

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

République du Mali

Un Peuple - Un But - Une Foi

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako



Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie



**U.S.T.T-B**

Année universitaire 2021-2022

N°...../

## Titre

**VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DES INDICATEURS DU  
PALUDISME CHEZ LES ENFANTS DE 5 A 14 ANS DANS LE  
DISTRICT SANITAIRE DE KANGABA, REGION DE KOULIKORO**

## Thèse

Présentée et soutenue publiquement le 15 / 07 / 2022 devant le jury de la Faculté  
de Médecine et d'Odontostomatologie

**Par M. Sirama DOUMBIA**

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine (DIPLOME D'ETAT)**

## JURY

Président : Pr. Sékou Fantamady TRAORE

Membre : Dr. Nouhoum TELLY

Dr. Vincent SANOGO

Co-directeur : Dr. Mahamoudou TOURE

Directeur de thèse: Pr. Seydou DOUMBIA

Ce travail a été effectué au Centre Universitaire de Recherche Clinique (UCRC) de Bamako, dans le cadre des activités d'un essai clinique sur l'efficacité des ATSB du projet IVCC (Innovative Vector Control Consortium).

## **DEDICACES**

- **A Allah**

Le Tout Puissant, le Tout-Miséricordieux, et le Très Miséricordieux de m'avoir donné la santé et le courage pour mener à bien ce travail et pour m'avoir fait voir ce jour si important. Qu'Allah guide encore mes pas vers le droit chemin.

- **AU PROPHETE MOHAMED (Salawaley Wa Salam)**

Que la paix et la miséricorde de dieu soit sur lui et sur toutes les personnes qui suivront son chemin jusqu'au jour de la résurrection.

- **Au centre universitaire de recherche clinique (UCRC)**

Merci pour l'enseignement gratuit et l'accompagnement tout au long de mon parcours.

- **A ma famille,**

"A l'honneur de la continuité de la vie, souvenirs du passé, joies du présent et espoir d'avenir". Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi. Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

- **A mon père Sékou Doumbia**

Tu es à l'origine de ce que je deviens aujourd'hui car c'est toi qui m'a s'inscrit à l'école et tu as suivi mes pas jusqu'à ce jour. Ta rigueur, ta persévérance et ton courage dans le travail ont été pour nous une source d'inspiration inépuisable. Papa je ne pourrai jamais te récompenser. Que Dieu te donne une longue vie afin que tu puisses profiter de tous les efforts fournis pour l'éducation de tes enfants, Amen !

- **A ma mère Sitan Diarra**

Chère mère, tu m'as mis au monde et m'as couvert d'amour. Tu as su nous apprendre à être courageux, sincère et respectueux envers les autres. Tu as toujours investi en moi pour que je sois ce que je suis aujourd'hui. Sachez que ce travail est le fruit de grands sacrifices que tu as consentis. Tu resteras pour nous une mère exemplaire et inoubliable. Maman je ne te remercierai jamais assez.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

- **A ma tante Aminata DRAME**

Mère exemplaire courageuse travailleuse. Chère mère merci pour avoir supporté mes caprices et m'éduqué sur le droit chemin. Que Dieu te bénisse et qu'il te donne santé, prospérité, longévité et succès dans toutes vos entreprises.

Enfin qu'il vous accorde son paradis le jour du jugement dernier Amen !

- **A la mémoire des regrettés Amadou Doumbia, Daouda Diakité**

Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir de ce bonheur ensemble et de vous exprimer tout mon respect. Puisse Dieu tout puissant vous accorder sa clémence, sa miséricorde et vous accueillir dans son saint paradis.

- **A mes tontons Yacouba Doumbia, Cheick Keita et tous les autres**

Merci à tous pour vos soutiens, vos bénédictions et vos conseils.

- **A tous mes, frères, sœurs, nièces, neveux, cousins et cousines.**

- **A mes oncles et tantes paternels et maternels, merci pour vos bénédictions et vos conseils.**

**MENTION SPECIALE :**

**- A tante Sétou DOUMBIA**

Vous avez contribué à notre marche en avant dans cette étude et pour paraphraser quelqu'un je dis que « la marque d'un mérite extraordinaire est de voir que ceux qui l'envient le plus sont contraints de le louer » vous étiez là à chaque fois qu'on avait besoin de vous. C'est le moment où à jamais de vous dire que j'ai surtout été touché par votre générosité et votre gentillesse qui effacent toute frontière. Sachez que la bonté de votre cœur restera gravée dans ma mémoire. Excusez aujourd'hui mon incapacité de ne point pouvoir entreprendre une description plus grandiose de vos qualités qui n'ont d'égale que votre personnalité. Que Dieu vous récompense au centime et vous donne une bonne guérison.

**- Au Dr Mahamoudou TOURE**

Qui m'a accueilli à bras ouverts et qui a eu confiance en moi en me confiant ce sujet de thèse malgré mes faibles connaissances dans le domaine. Merci cher maître pour votre humilité, votre disponibilité et vos encouragements. Que le Tout-Puissant vous bénisse et vous accorde une longue vie.

**- Aux Dr Fousseyni Doucouré et Mathias Dolo**

Qui m'ont aidé dans l'élaboration de cette thèse du début à la fin. Je n'ai vraiment pas de mot pour les remercier. Je prie dieu pour qu'il leur accorde son paradis sur terre et de l'au-delà et que leur descendance reçoit le bénéfice de leur bonté. Amen

## **REMERCIEMENTS**

Tout d'abord, la tâche me revient en ce jour de remercier très sincèrement toutes les personnes de bonne volonté qui de loin ou de près ont contribué à la réalisation de ce travail. Je ne saurai jamais énumérer de façon exhaustive les parents, les amis (es), les connaissances, les collègues et les maîtres qui m'ont apporté leurs soutiens moraux, matériels et scientifiques tout au long de mon parcours scolaire et universitaire. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.

**A toute l'équipe d'IVCC et particulièrement à l'équipe d'IVCC Kangaba: Dr DOUCOURE ainsi que tous les autres**, sans vous, cette thèse ne serait pas ce qu'elle est. Vous avez tous participé à sa réalisation de par vos conseils et vos encouragements. Merci pour vos gentillesse et vos disponibilités. Recevez ici mes sincères salutations ainsi que ma reconnaissance.

**A tout le personnel du CSCom de Kalaban-coro KOULOUBA et plus particulièrement DTC Dr Zoumana Sanogo**, mes sincères remerciements.

**A tout le personnel du CSRéf de Kalaban-coro et plus particulièrement au Dr DJIMDE AWA**, mes sincères remerciements.

**A mes cousins Zoumana Keita, Daouda Keita, Amadou Dombia, Moussa Dombia**

**A mes amis : Sibidiè Coulibaly, Mohamed Diakité, Abdoul k Traoré, Sékou Joël Dembélé, Batoma Sanogo, etc....**

**A mes amis camarades de promotion : Dr Coulibaly Mamadou B., Samuel Keita, Souleymane Diabaté.**

**A la 11<sup>ème</sup> promotion du Numerus clausus « Feu Général Gangaly Diallo »**

**A tous les enseignants, personnels, et étudiants de la Faculté de Médecine et d'Odonto-stomatologie de Bamako**

**A notre Maître et Président du Jury, Professeur Sékou Fantamady TRAORE**

- **PhD en Entomologie – Parasitologie médicale**
- **Professeur honoraire en entomologie médicale, responsable du cours de zoologie à la FAPH**

**Cher Maître,**

La promptitude avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury malgré vos multiples occupations, prouve votre amour pour la science et votre cordialité. Votre rigueur scientifique, votre sens élevé du travail bien fait, font de vous un maître admiré et respecté.

Quel honneur pour nous de vous avoir comme Président de Jury.

Que Dieu vous comble de grâces.

**A notre Maître et Membre du jury, Docteur Vincent SANOGO,**

- **Pharmacien diplômé de la FMOS,**
- **Paludologue certifié de l'OMS,**
- **Conseiller Technique Managérial du Fonds mondial au PNLP,**
- **Ancien chef de division Prévention et Prise en charge des cas de paludisme au PNLP.**

**Cher Maître,**

Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de siéger dans ce jury malgré votre calendrier chargé. Nous avons été marqués par votre simplicité, votre entière disponibilité, votre détermination pour le travail bien fait. Vos qualités humaines et professionnelles font de vous un maître éminent.

Nous vous prions de bien vouloir accepter l'expression de notre profonde gratitude et de notre sincère admiration.

**A notre Maître et Membre du jury, Docteur Nouhoum TELLY,**

- **Maitre-assistant au Département d'Enseignement et de Recherche en Santé Publique,**
- **Spécialiste en épidémiologie,**
- **Ancien Coordinateur de Recherche à ICAP/ICER/Mali.**

**Cher Maître,**

Nous sommes fiers de vous compter parmi ce jury. Vos qualités humaines et intellectuelles font de vous un homme respectable. Soyez remercié d'avoir accepté, sans réserve d'évaluer cette thèse à sa juste valeur, et de nous faire part de vos pertinentes remarques.

Recevez ici l'expression de notre profonde reconnaissance.



**A notre Maître et Co-directeur de thèse, Docteur Mahamoudou TOURE,**

- **Médecin Epidémiologiste ;**
- **Enseignant chercheur à la FMOS/USTTB ;**
- **Expert en Système d'Information Géographique et Télédétection appliqué à la Santé ;**
- **Chargé de Cours de SIG et Télédétection au Département d'Enseignement et de Recherche en Santé publique et Spécialités (DERSP) de la FMOS – USTTB ;**
- **Chef de l'unité gestion des données et biostatistiques du programme ICEMR « International Center for Excellence in Malaria Research West Africa » ;**
- **Chercheur principal au Centre Universitaire de Recherche Clinique de l'USTTB au Mali**
- **Membre de l'Association Américaine de Médecine Tropicale et Hygiène des Etats Unis (ASTMH).**
- **Investigateur principal du projet IVCC du Centre Universitaire de Recherche Clinique au Mali (UCRC).**

**Cher Maître,**

Vous nous avez fait un immense honneur en nous acceptant dans votre équipe de recherche médicale. Vous avez toujours pris le temps de nous accorder votre entière attention quand vous êtes sollicité quelles que soient les circonstances, cela a eu un impact positif sur notre travail. Vous avez cultivé en nous, l'endurance, la persévérance, le sens du travail bien fait et surtout la patience. Votre simplicité, votre rigueur, votre dynamisme font de vous un homme respecté, respectable et d'une immense grandeur.

Recevez donc l'expression de notre immense reconnaissance pour votre encadrement et votre soutien indéfectible auquel vous nous avez habitué et dont nous sommes certain ne jamais manqué.

**A notre Maître et Directeur de thèse, Professeur Seydou DOUMBIA,**

- **Professeur titulaire en épidémiologie ;**
- **Directeur adjoint au département d'entomologie du MRTC ;**
- **Doyen de la faculté de médecine et d'Odonto-stomatologie de Bamako ;**
- **Directeur adjoint d'International Center for Excellence in Research (ICER) – NIH/USTTB Bamako Mali ;**
- **Directeur du Programme ICEMR-WAF « International Center for Excellence in Malaria Research in West Africa»;**
- **Directeur du Centre Universitaire de Recherche Clinique (UCRC) de l'USTTB au Mali**
- **Membre d'honneur de l'Association Américaine de Médecine Tropicale et Hygiène des Etats Unis (ASTMH)**

**Cher Maître,**

Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de diriger ce travail malgré vos multiples occupations. Nous espérons à travers ce travail refléter quelque éclat de transfert de savoir réussi aux jeunes, une idéologie qui vous tient tant et dont vous n'avez cessé de montrer autour de vous. Vos qualités d'homme de science et de culture font de vous un exemple à suivre.

Cher maître veuillez accepter, l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

<b>Table des matières</b>	<b>Pages</b>
1. Introduction.....	1
2. Objectifs .....	3
2.1. Objectif général .....	3
2.2. Objectif spécifique.....	3
3. Généralité.....	4
3.2. Définition .....	4
3.2. Epidémiologie du paludisme .....	4
3.2.1. Répartition géographique .....	4
3.2.2. Les facteurs influençant la distribution géographique du paludisme dans le monde : 5	5
3.2.3. Modalités de transmission du paludisme au Mali .....	6
3.2.4. Dynamique de la transmission du paludisme au Mali.....	7
3.3. Vecteurs et agents pathogènes.....	9
3.3.1. Vecteurs .....	9
3.3.2. Agent pathogène .....	9
3.4. Cycle de développement du parasite .....	10
3.4.1 Cycle chez le moustique (Sporogonie).....	10
3.4.2. Cycle chez l'homme (Schizogonie) .....	10
3.5. Physiopathologie du paludisme.....	12
3.5.1. Accès de primo-invasion .....	12
3.5.2. Accès palustre simple .....	13
3.5.3. Accès chez les patients immuns .....	13
3.5.4. Paludisme grave et compliqué .....	13
3.5.4.1. Séquestration .....	14
3.5.4.1.1. Auto- agglutination .....	14
3.5.4.1.2. Formation des rosettes « ou rosetting » .....	14
3.5.4.1.3. Phénomène de Cytoadhérence.....	15
3.5.4.2. Mécanismes immunologiques .....	15
3.6. Diagnostic biologique du paludisme .....	16
3.6.1. Le Frottis Mince (FM) .....	16
3.6.2. La Goutte épaisse (GE).....	16
3.6.3. Tests de diagnostic rapide .....	16
3.6.4. Test QBC (Quantitative Buffy-Coat) .....	16

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

3.7. Prévention et traitement du paludisme .....	17
4. Méthodologie .....	22
4.1. Sites d'étude: .....	22
4.2. Cadre d'étude.....	25
4.3. Lieu d'étude.....	25
4.4. Echantillonnage et constitution des grappes .....	25
4.5. Population d'étude .....	26
4.6. Type et période d'étude .....	26
4.7. Définitions .....	26
4.8. Critères d'inclusions, d'exclusions.....	27
4.6.1 Critères d'inclusions .....	27
4.6.2. Critères de non-inclusion.....	27
4.9. Variables mesurées .....	27
4.10. Techniques d'études .....	28
4.11. Gestion et l'analyse des données .....	28
4.12. Aspect éthique .....	29
5. Résultats .....	30
5.1. Résultats descriptifs .....	30
6. Commentaires et discussion .....	39
7. Limites de l'étude .....	42
8. Conclusion.....	43
9. Recommandations .....	44
10. Références .....	45
11. Annexes .....	52
Fiche signalétique .....	70
SERMENT D'HIPPOCRATE .....	71

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**Liste des tableaux**

Tableau 1: Classification des niveaux d'endémicité de la transmission du Paludisme....	8
Tableau 2 : Le schéma thérapeutique au Mali .....	20
Tableau 3 : Constitution des grappes dans les 20 villages d'étude .....	26
Tableau 4 : Répartition l'échantillon par grappe .....	30
Tableau 5 : Répartition l'échantillon en fonction de la tranche d'âge dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020. ....	30
Tableau 6 : Taux d'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides de longue durée les 20 villages au début de l'étude. ....	31
Tableau 7: Visite de l'ASC pour tester et traiter le paludisme .....	53

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**Table de Figures**

Figure 1 : Paludisme dans le monde.....	4
Figure 2: Cycle de développement du <i>Plasmodium</i> .....	12
Figure 3 : Carte montrant la zone d'étude (Source : MRTC, GIS RS, 2021).....	25
Figure 4 : La répartition en fonction du sexe dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020 .....	31
Figure 5 : Taux d'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides par grappe selon les répondants dans les 20 villages d'étude .....	32
Figure 6 : Courbe de la variation climatique de l'incidence du paludisme dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020 .....	33
Figure 7 : Distribution spatiale de la prévalence de l'infection palustre dans les 20 villages d'étude à Kangaba en juin 2020.....	34
Figure 8 : Distribution spatio-temporelle du nombre de cas à Kangaba de juin à décembre 2020. ....	35
Figure 9 : Distribution spatio-temporelle de l'incidence du paludisme par grappe à Kangaba de juin à décembre 2020. ....	36
Figure 10 : Représentation graphique de la variation spatio-temporelle de points chauds du paludisme à Kangaba de juin à décembre 2020. ....	37
Figure 11 : Comparaison entre prévalence et incidence dans les grappes d'étude à Kangaba de juin à décembre 2020. ....	38
Figure 12 : Boite de TDR.....	66
Figure 13 : TDR négatif .....	68
Figure 14 : TDR positif .....	68
Figure 15 : TDR invalide.....	69

## **La liste des abréviations**

<b>AIC</b>	Critère d'Information d'Akaite
<b>AQ+SP</b>	Amodiaquine et de Sulfadoxine-Pyriméthamine
<b>ASC</b>	Agent de Santé Communautaire
<b>ATCD</b>	Antécédant
<b>ATSB</b>	Station d'appât sucre attractif et toxique
<b>CED</b>	Centre d'Education pour le Développement
<b>CPS</b>	Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier
<b>CR1</b>	Récepteur 1 du Complément
<b>CSA</b>	Chondroïtin Sulfate A
<b>CSREF</b>	Centre de Santé de Référence
<b>EDM</b>	<i>Electron-Dense- Material</i>
<b>EDS</b>	<i>Enquête Démographique et de la Santé</i>
<b>FM</b>	Frottis Mince
<b>GE</b>	Goutte Epaisse
<b>GPS</b>	Système de positionnement global
<b>HRP II</b>	Protéique Riche en Histidine de type II
<b>ICAM-1</b>	Inter Cellular Adhésion Molécule-1
<b>ICH-GCP</b>	Conférence Internationale sur l'Harmonisation et les Bonnes Pratiques Cliniques
<b>IG</b>	Indice Gaméto-cytaire
<b>IM</b>	Intramusculaire
<b>IP</b>	Indice Plasmodique
<b>IS</b>	Indice Splénique
<b>IT</b>	Traitement Intermittent
<b>IV</b>	Intraveineuse
<b>KAHRP</b>	<i>Knob-Associated Histidin-Rich Protein</i>
<b>LDH</b>	Lactodéshydrogénase
<b>MII</b>	Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides
<b>MILDA</b>	Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide à Longue Durée d'Action
<b>MRTC</b>	Malaria Research and Training Center
<b>NO</b>	Monoxyde d'Azote
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>P</b>	<i>Plasmodium</i>
<b>PCD</b>	Détection passive des cas
<b>PF</b>	<i>Plasmodium Falciparum</i>
<b>PID</b>	Pulvérisation Intra-Domiciliaire
<b>QBC</b>	Quantitative Buffy-Coat
<b>RESA</b>	<i>Ring Erythrocyte Surface Antigen</i>
<b>SIG</b>	Système d'information géographique
<b>SP</b>	Sulfadoxine-Pyriméthamine
<b>TDR</b>	Test de diagnostic rapide
<b>TIE</b>	Taux Inoculation Entomologique

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**TIP** Traitement Préventif Intermittent

**USTTB** Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako



## **1. Introduction**

Le paludisme est une maladie à transmission vectorielle dépendant en principe de trois principaux facteurs : le parasite *Plasmodium*, l'anophèle vecteur et l'hôte Humain. Au-delà de ces facteurs essentiels, le risque de transmission du paludisme peut être maintenu ou renforcé par des conditions environnementales, ou des conditions climatiques ainsi que des facteurs socio-économiques **(1)**.

Il s'agit d'une maladie potentiellement mortelle, mais surtout évitable et guérissable. Le parasite est transmis d'un individu infecté à un individu sain par la pique de moustique, l'anophèle femelle dont le cycle de vie reste sous influence des facteurs climatiques et environnementaux **(2)**. Le paludisme est considéré comme maladie sensible au changement climatique et une augmentation de la température, des précipitations et de l'humidité peut provoquer une prolifération des moustiques vecteurs, entraînant une augmentation de sa transmission **(3)**. Dans la problématique climat-santé, de nombreuses études tentent aujourd'hui de mieux comprendre l'influence des paramètres climatiques sur l'épidémiologie du paludisme **(4)**. L'alternance des saisons ou la fréquence d'événements météorologiques extrêmes tels que des inondations ou sécheresses peuvent modifier la distribution du paludisme. Les mutations climatiques peuvent moduler la transmission du paludisme à travers l'augmentation de la température **(5)**.

Le paludisme touche particulièrement les zones tropicales défavorisées d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine représentant au total 2,4 milliards de personnes, soit 40 % de la population mondiale **(6)**.

Selon le dernier rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS) sur le paludisme dans le monde, il y a eu environ 241 millions de cas de paludisme et 627 000 décès dus au paludisme dans le monde en 2020. Cela représente environ 14 millions de cas de plus en 2020 par rapport à 2019 et 69 000 décès de plus. Environ les deux tiers de ces décès supplémentaires (47 000) étaient liés à des perturbations dans la fourniture de la prévention, du diagnostic et du traitement du paludisme pendant la pandémie **(7)**.

Le même rapport souligne également que l'Afrique porte un fardeau de paludisme encore plus lourd qu'auparavant : 95% des cas et 96 % des décès mondiaux dus à la maladie sont survenus dans la région africaine.

Au Mali, le paludisme est endémique avec une transmission intense au cours de la saison pluvieuse dont la durée est variable en fonction des zones éco-climatiques.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

Les dernières statistiques nationales du Système local d'information sanitaire (SLIS) rapportaient environ 2 666 266 cas de paludisme en 2020, dont 843 961 cas graves et 1 708 décès. Les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes restent les couches les plus affectées **(8)**.

Ces statistiques varient très souvent d'une région malienne à l'autre. Ainsi 535 880 cas de paludisme dont 216 717 cas de paludisme grave ont été testés dans la région de Koulikoro en 2020 où les enfants de 5- 14 ans étaient les plus touchés avec 143 804 cas de paludisme dont 61228 cas graves et 29 décès **(9)**.

Comme la majorité des pays endémiques au paludisme, le Mali a adopté toutes les interventions préventives clés conformément aux recommandations de l'OMS : les moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MILDA) ; la pulvérisation intra-domiciliaire d'insecticides (PID) ; la chimio-prévention du paludisme saisonnier (CPS) chez les enfants de 03-59 mois ; le traitement préventif intermittent (TIP) chez la femme enceinte ; entre autres la communication et l'assainissement du milieu **(10)**.

Cependant, malgré l'effectivité de ces interventions à l'échelle nationale, l'incidence et la prévalence de la maladie restent toujours élevées dans certaines localités du pays **(11)**. Ce constat interpelle sur l'identification, la caractérisation des gaps non seulement dans l'application correcte des stratégies suscitées mais surtout dans la disponibilité de données fiables qui permettent de mieux caractériser l'ampleur du problème au niveau local. Ceci va permettre de renforcer la planification et la bonne utilisation des ressources de surcroît limitées en matière de lutte contre la maladie.

Cette étude rentre dans le cadre d'une analyse situationnelle du paludisme en prélude à un essai clinique sur l'efficacité des stations attractives à base de sucre toxique, dans plusieurs villages du district de Kangaba pendant la saison de transmission du paludisme de l'année 2020.

Nos résultats permettront de mieux décrire le poids du paludisme dans une population spécifique représentée par les enfants de 5 à 14 ans qui sont de surcroît un groupe moins ciblé en matière de lutte contre le paludisme au Mali. Enfin, nous pourrions mieux informer les politiques nationales et internationales pour une meilleure coordination des actions de prévention et de lutte contre la maladie.

## **2. Objectifs**

### **2.1. Objectif général**

Etudier la variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans 20 Villages du district sanitaire de Kangaba.

### **2.2. Objectif spécifique**

- Décrire les caractéristiques sociodémographiques de la population ;
- Déterminer la prévalence et l'incidence de l'infection palustre par mois et par tranche d'âge ;
- Déterminer la corrélation entre la situation géographique des sites et les variations mensuelles de la prévalence et de l'incidence du paludisme.

### 3. Généralité

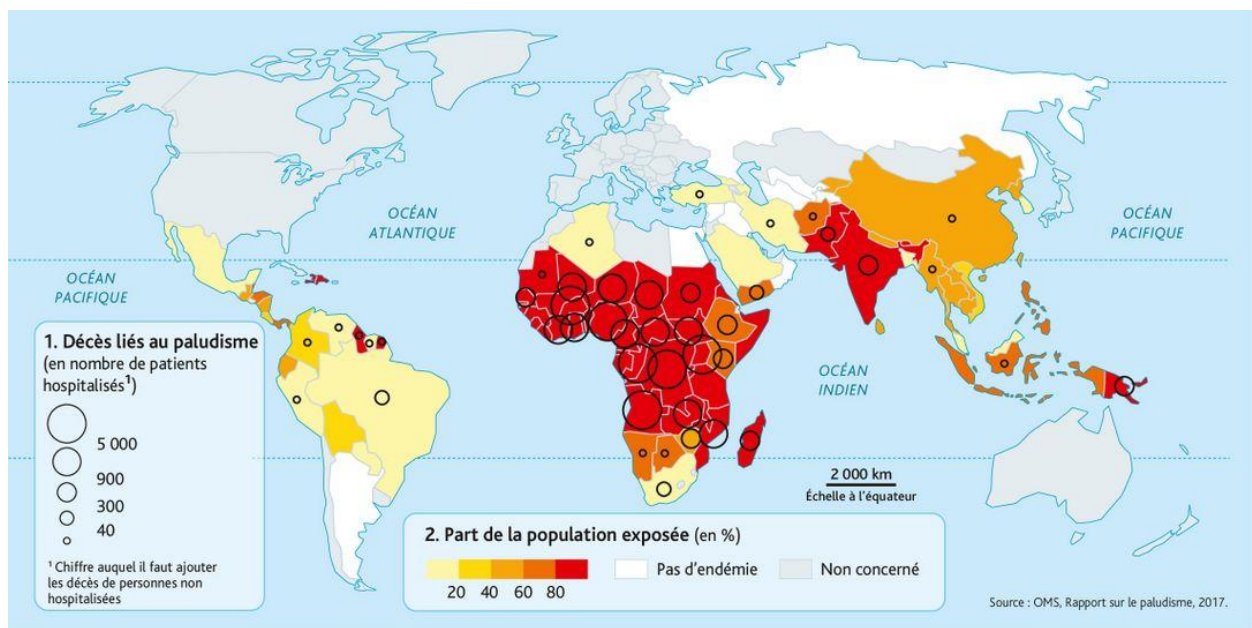
#### 3.2. Définition

Le paludisme est une érythrocytopathie hémolysante et fébrile des régions chaudes et marécageuses due au *Plasmodium* et transmis à l'Homme par un moustique femelle du genre *Anopheles* (12). Le paludisme sévit surtout dans les pays tropicaux à faible revenu ou à revenu intermédiaire. En plus d'être un problème majeur de santé publique, il a un impact socio-économique important sur la vie des populations en particulier, et sur l'économie du pays tout entier en général. Ces derniers instants, on observe une augmentation nette des cas de paludisme et de la mortalité dans de nombreux pays due à des perturbations liées à la pandémie de la COVID-19 (7).

#### 3.2. Epidémiologie du paludisme

##### 3.2.1. Répartition géographique

Le paludisme est répandu dans le monde intertropical dont les trois principales zones à forte transmission sont l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud-Est et l'Amérique du Sud. Il existe actuellement 87 pays dans lesquels le paludisme est endémique, où la transmission est continue. Parmi les pays affectés par le paludisme, 46 ont signalé moins de 10 000 cas de paludisme en 2019, contre 26 pays en 2000. À la fin de 2020, 24 pays avaient fait état d'une interruption de la transmission du paludisme pendant au moins trois ans, dont 11 ont été certifiés exempts de paludisme par l'OMS (13).



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Géographie, 2nd, 2019  
© EdiCarto

Figure 1 : Paludisme dans le monde.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

L'Afrique compte 05 faciès épidémiologiques **(14)** :

- Strate équatoriale : constituée par les zones de forêts et de savanes humides post forestières, elle est caractérisée par une bonne répartition des précipitations permettant une transmission pérenne de la maladie ;
- Strate tropicale : intéresse les savanes humides et semi humides où les précipitations vont de 800 à 1500 mm (et plus) et réparties en une seule saison de 4 à 8 mois pendant laquelle se produit l'essentiel de la transmission ;
- Strate désertique et semi désertique encore appelée strate Saharienne ou Sahélienne ou Sahélo-Saharienne : la pluviométrie est inférieure ou égale à 700mm d'eau par année. Il s'agit du Nord-Africain et du désert de Kalahari (Niger, Nord Malien...)
- Strate montagnarde : intéresse surtout l'Afrique de l'Ouest, c'est la zone des vallées et des hautes terres ;
- Strate australe : avec les plateaux d'altitude au sud du bloc forestier centrafricain, c'est la strate lagunaire (la Centrafrique).

Les îles de Comores et de Madagascar réunissent sur leur territoire la plupart des différents faciès africains.

### **3.2.2. Les facteurs influençant la distribution géographique du paludisme dans le monde :**

La transmission du paludisme dépend de la présence de trois éléments :

- Le *Plasmodium*
- L'Homme
- L'anophèle.

#### **❖ Facteurs influençant le moustique**

Il y a ainsi beaucoup de facteurs qui déterminent les conditions de survie et de distribution du moustique. Les plus importants sont : la température, l'humidité et la pluie.

- **La température**

Au-dessus de 35°C, la digestion du sang est affectée et la production d'œufs est presque arrêtée. Il n'y a donc pas de reproduction de l'espèce. La température optimum pour le développement du cycle gonotrophique se situe aux alentours de 30° C **(15)**.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

- **L'humidité Relative (ou quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air)**

Qui varie aussi en relation avec la température, a un effet déterminant sur la survie et l'activité du moustique adulte, l'optimum se plaçant aux alentours de 90 %. Si l'humidité relative moyenne annuelle lue à 8 heures du matin est au-dessous de 60 %, donc le moustique cessera son activité et l'on peut dire qu'il n'y a pas eu de transmission. En se réfugiant dans certaines crevasses ou fissures, il peut trouver un microclimat qui assure la survie (estivation) de l'espèce et par conséquent sa reproduction, lorsque les conditions redeviendront favorables **(15)**.

- **La pluie**

La pluie est le troisième grand facteur affectant le vecteur par son influence sur la température et l'humidité, parce qu'elle contribue aussi à la formation ou au maintien de gîtes larvaires et donc à l'augmentation du nombre de moustiques. Ce n'est pas tellement la quantité de pluie qui est directement responsable du maintien ou de l'accroissement des densités de moustiques, mais plus particulièrement la régularité et la fréquence des précipitations. Des grandes averses, comme celles de la mousson asiatique, vont balayer les gîtes larvaires et interrompre ou réduire énormément la transmission, tandis que les douches équatoriales africaines, intermittentes pendant la saison humide, permettront la formation de multiples gîtes et donc l'explosion des densités d'*Anopheles gambiae* **(15)**.

### **3.2.3. Modalités de transmission du paludisme au Mali**

L'épidémiologie du paludisme fait appel à la notion d'endémicité qui elle-même est déterminée par certains indices paludométriques dont le calcul fait intervenir des facteurs liés soit au parasite, soit à l'homme ou soit au vecteur. Ainsi, plusieurs indices paludométriques ont été décrits comme **(16)** :

- L'indice plasmodique (IP) est le pourcentage de personnes ayant les hématozoaires dans le sang.
- L'indice splénique (IS) est le nombre de sujets présentant une splénomégalie palustre.
- L'indice gamétocytaire (IG) est le pourcentage de sujets dans une population examinée présentant les formes sexuées du parasite. (Indique un potentiel infestant de l'homme vis à vis de l'anophèle).
- le taux d'inoculation entomologique (TIE) est le nombre de piqûres infectantes que reçoit un homme pendant une période donnée. C'est le produit du taux de piqûre et de l'indice circum sporozoïtique (ou sporozoïtique).

### **3.2.4. Dynamique de la transmission du paludisme au Mali**

Il y a une extrême variabilité de la situation épidémiologique en fonction des faciès géoclimatiques. Au Mali, il existe cinq modalités épidémiologiques de transmission du paludisme (17) :

- La zone de transmission saisonnière longue de quatre à six mois au Sud correspondant à la région Soudano-guinéenne (régions de Sikasso, sud des régions de Ségou, Koulikoro et Kayes). Le paludisme y est holoendémique avec un indice plasmodique constamment supérieur à 75% de juin à novembre ;
- La zone de transmission saisonnière courte de quatre mois dans les régions de la savane nord soudano-sahélienne (régions de Mopti, nord des régions de Ségou, Koulikoro et Kayes). Le paludisme y est hyper-endémique avec un indice plasmodique variant entre 50 et 75% ;
- La zone subsaharienne au Nord où la transmission est sporadique voire épidémique (régions de Tombouctou, Gao et Kidal). L'indice plasmodique est inférieur à 5% ;
- La zone du delta inférieur du fleuve Niger (Office du Niger) et les zones de retenue d'eau et de riziculture (barrages de Sélingué et Manantali) où la transmission est bimodale voire plurimodale en début de la saison des pluies, au cours de la période de décrue et de mise en eau des casiers rizicoles. Le paludisme est de type mésoendémique avec un indice plasmodique inférieur à 40% ;
- Le milieu urbain, en particulier Bamako et Mopti, qui est impropre à l'impaludation (pollution des gîtes larvaires, automédication élevée, etc.). Le paludisme y est de type hypoenémique avec un indice plasmodique inférieur à 10%.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**Tableau 1:** Classification des niveaux d'endémicité de la transmission du Paludisme

<b>Niveau d'endémicité</b>	<b>Transmission</b>	<b>Indice plasmodique Chez les enfants de 5-14 ans (%)</b>	<b>Commentaires</b>
<i>Paludisme Hypoendémique</i>	Faible : sub-périodique ou sporadique	Généralement $\leq 10$	Les moustiques sont instables, généralement difficiles à détecter ; des épidémies sérieuses peuvent survenir
<i>Paludisme mésoendémique</i>	Saisonnière, périodique suivant une bonne saison pluvieuse	11-50 en fonction du temps de surveillance	Les moustiques fluctuent, détectables en fonction des saisons, une fenêtre saisonnière peut survenir ; Les habitants acquièrent une certaine immunité
<i>Paludisme hyperendémique</i>	Intense (saisonnière) Chaque année	51-75	Fluctuation saisonnière des cas de paludisme ; Fréquentes séquelles sévères chez les jeunes enfants ; une certaine immunité chez les adultes
<i>Paludisme holoendémique</i>	La transmission peut survenir à travers l'année avec des pics de transmission	$> 75$	On peut détecter les moustiques toute l'année avec des pics ; des taux élevés d'anémie chez les très jeunes enfants et la prémunition chez les adultes



### 3.3. Vecteurs et agents pathogènes

#### 3.3.1. Vecteurs

Le vecteur du paludisme est un moustique du genre *Anopheles*. Les espèces vectrices sont nombreuses et d'autant plus redoutables qu'elles ont une affinité pour l'homme (espèces anthropophiles). Elles se nourrissent et se reposent dans les maisons (espèces endophiles ou domiciliaires). Seule la femelle hématophage assure la transmission. Au Mali, ce sont les membres du complexe *Anopheles gambiae s.l* et *Anopheles funestus* qui transmettent le paludisme, ceci généralement entre 18 h et 6 h. Leur durée de vie moyenne est d'un mois **(18)**.

#### 3.3.2. Agent pathogène

D'une manière générale, quatre (5) espèces de *Plasmodium* infectent l'homme et elles se différencient cliniquement par la durée de l'intervalle entre deux accès, qui dépend d'une part de la durée du cycle schizogonique intra globulaire et d'autre part de la gravité des symptômes et du pronostic. Ces cinq espèces de *Plasmodium* et les principales caractéristiques de l'infection qui en résulte se résument comme suit :

Nom du parasite	Nom commun de l'infection	Périodicité des accès	Principales caractéristiques
<i>P. falciparum</i>	Fièvre tierce maligne Paludisme pernicieux Paludisme tropical	deux jours	très grave peut être mortelle symptômes cérébraux anémie
<i>P. vivax</i>	Fièvre tierce bénigne	deux jours	pas mortelle débilitante anémie
<i>P. malariae</i>	Fièvre quarte	trois jours	débilitante très longue durée jusqu'à 50 ans et plus
<i>P. ovale</i>	Fièvre tierce	deux jours	infection rare
<i>P. Knowlesi</i>	Fièvre tierce	deux jours	infection rare

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

Au Mali on retrouve quatre espèces plasmodiales infectant l'Homme. Il s'agit de :

- *Plasmodium falciparum* qui est le plus redoutable et le plus intensément répandu. Il est responsable de la quasi-totalité des décès dus au paludisme. Il représente 85 à 90% de la formule parasitaire au Mali.
- *Plasmodium malariae*, représentant 10 à 14% au Mali.
- *Plasmodium ovale*, représentant moins de 1%.
- *Plasmodium vivax* dont la présence a été décrite au nord du Mali dans nos populations leucodermes en 1988 sous les formes des foyers autochtones **(19)**.

**NB** : Une cinquième espèce, *P. knowlesi*, d'origine simienne, qui a été identifiée récemment chez l'Homme en Asie du Sud-Est **(20)**.

### **3.4. Cycle de développement du parasite**

Le *Plasmodium* est un sporozoaire ayant deux (2) types de multiplication :

- une multiplication sexuée (sporogonie) chez le moustique ;
- une multiplication asexuée (schizogonie) chez l'homme.

#### **3.4.1 Cycle chez le moustique (Sporogonie)**

Les gamétocytes ingérés par le moustique lors d'un repas sanguin sur un sujet infecté, se transforment en gamètes mâle et femelle qui fusionnent en un œuf libre, mobile, dénommé ookinète. Cet ookinète quitte la lumière du tube digestif, se fixe ensuite à la paroi externe de l'estomac et se transforme en oocyste **(21)**. Les cellules parasitaires se multiplient à l'intérieur de cet oocyste, produisant des centaines de sporozoïtes qui migrent ensuite vers les glandes salivaires du moustique. Ces sporozoïtes sont les formes infectantes, prêtes à être inoculées avec la salive du moustique lors d'un repas sanguin sur un hôte vertébré. La durée du développement de sporogonie du *Plasmodium* varie en fonction des conditions climatiques : entre 9 et 20 jours pour *P. falciparum* (30°C et 20°C), un peu plus rapide pour *P. vivax* à températures équivalentes (l'espèce tolère aussi des températures plus basses : 18 °C), plus long pour *P. malariae*. Chez le moustique, l'ensemble de ce cycle se déroule de 9 à 40 jours, suivant la température extérieure et les espèces en cause. La durée de vie de l'anophèle est d'environ 30 jours **(22)**.

#### **3.4.2. Cycle chez l'homme (Schizogonie)**

Elle débute par la piqûre du moustique femelle qui injecte dans un capillaire les parasites contenus dans ses glandes salivaires. Alors sous forme de sporozoïtes, ces parasites pourront gagner le foie où se poursuit le cycle.

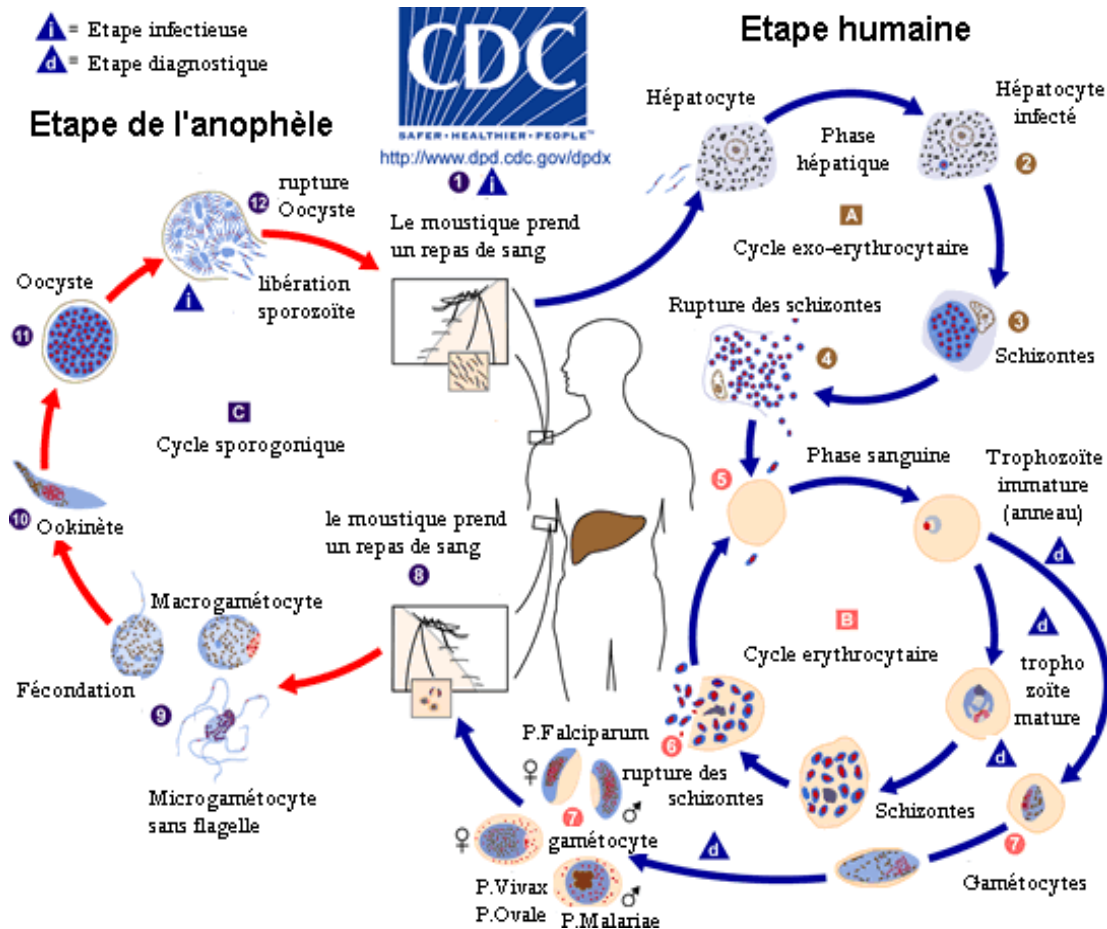
➤ **Cycle exo-érythrocytaire ou hépatique**

Après sa pénétration dans l'hépatocyte, le sporozoïte se transforme en trophozoïte (élément uninucléé). Après réplique au sein de sa vacuole parasitophore, ce dernier finit par constituer une masse multinucléée repoussant le noyau de l'hépatocyte en périphérie. On parle de schizonte. Cette phase est asymptomatique et dure selon les espèces une à trois semaines. C'est la phase de schizogonie pré-érythrocytaire ou exo-érythrocytaire. A maturité, le schizonte hépatique ou corps bleu éclate et libère des mérozoïtes uninucléés dans le sang. Il est important de noter que chez certaines espèces, les sporozoïtes restent dormants dans l'hépatocyte (hypnozoïtes). C'est le cas de *P. vivax* et *P. ovale* responsables d'une schizogonie hépatique retardée qui entraîne la libération dans la circulation de mérozoïtes plusieurs mois après la piqûre du moustique, expliquant ainsi les rechutes tardives observées avec ces deux espèces **(21)**.

➤ **Cycle intra-érythrocytaire**

C'est la phase du cycle qui est responsable des symptômes cliniques imputables au paludisme. Ces symptômes sont d'intensité variable en fonction du profil immunitaire de la personne infectée. Les mérozoïtes libérés gagnent la circulation sanguine. Ils pénètrent par endocytose dans les hématies et deviennent chacun un trophozoïte. Celui-ci se développe, grossit et son noyau se divise par un processus de mitose (schizogonie) en 48 – 72 heures. Ce trophozoïte se nourrit d'hémoglobine dont le produit de dégradation est l'hémozoïne. A ce stade on parle de schizonte **(23)**. Le schizonte arrivé à maturité, chaque noyau formé s'entoure d'une plage cytoplasmique : c'est le corps en rosace. L'éclatement de ces derniers libère des mérozoïtes. Cet éclatement est contemporain de l'accès thermique clinique. L'hémozoïne libérée est phagocytée par les leucocytes qui deviennent mélanifères. Les mérozoïtes libérés vont parasiter des hématies saines et poursuivre le cycle intra-érythrocytaire. Le cycle schizogonique, selon les espèces plasmodiales dure 48 heures (fièvre tierce) ou 72 heures (fièvre quarte). Après plusieurs schizogonies apparaissent dans les hématies des éléments à potentiel sexué: les gamétocytes. Ils ne poursuivront leur cycle que s'ils sont absorbés par l'anophèle femelle **(18)**. Ainsi, chez l'homme, on distingue deux cycles : l'un exo-érythrocytaire intra-hépatique, l'autre intra-érythrocytaire. Ces deux cycles sont asexués ou schizogonie.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**



**Figure 2: Cycle de développement du *Plasmodium***

**Source:** National center for infectious diseases (CDC, [www.dpd.cdc.gov/dpdx](http://www.dpd.cdc.gov/dpdx)), Atlanta, Georgia, Division of parasitic diseases (Department of Health and Human Services US).

### 3.5. Physiopathologie du paludisme

Le paludisme et ses complications sont la résultante d'une cascade d'évènements physiopathologiques, influencés à la fois par le parasite et les facteurs liés à l'hôte y compris l'immunité et les facteurs de susceptibilité génétiques (24).

#### 3.5.1. Accès de primo-invasion

Par définition, il apparaît chez un sujet neuf, non-immun, c'est-à-dire chez l'enfant de 4 mois à 4 ans, chez les personnes récemment déplacées d'une région exempte de paludisme vers une zone d'endémie en absence de mesures préventives (25). L'incubation, encore appelée phase pré-patente dure de 7 à 20 jours et est cliniquement muette.

L'invasion est marquée par l'apparition d'une fièvre continue. Le tableau clinique est celui d'un embara gastrique fébrile avec anorexie, douleurs abdominales, nausées, parfois vomissements, diarrhée, associés à des céphalées et à des myalgies. A l'examen

clinique, le foie (surtout chez l'enfant) a parfois augmenté de volume, la rate est normale, les urines sont rares, foncées et peuvent contenir des protéines. Ce paludisme de primo-invasion peut guérir spontanément après plusieurs épisodes fébriles. Une splénomégalie modérée apparaît dans ce cas, signe tardif au cours de la primo-invasion et élément de bon pronostic. S'il s'agit d'une invasion à *P. falciparum*, elle évolue parfois vers l'accès pernicieux secondaire annoncé par la majoration des céphalées et l'apparition de signes neurologiques (25).

### **3.5.2. Accès palustre simple**

Il correspond à la schizogonie érythrocytaire et réalise les tableaux de la fièvre tierce maligne à *P. falciparum* ou bénigne à *P. vivax*, *P. ovale* ou de la fièvre quarte bénigne à *P. malariae*. Classiquement, l'accès palustre simple évolue en trois phases, soit après une phase prodromique, associant céphalées, anorexie, nausées, et brutalement avec :

- ✓ la sensation de froid avec frissons intenses, céphalées et vomissements, pendant 1 à 2 heures ;
- ✓ la fièvre d'ascension rapide à 40°C ou plus ; le pouls est très rapide ou lent. Après avoir été pâle, le malade est congestif, vultueux ;
- ✓ la sensation de malaise est intense. Cette période dure de 1 à 4 heures. Les sueurs profuses accompagnent la défervescence, laissant le patient asthénique et courbaturé. L'hépto-splénomégalie est inconstante (21).

Cet accès se répète tous les 2 ou 3 jours selon l'espèce plasmodiale, pendant environ une dizaine de jours. Il peut, soit donner lieu ultérieurement à quelques rechutes similaires, plus ou moins éloignées (*P. malariae*, *ovale* et *vivax*) soit évoluer à tout instant vers l'accès pernicieux (*P. falciparum*) (26).

### **3.5.3. Accès chez les patients immuns**

Le portage d'infection plasmodiale asymptomatique est fréquent dans les zones où la transmission est pérenne. Il faut penser à une autre maladie infectieuse associée à un paludisme asymptomatique (21).

### **3.5.4. Paludisme grave et compliqué**

L'infection palustre est le plus souvent asymptomatique en zone holo et d'hyper-endémie chez les enfants d'âge scolaire. L'apparition des formes graves est surtout liée à la virulence de l'espèce *P. falciparum* et au niveau de l'immunité acquise des personnes (27). Les concepts physiopathologiques du paludisme grave font intervenir deux

phénomènes interdépendants : la séquestration des hématies parasitées et le phénomène immunologique.

#### **3.5.4.1. Séquestration**

C'est l'adhésion des érythrocytes infectés aux cellules endothéliales des capillaires veineux au moyen d'interaction spécifiques entre les molécules d'origine parasitaire présentes à la surface des globules rouges infectés avec les récepteurs correspondant à la surface des cellules endothéliales, aboutissant à l'obstruction des micro vaisseaux. Trois mécanismes concourent à ce phénomène : l'auto-agglutination, la formation de rosettes « ou *rosetting* » et la cytoadhérence. (Séquestration parasitaire - Physiopathologie de l'accès palustre grave).

##### **3.5.4.1.1. Auto- agglutination**

Elle correspond à un regroupement des érythrocytes infectés entre eux pour former des micros-agrégats susceptibles d'obstruer les capillaires profonds. Elle a été observée chez de nombreuses souches de *P. falciparum* étudiées en culture au laboratoire. Pour certains auteurs, elle est favorisée par les plaquettes portant les récepteurs CD36 à leurs surfaces (28, 29).

##### **3.5.4.1.2. Formation des rosettes « ou *rosetting* »**

Les hématies parasitées ont la faculté d'attirer autour d'elles des hématies non-infectées pour former des rosettes : c'est le phénomène de « *rosetting* ». La formation des rosettes est la conséquence de la liaison entre des ligands parasitaires (pfemp1) présents à la surface des hématies infectées et leurs récepteurs correspondant sur les globules rouges non infectés. Plusieurs récepteurs pour les ligands parasitaires (pfemp1) impliqués dans ce phénomène ont été décrits à la surface des globules rouges : récepteur 1 du complément (CR1/CD35), tri-saccharides des groupes sanguins A et B, CD36, PECAM-1/CD31 (*Platelet-endothelial cell adhesion molecule-1*).

Les anticorps (IgM et IgG) et certains composants du complément (C3b et c4b) jouent aussi un rôle dans ce phénomène à travers le récepteur 1 du complément (CR1) (30).

Il aboutit à la formation d'un agrégat qui contribue à l'obstruction des petits vaisseaux sanguins. Il varie d'une souche plasmodiale à l'autre et est corrélé au degré de sévérité du paludisme (28). La formation de rosettes constitue un mode de protection pour le parasite contre le système phagocytaire de la rate et exerce un effet délétère pour l'hôte par blocage du flux sanguin.

### **3.5.4.1.3. Phénomène de Cytoadhérence**

La cytoadhérence des hématies parasitées à l'endothélium vasculaire ou aux cellules trophoblastiques placentaires entraînent la libération de médiateurs pro-inflammatoires (cytokines) impliqués dans la sévérité de la maladie (31). C'est le mécanisme qui a été le mieux étudié ces dernières années. Ce phénomène permet au *Plasmodium* de se développer plus facilement grâce à un environnement gazeux favorable et d'échapper à la clairance splénique et provoquer une obstruction des micro-vaisseaux surtout au niveau cérébral qui semble être la principale cause du neuropaludisme. La séquestration entraînerait aussi une dilatation des micro-vaisseaux par la libération du monoxyde d'azote (NO), responsable de l'œdème cérébral et pulmonaire.

Les hématies parasitées expriment à leur surface des protubérances (*knobs*) qui semblent jouer un rôle important dans leur adhésion aux cellules endothéliales. Il s'agit de protubérances protéiniques auxquelles sont incorporés des antigènes plasmodiques. Parmi ces antigènes plasmodiques on peut citer : pfemp-1 et 2 (*Plasmodium falciparum Erythrocyte Membrane Protein 1 et 2*) ; pfhrp-1 (*Plasmodium falciparum Histidin Rich Protein*) ou KAHRP (*Knob-Associated Histidin-Rich Protein*), RESA (*Ring Erythrocyte Surface Antigen*) et EDM (*Electron-Dense- Material*).

Parmi ces protéines parasitaires associées aux knobs, pfemp-1 est le ligand parasite le mieux caractérisé. Pfemp-1 interagit avec des récepteurs spécifiques au niveau des cellules endothéliales vasculaires et du syncytiotrophoblaste tels que l'icam-1 (Inter Cellular Adhésion Molécule-1), le CD36, le VCAM-1 (vascularcelladhesing Molecular-1), le CD31 ou PECAM-1, le CSA (Chondroitin Sulfate A) et la sélectine. L'adhésion des hématies parasitées à ces récepteurs entraîne leur séquestration à l'intérieur de la microcirculation. La séquestration permet aux hématies parasitées d'échapper à la clairance splénique et de contribuer à la gravité du paludisme (31).

### **3.5.4.2. Mécanismes immunologiques**

Le système à médiation cellulaire impliquant les lymphocytes CD4 et les macrophages qui jouent un rôle très important dans la pathogénèse du neuropaludisme. Les antigènes plasmodiaux facilitent le recrutement des macrophages et la libération de nombreuses cytokines pro-inflammatoires (l'ifn- $\gamma$ , le TNF- $\alpha$ , l'il-1 et l'il-6.) dont leurs actions se conjuguent au phénomène de ralentissement circulatoire conséquence de la séquestration (21). Parmi ces médiateurs, le TNF- $\alpha$  est la cytokine clé de l'infection

palustre car à faible dose, il est nécessaire pour l'élimination des parasites et à forte dose, il devient pathologique.

### **3.6. Diagnostic biologique du paludisme**

Il consiste à la mise en évidence des formes sanguines du parasite. Le prélèvement sanguin doit être effectué le plus près possible du pic thermique (32).

#### **3.6.1. Le Frottis Mince (FM)**

Il permet :

- ✓ l'étude morphologique des hématozoaires ;
- ✓ le diagnostic différentiel entre les espèces plasmodiales.

Son délai d'exécution est court (15 mn) par rapport à celui de la goutte épaisse (30 mn). Son inconvénient est qu'il ne permet pas de détecter des parasitémies de faible densité, 100 à 300 parasites /  $\mu$ l de sang.

#### **3.6.2. La Goutte épaisse (GE)**

C'est l'examen de référence de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Il est largement utilisé pour le diagnostic de routine. Sa sensibilité est 10 à 20 fois plus élevée que celle du FM. Le problème du diagnostic d'espèce se pose rarement et l'incertitude est le plus souvent sans conséquence sur la conduite thérapeutique. La densité parasitaire est estimée par le pourcentage d'hématies parasitées. La GE détecte des parasitémies de 10 à 20 parasites/microlitre de sang.

#### **3.6.3. Tests de diagnostic rapide**

Il consiste à rechercher dans le sang total de l'antigène protéique riche en histidine de type II (HRP II) de *Plasmodium falciparum* et mettre en évidence dans le sang la Lactodéshydrogénase (LDH) de *P. falciparum* et de *P. vivax*.

#### **3.6.4. Test QBC (Quantitative Buffy-Coat)**

Le principe consiste à centrifuger le tube contenant le sang mélangé à l'acridine orange. Avec le microscope à fluorescence à l'objectif 50 en immersion, faire la mise au point au niveau de la couche leucocytaire et rechercher les parasites au niveau de la couche érythrocytaire dont les noyaux sont colorés par l'acridine orange. Cette méthode ne permet pas de porter un diagnostic d'espèce ni une densité parasitaire. Chacune de ces méthodes présentent des avantages et inconvénients en raison de la sensibilité, temps de réalisation, ou même la spécificité à certaines espèces de *Plasmodium*.



### **3.7. Prévention et traitement du paludisme**

#### **❖ Prévention**

Malgré des années de recherche, peu de candidats vaccins prometteurs ont été mis au point. Il existe différentes mesures de prévention qui peut protéger soit contre l'infection, soit contre le développement de la maladie chez les individus infectés. Les mesures qui protègent contre l'infection visent le vecteur de la maladie, à savoir l'anophèle. Celles-ci peuvent être des mesures de protection personnelle (individuelles ou familiales) : vêtements de protection, insectifuges, pulvérisation intra domiciliaire des habitations en utilisant des insecticides à effet rémanent, ou des mesures de protection de la collectivité ou population telle que la gestion environnementale en vue de limiter la transmission. Ainsi, la chimio-prophylaxie individuelle s'adresse à toute personne à risque d'exposition en zone impaludée (femme enceinte, expatriés, voyageurs, touristes ou migrants). Elle n'empêche pas l'infection mais évite les formes graves **(33)**.

#### **❖ La Chimio-prévention saisonnière du Paludisme (CPS)**

C'est une nouvelle intervention, elle s'adresse aux enfants de 03 à 59 mois.

La chimio-prévention du paludisme saisonnier (CPS) consiste en un cycle de traitement complet par la sulfadoxinepyriméthamine (SP) et l'amodiaquine (AQ) administré à des enfants âgés de 3 à 59 mois à intervalles d'un mois, à partir du début de la saison de transmission (dans les zones où les deux médicaments conservent une efficacité antipaludique suffisante). Elle est recommandée dans les zones de la sous-région du Sahel où la transmission saisonnière est forte **(34)**. Elle assure une prévention sûre et efficace contre les cas de paludisme à *Plasmodium falciparum* non compliqués et sévères en zone de forte transmission saisonnière **(35)**.

La recommandation stratégique de l'OMS pour la CPS se fonde sur les résultats de sept études réalisées dans des zones de forte transmission saisonnière du paludisme dans les régions sahéliennes et subsahéliennes de l'Afrique subsaharienne entre 2002 et 2011. Ces études montrent que la CPS avec administration mensuelle de SP + AQ chez les enfants âgés de 3 à 59 mois pendant une période allant jusqu'à quatre mois au cours de la saison de forte transmission du paludisme :

- Évite environ 75 % de l'ensemble des accès palustres ;
- Évite environ 75 % des accès palustres graves ;
- Pourrait entraîner une diminution de la mortalité de l'enfant d'environ 1 pour 1000.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

Réduit probablement l'incidence de l'anémie modérée **(36)**. Cependant, il faut noter que les conséquences de l'administration de la CPS pendant plusieurs années n'ont pas encore été évaluées ; et on n'a pas signalé d'évènements indésirables graves qui sont probablement rares. A part des vomissements juste après la prise des molécules SP et AQ, existeraient certaines affections non graves et qui disparaissent d'elles-mêmes sans laisser des séquelles. Une étude réalisée en Gambie avec la distribution communautaire de la combinaison sulfadoxine-pyriméthamine et Amodiaquine en TPI chez les enfants de 6 ans et moins a donné une efficacité de 87% contre le paludisme **(37)**. Selon une revue par Greenwood, chez les enfants plus jeunes (âge inférieur à 5 ans) le traitement intermittent préventif réduit la mortalité infantile liée au paludisme de 40% **(38)**. Ces différentes études ont permis à l'OMS de recommander la stratégie de la chimioprévention du paludisme saisonnier avec la sulfadoxine-pyriméthamine et l'amodiaquine pour les régions :

- ✓ Où plus de 60 % de l'incidence annuelle du paludisme sont enregistrés sur quatre mois ;
- ✓ Où la morbidité palustre représente la majeure partie de la morbidité chez l'enfant
- ✓ Incidence > 10 cas de paludisme pour 100 enfants au cours de la saison de transmission ;
- ✓ Où l'efficacité antipaludique de la SP et de l'AQ est conservée.

Au Mali, le ministère de la Santé a adopté la CPS en 2014 dans tout le pays. La CPS, autrefois appelée « traitement préventif intermittent du paludisme chez les enfants », 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 » **(36)**.

La stratégie de la CPS consiste à administrer un maximum de quatre cycles de traitement de SP + AQ à intervalles d'un mois à des enfants âgés de 3 à 59 mois dans les régions de forte transmission saisonnière du paludisme **(35)**. La CPS avec SP + AQ procure un degré élevé de protection jusqu'à quatre semaines, ensuite la protection diminue rapidement. Il est par conséquent important de respecter un intervalle d'un mois (SP+AQ à J1, AQ J2 et à J3) entre les cycles de la CPS afin d'obtenir un niveau de protection élevé et de minimiser l'apparition de parasites du paludisme résistants à SP + AQ. Les

***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

doses de la SP (500mg +25mg) et AQ (153mg) doivent être administrées comme suit pendant les trois ou quatre cycles de la saison de transmission :

- Jour 0 : dose unique de SP + première dose d'amodiaquine (par un agent de santé),
- Jour 1 : deuxième dose d'amodiaquine (parent ou tuteur),
- Jour 2 : troisième dose d'amodiaquine (parent ou tuteur).

Les doses de SP et AQ doivent être administré en fonction de l'âge comme suit :

- Comprimé SP (500 mg + 25 mg).

Les enfants âgés de 3 à 11 mois reçoivent un demi-comprimé en dose unique le premier jour.

Les enfants âgés de 12 à 59 mois reçoivent un comprimé entier en dose unique le premier jour.

- Comprimé AQ (153 mg).

Les enfants âgés de 3 à 11 mois reçoivent un demi-comprimé en dose quotidienne unique pendant 3 jours.

Les enfants âgés de 12 à 59 mois reçoivent un comprimé entier en dose quotidienne unique pendant 3 jours.

La protection contre le paludisme clinique est associée à l'administration des deuxième et troisième doses d'amodiaquine. Par conséquent, il importe qu'un enfant reçoive des doses complètes de SP + AQ pendant chaque cycle de traitement de la CPS. La période d'administration de la CPS est définie de manière à cibler la période durant laquelle le risque de contracter le paludisme est le plus élevé pour les enfants. En 2016, 15 millions d'enfants vivant dans 12 pays d'Afrique sahélienne ont été protégés par des programmes de chimioprévention du paludisme saisonnier (CPS) **(1)**.

L'objectif est de maintenir les concentrations thérapeutiques de médicaments antipaludiques dans le sang pendant toute la période de plus grand risque. Cela réduira l'incidence du paludisme simple et grave et de l'anémie associée, ce qui aura pour résultat des enfants en meilleure santé et plus forts, capables de se développer et de grandir sans interruption des épisodes de la maladie. La CPS s'est avérée efficace, rentable et réalisable pour la prévention du paludisme chez les enfants dans les zones où la saison de transmission du paludisme ne dépasse pas quatre mois. Depuis son approbation par l'OMS, la CPS a permis de prévenir jusqu' à 75% des cas de paludisme **(39)**.

❖ **Traitement curatif de l'accès palustre simple**

Le paludisme simple se traite efficacement par voie orale. Les traitements les plus efficaces aujourd'hui sont les Combinaisons Thérapeutiques à base d'artémisinine (CTA). Elles permettent de traiter efficacement le paludisme simple en 3 jours.

**Tableau 2 : Le schéma thérapeutique au Mali**

Tranches d'âge/Poids	Jour 1		Jour 2		Jour 3	
	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir
05 -14 Kg (2 mois à 3 ans)	1 comprimé	1 comprimé	1 comprimé	1 comprimé	1 comprimé	1 comprimé
15 - 24 Kg (4 à 6 ans)	2 comprimés	2 comprimés	2 comprimés	2 comprimés	2 comprimés	2 comprimés
25 – 34kg (7 à 10 ans)	3 comprimés	3 comprimés	3 comprimés	3 comprimés	3 comprimés	3 comprimés
≥ 35 Kg et adultes	4 comprimés	4 comprimés	4 comprimés	4 comprimés	4 comprimés	4 comprimés

Les différentes options thérapeutiques recommandées par l'OMS sont les suivantes :

- ✓ Artéméter-luméfantrine, dans tous les pays du monde) ;
- ✓ Artésunate plus amodiaquine, dans les zones où le taux de succès thérapeutique de l'amodiaquine en monothérapie est supérieur à 80% ;
- ✓ Artésunate plus sulfadoxine-pyriméthamine, dans les zones où le taux de succès thérapeutique de la SP en monothérapie est supérieur à 80%.

Au Mali, l'association sulfadoxine-pyriméthamine (SP) est actuellement préconisée pour le traitement intermittent préventif chez les femmes enceintes.

❖ **Traitement curatif des accès palustres graves**

L'artésunate injectable est le médicament de choix dans la prise en charge du paludisme grave à *P. falciparum* chez l'adulte ainsi que chez l'enfant. Elle doit être administrée en raison de 2,4 mg/kg de poids corporel par voie intraveineuse (IV) ou intramusculaire (IM). Si l'on n'a pas d'artésunate injectable, il peut être remplacé par l'artéméter ou la quinine. Prendre le relais avec CTA par voie orale dès que le malade peut avaler.

❖ **Traitement spécifique de quelques manifestations du paludisme**

En cas de fièvre importante, il faut ajouter un antipyrétique de type paracétamol.

***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

En cas de convulsion ou trouble de la conscience, il faut ajouter un myorelaxant de type diazépam ou phénobarbital. En cas d'anémie sévère (taux Hb < 6 g/dl), très souvent une transfusion sanguine est nécessaire. En cas de vomissement important, il faudrait ajouter un antiémétique de type métoclopramide injectable ou métopimazine injectable.

## **4. Méthodologie**

### **4.1. Sites d'étude:**

Kaaba ou Kangaba, est une cité qui a suscité par son origine les histoires les plus invraisemblables. Comme la plupart des villes africaines, l'historique de la création de la ville de Kangaba remonte depuis les temps où l'écriture n'existait pas encore. Mais par les faits qui nous sont parvenus par la tradition orale, nous permettent de retracer les grandes lignes de l'histoire de la vieille cité du Mandé.

Située au cœur de l'ancien empire du Mali, une ville charnière entre le fleuve Sankarani et les massifs de Kita, Kangaba est une ville de vieille de civilisation. Elle a été le berceau de l'empire du Mali et a donné naissance à un vaste ensemble qui s'étendait du X<sup>ième</sup> au XVI<sup>ième</sup> siècle sur les états actuels du Mali, du Sénégal, de la Gambie, de la Guinée et une partie de la Mauritanie. Après les conquêtes de l'époque et sa victoire contre Sounmangourou Kanté, Soundiata Kéïta et ses généraux, fondateurs de l'empire tels Faran Camara, Fakoli Doumbia et Touraman Traoré ce sont donnés rendez-vous à Kouroukan-Fouga à 500 mètres de la ville de Kaaba pour le partage des villes conquises. En réalité, la ville a été fondée par les Dansoko et les Camara grands propriétaires terriens. Mais la ville a vu le pouvoir détenu de tout temps par les Kéïta, fiers de leur passé glorieux. Il existe nombreux sites touristiques tels que :

- Le Kaaba-boulo ou case sacrée ; de sa création à nos jours environ 700 ans, aucune de ses parties n'a été modifiées ou reconstruites. Une cérémonie de crépissage et de renouvellement de sa toiture se déroule tous les sept ans et sert de base pour la mise en place des groupes d'âge ;
- Le Kouroukan- Fouga : grande clairière à 500 m à l'entrée de la ville de Kangaba ; est le lieu de hauts exploits et d'évènements marquants l'histoire du Mandé ;
- La tombe de Touraman Traoré à Balanzan (le plus ancien village des Traoré). Le sabre de ce brave guerrier est jalousement gardé par les Diawara de Kéla ;
- Le Faraguè ou roche blanche lieu de sacrifices humaines ;
- Les Tatas de Figuira-Tomo et de Balanzan ;
- Le puits sacré de Déguéla ;

La mare Nougou, appartenant aux Camara et aux Dansoko et dont la pêche annuellement faite donne lieu à de cérémonies spéciales.

## ❖ **Caractéristiques géographiques, démographiques et administratives**

### **Données géographiques**

#### • **Superficie et limites**

Il couvre une superficie de 5 150 Km<sup>2</sup>. Comme tous les autres cercles, les limites du cercle de Kangaba ont été fixées par l'administration territoriale. Situé au Sud-ouest de la région de Koulikoro dont il dépend administrativement, le cercle de Kangaba est limité :

- Au Nord par les cercles de Kati et Kita ;
- Au Sud par le cercle de Yanfolila ;
- À l'Est par le cercle de Kati ;
- À l'Ouest par la préfecture de Siguiri en république de Guinée.

#### • **Relief et climat**

Le relief du cercle est accidenté à cause de l'existence des derniers contreforts des monts mandingues. Il est composé de plaines, quelques plateaux et de la colline dont le versant sud présente un dénivellement qui favorise le drainage des eaux de pluies vers le lit du fleuve Niger. Le sol est argilo-sablonneux, laissant apparaître souvent des clairières. Les alluvions laissées par les marigots torrentiels rendent le sol très riche et propice à l'agriculture. Situé dans la zone pré guinéenne, le cercle a une pluviométrie qui varie entre 800 et 1200 mm de pluie par an. Le climat est de type soudanais et comprend deux saisons : une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre. Les vents dominants sont : l'harmattan et la mousson. La végétation très dense est dominée par les hautes herbes et des grands arbres. C'est le domaine de la savane. Tout au long des cours d'eau, on remarque l'existence des galeries forestières. La faune très giboyeuse est composée d'animaux de toute sorte, d'inter vertébré et d'arthropodes. Anophèles gambiae abondent dans les villages où ils assurent la transmission du paludisme en saison des pluies. Anophèles gambiae est le vecteur majeur du paludisme rencontré dans la zone d'étude.).

#### • **Hydrographie :**

Le Niger ou Djoliba est le seul fleuve qui parcourt le cercle et qui le traverse. Cependant il existe des cours d'eau un peu partout, dans le cercle :

- Rivières : le Sankarani, le Fié
- Marigots : Koba, Kokoyon, Bandun.
- Mares : Nougou, N'Gon, Kankan

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

- **Voies de communication :**

Le cercle de Kangaba est traversé par deux grands axes routiers. La route nationale N°5 (goudronnée) qui va de Bamako à Siguiri en passant par : Kourémalé dans la commune de Benkadi, et la commune de Naréna.

La route nationale 26 (RN26) qui va de Bamako à Djoulafoundo en passant par les communes de Minidian, de Kaniogo et de Nouga est goudronnée en partie de Bamako à Kangaba, le reste en latérite.

Les communes de Maramandougou et de Séléfougou situées sur la rive droite du Niger sont reliées à Bamako par un autre axe routier passant par Sélingué. Une autre route latéritique, partant de la route nationale N° 5, désenclave la commune de Balan-bakama. Toutes ces routes sont latéritiques et sont difficilement praticables en saison de pluies. Il existe des pistes rurales qui relient les différents villages et sont souvent impraticables pendant la saison des pluies. C'est ainsi que pendant toute l'année ou pendant l'hivernage, la plus part des référence des 3 aires de santé se font vers le CSREF de Sélingué.

- **Education :**

Le système éducatif formel est constitué par les écoles publiques et communautaires. Quant au système non formel, il est constitué de CED (centre d'éducation pour le développement), de medersa et de centres d'alphabétisation. Les différents établissements scolaires se répartissent entre les 9 communes du cercle. Le cercle compte trois établissements secondaires à savoir deux lycées dont un public et un privé, et un Institut de Formation des Maitres (IFM).

❖ **Situation socio-sanitaire**

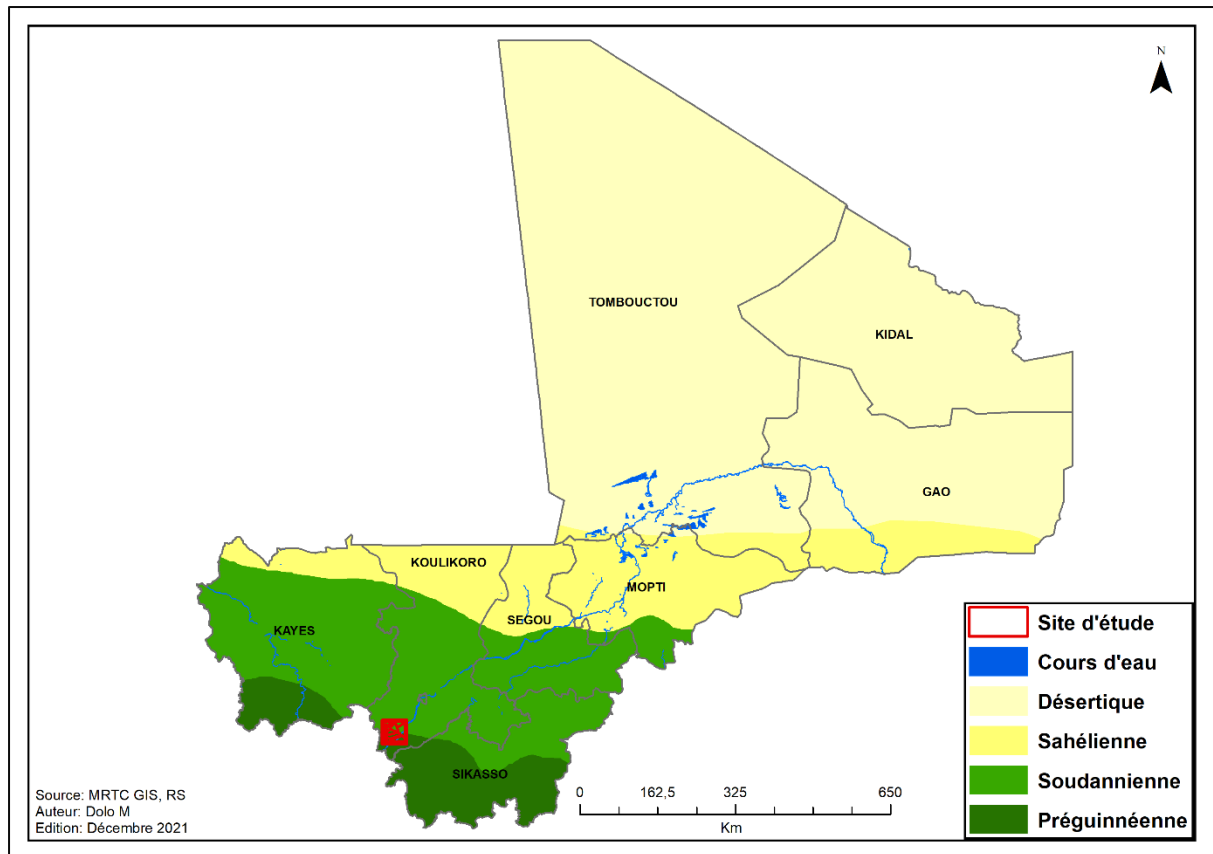
**Organisation du système de santé**

Le district sanitaire correspond au 2<sup>ème</sup> niveau de la pyramide sanitaire et comprend deux échelons :

- 1<sup>er</sup> Echelon : constitué de CSCOM
- 2<sup>ème</sup> Echelon : le centre de santé de référence



**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**



**Figure 3 : Carte montrant la zone d'étude (Source : MRTC, GIS RS, 2021)**

#### 4.2. Cadre d'étude

Notre étude rentre dans le cadre d'une analyse de situation du paludisme en prélude d'un essai clinique sur l'efficacité des Stations attractives à base de sucre toxique.

#### 4.3. Lieu d'étude

Elle s'est déroulée dans 20 villages du district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro, Mali.

#### 4.4. Echantillonnage et constitution des grappes

La taille d'échantillon était calculée sur la base de la prévalence du paludisme dans la zone soudano-guinéenne selon la dernière enquête EDSM (soit 50%) et les données de l'incidence du paludisme à Dangassa dans le Mandé (15% à 45% pendant la saison de transmission).

Elle a été calculée par la formule :

$$E = t^2 \times P \times (1-P) / m^2$$

- $t^2$  = niveau de confiance à 95%,  $t = Z_{\alpha/2} = Z_{0,025} = 1,96$
- $P$  = prévalence dans la zone ;  $m = \alpha = 0,05$

La taille minimale de notre échantillon en tenant compte des perdus de vue est 384 enfants sélectionnés parmi les ménages de la cohorte.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

Après un recensement général des populations couplé à une cartographie dans 20 villages au mois d'avril 2020, nous avons constitué 10 grappes avec des tailles proportionnelles et distantes d'au moins 1200 mètres.

**Tableau 3 : Constitution des grappes dans les 20 villages d'étude**

<b>N° Grappe</b>	<b>Villages</b>	<b>Nombre de village</b>
102	Danga - Bolono – Kokoumbo	3
103	Solebali – Bomboro	2
104	Kenieba	1
105	Djoulafoundo1 – Kalakoro	2
106	Sakoro – Manalo	2
107	Sakonida - Farani – Moussalafarani	3
108	Farada	1
109	Balanza	1
110	Tégué Koro - Tégué Koura	2
111	Madina - Camp pénal – Cissébouyou	3

Les grappes étaient constituées de façon à respecter les critères de sélection présentées dans la méthodologie. Ainsi le maximum de village associé pour constituer une grappe était de 3 alors que 40% (n=4) des grappes étaient composées de deux villages.

**4.5. Population d'étude**

Les enfants âgés de 5 à 14 ans sélectionnés dans grappe afin de constituer la cohorte.

**4.6. Type et période d'étude**

Il s'agissait d'une étude de cohorte avec des passages longitudinaux et transversaux de juin à décembre 2020.

**4.7. Définitions**

**Définitions opérationnelles**

✓ **Paludisme simple :**

Fièvre (température supérieure à 37.5°C) ou ATCD de fièvre déclarée dans les 48 heures plus TDR positif.

✓ **Paludisme grave :**

Fièvre (température supérieure à 37.5°C) ou ATCD de fièvre déclarée dans les 48 heures plus la présence d'un ou plusieurs signes de danger : convulsion, coma, anémie, respiration difficile, vomissements répétés, faiblesse, incapable de manger ou boire et TDR positif

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

✓ **Prévalence :**

Désigne la proportion de personne ayant une infection asymptomatique à *P. falciparum* en un moment donné ;

✓ **Incidence :**

Représente le nombre de cas nouveaux d'une maladie apparus dans une population donnée durant une période donnée ;

✓ **Un ménage :**

A été définie comme un foyer composé d'un homme et son(es) épouse(s), ses enfants et les personnes à sa charge ;

✓ **Utilisation :**

L'utilisation a été définie comme toute moustiquaire attachée et utilisée au moins par une personne pour dormir.

✓ **Maladie chronique :**

A été définie comme une maladie dont les effets persistent dans le temps en générale plus que trois mois tels que les troubles mentaux, infirmité motrice cérébrale.

✓ **Point chaud (concentration des cas de paludisme)**

Foyer de haute transmission persistant entièrement et amplifiant le risque du paludisme.

#### **4.8. Critères d'inclusions, de non-inclusion**

##### **4.6.1 Critères d'inclusions**

- Accepter de participer à l'étude ;
- Résidant pendant la période d'étude dans un village ou grappe sélectionné ;
- Enfant âgé de 5 à 14 ans ;
- Absence d'une maladie grave et chronique.

##### **4.6.2. Critères de non-inclusion**

- Déménagé pendant la période d'étude hors de la grappe ;
- Grossesse décelée.

#### **4.9. Variables mesurées**

- Variables sociodémographiques : l'âge, le sexe, la résidence
- Données sur les moustiquaires : utilisation
- Variables temporelles : mois
- Variable géographique : coordonnées géographiques
- Variables biologiques : TDR ;

***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

- Variables climatiques : les données climatiques et environnementales utilisées dans cette étude comprennent : les températures moyennes maximale et minimale, le cumul de la pluviométrie, l'humidité relative. Les données ont été extraites à partir du site web : <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> en utilisant l'emprise de la zone d'étude.

#### **4.10. Techniques d'études**

Un passage transversal au début de la saison de transmission (enrôlement) a été fait pour l'inclusion systématique de tous les enfants concernés. Un numéro d'identification unique tenant compte de son lieu de résidence et de la famille était attribué à tous les enfants inclus et reste inchangé pendant toute la durée de l'étude. Chaque enfant enrôlé a fait l'objet d'un prélèvement sanguin au bout du doigt, ce prélèvement constitue un TDR (décrites en détails en annexe). L'habitat des enfants a été géolocalisé et tous ont reçu du CTA (combinaison thérapeutique à base artémisinine). Deux semaines plus tard tous les enfants ont été testés par TDR pour la clairance parasitaire. Tous les enfants inclus dans l'étude sont suivis pendant toute la saison de transmission (juin-décembre), chaque fois qu'un enfant se présentait au centre de santé avec un symptôme morbide, un examen clinique était fait pour rechercher un signe de paludisme (température axillaire  $\geq 37.5^{\circ}\text{C}$  ou antécédent de fièvre déclarée dans les 48 heures et/ou présence de convulsion, coma, anémie, respiration difficile, vomissement répétés, faiblesse, incapable de manger ou boire etc.) et un TDR était réalisé pour la confirmation du diagnostic palustre. Tout enfant atteint de paludisme était traité selon le schéma thérapeutique du Programme National de Lutte contre le Paludisme.

#### **4.11. Gestion et l'analyse des données**

Les données ont été recueillies sur les tablettes avec le logiciel Epi info. Elles ont ensuite été saisies sur Microsoft Excel 2010 et analysées avec les logiciels SPSS 25.0. Les données ont été présentées sous forme de tableaux. Le test de Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour comparer les variables catégorielles (sexe, résultat du TDR). Le seuil de signification  $\alpha$  était fixé à 5%. Les échantillons de produits biologiques des participants ont été codés en attribuant un numéro unique d'étude à chaque participant. Une série de monitorages internes et externes a été instaurée pour assurer la bonne qualité des données collectées. A chaque passage, l'incidence du paludisme au niveau de la population a été calculée comme la proportion (%) des individus qui étaient positifs à *P. falciparum*. La régression linéaire simple a été utilisée pour rechercher le lien entre le nombre de cas hebdomadaires de paludisme et chaque variable climatiques dans le logiciel R studio.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

Les variables avec un seuil de signification inférieur à 15% ont été retenues dans une régression multiple pas à pas. Nous avons choisi la méthode pas à pas pour éliminer la colinéarité entre les variables climatiques, nous avons ensuite retenu le meilleur modèle avec un faible AIC (critère d'information d'Akaike).

Les points chauds ont été déterminés en tenant en compte la variation par mois, en détectant les points chauds à haut risque à l'échelle des grappes avec le logiciel SaTScan. Un balayage scan a été appliquée de type Kulldorff, avec une forme circulaire et un test de simulation de Monte-Carlo. Une fenêtre circulaire a été centrée sur les différents points chauds avec un rayon allant de 1 à 50% de la population. L'incidence du paludisme a été cartographiée par mois. Les cartes thématiques ont été produites avec le logiciel ArcGIS 10.8.

#### **4.12. Aspect éthique**

Cette étude a été soumise à l'approbation du comité d'éthique des Facultés de Médecine et d'Odontostomatologie, et de Pharmacie de l'université des sciences des techniques et de technologie de Bamako (USTTB). Les autorités sanitaires et administratives de Kangaba ont été informées sur le contenu de notre protocole. Le consentement volontaire, libre et éclairé a été obtenu auprès des parents ou tuteurs des enfants participants en plus de l'assentiment pour les enfants âgés de 12 à 14 ans. L'étude a été supervisée par un moniteur clinique afin de s'assurer de la conformité au protocole. Pour tous les prélèvements sanguins, nous avons utilisé le matériel à usage unique et respecté les règles d'asepsie et de bonnes pratiques cliniques et de laboratoire.

## 5. Résultats

### 5.1. Résultats descriptifs

**Tableau 4 : Répartition l'échantillon par grappe**

<b>ECHANTIOLLON</b>						
<b>Grappe</b>	<b>juillet</b>	<b>aout</b>	<b>septembre</b>	<b>octobre</b>	<b>novembre</b>	<b>Décembre</b>
102	56	56	56	56	56	56
103	59	59	59	59	59	59
104	49	49	49	49	49	49
105	62	62	62	62	62	62
106	57	57	57	57	57	57
107	55	55	55	55	55	55
108	67	67	67	67	67	67
109	60	60	60	60	60	60
110	47	47	47	47	47	47
111	51	51	51	51	51	51
<b>Total</b>	<b>563</b>	<b>563</b>	<b>563</b>	<b>563</b>	<b>563</b>	<b>563</b>

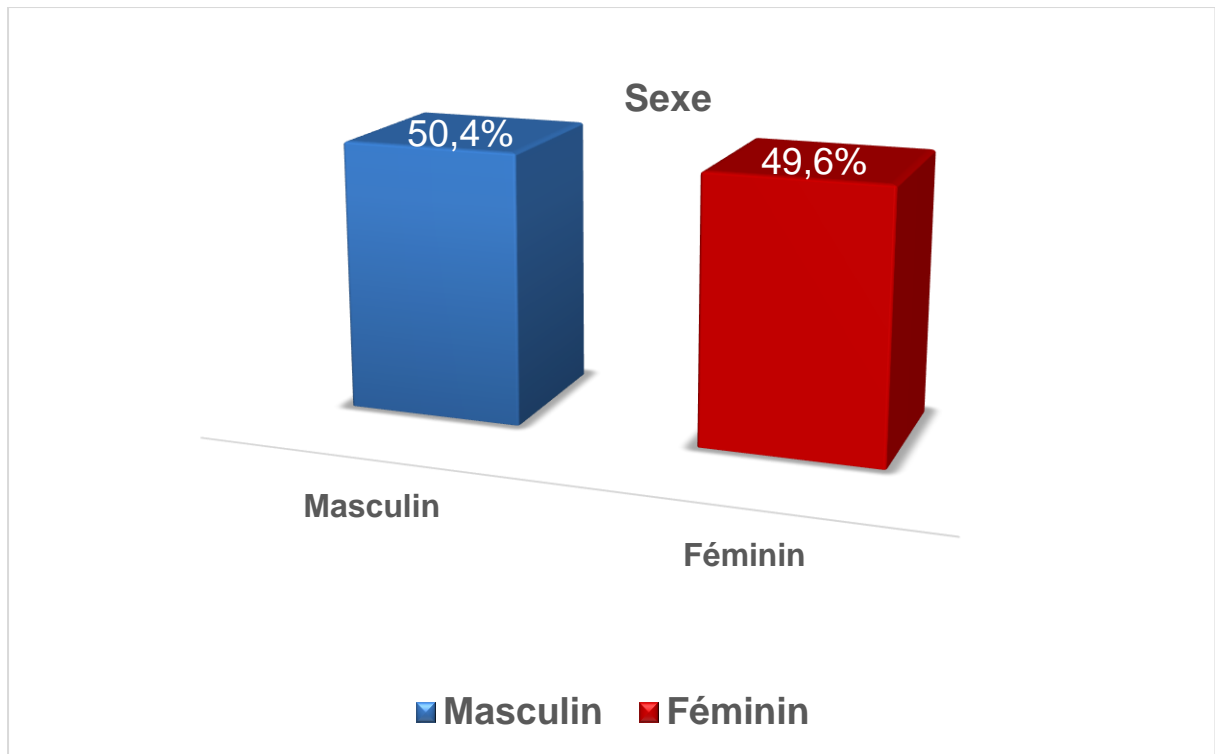
Au total 563 enfants ont été suivis tout au long de la période d'étude.

**Tableau 5 : Répartition l'échantillon en fonction de la tranche d'âge dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020.**

<b>Tranche d'âge</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>5 à 9 ans</b>	355	<b>63,1</b>
<b>10 à 14 ans</b>	208	36,9
<b>Total</b>	563	100

Les enfants de 5 à 9 ans étaient plus représentés soit 63,1% de la population d'étude.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*



**Figure 4 : La répartition en fonction du sexe dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020**

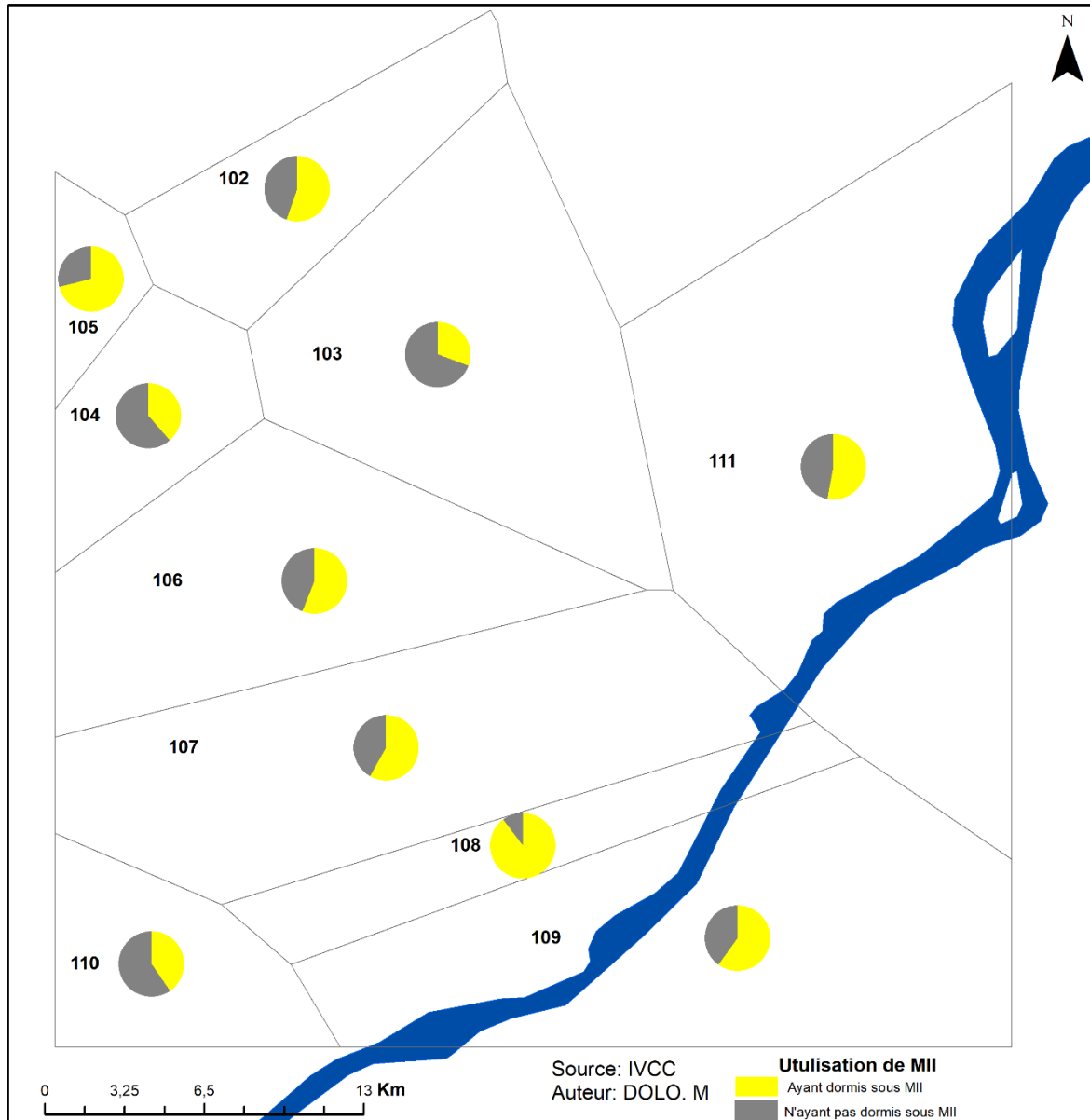
Le sexe masculin dominait par rapport au sexe féminin.

**Tableau 6 : Utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides de longue durée les 20 villages au début de l'étude.**

Utilisation de MILD	Fréquence	Pourcentage
Ayant dormi sous MILD	318	56,5
N'ayant pas dormi sous MILD	245	43,5
<b>Total</b>	<b>563</b>	<b>100,0</b>

Environ 56,5% des enfants recrutés ont dormi sous une moustiquaire imprégnée d'insecticide de longue durée la veille de leur enrôlement.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

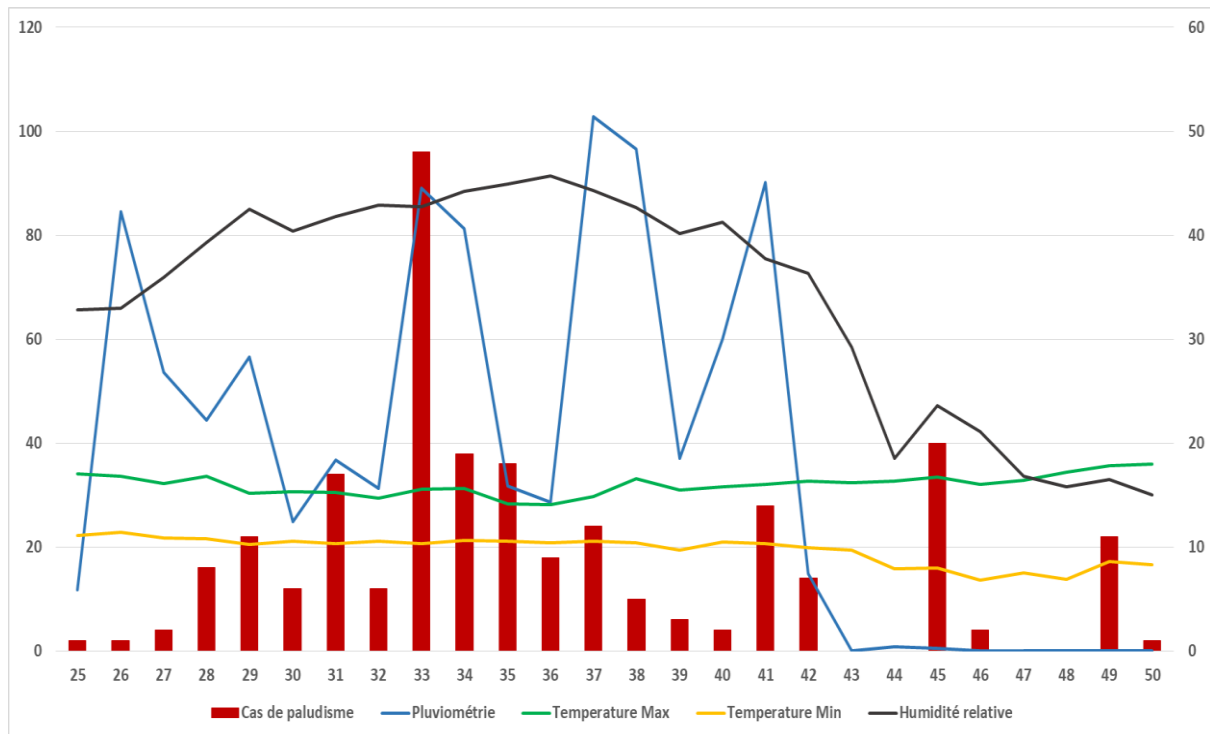


**Figure 5 : Utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides par grappe selon les répondants dans les 20 villages d'étude**

Le taux d'utilisation de MILD était plus élevé dans le village de Farada correspondant à la grappe 108 avec 89,6%, contre 30,5% dans le village de Solebali et Bomboro dans la grappe 103.



**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

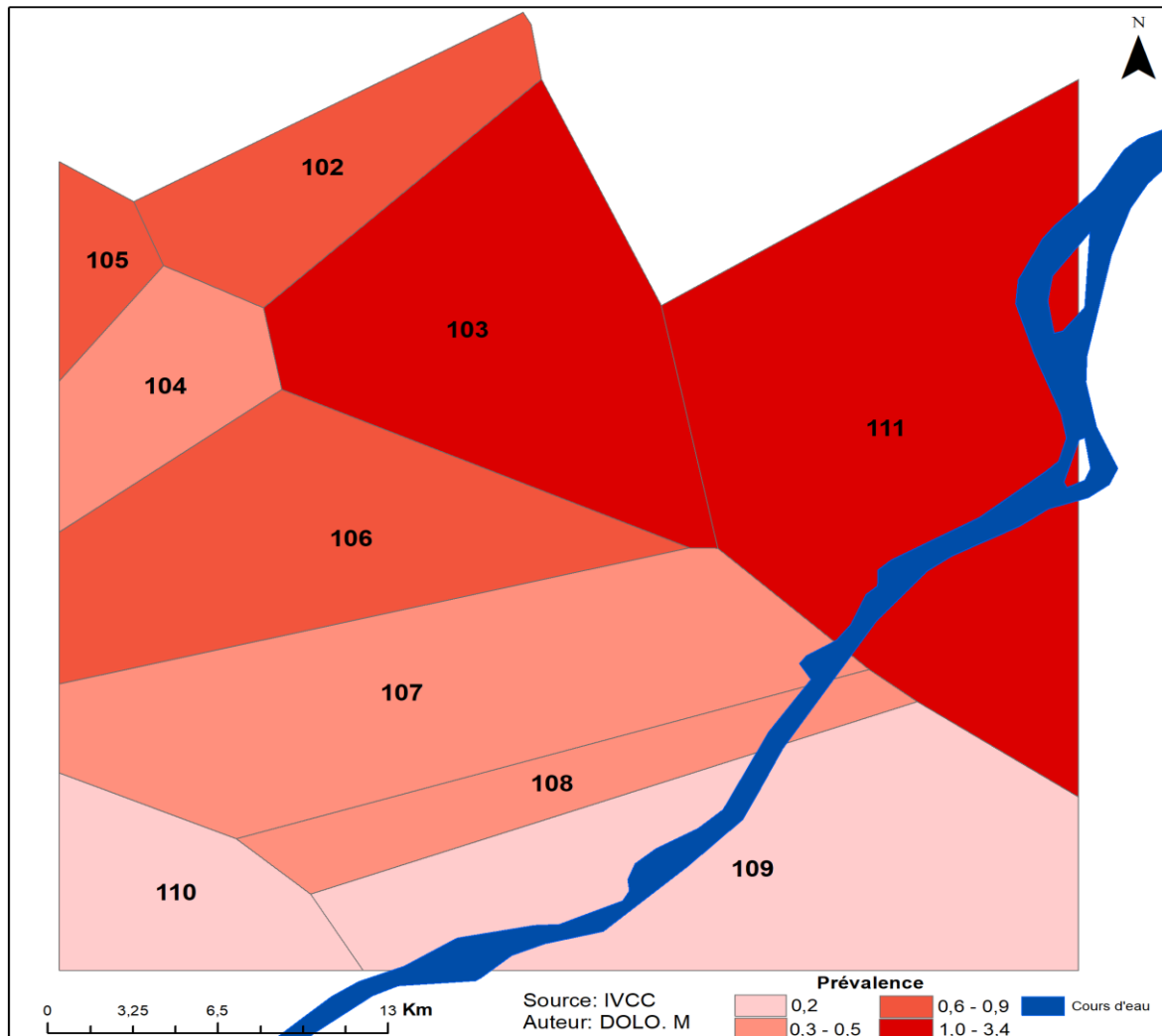


**Figure 6 : Courbe de la variation climatique de l'incidence du paludisme dans les 20 villages d'étude de juin à décembre 2020**

Les cas de paludisme observés dans les grappes à Kangaba lors du suivi passif ont été agrégés par semaine et alignés selon une série chronologique. De la même manière, le cumul de la pluviométrie hebdomadaire correspondante a été aligné en série chronologique du nombre de cas. Cette figure montre les variations de ces deux séries de données de juin à décembre 2020. La saison de pluies s'est étendue sur 25 semaines (25<sup>ème</sup> à la 42<sup>ème</sup>). Le pic de la pluviométrie a été observé pendant la 37<sup>ème</sup> semaine (102 mm). Le pic du nombre de cas de paludisme a été observé à la 33<sup>ème</sup> semaine avec (48 cas). Il y avait une association significative entre la pluviométrie, l'humidité relative, la température maximum et le nombre de cas de paludisme respectivement le **coeff** = 0,410 ; IC [0,027-0,69] ; (p=0,03) ; **coeff** = 0,40 ; IC [0,009 -0,68] ; (p=0,04) et **coeff** = -0,310 ; IC [-0,622 – 0,089] ; (p= 0,1239). En revanche, la température minimum n'était pas significativement associée à l'infection palustre dans les grappes à Kangaba **coeff** = 0,222 ; IC : [-0,180 à 0,561] ; (p = 0,2757). Mais, même en absence de pluies pendant la saison sèche, on continuait à enregistrer des cas de paludisme dans les grappes.

### Modèle de régression pas à pas

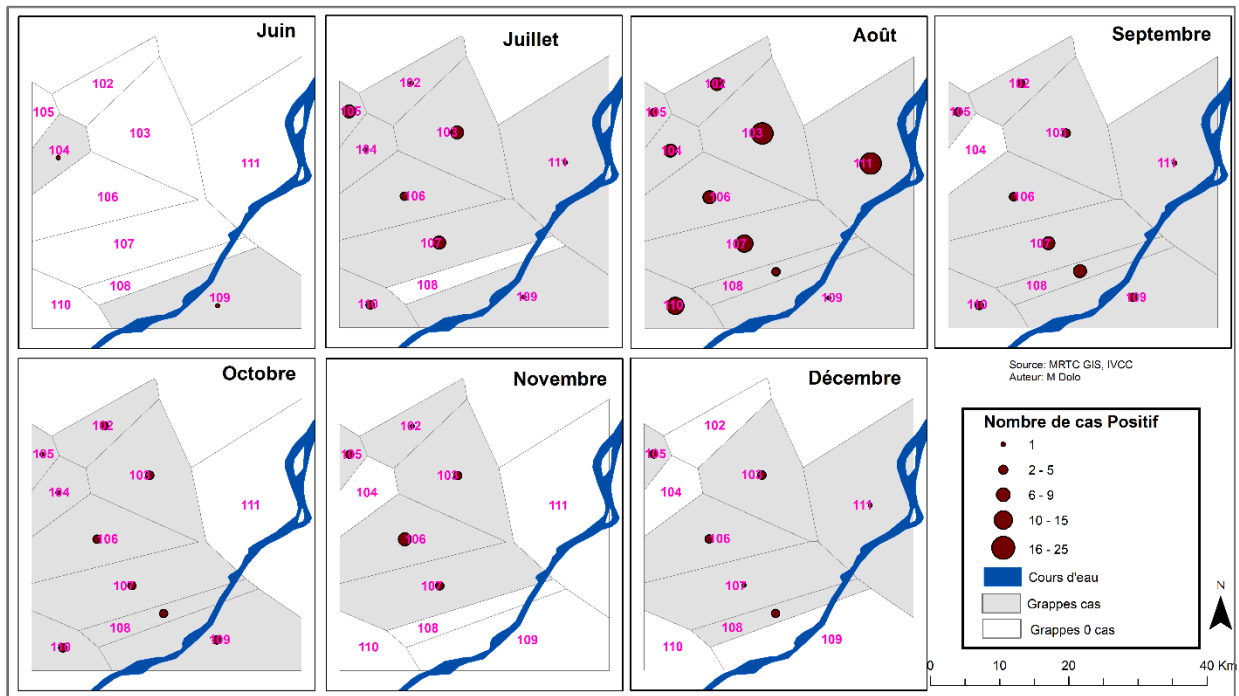
Trois variables qui sont la température maximum, la pluviométrie et l'humidité relative ont été retenues dans le modèle de régression pas à pas. Un modèle avec un faible AIC (critère d'information d'Akaike) était choisi parmi tant d'autres et selon ce dernier modèle, il y'avait une association significative entre le paludisme et la pluviométrie : **Coeff : 0,11 et p = 0,0375.**



**Figure 7 : Distribution spatiale de la prévalence de l'infection palustre dans les 20 villages d'étude à Kangaba en juin 2020.**

La plus forte variation de la prévalence de l'infection palustre a été observée dans les grappes 103 et 111 au nord respectivement avec 1,0% à 3,4%. Cependant, les plus faibles prévalences ont été observées au sud dans les grappes 109 et 110 avec 0,2%. La majorité de nos grappes avait une prévalence comprise entre 0,5% et 0,9%.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

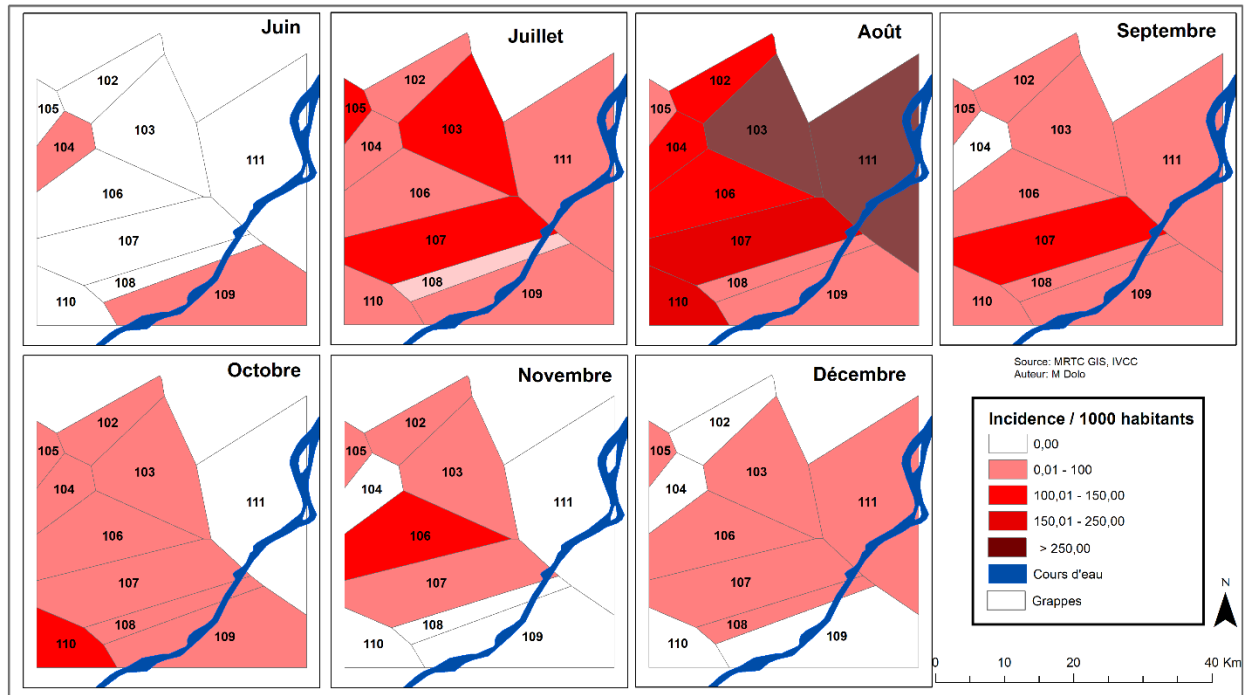


**Figure 8 : Distribution spatio-temporelle du nombre de cas à Kangaba de juin à décembre 2020.**

Une forte concentration du nombre de cas du paludisme avait été observée dans les grappes 107, 111, 103 et 110 avec 16 à 25 cas.

Le nombre de cas était moyennement concentré au nord-ouest dans les grappes 102, 104 et 106 avec 9 à 15 cas. Au sud-est la grappe 109 a une faible concentration de cas de paludisme avec 1 à 5 cas.

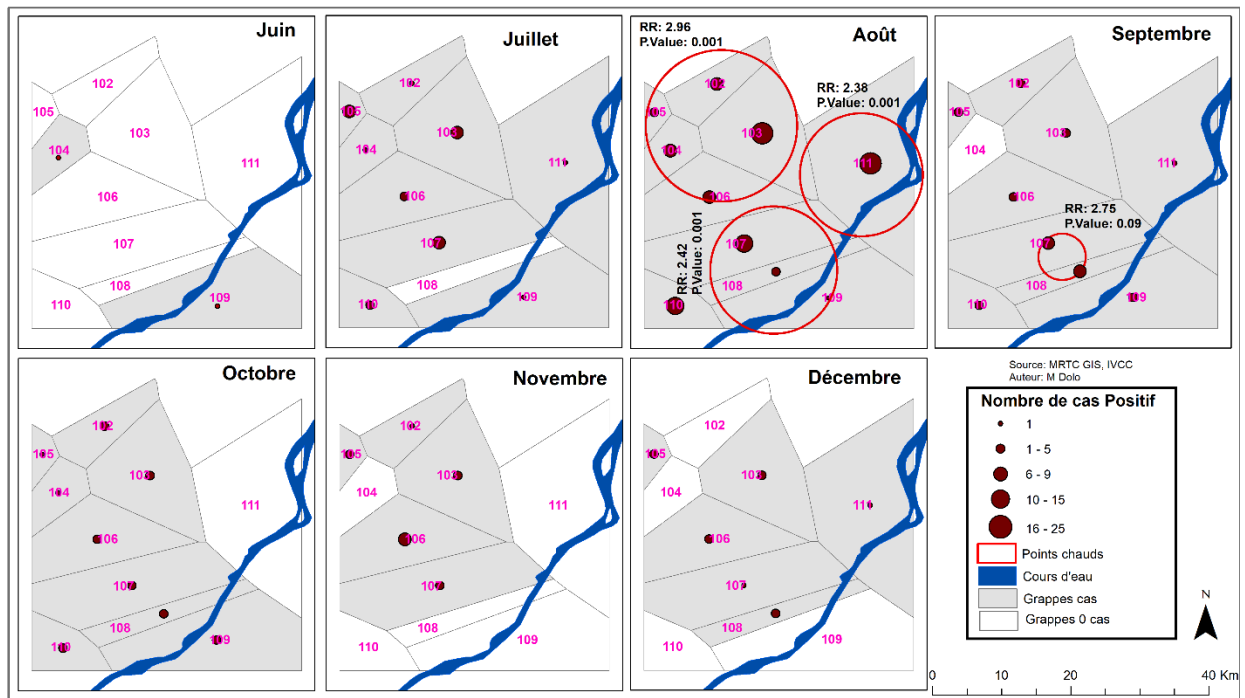
**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**



**Figure 9 : Distribution spatio-temporelle de l'incidence du paludisme par grappe à Kangaba de juin à décembre 2020.**

Au mois d'août l'incidence du paludisme était plus élevée dans les grappes 103 et 111 avec plus de 250 cas pour 1000 habitants, elle était moyennement élevée dans la majorité des grappes variant entre 150 à 250 cas pour 1000 habitants. Cependant elle n'était pas aussi accentuée dans les autres mois.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

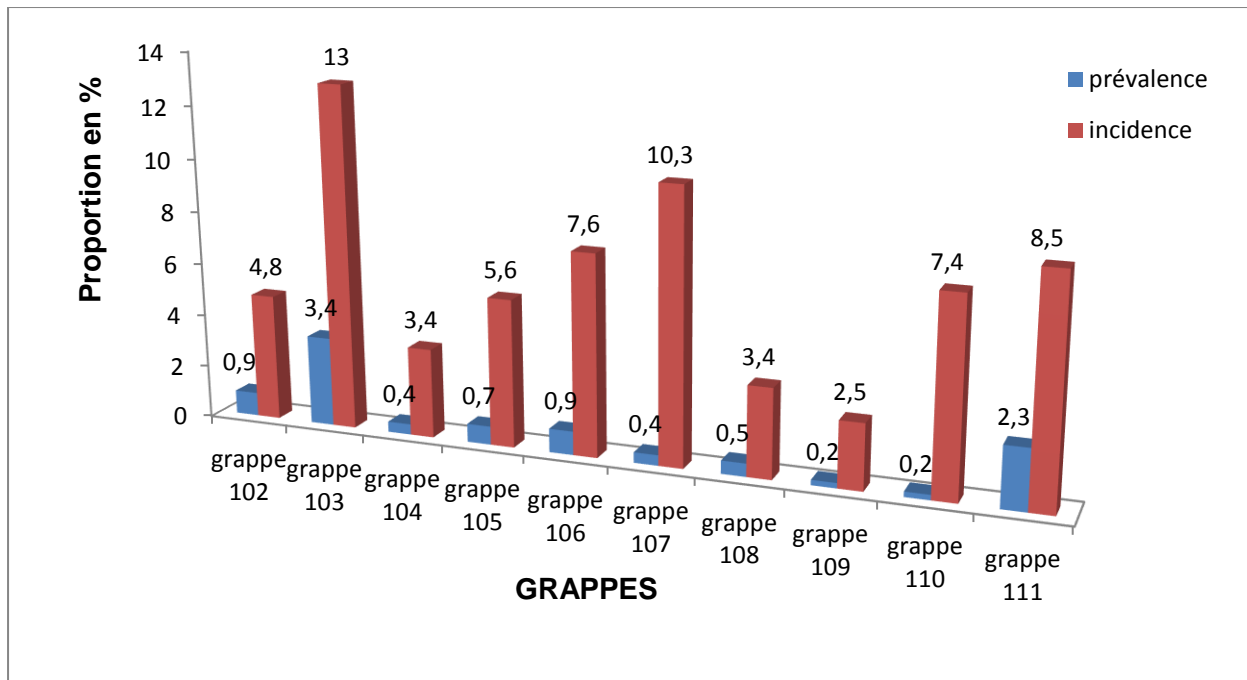


**Figure 10 : Représentation graphique de la variation spatio-temporelle de points chauds du paludisme à Kangaba de juin à décembre 2020.**

Les points chauds du paludisme (concentration des cas de paludisme) étaient significativement observés au mois d'août dans toutes les grappes (**p = 0,001**) excepté la grappe 110.

Au mois de septembre les grappes 107 et 108 étaient à la limite de la signification (**p=0,09**). En revanche pas de points chauds observés pendant le reste de la période.

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**



**Figure 11 : Comparaison entre prévalence et incidence dans les grappes d'étude à Kangaba de juin à décembre 2020.**

Pendant la période d'étude la prévalence et l'incidence du paludisme étaient respectivement plus élevée dans la grappe 103 avec 3,4% et 13%. En revanche, cette relation était plus faible dans la grappe 109 avec 0,2% et 2,5%.

## **6. Commentaires et discussion**

Cette étude rentre dans le cadre d'un essai clinique sur l'efficacité de station d'appât sucre attractif et toxique (ATSB), elle a pour but de mesurer les facteurs de risque du paludisme et l'incidence du paludisme chez les enfants avant l'évaluation d'une nouvelle mesure de prévention du paludisme. La population a été divisée en groupe (grappes) constituées de façon à respecter les critères de sélection présentés dans la méthodologie. Ainsi le maximum de village associé pour constituer une grappe était de 3 alors que 40% des grappes étaient composées de deux villages.

La population d'étude était composée des enfants de 5 à 14 ans. Ceci afin d'éviter la confusion entre l'effet des mesures préventives déjà en place pour ces populations vulnérables (Traitement préventif intermittent et chimioprévention du paludisme saisonnier) destinées aux femmes enceintes et les enfants de moins de cinq ans et les stations attractives à base de sucre et toxique sur le paludisme. La tranche d'âge de 5 à 9 ans était la plus représentée dans notre population étudiée. Le sexe ratio était de 1,02 en faveur du sexe masculin. Cette observation corrobore avec celle d'une étude menée à Kalifabougou (Kati) en 2019 qui a eu un sexe ratio de 1,05 en faveur du sexe masculin, soit 51,24 % **(40)**.

Le taux moyen d'utilisation des MILD de notre population d'étude était plus faible et variait d'une grappe à une autre. Ce résultat diffère de celui rapporté dans l'enquête démographique et santé (EDS) en 2018 qui avait trouvé un taux d'utilisation de 73% à l'échelle nationale et celui observé dans les ménages du district de Bamako (80,2%) **(41, 42)**. Ces taux élevés par rapport à la nôtre pourraient être expliqués par le niveau d'instruction plus élevé et l'accessibilité aux médias faisant la sensibilisation sur les mesures de contrôle en zone urbaine qu'en zone rurale d'une part ; mais aussi à l'accès plus facile aux moustiquaires en ville que dans les villages **(43)**. La taille élevée du ménage réduit la probabilité d'utiliser la MILD à cause de plusieurs raisons comme le moyen financier pour assurer l'accès à tous les membres du ménage en dehors de la campagne de distribution de masse et le nombre limité des chambres utilisées par les membres du ménage pour dormir **(43)**.

Au premier passage (début des saisons de transmission), la prévalence du paludisme variait d'une zone à une autre ; soit de 0,2% à 3,4%. Une étude réalisée en 2020 par Djakalidja KONATE avait retrouvé une prévalence de 15,7% à Dangassa, 10,3% à Sirakorola et 13,8% à Koïla Bamanan **(44)**. De même pour une étude menée en

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

Tanzanie en 2019 où la prévalence du paludisme était différente dans les zones variant de 3,2% à 18,7% **(45)**. Ces variations de la prévalence pourraient s'expliquer d'une part par la situation géographique des sites d'étude (le fleuve Niger) et d'autres parts par la périodicité des passages et l'exposition des sujets aux moustiques. La prévalence du paludisme était plus élevée dans la tranche de 10 à 14 ans au cours de notre étude soit 5,33%. Dans l'étude de Njonjo Christel Emmanuel réalisée à Bamako en 2013, la prévalence était plus élevée dans la tranche d'âge de 0-5 ans soit 75,0% **(46)**. Cela pourrait s'expliquer par la chimio prévention saisonnière (CPS), la couverture universelle des actions de préventions.

En outre, l'incidence paludisme était plus fréquente dans la tranche d'âge de 5 à 9 ans (25,4%) tandis que celle de 10 à 14 ans était moins touchée soit 14,2%. Ces résultats s'expliqueraient par la non-couverture des enfants de plus de 5 ans par la chimioprévention saisonnière (CPS).

Selon les données climatiques, le pic de la pluviométrie a été observé pendant la 37<sup>ème</sup> semaine qui correspond au mois de septembre (102 mm) et le pic du nombre de cas de paludisme à la 33<sup>ème</sup> semaine qui correspond au mois d'août. Une transmission élevée du paludisme, correspondant à un mois avant le pic des pluies (en septembre). Ce résultat est différent de celui communément observé en zone soudanien où le pic du paludisme est enregistré en fin de saison de pluies (octobre) **(47)**. Ceci pourrait s'explique par le changement de saison qui varie d'une zone à l'autre. Toutefois, nos résultats corroborent avec ceux observés par Coulibaly et al **(48)**. La transmission du paludisme dépend largement des conditions environnementales, climatiques et hydrologiques **(49)**. Nos résultats ont montré une corrélation positive entre la pluviométrie, l'humidité relative, la température maximum et augmentation du nombre de cas de paludisme. En revanche, la température minimum n'était pas significativement associée à l'infection palustre dans les grappes à Kangaba (**p = 0,2757**). Ce résultat est cohérent avec d'autres études où la température est considérée comme le facteur influençant le moustique anophèle **(50, 51)**. Dans la région de Guangzhou en Chine, il a été démontré que l'augmentation de la température et de l'humidité relative était associée positivement à l'incidence du paludisme **(52)**. Dans la régression linéaire, nous avons retenu la pluviométrie avec un faible critère d'information d'Akaike (**Coeff: 0.11, p = 0.0375**). Ce résultat est similaire à celui de Herekar F. et al, au Pakistan en 2020 utilisant le même modèle de régression avec le même critère **(53)** et celui Kipruto et al, au Kenya en 2017 qui ont établi que les



*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

précipitations avaient la corrélation croisée la plus dominante avec les cas de paludisme (54).

La cartographie de l'incidence du risque de paludisme pour chaque mois permet un affichage visuel des mois de transmission initiale et maximale. La variation mensuelle illustre un certain schéma saisonnier au cours des mois de juin à décembre. L'incidence du paludisme dans la population d'étude était plus élevée au mois d'août avec 250 cas pour 1000 habitants. En revanche elle était faible dans les autres mois allant de 0,01 à 100 pour 1000 habitants. Ce résultat est différent de celui de l'étude réalisée par F. Doucouré à Niolo du Sahel en 2018 qui a observé plus de cas du paludisme soit 49,5% au mois d'Octobre (55). Cette différence entre nos résultats pourrait être due aux zones d'étude. Cette incidence du paludisme était distribuée différemment dans les grappes et dans le temps. Ce résultat diffère de celui de Seyoum D et Collaborateurs en 2017 en Ethiopie qui ont observés une stabilité géographique (56).

De façon spatiale, les points chauds du paludisme ont été significativement observés au mois d'août ( $p = 0,001$ ) pratiquement dans toutes les grappes excepté la grappe 110. Au mois de septembre les grappes 107 et 108 étaient à la limite de la signification ( $p = 0,09$ ). En revanche nous n'avons pas observés de points chauds pendant le reste de la période. Ce résultat est comparable à celui de Coulibaly D et al, à Bandiagara en 2013 qui confirme l'existence d'une hétérogénéité spatiale marquée de la transmission du paludisme au Mali (57).

Pendant la période d'étude, l'incidence et la prévalence du paludisme étaient plus élevée dans la grappe 103. Cependant les plus faibles ont été observés dans la grappe 109. De plus, dans notre étude, le risque d'être un point chaud variait en fonction de la situation géographique des villages.

Pour les raisons susmentionnées, les périodes de déploiement des interventions de lutte contre le paludisme devraient être adaptées aux périodes de transmission spécifiques de Kangaba et de tous les sites situés dans des zones géographiques similaires, afin d'améliorer l'efficacité de l'administration ou du contrôle et du déploiement de ces campagnes de prévention.

## **7. Limites de l'étude**

Cette étude n'a pas pris en compte d'autres indicateurs clés comme la goutte épaisse, l'anémie, les paramètres entomologiques de la transmission du paludisme à Kangaba tel que le taux d'inoculation entomologique etc. Aussi, un inventaire chronologique des interventions de lutte et de prévention contre le paludisme dans la zone renforce le modèle. Enfin une analyse spatiale incorporant plus de villages présentant des contextes épidémiologiques et écologiques diverses seraient nécessaires en utilisant le même modèle.

## **8. Conclusion**

Nous avons constaté une variation spatio-temporelle de l'incidence du paludisme avec un pic et une forte agrégation des cas courant au mois d'août dans la zone d'étude. L'analyse a montré une association positive entre la pluviométrie et le nombre de cas de paludisme. Enfin nous avons pu démontrer que l'identification des points chauds ou agrégation de cas de paludisme peut être utilisée pour élaborer des stratégies d'intervention ciblées par le programme national lutte contre le paludisme (PNLP) surtout lorsqu'on observera des incidences et des prévalences de plus en plus faibles.

## **9. Recommandations**

Au regard de ces résultats nous pouvons formuler les recommandations suivantes :

### **Aux chercheurs :**

- De multiplier les études sur la disparité spatio-temporelle des indicateurs du paludisme déterminant les points chauds afin d'adopter les mesures préventives adéquats.

### **Aux autorités sanitaires nationales :**

-Sensibilisé la communauté afin d'adhérer pleinement et avec conviction au programme de recherche et de lutte contre le paludisme.

### **Aux communautés :**

-Amener les enfants au plus taux possible dans le centre de santé le plus proche en cas de fièvre pendant la période de haute transmission pour éviter l'évolution de la maladie.

### **A l'aire de santé de Kangaba de :**

- Sensibilisé la population à adopter les moyens de lutte vectorielle (exemple : L'usage en permanence de la moustiquaire imprégnée d'insecticide) et individuelle (exemple : le port d'habits couvrants le corps).

## 10. Références

1. OMS ( Organisation Mondiale de la Santé).  
Points essentiels: Rapport sur le paludisme dans le monde.2017 ( Consulté le 12/01/2021).  
[Available from: <http://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2017/fr/>]
2. SPF( Santé Publique France).  
Maladies à transmission vectorielle. 2019. (Consulté le 28-07-2020 ).
3. Diallo A.  
Le changement climatique pourrait provoquer "une augmentation de 60 000 décès liés au paludisme" 2019 (Consulté le 28-12-2021 ).  
[Available from: [https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/societe-africaine/le-changement-climatique-pourrait-provoquer-une-augmentation-de-60000-deces-lies-au-paludisme\\_3641059.html](https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/societe-africaine/le-changement-climatique-pourrait-provoquer-une-augmentation-de-60000-deces-lies-au-paludisme_3641059.html)]
4. Gupta S, Hill AV.  
Dynamic interactions in malaria: host heterogeneity meets parasite polymorphism. Proc Biol Sci. 1995;261(1362):271-7.
5. Freeman T, Bradley M.  
Temperature is predictive of severe malaria years in Zimbabwe. Trans R Soc Trop Med Hyg. 1996;90(3):232.
6. OMS ( Organisation Mondiale de la Santé).  
La maladie du paludisme. 2009. (Consulté le 10-11-2021)  
[Available from: [https://www.who.int/malaria/world\\_malaria\\_report\\_2009/mal2009\\_summary\\_and\\_keypoints\\_fr.pdf?ua=1](https://www.who.int/malaria/world_malaria_report_2009/mal2009_summary_and_keypoints_fr.pdf?ua=1)]
7. OMS ( Organisation Mondiale de la Santé).  
Rapport mondial de l'OMS sur le paludisme 2021.  
[Available from: <https://www.who.int/fr/publications/m/item/WHO-UCN-GMP-2021.09>]
8. Arc en Ciel.  
Paludisme au Mali en 2020 : Plus de 2,6 millions de cas enregistrés : 27 avr 2021  
[Available from: <https://www.maliweb.net/sante/paludisme-au-mali-en-2020-plus-de-26-millions-de-cas-enregistres-2926465.html>]
9. SLIS ( Système Local d'Information Sanitaire).

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

Annuaire statistique 2018 du système local d'information sanitaire du Mali. 2018 (Consulté le 8-8-2020).

[Available from: <http://www.sante.gov.ml/docs/AnnuaireSLIS2018VFdu27avril.pdf>

10. PNLP. (Politique Nationale de Lutte contre le Paludisme au Mali)

Rapport 2007 (Consulté le 25/09/2021).

[Available

from:

[https://www.africanchildforum.org/clr/policy%20per%20country/mali/mali\\_malaria\\_2007-2011\\_fr.pdf](https://www.africanchildforum.org/clr/policy%20per%20country/mali/mali_malaria_2007-2011_fr.pdf)

11. Coulibaly D.

Spatio-temporal distribution of malaria one year after the implementation of additional preventive strategies in Bandiagara, Mali 2020 (Consulté le 10/09/2021).

[Available from: <https://assets.researchsquare.com/files/rs-100617/v1/8cf8d0ac-b1f6-417c-9336-ac19d0219c36.pdf?c=1631859588>

12. Ouedraogo Seydou D.

Place du paludisme dans les manifestations fébriles au niveau du CSCOM de Baco-djicoroni (Juillet à Novembre 2011).

Thèse de doctorat en Médecine : Bamako : 2012 ; n°276.

[Available from : <https://www.bibliosante.ml/handle/123456789/1420>

13. OMS ( Organisation Mondiale de la Santé)..

Journée mondiale de lutte contre le paludisme : l'OMS déploie des efforts en vue d'éradiquer le paludisme dans 25 pays supplémentaires d'ici 2025 : 2021.

[Available from : <https://www.who.int/fr/news/item/21-04-2021-world-malaria-day-who-launches-effort-to-stamp-out-malaria-in-25-more-countries-by-2025>

14. Gilles HM, Lawson JB, Sibelas M, Voller A, Allan N.

Malaria, anaemia and pregnancy. *Ann Trop Med Parasitol.* 1969;63(2):245-63.

15. Noguez A.

Les facteurs influençant la distribution géographique du paludisme dans le monde : 2018 (consulté le 15-10-2021).

[Available from: [https://www.persee.fr/doc/AsPDF/globe\\_0398-3412\\_1979\\_num\\_119\\_1\\_1123.pdf](https://www.persee.fr/doc/AsPDF/globe_0398-3412_1979_num_119_1_1123.pdf)

16. Mouchet J, Blanchy S, Rakotonjanabelo A, Ranaivoson G, Rajaonarivelo E, Laventure S, et al.

[Epidemiological stratification of malaria in Madagascar]. *Arch Inst Pasteur Madagascar.* 1993;60(1-2):50-9.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

17. Doumbo O, Toure A, Coulibaly B, Koita O, Traore B, Dolo A, et al.  
[Incidence of malaria and S hemoglobinopathy in the pediatric hospital milieu in Bamako, Mali]. *Med Trop (Mars)*. 1992;52(2):169-74.
18. M. G. Médecine tropicale. Flammarion Paris. 1986:4ème édition.
19. KOÏTA O.  
Contribution à l'étude épidémiologique du paludisme le long du tronçon de la route transsaharienne au Mali de Plasmodium Falciparum 1988 (Consulté le 10-09-2021).  
Thèse de pharmacie : Mali : 1988  
[Available from: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_5/b\\_fdi\\_30-30/31747.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_30-30/31747.pdf)
20. Cox-Singh J, Davis TM, Lee KS, Shamsul SS, Matusop A, Ratnam S, et al.  
Plasmodium knowlesi malaria in humans is widely distributed and potentially life threatening. *Clin Infect Dis*. 2008;46(2):165-71.
21. ANOFEL (Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie).  
Paludisme : 2014 (consulté le 29/09/2021).  
[Available from: <http://campus.cerimes.fr/parasitologie/enseignement/paludisme/site/html/cours.pdf>
22. Billy TF.  
Bio-écologie des anophèles de part et d'autre de la falaise des Mbô et leur implication dans la transmission du paludisme d'altitude. 2007 (consulté le 10/09/2021).  
[Available from: [https://www.memoireonline.com/11/15/9299/m\\_Bio-ecologie-des-anopheles-de-part-et-d-autre-de-la-falaise-des-Mb-et-leur-implication-dans-la-t1.html](https://www.memoireonline.com/11/15/9299/m_Bio-ecologie-des-anopheles-de-part-et-d-autre-de-la-falaise-des-Mb-et-leur-implication-dans-la-t1.html)
23. Stahl G, Bidou L, Rousset JP, Cassan M.  
Versatile vectors to study recoding: conservation of rules between yeast and mammalian cells. *Nucleic Acids Res*. 1995;23(9):1557-60.
24. OMS (Organisation Mondiale de la Santé).  
Généralités sur le paludisme 2014  
[Available from: [https://www.who.int/ith/chapters/ITH\\_chapter\\_7fr.pdf](https://www.who.int/ith/chapters/ITH_chapter_7fr.pdf).
25. Gentilini M, Caumes E, Danis M. [Prophylaxis of malaria]. *Rev Med Interne*. 1992;13(3):233-7.
26. CISSE A.  
Influence de la Persistance de P. falciparum et de la multiclonalité sur le risque de paludisme clinique à Kéniéroba [THESE DE DOCTORAT EN MEDECINE ]: Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie; 2018.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

27. Newton CR, Krishna S.

Severe falciparum malaria in children: current understanding of pathophysiology and supportive treatment. *Pharmacol Ther.* 1998;79(1):1-53.

28. Robert V, Awono-Ambene HP, Le Hesran JY, Trape JF.

Gametocytemia and infectivity to mosquitoes of patients with uncomplicated Plasmodium falciparum malaria attacks treated with chloroquine or sulfadoxine plus pyrimethamine. *Am J Trop Med Hyg.* 2000;62(2):210-6.

29. Rowe JA, Moulds JM, Newbold CI, Miller LH.

P. falciparum rosetting mediated by a parasite-variant erythrocyte membrane protein and complement-receptor 1. *Nature.* 1997;388(6639):292-5.

30. Rowe A, Obeiro J, Newbold CI, Marsh K.

Plasmodium falciparum rosetting is associated with malaria severity in Kenya. *Infect Immun.* 1995;63(6):2323-6.

31. Laurent VaPB, S. JauréguiberryF. Bruneel.,

Physiopathologie du paludisme à Plasmodium falciparum: principaux mécanismes et avancées récentes. *La Lettre de l'Infectiologue* • 2017 [Available from: <https://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/19127.pdf> (consulté le 19-11-2021).

32. MARLÈNE ALVINE P.

Etude bibliographique des thèses réalisées sur le paludisme a la FMPOS, de janvier 2007 à décembre 2008.

Thèse de doctorat en médecine : Bamako : 2010 ; n°68. (consulté le 10-9-2021).

Available from: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2010/med/pdf/10M68.pdf>

33. Mireille ARNOLD.

Chimioprophylaxie du paludisme pendant la grossesse : évaluation de l'observance à Sikasso (Mali) par la méthode de Saker-Solomons 2004

Thèse de doctorat en médecine : Sikasso : 2004 (Consulté le 17-08-2021).

[Available from: <https://doc.rero.ch/record/2833/files/ArnoldM-these.pdf>

34. OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Chimioprévention du paludisme saisonnier par administration de sulfadoxine-pyriméthamine et d'amodiaquine aux enfants: guide de terrain 2013

[Available from: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789241504737>.

35. OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Seasonal Malaria Chemoprevention (SMC) for Plasmodium falciparum malaria control in highly seasonal transmission areas of the Sahel sub-region in Africa. 2012 (Consulté le



*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

09-10-2021).

[Available from:

[https://www.who.int/malaria/mpac/feb2012/smc\\_policy\\_recommendation.pdf](https://www.who.int/malaria/mpac/feb2012/smc_policy_recommendation.pdf)

36. OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

Mise en oeuvre de la réforme de l'OMS, 2012: Rapport du Directeur général. 2013 (consulté le 01/08/2020).

[Available from: [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/EB132/B132\\_5Add8-fr.pdf?ua=1](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB132/B132_5Add8-fr.pdf?ua=1)

37. Sesay S, Milligan P, Touray E, Sowe M, Webb EL, Greenwood BM, et al.

A trial of intermittent preventive treatment and home-based management of malaria in a rural area of The Gambia. *Malar J.* 2011;10:2.

38. Greenwood B.

Review: Intermittent preventive treatment--a new approach to the prevention of malaria in children in areas with seasonal malaria transmission. *Trop Med Int Health.* 2006;11(7):983-91.

39. Druetz T, Corneau-Tremblay N, Millogo T, Kouanda S, Ly A, Bicaba A, et al.

Impact Evaluation of Seasonal Malaria Chemoprevention under Routine Program Implementation: A Quasi-Experimental Study in Burkina Faso. *Am J Trop Med Hyg.* 2018;98(2):524-33.

40. Kalossi I.

Incidence du paludisme au sein d'une cohorte dans un contexte de chimioprevention du paludisme saisonnier (cps) a kalifabougou.

Thèse de doctorat en médecine :Kati : 2019

41. EDS (Enquête Démographique et de Santé).

Rapport 2018 [P.244-50].

Available from: <https://www.dhsprogram.com/pubs/pdf/FR358/FR358.pdf>.

42. TRAORE MK.

Utilisation des moustiquaires impregnees d'insecticides et la survenue du paludisme au sein des menages de same en commune iii du district de Bamako

Thèse de doctorat en médecine : Bamako : 2013 (Consulté le 11-11-2021).

Available from: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2014/med/pdf/14M29.pdf>

43. FOMBA AK.

Evaluation de d'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide après la campagne de distribution de masse 2018 à Dangassa.

Thèse de doctorat en médecine : Dangassa : 2019.

44. KONATE D.

***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

Distribution spatiale du paludisme et de l'anémie en début et fin de saison de transmission dans trois villages au Mali en 2018.

Thèse de doctorat en médecine : Dangassa, Koïla Bamanan et Sirakorola : 2020.

45. Rumisha SF, Shayo EH, Mboera LEG.

Spatio-temporal prevalence of malaria and anaemia in relation to agro-ecosystems in Mvomero district, Tanzania. *Malar J.* 2019;18(1):228.

46. Emmanuel NC.

Revue systématique des thèses portant sur le paludisme à l'USTTB de 2003 à 2013.

Thèse de doctorat en médecine : Bamako : 2013.

47. Cissoko M, Magassa M, Sanogo V, Ouologuem A, Sangare L, Diarra M, et al.

Stratification at the health district level for targeting malaria control interventions in Mali. *Sci Rep.* 2022;12(1):8271.

48. 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.

49. Ateba FF, Sagara I, Sogoba N, Toure M, Konate D, Diawara SI, et al.

Spatio-Temporal Dynamic of Malaria Incidence: A Comparison of Two Ecological Zones in Mali. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13).

50. Thomson MC, Mason SJ, Phindela T, Connor SJ.

Use of rainfall and sea surface temperature monitoring for malaria early warning in Botswana. *Am J Trop Med Hyg.* 2005;73(1):214-21.

51. Obsomer V, Dufrene M, Defourny P, Coosemans M.

Anopheles species associations in Southeast Asia: indicator species and environmental influences. *Parasit Vectors.* 2013;6:136.

52. Li T, Yang Z, Wang M.

Temperature, relative humidity and sunshine may be the effective predictors for occurrence of malaria in Guangzhou, southern China, 2006-2012. *Parasit Vectors.* 2013;6:155.

53. Herekar F, Iftikhar S, Nazish A, Rehman S.

Malaria and the climate in Karachi: An eight year review. *Pak J Med Sci.* 2020;36(1):S33-S7.

54. 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(1):220.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

55. Doucouré FS.

Tendances des indicateurs palustres au cours des consultations de routine après l'implantation de la chimioprévention du paludisme saisonnier à Nioro du Sahel.

Thèse de doctorat en médecine : Nioro : 2018 (consulté le 10-11-2020).

[Available

from:

<https://www.bibliosante.ml/bitstream/handle/123456789/1942/18M116.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

56. Seyoum D, Yewhalaw D, Duchateau L, Brandt P, Rosas-Aguirre A, Speybroeck N. Household level spatio-temporal analysis of Plasmodium falciparum and Plasmodium vivax malaria in Ethiopia. Parasit Vectors. 2017;10(1):196.

57. Coulibaly D, Rebaudet S, Travassos M, Tolo Y, Laurens M, Kone AK, et al. Spatio-temporal analysis of malaria within a transmission season in Bandiagara, Mali. Malar J. 2013;12:82.

## **11. Annexes**

### **Annexes 1 :**

Instruction : Ce questionnaire doit être complété à chaque visite de suivi (de la visite 1 à la dernière visite) pour chaque enfant sélectionné quel que soit le résultat de la visite.

Les objectifs des visites de suivi sont de :

- Pour les jeunes filles de 12 à 14 ans, établir si elles sont tombées enceinte depuis votre précédente visite. Si oui, elles sont exclues de la cohorte et une décharge doit être signée par leurs parents.
- Vérifier si l'enfant est fébrile (température  $> 37.5^{\circ}$ ) ou rapporte un ATCD de fièvre dans les 48 heures, tester par TDR les enfants fébriles & traiter ou référer les enfants fébriles avec TDR positif.  
NB : Si l'enfant a un jumeau, alors vérifier la fièvre, tester et traiter son jumeau également.
- Préparer une goutte épaisse et un frottis sanguin :
  - A LA PREMIERE VISITE DE SUIVI : Pour TOUS les enfants recrutés dans la cohorte.
  - DE LA 2<sup>ND</sup> A LA DERNIERE VISITE DE SUIVI : Pour les enfants AVEC fièvre et TDR positif.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**Tableau 7:** Visite de l'ASC pour tester et traiter le paludisme

SECTION 11 : IDENTIFICATION DE L'ENFANT, NUMERO DE VISITE, CONSENTEMENT DU PARENT/TUTEUR & ASSENTIMENT DE L'ENFANT			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
-	ID MENAGE Instruction : Scannez l'identifiant ménage	AUTOMATIQUEMENT RENSEIGNE	
-	ID ENFANT (RECENSEMENT) Instruction : Scannez l'identifiant au recensement de l'enfant	AUTOMATIQUEMENT RE  ..... ..... NSEIGNE	
-	ID ENFANT (COHORTE) Instruction : Scannez l'identifiant de l'enfant dans la cohorte	AUTOMATIQUEMENT RENSEIGNE	
1105	Nom et prénom de l'enfant Instruction : l'enfant est nommé « NOM » dans la formulation des questions.	_____	

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	Utilisez le nom de l'enfant pendant l'entretien.		
1106	<p>Numéro de la visite</p> <p>Instruction : Sélectionnez avec attention le numéro de la visite ! Si vous sélectionnez un numéro incorrect, cela engendre des problèmes considérables dans la gestion des données !</p>	_	
1107	Nom et prénom de l'asc	_____	
1108	Code de l'asc	AUTOMATIQUEMENT RENSEIGNE	
1109	Date de la visite	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	
1110	Heure au début de la visite	_ _  /  _ _	
1111	<p>Le parent/ tuteur de NOM est-il présent ?</p> <p>Instructions : Si absent aujourd'hui mais présent dans le ménage au moment du recrutement, arranger une autre visite et revisiter jusqu'à trois fois consécutives.</p> <p>Si absent pour une longue période, a déménagé ou est</p>	<p>1. Oui</p> <p>2. Absent après 3 visites</p> <p>3. Absent pour une longue période</p> <p>4. Ménage vacant (tous les membres sont absents)</p> <p>5. Ménage détruit</p> <p>6. Ménage non trouvé</p> <p>96. Autre – Préciser : _____</p>	Si 2, 3, 4, 5, 6 ou 96, passer à 1600

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	décédé, alors un autre tuteur doit être choisi pour participer.  Si sourd ou muet, alors un autre tuteur doit être choisi pour participer.		
1112	Le parent/ tuteur de NOM consent-il à ce que NOM participe à la cohorte ?  Instruction : Consentement oral.	0. Non  1. Oui	Si 0, passer à 1600
1113	NOM est-il présent dans le ménage ou village au moment de votre visite ?  Instructions :  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si absent aujourd’hui mais présent dans le ménage au moment de la visite de suivi, arranger une autre visite et revisiter jusqu’à trois fois consécutives.</li> <li>• Un enfant qui a déménagé d’un ménage est un enfant qui n’est plus membre du ménage, c’est à dire qu’il n’a pas l’intention de retourner vivre dans le</li> </ul>	1. Oui  2. Absent après 3 visites  3. Absent pour une longue période  4. A déménagé (n’est plus membre du ménage)  5. Décédé  96. Autre – Préciser : _____	Si 2, 3, 4, 5 ou 96, passer à 1600

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	ménage. Par exemple, l'enfant a déménagé chez un parent pour aller étudier dans un autre village/ ville ou une jeune fille s'est mariée et vit maintenant dans le ménage de son mari. Ne confondez pas migration et voyage, de courte ou de longue durée, pour raison professionnelle, familiale ou autre raison personnelle.		
<b>SECTION 12 : CRITERES D'ELIGIBILITE</b>			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
<b>ASSENTIMENT DE L'ENFANT</b>			
1201	NOM est-il âgé entre 12 et 14 ans ?	0. Non 1. Oui	Si 0, passer à 1203
1202	NOM donne-t-il son assentiment pour participer à la cohorte ?  Instruction : Assentiment oral.	0. Non 1. Oui	Si 0, passer à 1600
<b>PRISE DE LA CHIMIO-PROPHYLAXIE SAISONNIERE</b>			



**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

1203	Depuis la dernière visite, NOM a-t-il pris la chimio-prophylaxie saisonnière contre le paludisme?	0. Non 1. Oui 98. Ne sait pas	
<b>GROSSESSE (JEUNES FILLES DE 12 A 14 ANS)</b>			
1204	NOM est-elle une fille ?	0. Non 1. Oui	Si 0, passer à 1300 Si 1 ET 1201 = 0, passer à 1300 Si 1 ET 1201 = 1, continuer à 1205
1205	NOM est-elle réglée ?	0. Non 1. Oui	Si 0, passer à 1300
1206	Combien de semaines se sont écoulées depuis que NOM a vu ses dernières règles ?  Instruction : Enregistrer 0 si < 1 semaine.	_ _  9 8	Si 0, 1 ou 2 semaines, passer à 1300

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	Si les dernières règles datent de 0, 1 ou 2 semaines, alors la fille n'est pas enceinte.		
1207	<p>NOM est-elle actuellement enceinte ?</p> <p>Instructions :</p> <p>Enregistrer les déclarations de la fille.</p> <p>Les filles enceintes sont exclues de la cohorte.</p> <p>Cependant, avant exclusion, vérifiez la fièvre, tester par RDT et traiter/référencer si besoin.</p>	<p>0. Non</p> <p>1. Oui</p> <p>98. Ne sait pas</p>	Si 0 ou 1, passer à 1300
1208	<p>Avez-vous testé NOM pour une grossesse ?</p> <p>Instruction : Un test de grossesse doit être utilisé seulement si la jeune fille ne sait pas si elle est enceinte.</p>	<p>0. Non</p> <p>1. Oui</p>	Si 1, passer à 1210
1209	Pourquoi n'avez-vous pas testé NOM pour une grossesse ?	<p>1. Refus du parent/ tuteur</p> <p>2. Refus de l'enfant</p> <p>96. Autre – Préciser : _____</p>	Passer à 1300

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	Instruction : Les filles pour qui le statut de grossesse reste indéterminé sont exclues de la cohorte. Cependant, avant exclusion, vérifiez la fièvre, tester par RDT et traiter/référez si besoin.		
1210	<p>Quel est le résultat du test de grossesse ?</p> <p>Instructions :</p> <p>Si positif et la fille n'a pas débuté ses consultations prénatales, encourager-la à le faire.</p> <p>Les filles enceintes sont exclues de la cohorte. Cependant, avant exclusion, vérifiez la fièvre, tester par RDT et traiter/référez si besoin.</p>	<p>0. Négatif</p> <p>1. Positif</p>	
SECTION 13 : VERIFIER LA TEMPERATURE, TESTER PAR TDR, TRAITER OU REFERER LES ENFANTS FEBRILES AVEC UN TDR POSITIF			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
1300	Quelle est la température corporelle de NOM ?	_ _  °C	Si > 37.5°C,

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	Instruction : La température corporelle doit être mesurée pour tous les enfants en utilisant un thermo-flash au front.		passer à 1302
1301	NOM a-t-il eu de la fièvre dans les dernières 48 heures ?	0. Non 1. Oui	Si 0, passer à 1400
1302	Avez-vous testé NOM avec un TDR ?  Instruction : Un TDR ne doit être effectué seulement si l'enfant a de la fièvre (> 37.5°C aujourd'hui) ou déclare un ATCD de fièvre dans les dernières 48 heures.	0. Non 1. Oui	Si 1, passer à 1304
1303	Pourquoi n'avez-vous pas testé NOM avec un TDR ?  Instructions : Si l'enfant a été récemment testé (positif ou négatif) et/ou traité par un anti-malarique, vous devez le tester à nouveau.	1. Refus du parent/gardien 2. Refus de l'enfant 3. Rupture de TDR 96. Autre – Préciser : _____	Passer à 1305

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	Idéalement, si vous n'avez plus de TDR, vous devez vous organiser pour en avoir avant de visiter les enfants.		
1304	<p>Quel est le résultat du TDR ?</p> <p>Instruction : Si le test est invalide, répétez un test jusqu'à l'obtention d'un test valide.</p>	<p>0. Négatif</p> <p>1. Positif</p>	<p>Si 0, passer à 1400</p>
1305	<p>Avez-vous donné un traitement anti-malarique à NOM ?</p> <p>Instructions :</p> <p>Les garçons et les filles non enceintes sont traités par Coartem.</p> <p>Les jeunes filles enceintes sont référées.</p> <p>Si l'enfant est actuellement sous traitement anti-malarique, il ne doit pas recevoir un autre traitement anti-malarique.</p>	<p>0. Non</p> <p>1. Coartem</p> <p>2. Référence (e.g. Grossesse, paludisme sévère)</p> <p>96. Autre – Préciser : _____</p>	<p>Si 1, 2, 3 ou 96, passer à 1400</p>
1306	<p>Pourquoi n'avez-vous pas donné un traitement anti-malarique à NOM ?</p>	<p>1. Refus du parent/gardien</p> <p>2. Refus de l'enfant</p>	

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

		3. L'enfant est actuellement sous traitement anti-malarique  96. Autre – Préciser : _____	
SECTION 14 : PREPARER UNE GOUTTE EPAISSE ET UN FROTTIS SANGUIN			
Si la jeune fille est enceinte (1207 = 1 OU 1210 = 1)  Ou si une grossesse reste indéterminée (1207 = 98 ET 1208 = 0),  Passer à 1502			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
1400	<p>Avez-vous préparé une goutte épaisse et un frottis sanguin pour tester la parasitémie de NOM ?</p> <p>Instruction :</p> <p>A la 1<sup>ière</sup> visite, préparez une goutte épaisse et un frottis sanguin pour tous les enfants recrutés. Cette lame servira à vérifier la clairance parasitaire après traitement par Coartem au recrutement.</p> <p>De la 2<sup>nde</sup> à la dernière visite, préparez une goutte épaisse et un frottis sanguin pour les enfants fébriles avec TDR</p>	<p>0. Non</p> <p>1. Oui</p>	<p>Si 1, passer à 1600</p>

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

	positif. Cette lame servira à différencier une infection palustre d'un paludisme clinique.		
1401	<p>Pourquoi n'avez-vous pas préparé une goutte épaisse et un frottis sanguin ?</p> <p>Instruction : NAP n'est applicable qu'à partir de la 2<sup>nd</sup>e visite. A la 1<sup>ère</sup> visite de suivi, une goutte épaisse et un frottis sanguin sont préparés pour tous les enfants.</p>	<p>1. Refus du parent/ tuteur</p> <p>2. Refus de l'enfant</p> <p>3. Non-applicable (TDR négatif ou pas de fièvre)</p> <p>96. Autre – Préciser : _____</p>	
-	ID LAME	AUTOMATIQUEMENT RENSEIGNE	
SECTION 15 : OBSERVANCE AU COARTEM DONNE AU RECRUTEMENT POUR LA CLAIRANCE PARASITAIRE			
Question à poser à la première visite de suivi uniquement !			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
1502	NOM a-t-il été observant au Coartem qui lui a été donné au recrutement pour sa clairance parasitaire ?	<p>0. N'a pris aucun comprimé</p> <p>1. A pris les comprimés du 1<sup>ier</sup> jour</p> <p>2. A pris les comprimés du 1<sup>ier</sup> &amp; 2<sup>nd</sup> jours</p> <p>3. A pris les comprimés du 1<sup>ier</sup>, 2<sup>nd</sup> &amp; 3<sup>ième</sup> jours</p>	

**Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020**

		96. Autre – Préciser : _____ 97. NAP (n'a pas reçu Coartem au recrutement) 98. Ne sait pas	
SECTION 16 : FIN DE LA VISITE			
N°	QUESTION	REPONSE	SAUT
1600	Le parent/ tuteur de NOM a-t-il signé une décharge ?	0. Non 1. Oui	
1601	Quel est le résultat de la visite ?	1. Visite complétée 2. Parent/gardien absent après 3 visites ou pour une longue période 3. Ménage vacant/détruit/non trouvé 4. Refus du parent/gardien 5. Enfant absent après 3 visites ou pour une longue période 6. Enfant n'est plus membre du ménage (a déménagé ou est décédé) 8. Refus de l'enfant 10. Fille enceinte ou grossesse indéterminée 96. Autre – Préciser : _____	
1602	Commentaire	_____	



***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

Instructions :

- Remerciez-le parent/ tuteur et l'enfant pour leur participation.
- Expliquez au parent/ tuteur que vous visiterez de nouveau le ménage dans 4 semaines pour continuer de suivre l'enfant.

Une décharge doit être signée par le parent/ tuteur si (voir le tableau) :

- La jeune fille (12 à 14 ans) est enceinte.
- La jeune fille (12 à 14 ans) ne sait pas si elle est enceinte, son parent/ tuteur ou elle-même refuse le test de grossesse.
- Le parent/ tuteur refuse le TDR et/ou la goutte épaisse et frottis sanguin
- L'enfant, âgé de 12 à 14 ans, refuse le TDR et/ou la goutte épaisse et frottis sanguin

**Annexe 2 : TDR du Paludisme SD Bioline-Malaria-Ag Pf®**

- **Principe**

Il consiste en la recherche dans le sang total, de l'antigène Histidine Rich protein II (HRP II). L'antigène Histidine Rich protein II (HRP II) est spécifique aux formes asexuées du *P. Falciparum* seules capables de produire le HRP-2. Ce test utilise deux anticorps monoclonaux spécifiques pour l'antigène phrp. Le test est performant suivant les instructions du pratiquant. Il ne peut en aucun cas détecter les infections causées par *P. Vivax*, *P. Ovale* et *P. Malariae*. Les parasites disparaissent laissant une quantité non négligeable de métabolites, dont la HRP2. Le test reste donc positif plusieurs jours après la guérison.



**Figure 12 : Boite de TDR**

- **Matériels :**

- ❖ **Composition du kit :**

- Dispositif de test avec agent déshydratant emballés dans des poches individuelles en aluminium ;
- Diluant de dosage ;
- Mode opératoire ;

***Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020***

- Applicateur d'échantillon à usage unique (5 $\mu$ l) ;
- Lancettes stériles ;
- Compresses d'alcool.

❖ **Autres Matériels** : Non fournis par le fabricant.

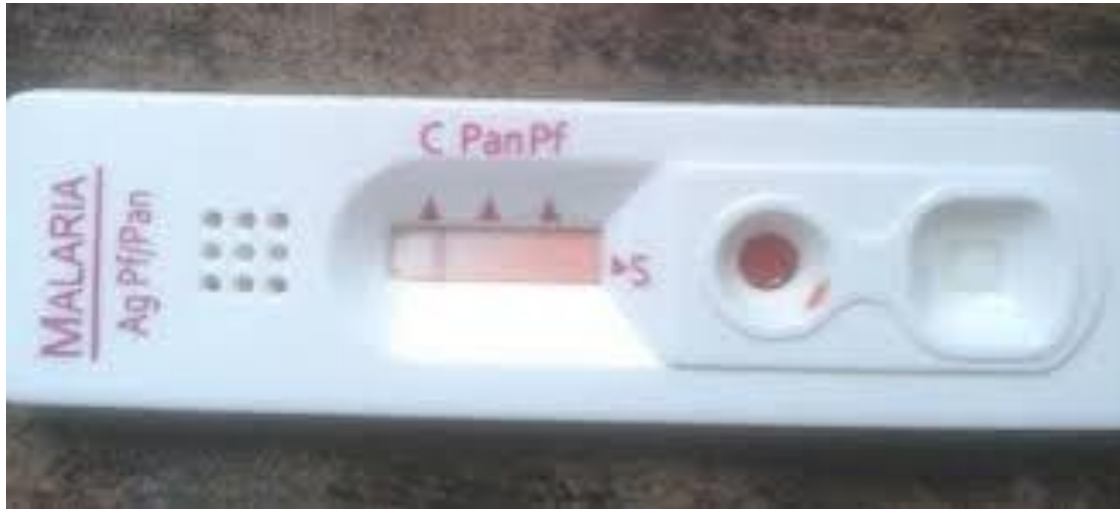
- Gants ;
  - Chronomètre
  - Crayon noir à mine grasse ou marqueur indélébile, stylo à bille ;
  - Conteneur pour déchets présentant un danger biologique.
- **Procédure de test** :
- Choisir une surface plane et déposer le disque ;
  - Nettoyer la surface du doigt à prélever à l'aide d'un tampon imbibé d'alcool ;
  - Piquer le coté latéral du doigt avec la lancette stérile fournie. Jeter la lancette immédiatement dans le Conteneur de déchets ;
  - Prendre l'anse jetable (5 $\mu$ l), tremper le bout circulaire de l'anse dans l'échantillon de sang ;
  - Verser 5 $\mu$ l de sang prélevé dans le puits d'échantillon (1) en touchant le tampon. On peut aussi utiliser le sang veineux prélevé dans un tube EDTA ;
  - Ajouter 4 gouttes de diluant verticalement dans le puits carré (2) du test
  - Interpréter les résultats dans les 15 minutes suivantes minimum (dans les 30 minutes maximums)

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

- **Interprétations des résultats :**

- ❖ **Test négatif :** (Pas d'antigène P. Falciparum de la malaria)

Une ligne « C » dans la fenêtre de résultats.



**Figure 13 :** TDR négatif

- ❖ **Test Positif :** (positif pour P. Falciparum de la malaria)

Deux lignes « C » et « P.f » dans la fenêtre des résultats.

Le teste est positif même si la ligne « P.f » est pale



**Figure 14 :** TDR positif

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

❖ **Test non valide :**

Aucune ligne « C » dans la fenêtre des résultats). Dans ce cas, il est recommandé de tester à nouveau l'échantillon à l'aide d'un nouveau kit.



**Figure 15 :** TDR invalide

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**Fiche signalétique**

**Prénom:** Sirama

**Nom:** DOUMBIA

**Email :** [siramadoumbia1@gmail.com](mailto:siramadoumbia1@gmail.com)

**Numéro de téléphone :** 00223 77653894

**Pays d'origine :** MALI

**Titre de la thèse :** variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro

**Ville de soutenance :** Bamako / MALI

**Lieu de dépôt :** Bibliothèque de la Faculté de Médecine, d'Odontostomatologie (FMOS) de Bamako et le Centre National d'Odontostomatologie (CNOS).

**Secteur d'intérêt :** Parasitologie; épidémiologie; Santé Publique.

**Résumé :** Dans le but d'étudier l'épidémiologie du paludisme dans une zone de forte transmission, nous avons menés une étude cohorte avec des passages longitudinaux et transversaux de juin à décembre 2020. La prévalence et l'incidence du paludisme ont été mesurées dans 10 grappes constituées de 20 villages dans le cercle de Kangaba. La taille de notre l'échantillon était de 55 enfants âgés de 5 à 14 ans sélectionnés de façon aléatoire. La prévalence et l'incidence du paludisme variaient d'un passage à un autre. Le sexe masculin prédominait soit 50,4% avec un sexe ratio de 1,02 par rapport au sexe féminin. La tranche d'âge de 5 à 9 ans était la plus représentée avec 63,1%. Par contre la prévalence du paludisme était plus élevée dans la tranche de 10 à 14 ans au cours de notre étude soit 5,33%, l'incidence du paludisme était plus élevée dans la tranche d'âge de 5 à 9 ans avec 25,4%. Le pic de la pluviométrie a été observé pendant la 37<sup>ème</sup> semaine qui correspond au mois de septembre (102 mm). L'incidence du paludisme était plus élevée au mois d'août avec 250 cas pour 1000 habitants. Les points chauds significatifs du paludisme ont été observés au mois d'août pratiquement dans toutes les grappes ( $p = 0,001$ ). Il y avait une association statistiquement significative entre la pluviométrie et le nombre de cas de paludisme (**Coeff : 0.11 et p = 0.0375**).

**Mots clés:** Grappe, paludisme, spatio-temporelle, points chauds.

*Variation spatio-temporelle des indicateurs du paludisme chez les enfants de 5 à 14 ans dans le district sanitaire de Kangaba, région de Koulikoro en 2020*

**First name:** Sirama

**Name:** DOUMBIA

**Email:** siramadoumbia1@gmail.com

**Phone number:** 00223 77653894

**Country of origin:** MALI

**Title of the thesis:** Spatio-temporal variation of malaria indicators in children aged 5 to 14 in the health district of Kangaba, Koulikoro region

**Defense city:** Bamako / MALI

**Place of deposit:** Library of the Faculty of Medicine, Odontostomatology (FMOS) of Bamako and the National Center of Odontostomatology (CNOS).

**Area of interest:** Parasitology; epidemiology; Public health.

**Abstract:** In order to study the epidemiology of malaria in a high transmission area, we conducted a cohort study with longitudinal and transverse passages from June to December 2020. The prevalence and incidence of malaria were measured in 10 clusters made up of 20 villages in the circle of Kangaba. Our sample size was 55 randomly selected children aged 5 to 14 years. The prevalence and incidence of malaria varied between rounds. The male gender predominated at 50.4% with a sex ratio of 1.02 compared to the female gender. The age group of 5 to 9 years was the most represented with 63.1%. On the other hand, the prevalence of malaria was higher in the age group of 10 to 14 years during our study with 5.33%, the incidence of malaria was higher in the age group of 5 to 9 years with 25, 4%. The peak of rainfall was observed during the 37th week which corresponds to the month of September (102 mm). The incidence of malaria was higher in August with 250 cases per 1000 inhabitants. Significant malaria hotspots were observed in August in virtually all clusters ( $p=0.001$ ). There was a statistically significant association between rainfall and the number of malaria cases (**Coeff: 0.11 and  $p = 0.0375$** ).

**Keywords:** Cluster, malaria, spatio-temporal, hotspots.

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

En présence des maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admise à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti politique ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

**Je le jure!**