

**Utilisation des facteurs climatiques pour la surveillance de la fréquence des occurrences de méningite/ paludisme à Bamako**

Use of climatic factors for the surveillance of meningitis/ malaria occurrences in Bamako

**Dembélé L<sup>(1)</sup>, Konaté I<sup>(2)</sup>, Goita D<sup>(3)</sup>, Oumar AA<sup>(2,3)</sup>, Sangaré S<sup>(4)</sup>, Coulibaly B<sup>(4)</sup>, Dao S<sup>(2,3,5)</sup>, Konaté K<sup>(4)</sup>.**

- 1) Ecole Normale Supérieure de Bamako, Département d'Enseignement et de Recherche de physique-chimie
- 2) Faculté de médecine et d'odontostomatologie (FMOS), USTTB, Bamako (Mali)
- 3) Centre de Recherche et de Formation sur le VIH et la tuberculose, FMOS, Bamako, Mali
- 4) Faculté des Sciences et des Techniques de Bamako, Département d'Enseignement et de Recherche de physique
- 5) Service des maladies infectieuses, CHU du Point «G», Bamako (Mali)

**Auteur correspondant :** Dr Lassina Dembélé, Assistant Ecole Normale Supérieure de Bamako, Département d'Enseignement et de Recherche de physique - chimie.

E-mail : [demb.lassina@gmail.com](mailto:demb.lassina@gmail.com)

**Résumé :**

**Objectif :** Notre travail consiste à :

- Déterminer les périodes de risque pour la méningite et le paludisme à Bamako;
- Etablir une corrélation entre :
  - d'une part les paramètres météorologiques (température de l'air, humidité relative de l'air, pluviométrie, insolation et vitesse du vent) et la fréquence des occurrences de paludisme ;
  - d'autre part les mêmes paramètres pour la méningite.

**Méthode :** Nous avons fait une étude rétrospective de l'évolution du paludisme et de la méningite en fonction de la variation des paramètres météorologiques (température de l'air, humidité relative de l'air, pluviométrie, insolation et vitesse du vent) à Bamako.

**Résultats :** Le paludisme, rare au 1<sup>er</sup> et 2<sup>em</sup> trimestres, est très fréquent au 3<sup>e</sup> trimestre et au 4<sup>e</sup> trimestre. Quant à la méningite elle est fréquente au premier semestre et rare pendant le reste de l'année. La fréquence du paludisme est liée à la température moyenne de l'air, à la grande humidité de l'air, à la pluviométrie abondante, à la faible insolation et à la faible vitesse du vent. La fréquence de la méningite est liée à la haute température de l'air, à la faible humidité de l'air, à la faible pluviométrie, à la forte insolation et à la grande vitesse du vent.

**Conclusion :** La fréquence du paludisme est liée à la grande humidité, et à la faible insolation. Quant à la méningite, sa fréquence est liée à la haute température, à la grande vitesse du vent et à la forte insolation.

**Mots-clés :** Facteurs climatiques - méningite – paludisme- Bamako.

**Summary**

**Aim:** Our work is to:

- Determine the periods of risk of meningitis and malaria at Bamako;
- Establish a correlation between :

- First meteorological parameters (temperature of air, relative humidity of air, pluviometer, sunstroke, speed of the win) and frequency of occurrences of malaria ;
- On the other hand the same parameters for meningitis.

**Method:** We made a retrospective study of the evolution of malaria and meningitis depending on the variations of meteorological parameters (air temperature, relative humidity, rainfall, sunshine and wind speed) in Bamako

**Results:** Malaria, rare in the first and second quarters, is common in third and fourth quarters. As for meningitis, it is frequent in the first half and rare during the rest of the year. The incidence of malaria is related to the average air temperature, the relative humidity, the abundant rainfall, low insolation and low wind speed. The frequent meningitis is related to the high air temperature, low relative humidity, low rainfall, the high insolation and high wind speed

**Conclusion:** The incidence of malaria is related to the high relative humidity, and low insolation. As for meningitis, its frequency is related to the high air temperature, high wind speed and high insolation

**Keywords:** Climatic factors - meningitis – malaria - Bamako

### Introduction

Les effets potentiels du réchauffement climatique sur la santé sont multiples et liés aux périodes de températures extrêmes, aux maladies infectieuses et aux catastrophes climatiques [1]. A la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, les relations entre le climat et la santé ont dominé l'actualité internationale. Pendant ce siècle, l'homme a cru pouvoir maîtriser la nature et juguler les microbes. Ainsi la médecine est allée de succès en succès. La résistance de vieilles maladies comme le paludisme et l'avènement du VIH/Sida ont fini par rompre ce cycle en installant le doute, l'inquiétude et le pessimisme à la place de l'optimisme et des espoirs d'éradication des maladies infectieuses. L'impact réel des changements climatiques sur l'occurrence des maladies infectieuses est difficile à apprécier directement. Cependant des exemples convaincants peuvent être tirés de l'histoire récente du choléra, du paludisme, de la dengue ou d'autres maladies à transmission vectorielle [2,3]. Le réchauffement planétaire est de nos jours reconnu par l'ensemble de la communauté scientifique. Cependant la corrélation entre les changements climatiques et la prolifération des maladies infectieuses est difficile à

apprécier à cause du nombre élevé des facteurs climatiques et anthropiques [2,3]. L'élévation de la température peut provoquer un raccourcissement de la durée de l'incubation extrinsèque (IE) de l'agent pathogène chez le vecteur. L'IE mesure le délai nécessaire entre le moment où le vecteur s'infecte, en puisant le sang d'un malade ou d'un animal infecté, et celui où il devient capable de transmettre l'infection à un sujet réceptif. Son raccourcissement augmente la probabilité de transmission de l'agent pathogène [2,3]. Pour une même année la mesure de la température moyenne de l'air pour un point donné du globe montre que celle-ci présente deux valeurs maximales (pics) :

- une première valeur (plus élevée) en mars ;
- une deuxième valeur (plus faible) en décembre [4].

Les eaux résiduaires polluées et les gaz polluants dégagés par les industries présentent des impacts nocifs pour l'environnement et la santé [5]. En fait les hommes se défendent face aux aléas climatiques avec des armes comme la surveillance, l'alerte, le suivi, la prévention, l'adaptation, la communication auxquelles viennent s'ajouter les moyens techniques comme les satellites, le SIG

(Système d'Information Global), les modèles, l'internet. La défense de l'homme face aux aléas climatiques relève également des politiques de développement environnementales, du choix du développement et du choix de la société. A cela il faut ajouter les changements d'attitude et de comportements. Pour étudier les effets des événements météorologiques et de la variabilité du climat sur la santé humaine, il faut préciser les conditions atmosphériques et le climat sur des échelles spatiales et temporelles. Pour mener les recherches à bien, il faut disposer de données sur les conditions atmosphériques/le climat et sur la santé portant sur de longues périodes et ayant les mêmes dimensions spatiales et temporelles. Pour ce genre d'étude il convient de tenir compte de nombreux types d'incertitudes. Il s'agit entre autres des fluctuations dont sont victimes les prédictions climatiques et l'incertitude de

la prédiction des caractéristiques, des comportements et des capacités de réaction futures des populations. C'est dans ce cadre que nous nous sommes fixés les objectifs suivants : de déterminer les périodes de risque pour la méningite et le paludisme à Bamako en vue d'établir une corrélation entre l'évolution du paludisme et de la méningite en fonction de la variation des paramètres météorologiques.

#### Méthode

Le District de Bamako capitale du Mali a été le lieu de notre étude. Il est subdivisé en six(6) communes ayant chacune un centre de santé de référence (la commune 1, la commune 2, la commune 3, la commune 4, la commune 5, la commune 6). Il est traversé par le fleuve Niger.

Les paramètres météorologiques et les épisodes de paludisme et de méningite collectés ont été regroupés dans le tableau ci-dessous en fonction de leur nature, leur périodicité, leur période, leur lieu d'obtention et leur source de provenance.

**Tableau I: Les paramètres météorologiques et les épisodes de paludisme et de méningite [6-8]**

Nature des données	périodicité	Période	Lieu	Source
-Température de l'air -Humidité de l'air -Pluviométrie -Vitesse du vent -Insolation	Mensuelles	2001-2010	District de Bamako	Direction Nationale de la Météorologie
Cas notifiés de paludisme	Trimestriels	2001-2009	District de Bamako	Direction Régionale de la Santé du District de Bamako
Cas notifiés de méningite	hebdomadaires	2005-2010	District de Bamako	Direction Régionale de la Santé du District de Bamako
Cas notifiés de paludisme	Annuelles	2001-2009	Mali	Direction Nationale de la Santé
Cas notifiés de méningite	Annuelles	2005-2010	Mali	Direction Nationale de la Santé

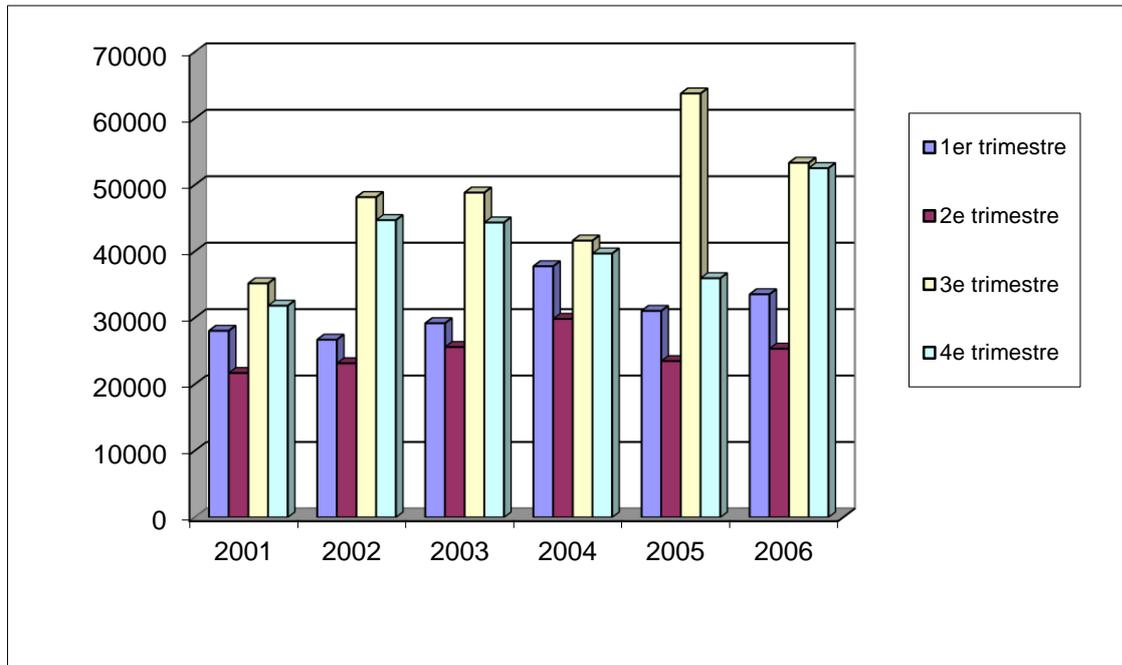
Ces données constituent une base de données pour notre étude. Elles ont été traitées à l'aide du logiciel Excel. Les courbes obtenues ont été analysées et interprétées

## Résultats

### Résultat 1

#### 1. Evolution trimestrielle du paludisme

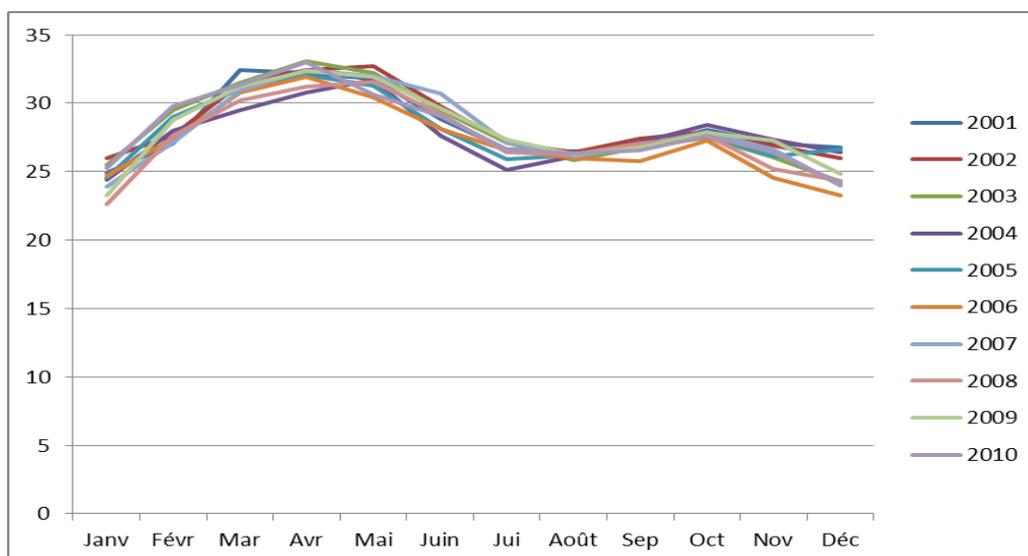
Les histogrammes ci-dessous donnent l'évolution trimestrielle de la fièvre-paludisme.



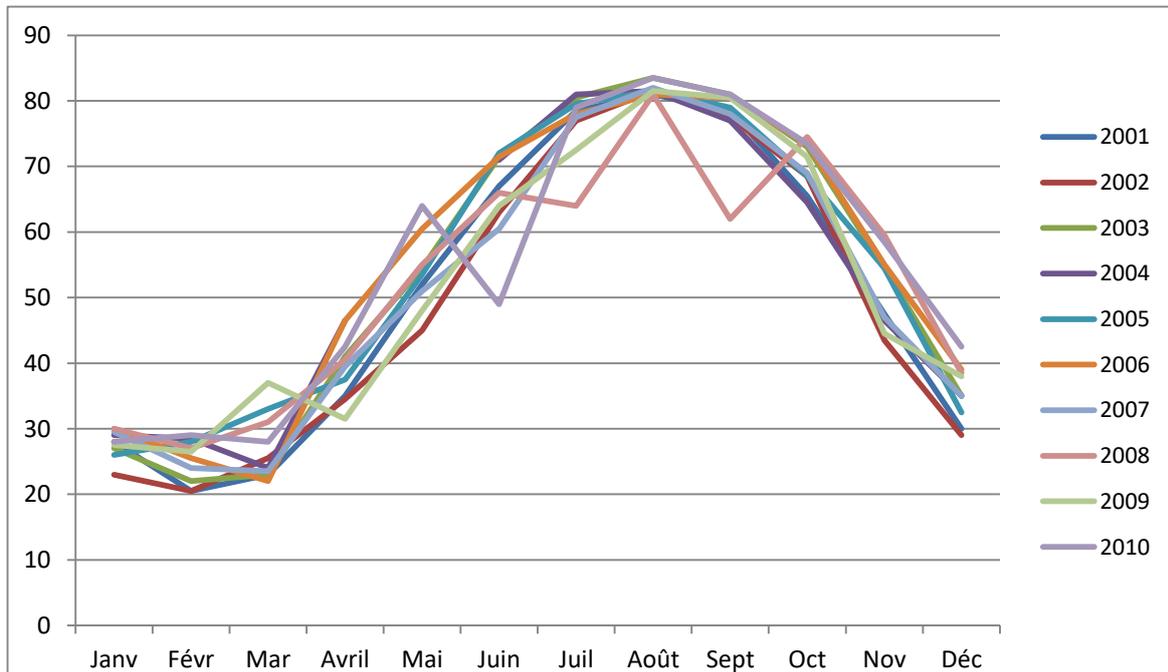
**Figure 1 : Histogrammes d'évolutions trimestrielles de la fièvre-paludisme à Bamako de 2001 à 2006**

Nous constatons que quel que soit l'année considérée la fièvre-paludisme est moins fréquente pendant les deux premiers trimestres, très fréquente au troisième trimestre et fréquente au quatrième trimestre.

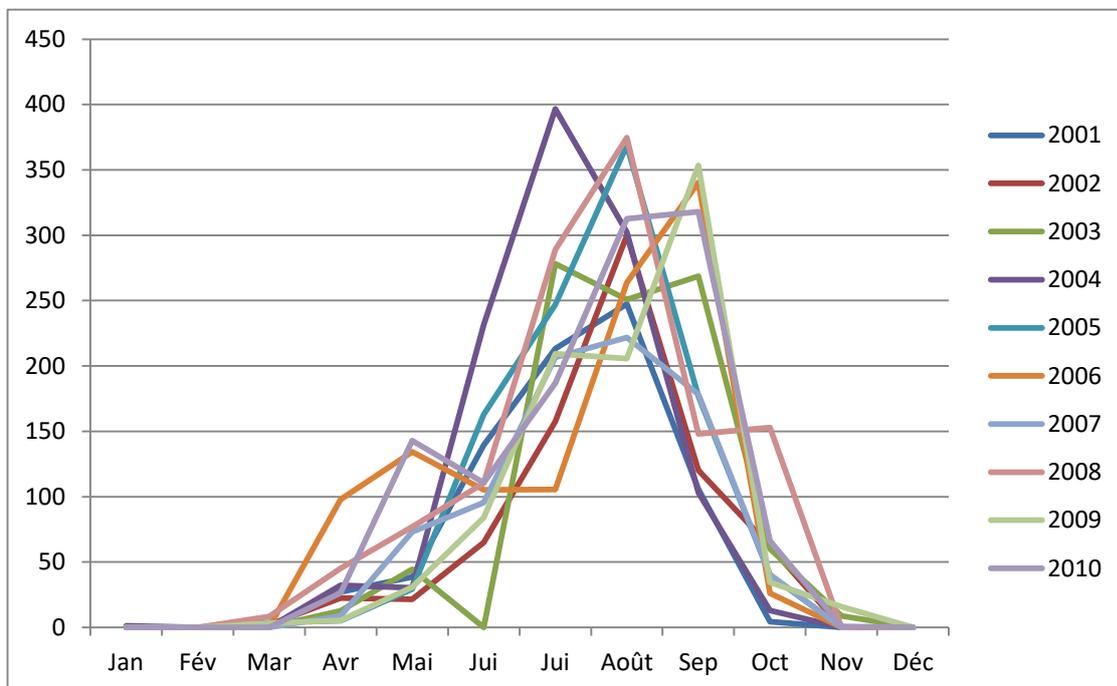
#### 2. Variations des paramètres météorologiques



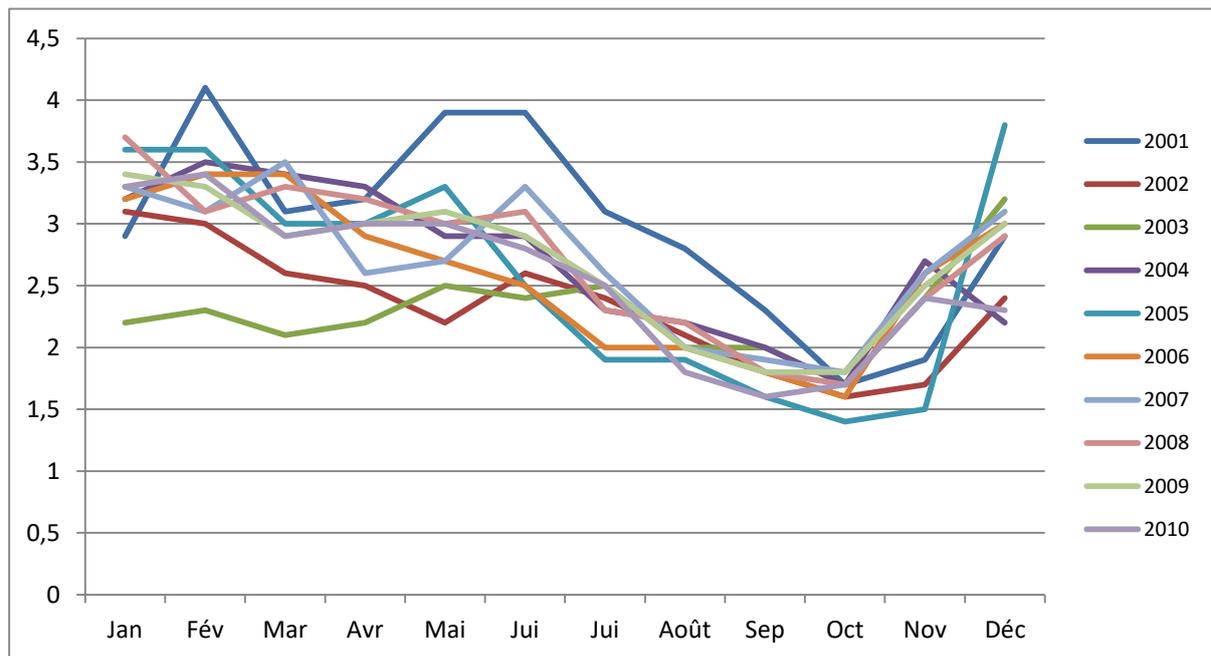
**Figure 2 : Courbes de variations mensuelles de la température moyenne de l'air à Bamako de 2001 à 2010**



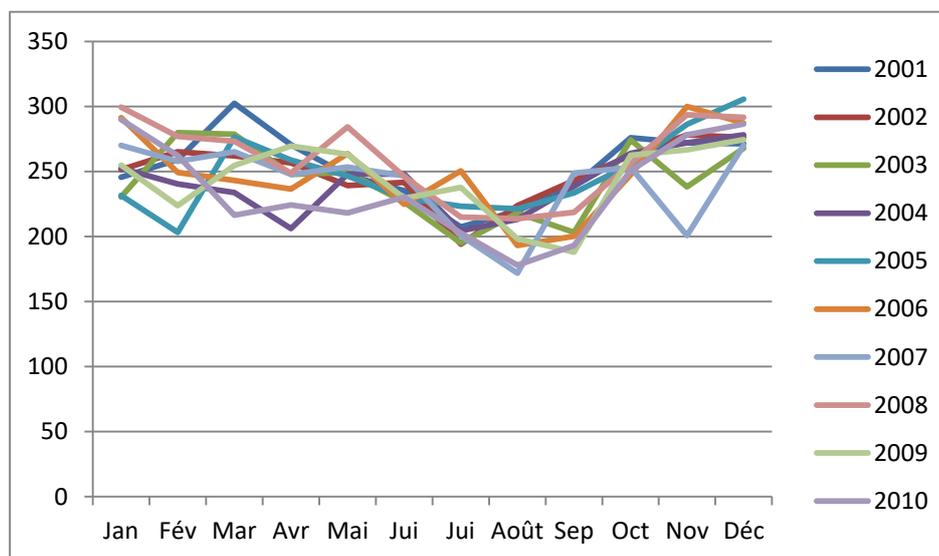
**Figure 3 : Courbes de variations mensuelles de l'humidité relative moyenne de l'air à Bamako de 2001 à 2010**



**Figure 4 : Courbes de variations mensuelles de la pluviométrie à Bamako de 2001 à 2010**



**Figure 5 : Courbes de variations mensuelles de la vitesse du vent à Bamako de 2001 à 2010**



**Figure 6 : Courbes de variations mensuelles de l'insolation à Bamako de 2001 à 2010**

Les courbes de variation de la température moyenne de l'air montrent que celle-ci est élevée pendant la période février-mars-avril-mai (entre 26° et 34°C) et moyenne pendant le reste de l'année.

Quant à l'humidité relative moyenne elle est faible pendant la période janvier-mars, elle croît jusqu'en août, elle décroît jusqu'à

la fin de l'année. Elle est maximale pendant la période juillet-août-septembre et minimale en février.

La pluviométrie est nulle au 1<sup>er</sup> trimestre (janvier-mars), faible aux 4<sup>em</sup> (octobre-décembre) et 2<sup>em</sup> (avril-juin) trimestres et maximale au troisième trimestre (juillet, août, septembre) de l'année.

L'insolation est minimale pendant la période (juillet-septembre) et élevée pendant les périodes (janvier-mai) et (octobre-décembre) de l'année.

### 3. Corrélations entre la fièvre-paludisme et les paramètres météorologiques (la température moyenne de l'air, l'humidité relative moyenne de l'air, la pluviométrie, l'insolation, la vitesse du vent) :

La fièvre-paludisme est une maladie pandémique.

Les histogrammes et les courbes de la fièvre-paludisme montrent que celle-ci est présente toute l'année dans le District de Bamako. Elle est très fréquente au 3<sup>em</sup>

trimestre, fréquente au 4<sup>em</sup> trimestre, moins fréquente au 1<sup>er</sup> et au 2<sup>em</sup> trimestres de l'année.

En termes d'indicateurs on peut dire que le risque de la fièvre-paludisme est très élevé au 3<sup>e</sup> trimestre, élevé au 4<sup>e</sup> trimestre, moyen au 1<sup>er</sup> et au 2<sup>em</sup> trimestres de l'année.

Le pic de la fièvre-paludisme correspond au 3<sup>em</sup> trimestre de l'année pour une humidité variant entre 78% et 80 % ; une température moyenne comprise entre 25°C et 27° C ; une pluviométrie variant entre 100 mm et 350 mm et une insolation variant entre 190 et 200 heures.

## Résultat 2

### 1. Evolution de la méningite

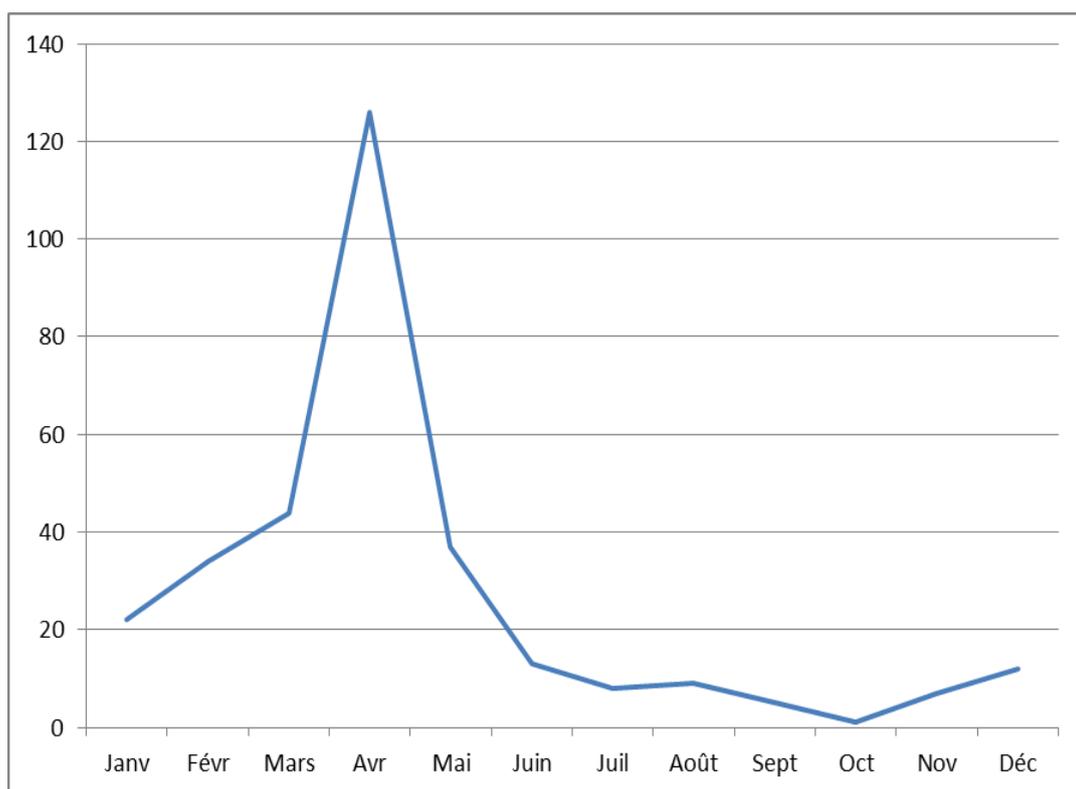
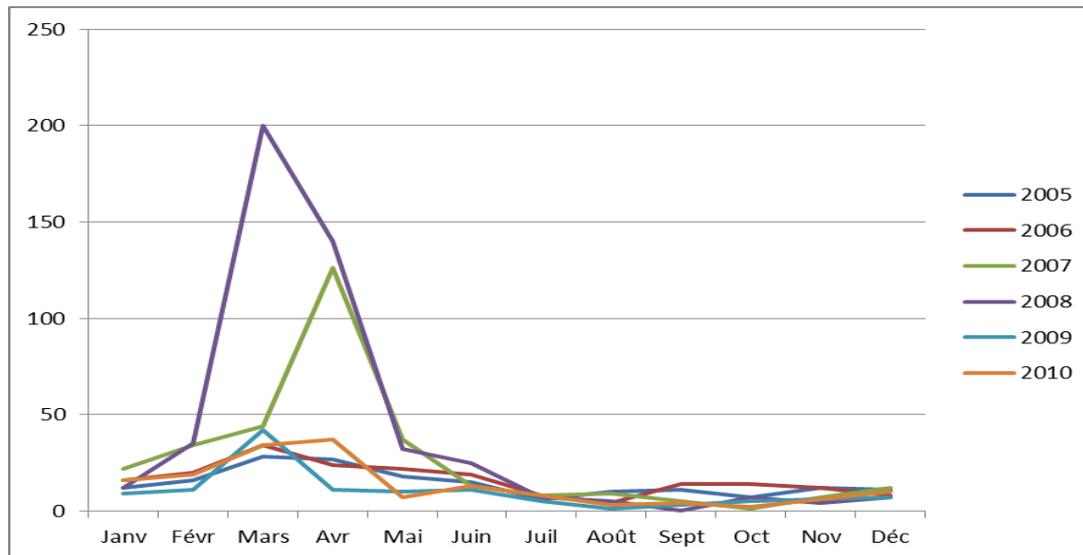


Figure 7 : Courbe d'évolution mensuelle de la méningite à Bamako en 2007



**Figure 8 : Courbes d'évolution interannuelle de la méningite à Bamako de 2005 à 2010**

Les figures ci-dessus montrent que la méningite est présente dans le District de Bamako pendant toute l'année, elle apparaît depuis la 1<sup>ère</sup> semaine de l'année, le nombre de cas augmente régulièrement, il est maximum pendant la 16<sup>ème</sup> semaine (41 cas), puis il diminue et à partir de la 23<sup>ème</sup> semaine on observe que des cas isolés. L'étude mensuelle de la méningite montre qu'elle est fréquente pendant la période mars-avril (12<sup>ème</sup> semaine-16<sup>ème</sup> semaine de l'année). A partir du mois de juin on n'observe que des cas isolés.

### 1. Variation des paramètres météorologiques

Pendant notre période d'étude la température moyenne de l'air augmente dans le District de Bamako de janvier à avril, elle diminue jusqu'en août, puis elle reprend sa croissance jusqu'en octobre pour ensuite décroître jusqu'à la fin de l'année. L'humidité relative moyenne de l'air est faible à Bamako de janvier à mars, puis elle croît, elle est maximale en août puis elle décroît jusqu'à la fin de l'année. La pluviométrie commence soit en mars soit en avril. Elle est abondante en juillet-août-septembre. Elle est nulle à partir de novembre. La vitesse du vent diminue de janvier à octobre puis croît jusqu'à la fin

de l'année. L'insolation varie en moyenne entre 200heures et 300heures.

### 2. Corrélations entre la méningite et les paramètres météorologiques :

La méningite apparaît dès le début du mois de Janvier ; elle est fréquente pendant la période mars-avril avec une température moyenne variant entre 30 et 33 °C, une humidité relative moyenne de l'ordre de 28-33 % ; une pluviométrie variant entre 0 et 50mm ; une vitesse du vent de l'ordre de 3 m/s ; elle devient rare à partir du mois de juin (avec l'arrivée des premières pluies).

#### Discussion

Selon notre étude le paludisme est rare aux 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> trimestres et fréquent aux 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> trimestres de l'année. Une étude menée par J. Delmont [9] en 1982, montre que la transmission du paludisme est discontinue, elle est intense seulement au cœur et en fin d'hivernage. Selon un article [10] en 1988, l'analyse du dépouillement des registres de consultation révèle que le paludisme est le premier motif de consultations. La plus grande affluence de patients est notée entre juillet et octobre, avec deux pics observés entre juillet et septembre. D'après deux études en 2004 et 2005 [11, 12], l'infection de la méningite

survient chaque année entre les mois de février et mai dans la zone de l'Afrique de l'ouest appelée ceinture de la méningite. Une étude réalisée par la direction nationale de la santé en 2010 indique que les scénarii climatiques prévoient une augmentation de la température médiane de 3-4 °C par rapport à la moyenne pour la plupart des pays de l'Afrique [13]. Les zones terrestres du Sahara et régions semi-arides de l'Afrique australe pourront avoir une augmentation de 1,6°C de la température tandis que les pays équatoriaux comme le Cameroun, l'Ouganda et le Kenya, pourraient se réchauffer à 1,4 °C. Toutefois l'intérieur du continent est susceptible de se réchauffer plus vite que les régions côtières du continent. La même étude montre que la variation mensuelle de l'incidence du paludisme est très faible entre les mois de Décembre et de Juin, mois à partir duquel l'on observe un accroissement rapide de l'incidence. Notre étude montre que la méningite est fréquente pendant la période mars – avril. Les résultats de notre étude s'accordent bien avec ceux de [9], [10], [11] et [12].

### Conclusion

Nos travaux de recherche sont basés d'une part sur la variation des paramètres météorologiques (température, humidité de l'air, pluviométrie, vitesse du vent, insolation), d'autre part sur la fréquence des épisodes de méningite et de paludisme, enfin sur la corrélation entre la variation des paramètres météorologiques et la fréquence des épisodes de méningite et de paludisme. Les résultats ont prouvé que la fréquence du paludisme est liée non seulement à la grande humidité (90 % - 100 %) (Pluviométrie abondante) mais aussi à la température moyenne (27° C-29° C) et à la faible insolation (entre 200heures et 240 heures). En période hivernale (caractérisée par la grande humidité), il fait moyennement chaud, l'incubation extrinsèque (IE) des moustiques est courte

et le paludisme est fréquent. En effet l'humidité favorise la prolifération des moustiques et la chaleur moyenne diminue leur IE. Lorsque ces conditions sont réunies l'aptitude à piquer des moustiques augmente et la fréquence du paludisme est élevée. Quant à la méningite les résultats prouvent que sa fréquence est liée à la grande température (35° C- 40 ° C), à la faible humidité relative de l'air (entre 20% et 40 %), à la grande vitesse du vent (autour de 3 m/s) et à la grande insolation (200 heures à 300heures). La haute température et la faible humidité favorisent le développement de la bactérie et du virus responsables de la méningite. Pendant cette période la fréquence de la méningite est élevée.

### Références Bibliographiques

- [1] Schvoerer E, Gut JP, Stoll-keller F. Effets des changements climatiques sur les maladies virales : quels sont les risques potentiels. *Virologie*. 2009, 13 (5) : 243-8
- [2] Chastel C. Changements climatiques et maladies infectieuses. *La Lettre de l'Infectiologue* 2006;12(6): 258-62.
- [3] AFFSA. "Rapport sur l'évolution du risque d'apparition et de développement des maladies animales compte tenu du réchauffement climatique", 2005, Paris, 78p.
- [4] Sangaré S. Modélisation et analyse de quelques données de température du programme globe et applications [thèse]. *Physique: Bamako; 2008. 152p.*
- [5] Coulibaly B. Pollution Atmosphérique à Bamako : Emissions dans l'air par les véhicules, les ménages et les unités industrielles [thèse]. *Physique: Bamako; 2008. 179p.*
- [6] Direction Nationale de la Santé. Cas notifiés de méningite : 2001- 2005. *Annuaire du système d'information sanitaire(SIS). Surveillance Epidémiologique. Bamako. p136*
- [7] Direction Nationale de la Météorologie (DNM). Données météorologiques

(température de l'air, humidité de l'air, pluviométrie, vitesse du vent, insolation) : 1970 – 2010. Collecte des données. Bamako. p5.

[8] Direction Régionale de la Santé du District de Bamako (DRS/DB). Cas notifiés de paludisme : 2001- 2009. Rapports trimestriels. Bamako.p 25.

[9] Delmont J. Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane sahélo-soudanienne d'Afrique de l'Ouest. *Cah Et Afric* 1982;22:117-33.

[10] Baudon D, Gazin P, Galaup B, Pelletier GE, Picq JJ. Fiabilité de l'examen clinique dans le diagnostic des fièvres palustres en zone d'endémie ouest-africaine. *Med Trop* 1988;48:123-6.

[11] Sultan B, Labadi K, Guégan JF, Janicot S. Climate Drives the Meningitis Epidemics Onset in West Africa. *Plos Medicine* 2005;5(21) :470-71.

[12] Sultan B, Labadi K, Beltrando G, Janicot S. L'épidémie de méningite au Mali et la circulation atmosphérique en Afrique de l'Ouest. *Environnement, Risques et Santé* 2004;3:23-34.

[13] Ministère de la Santé, Secrétariat Général, Direction Nationale de la Santé, Division Hygiène Publique et Salubrité, DNS-Ntomikorobougou-BP : 23, Impact du Changement Climatique sur les Maladies Diarrhéiques et le Paludisme dans le District sanitaire de Nara et de la commune VI du District de Bamako, décembre 2012.p48.