe D, Ongoiba A, *et al.* Comparison of intermittent preventive treatment with chemoprophylaxis for the prevention of malaria during pregnancy in Mali. *J Infect Dis* 2005; **191**:109–116.
- 22 Coulibaly D, Travassos MA, Kone AK, Tolo Y, Laurens MB, Traore K, *et al.* Stable malaria incidence despite scaling up control strategies in a malaria vaccine-testing site in Mali. *Malar J* 2014; **13**:374.
- 23 PNL. DIRECTIVES NATIONALES SUR LA GESTION ET LA DISTRIBUTION GRATUITE DES MOUSTIQUAIRES IMPREGNEES D'INSECTICIDE DE LONGUE DUREE ; DE LA SULFADOXINE PYRIMETHAMINE ET LA CHIMIOPREVENTION DU PALUDISME.
- 24 Dolo A, Camara F, Poudiougou B, Touré A, Kouriba B, Bagayogo M, *et al.* Epidémiologie du paludisme dans un village de savane soudanienne du Mali (Bancoumana). *Bull Soc Pathol Exot* 2003; **96**:308–312.
- 25 Sissoko MS, Sissoko K, Kamate B, Samake Y, Goita S, Dabo A, *et al.* Temporal dynamic of malaria in a suburban area along the Niger River. *Malar J* 2017; **16**:420.
- 26 Soto-Calle V, Rosas-Aguirre A, Llanos-Cuentas A, Abatih E, DeDeken R, Rodriguez H, *et al.* Spatio-temporal analysis of malaria incidence in the Peruvian Amazon Region between 2002 and 2013. *Sci Rep* 2017; **7**:40350.
- 27 OMS | Le paludisme chez les enfants de moins de cinq ans. [https://www.who.int/malaria/areas/high\\_risk\\_groups/children/fr/](https://www.who.int/malaria/areas/high_risk_groups/children/fr/) (accessed 23 Aug2019).



- 28 HAMIDOU RL, MOUSTAPHA LM, MAIGA M, DJIBO Y, MOUHAIMOUNI M, BOUBACAR A, *et al.* Influence des facteurs climatiques sur la morbidité palustre à Tillabéry au Niger. *Médecine D'Afrique Noire* 2018; **65**:389.
- 29 Sissoko MS, Sissoko K, Kamate B, Samake Y, Goita S, Dabo A, *et al.* Temporal dynamic of malaria in a suburban area along the Niger River. *Malar J* 2017; **16**:420.
- 30 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**:138.
- 31 Gunda R, Chimbari MJ, Shamu S, Sartorius B, Mukaratirwa S. Malaria incidence trends and their association with climatic variables in rural Gwanda, Zimbabwe, 2005–2015. *Malar J* 2017; **16**:393.
- 32 Kipruto EK, Ochieng AO, Anyona DN, Mbalanya M, Mutua EN, Onguru D, *et al.* Effect of climatic variability on malaria trends in Baringo County, Kenya. *Malar J* 2017; **16**:220.

**Annexe 1: Collecte des cas de paludismes et données météorologiques de Kati**

District	Année	Mois	Cas < 5ans	Cas > 5ans	Cas total	Temp	preci	Hum i	CPS
Kati	2016	Jan							
Kati	2016	Fev							
Kati	2016	Mars							
Kati	2016	Avril							
Kati	2016	Mais							
Kati	2016	Juin							
Kati	2016	Juillet							
Kati	2016	Aout							
Kati	2016	Sep							
Kati	2016	Octo							
Kati	2016	Nov							
Kati	2016	Dec							
Kati	2017	Jan							
Kati	2017	Fev							
Kati	2017	Mars							
Kati	2017	Avril							
Kati	2017	Mais							
Kati	2017	Juin							
Kati	2017	Juillet							
Kati	2017	Aout							
Kati	2017	Sep							
Kati	2017	Octo							
Kati	2017	Nov							
Kati	2017	Dec							
Kati	2018	Jan							
Kati	2018	Fev							
Kati	2018	Mars							
Kati	2018	Avril							
Kati	2018	Mais							
Kati	2018	Juin							
Kati	2018	Juillet							
Kati	2018	Aout							
Kati	2018	Sep							
Kati	2018	Octo							
Kati	2018	Nov							
Kati	2018	Dec							

**Annexe 2 : Collecte des cas de paludismes et données météorologiques de Kadiolo**

District	Année	Mois	Cas < 5ans	Cas > 5ans	Cas total	Temp	preci	Hum i	CPS
Kadiolo	2016	Jan							
Kadiolo	2016	Fev							
Kadiolo	2016	Mars							
Kadiolo	2016	Avril							
Kadiolo	2016	Mais							
Kadiolo	2016	Juin							
Kadiolo	2016	Juillet							
Kadiolo	2016	Aout							
Kadiolo	2016	Sep							
Kadiolo	2016	Octo							
Kadiolo	2016	Nov							
Kadiolo	2016	Dec							
Kadiolo	2017	Jan							
Kadiolo	2017	Fev							
Kadiolo	2017	Mars							
Kadiolo	2017	Avril							
Kadiolo	2017	Mais							
Kadiolo	2017	Juin							
Kadiolo	2017	Juillet							
Kadiolo	2017	Aout							
Kadiolo	2017	Sep							
Kadiolo	2017	Octo							
Kadiolo	2017	Nov							
Kadiolo	2017	Dec							
Kadiolo	2018	Jan							
Kadiolo	2018	Fev							
Kadiolo	2018	Mars							
Kadiolo	2018	Avril							
Kadiolo	2018	Mais							
Kadiolo	2018	Juin							
Kadiolo	2018	Juillet							
Kadiolo	2018	Aout							
Kadiolo	2018	Sep							
Kadiolo	2018	Octo							
Kadiolo	2018	Nov							
Kadiolo	2018	Dec							

### Annexe 3 : Collecte des cas de paludismes et données météorologiques de Sikasso

District	Année	Mois	Cas < 5ans	Cas > 5ans	Cas total	Temp	preci	Hum i	CPS
Sikasso	2016	Jan							
Sikasso	2016	Fev							
Sikasso	2016	Mars							
Sikasso	2016	Avril							
Sikasso	2016	Mais							
Sikasso	2016	Juin							
Sikasso	2016	Juillet							
Sikasso	2016	Aout							
Sikasso	2016	Sep							
Sikasso	2016	Octo							
Sikasso	2016	Nov							
Sikasso	2016	Dec							
Sikasso	2017	Jan							
Sikasso	2017	Fev							
Sikasso	2017	Mars							
Sikasso	2017	Avril							
Sikasso	2017	Mais							
Sikasso	2017	Juin							
Sikasso	2017	Juillet							
Sikasso	2017	Aout							
Sikasso	2017	Sep							
Sikasso	2017	Octo							
Sikasso	2017	Nov							
Sikasso	2017	Dec							
Sikasso	2018	Jan							
Sikasso	2018	Fev							
Sikasso	2018	Mars							
Sikasso	2018	Avril							
Sikasso	2018	Mais							
Sikasso	2018	Juin							
Sikasso	2018	Juillet							
Sikasso	2018	Aout							
Sikasso	2018	Sep							
Sikasso	2018	Octo							
Sikasso	2018	Nov							
Sikasso	2018	Dec							

**Annexe 4: Collecte des cas de paludismes et données météorologiques de Tominian**

District	Année	Mois	Cas < 5ans	Cas > 5ans	Cas total	Temp	preci	Hum i	CPS
Tominian	2016	Jan							
Tominian	2016	Fev							
Tominian	2016	Mars							
Tominian	2016	Avril							
Tominian	2016	Mais							
Tominian	2016	Juin							
Tominian	2016	Juillet							
Tominian	2016	Aout							
Tominian	2016	Sep							
Tominian	2016	Octo							
Tominian	2016	Nov							
Tominian	2016	Dec							
Tominian	2017	Jan							
Tominian	2017	Fev							
Tominian	2017	Mars							
Tominian	2017	Avril							
Tominian	2017	Mais							
Tominian	2017	Juin							
Tominian	2017	Juillet							
Tominian	2017	Aout							
Tominian	2017	Sep							
Tominian	2017	Octo							
Tominian	2017	Nov							
Tominian	2017	Dec							

Tominian	2018	Jan							
Tominian	2018	Fev							
Tominian	2018	Mars							
Tominian	2018	Avril							
Tominian	2018	Mais							
Tominian	2018	Juin							
Tominian	2018	Juillet							
Tominian	2018	Aout							
Tominian	2018	Sep							
Tominian	2018	Octo							
Tominian	2018	Nov							
Tominian	2018	Dec							

**Annexe 5 : Collecte des cas de paludismes et données météorologiques de Yorosso**

District	Année	Mois	Cas < 5ans	Cas > 5ans	Cas total	Temp	preci	Hum i	CPS
Yorosso	2016	Jan							
Yorosso	2016	Fev							
Yorosso	2016	Mars							
Yorosso	2016	Avril							
Yorosso	2016	Mais							
Yorosso	2016	Juin							
Yorosso	2016	Juillet							
Yorosso	2016	Aout							
Yorosso	2016	Sep							
Yorosso	2016	Octo							
Yorosso	2016	Nov							
Yorosso	2016	Dec							
Yorosso	2017	Jan							
Yorosso	2017	Fev							
Yorosso	2017	Mars							
Yorosso	2017	Avril							
Yorosso	2017	Mais							
Yorosso	2017	Juin							
Yorosso	2017	Juillet							
Yorosso	2017	Aout							
Yorosso	2017	Sep							
Yorosso	2017	Octo							
Yorosso	2017	Nov							
Yorosso	2017	Dec							
Yorosso	2018	Jan							

Yorosso	2018	Fev							
Yorosso	2018	Mars							
Yorosso	2018	Avril							
Yorosso	2018	Mais							
Yorosso	2018	Juin							
Yorosso	2018	Juillet							
Yorosso	2018	Aout							
Yorosso	2018	Sep							
Yorosso	2018	Octo							
Yorosso	2018	Nov							
Yorosso	2018	Dec							