

CLIMAT ET PALUDISME A LIBREVILLE (GABON), DE 2011 A 2016

ITONGO Marie Thérèse, EDOU Mesmin, MBOULOUNGOU Alexis
Laboratoire de Géomatique, de Recherche Appliquée et de Conseil
Université Omar BONGO, Libreville

RESUME

A l'heure où le réchauffement climatique devient une préoccupation planétaire, le paludisme, fléau parasitaire mondial, conditionné par la variabilité climatique, entraîne des modifications profondes des équilibres des écosystèmes, du cycle de développement de l'anophèle et l'augmentation de la prévalence palustre. Cet article aborde la question du risque sanitaire en milieu urbain, à Libreville (Gabon), qui connaît une croissance exponentielle de sa population et de son extension. La conduite de la recherche a nécessité une démarche méthodologique, articulant l'exploitation documentaire et les entretiens semi-directifs avec de nombreux acteurs auxquels s'ajoute l'élaboration de cartes de foyers d'infection et des tests statistiques. Il ressort de l'étude que la recrudescence actuelle du paludisme à Libreville relève de plusieurs facteurs dont les plus importants sont : les variations climatiques et l'urbanisation incontrôlée qui induisent la prolifération d'anophèles.

Mots clés : climat, prévalence, morbidité, paludisme, Libreville, Gabon.

ABSTRACT

Climate and malaria in Libreville (Gabon), from 2011 to 2016

At a time when global warming is becoming a global concern, malaria, a global parasitic scourge, conditioned by climate variability, is now causing profound changes in the equilibrium of ecosystems, the growth cycle of Anopheles, and the increase in malaria prevalence. This article addresses the issue of health risk in urban areas, in the case of Libreville (Gabon) which is experiencing an exponential growth of its population and its extension. To achieve this, a methodological approach has been favored, articulating the documentary review and semi-structured interviews with numerous stakeholders, in addition to the development of infection outbreak maps and statistical tests. This study shows that the current upsurge of malaria in Libreville is due to several factors, the most essential of which are: climatic variations, uncontrolled urbanization which induces the proliferation of Anopheles.

Keywords: climate, prevalence, morbidity, malaria, Libreville, Gabon.

INTRODUCTION

Le climat, fondamental pour le cycle de vie du moustique, constitue pour les maladies d'origine environnementale un facteur de déclenchement. C'est le cas des pathologies à transmission vectorielle telles que le paludisme, le choléra, la typhoïde, la dengue, le chikungunya. Dans les régions intertropicales où ces maladies sont endémiques, l'élévation de la température et l'augmentation de la pluviométrie aggravent la morbidité palustre, en accélérant le développement rapide des œufs de moustiques. Elles induisent par conséquent la surpopulation vectorielle, l'agressivité et l'augmentation de la transmission du plasmodium. Le paludisme est une préoccupation majeure de santé publique pour de nombreux pays africains, dont le Gabon. Les études menées dans la région littorale de Libreville-Owendo-Akanda montrent que le paludisme est un fléau sanitaire (DGS, 2013). Les statistiques sanitaires indiquent que le paludisme est l'une des causes premières de consultation clinique, de décès infanto-juvéniles et de complications prénatales (COSP, 2016). En 2015 par exemple, le Gabon a enregistré 158 610 cas de paludisme, soit 49% du taux de morbidité clinique et 97 décès dus au paludisme, soit une létalité de 24,43%. Dans la seule région sanitaire de Libreville-Owendo, près de 22 619 cas de paludisme soit, 14,26% de la morbidité hospitalière nationale, ont été observés.

La combinaison des variations pluviométriques, thermiques et hydrographiques auxquelles s'ajoute une forte densité humaine (3 700 ha/km², DGS, 2013) sont-elles à l'origine de la croissance de la population vectorielle ?

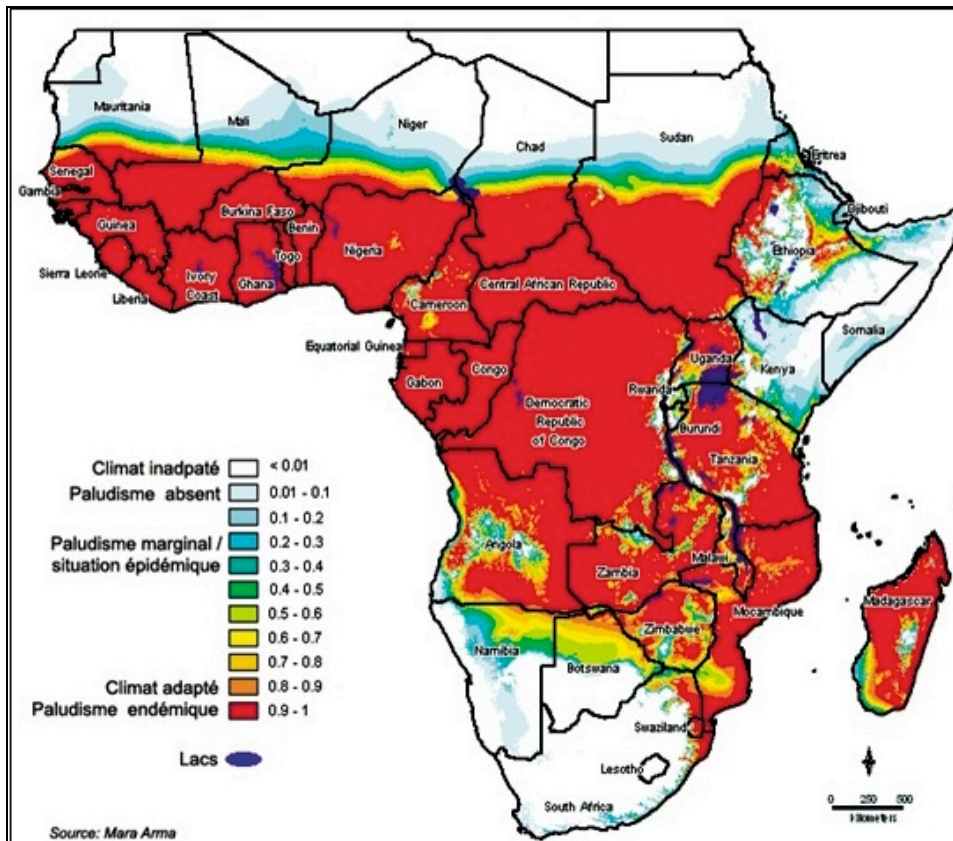
Compte tenu du paradigme environnemental lié aux effets climatiques, il paraît pertinent de contextualiser les concepts de la géographie de la santé, en menant des réflexions cognitives sur les impacts des changements climatiques sur les sociétés humaines et le devenir de la population. Il s'agit ici d'expliquer la progression du paludisme dans cet espace en se basant sur la géomatique.

1. ETAT DES LIEUX ET METHODE D'INVESTIGATION

La plupart des travaux menés actuellement à travers le monde en matière de santé publique s'orientent vers la spatialisation des risques sanitaires. C'est une approche qui vise prioritairement à cartographier les foyers d'infections ou les gradients de diffusion des pathologies. C'est ce que

Sorre (1993) a appelé « complexe pathogène¹ ». Le Gabon, à l'instar des pays situés dans la bande intertropicale, est affecté par le paludisme (figure 1).

Figure 1 : Endémie palustre et climat



Cet endémisme palustre est la résultante d'un climat favorable à son évolution.

1.1. Etat des lieux

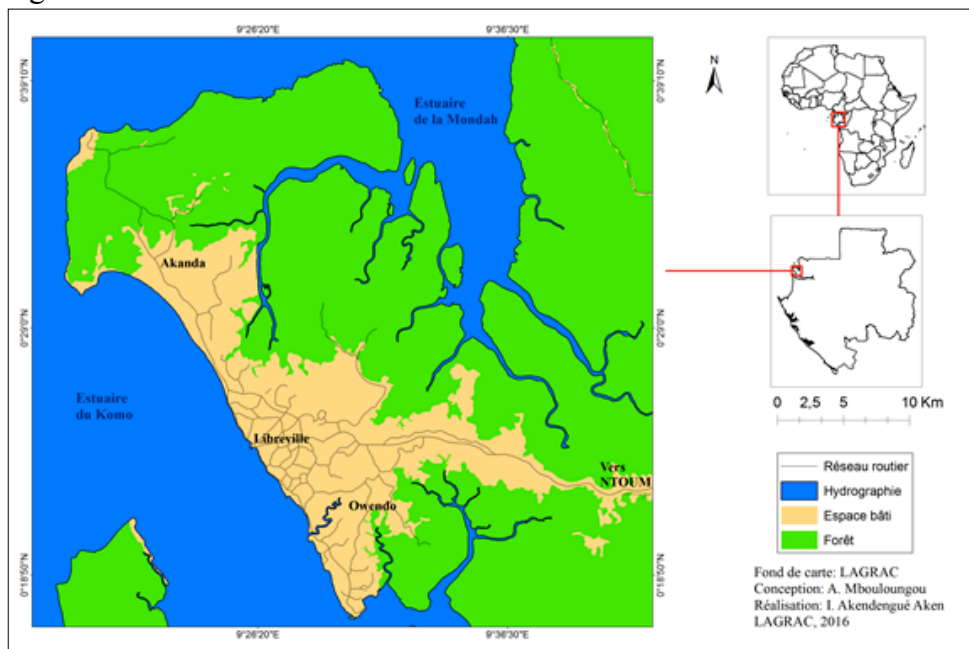
Libreville, capitale politique et administrative, et ses deux banlieues, Owendo et Akanda, sont un espace urbain situé sur la rive droite du Komo, à l'Estuaire du Gabon (figure 2), sur la côte nord-ouest du pays, à 0°23'24"N et 9°27'15"E. Libreville et ses environs baignent dans un climat de type équatorial. Il est caractérisé par deux saisons des pluies et deux saisons

¹ Concept fondateur de l'épidémiologie, a été introduit en géographie par Maximilien SORRE en 1933. Le complexe pathogène peut se définir comme étant un milieu ayant des conditions favorisant le développement de vecteurs de maladies, y compris les caractéristiques des populations vivant dans le milieu concerné.

sèches. Ce régime pluviométrique bimodal se détermine par une chaleur constante, une humidité relativement élevée et des précipitations abondantes (Maloba Makanga, 2010). À Libreville, la température moyenne mensuelle la plus forte s'observe entre mars et avril (27°C), et la plus faible en juillet-août (24°C). L'humidité relative moyenne annuelle est comprise entre 80,5 % en juillet et 88,9 % en octobre.

Cette zone géographique est, selon le dernier recensement de 2013, peuplé de 967 095 habitants (DGS, 2013) soit 53,40% de la population gabonaise.

Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

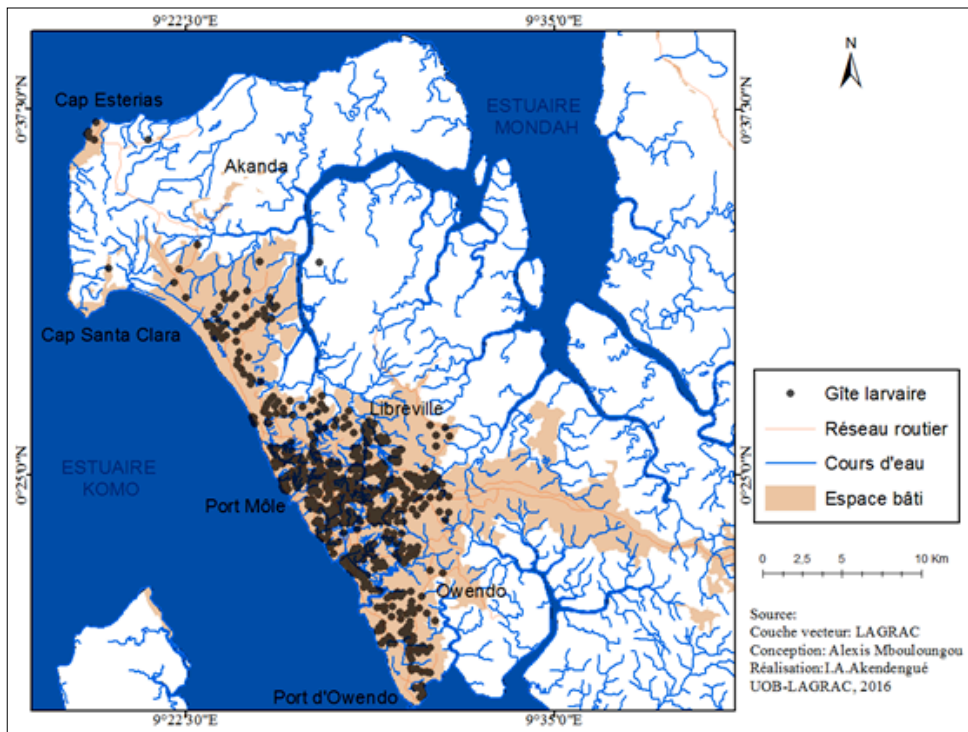


La moyenne annuelle de température est de 26°C, l'amplitude thermique annuelle est faible (20°C) et l'humidité relative de l'aire est très élevée (87%).

A ces éléments climatiques, il faut associer un facteur tout aussi important, le faciès environnemental favorable au développement du moustique (zone humide). Il se caractérise par la présence de nombreux cours d'eau qui irriguent les terres émergées : marécages et eaux stagnantes (figure 3).

Cette étude s'est faite à l'échelle de la ville de Libreville. Le choix de cette zone d'étude se justifie par la densité de sa population et la disponibilité des données sanitaires et météorologiques.

Figure 3 : Identification des gîtes larvaires de Libreville, Owendo et Akanda



La figure 3 présente quelques éléments d'occupation des terres : le réseau hydrographique, le réseau routier, l'espace bâti et les gîtes larvaires. La combinaison de ces éléments dans une aire géographique spécifique, zone de l'étude, créent un complexe pathogène.

1.2. Approche méthodologique

La recherche bibliographique et la collecte des données ont permis d'abord d'obtenir des données climatiques mensuelles pour la période allant de janvier 2011 à décembre 2016 à la Direction Générale de la Météorologie (DGM), au Ministère du Transport et de l'Aviation Civile à Libreville. Ensuite, celles relatives au suivi mensuel de la population des *Culicidae*² ont été collectées à l'Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), à Libreville. Elles concernent la caractérisation, la densification et la répartition spatiale des moustiques. La période allant de juillet 2014 à juin 2016 a été choisie pour analyser l'évolution de la maladie en fonction de la température et de la pluviométrie. Pour ce qui est des données sur la prévalence du

² Culicidae : nom scientifique indiquant la grande famille des moustiques. Il existe trois sous familles des Culicidae (les Toxorhynchites, les Anophèles et les Culicines).

paludisme, la collecte a été réalisée dans 15 structures sanitaires publiques et privées sélectionnées par la méthode des quotas pour la même période. Une fiche de collecte a été conçue à cet effet et les données obtenues ont été validées par le Ministère de Santé. Le dépouillement et l'analyse de toutes ces données a conduit à l'élaboration des cartes de gîtes larvaires et l'application de la théorie du coefficient de corrélation (ρ) de Pearson qui stipule que :

- si $\rho=0$, il y a absence de liaison linéaire entre les deux variables ;
- en revanche, si $\rho>0$ ou $\rho<0$, alors la liaison linéaire existe.

Le calcul du coefficient ρ peut se faire soit de manière automatique en faisant la programmation dans le logiciel R, soit manuellement en utilisant la formule de l'équation 1.

a)- Pour la programmation dans R, le scripte se compose comme suit :

Statistiques>Résumés>test corrélation Parson's product-moment corrélation

b)- Pour le calcul manuel, il y a nécessité de réaliser quelques calculs au préalable pour évaluer les paramètres tels que $\sum x_i$; $\sum x_i^2$; $\sum y_i$; $\sum y_i^2$ et $\sum x_i y_i$ qui entrent en ligne de compte dans le calcul final de l'équation 1.

Équation 1 : Formule de calcul du coefficient ρ est donnée par l'équation 1

$$\frac{\sum_i x_i y_i - \frac{\sum_i x_i \sum_i y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum_i x_i^2 - \frac{(\sum_i x_i)^2}{n}\right) \times \left(\sum_i y_i^2 - \frac{(\sum_i y_i)^2}{n}\right)}}$$

Source formule : BARDEL, 2016. URL : <http://xkcd.com/552/>

Posons (x_t) pour la variable température, (x_p) pour la variable pluviométrie et (y) pour le nombre des cas de paludisme.

Enfin, l'élaboration des cartes a été faite grâce au logiciel Arc gis 10.1

Toutefois, l'analyse spatiale du phénomène intègre plusieurs secteurs de recherche, notamment l'épidémiologie, la météorologie et même l'habitat. Ce qui montre que la santé n'est pas exclusivement réservée à la médecine (Tezi, 2016). Depuis l'avènement du concept « One Health (une seule santé) » défendu par l'OMS, il est de plus en plus fréquent de constater que les phénomènes de santé sont désormais traités par d'autres sciences humaines et sociales pour le bien-être des populations.

2. FACIES ECOLOGIQUE ET PREVALENCE DU PALUDISME A LIBREVILLE

La notion de faciès³, qui considère la variabilité écologique des facteurs palustres sur le terrain, intègre un espace géographique dans lequel une pathologie est active. C'est le cas de Libreville dont l'environnement physique et l'effet des modifications des facteurs climatiques favorisent le développement des moustiques.

2.1. Impacts des changements climatiques sur la prévalence palustre à Libreville

La question d'impact des changements climatiques sur le paludisme est au cœur des débats scientifiques, publics, politiques et économiques au Gabon. Cette prise de conscience sur l'endémicité du paludisme a été matérialisée par la mise en place d'un programme national de lutte contre cette endémie en 1995 et renforcée à la suite du sommet d'Abuja (Nigeria, 2000). Lors de cette rencontre internationale, le Gabon s'est engagé à élaborer, à mettre en œuvre les plans de lutte intégrés contre le paludisme et à réduire la morbidité palustre. De nouvelles missions ont été assignées au PNLP : sensibiliser la population sur les dangers de vivre dans un environnement insalubre et faire suivre l'évolution de l'endémie par les professionnels de santé.

En effet, l'occupation par les populations des zones marécageuses et l'absence d'assainissement de certains quartiers de Libreville, favorisent l'installation des moustiques. Ces espaces occupés anarchiquement sont des lieux de prédilection des *Anophèles gambiae* en zone urbaine et *funestus* en périurbaine (Mourou et al., 2010). De même, ces deux vecteurs évoluent dans un environnement climatique qui leur est favorable. L'équilibre du cycle biologique du moustique et du *Plasmodium* (Delmont, 1982) est intimement lié à la chaleur, l'humidité associée à une augmentation de la pluviométrie. Les conditions d'éclosion des œufs du moustique dans le gîte nécessitent une température minimale de 24°C. Lorsque l'augmentation thermique de l'eau est de 28°C, la croissance des larves s'accélère. De fait, le cycle de développement de l'insecte se raccourcit (3 jours). En outre, lorsque la température des gîtes stagne autour de 24°C, le cycle est de sept (7) jours. L'optimum d'émergence des insectes adultes se situe entre 22 et 26°C. Aucune émergence ne s'observe en dessous de 18°C et au-dessus de 34°C. Les œufs d'anophèle sont pondus spécifiquement à la surface d'une collection d'eau stagnante et ensoleillée, où ils se développent jusqu'au stade de moustique adulte.

³ Le concept de faciès est utilisé pour désigner une aire géographique.

3. RÉSULTATS

3.1. Données acquises

Les relevés des températures moyennes et des précipitations à Libreville ont été faits sur une période de six ans (2011 à 2016) afin d'observer leur évolution dans le temps et dans l'espace (Tableaux I et II). Par contre, les données cliniques sur le paludisme ont été enregistrées de juillet 2014 à juin 2016 du fait des lacunes observées dans l'enregistrement systématique de ces données dans les hôpitaux de la capitale politique du Gabon (tableau III).

Tableau I : Températures moyennes mensuelles (en degrés Celsius) pour la période 2011-2016 à Libreville

Mois Année	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	moyenne annuelle
Année 2011	29,4	30,0	30,3	30,6	29,4	26,6	25,6	26,3	27,2	29,0	28,5	29,7	28,6
Année 2012	31,0	31,0	32,0	31,0	30,0	27,3	28,0	27,0	28,0	28,0	29,0	30,3	29,4
Année 2013	31,6	31,0	32,0	31,0	30,0	29,0	27,0	28,0	30,0	31,4	31,0	32,0	30,3
Année 2014	31,4	33,0	33,0	33,0	32,0	31,0	29,0	29,0	30,0	30,0	31,0	31,3	31,1
Année 2015	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	31,0	30,0	30,0	30,0	32,0	32,0	32,7	31,8
Année 2016	32,3	33,1	33,3	33,4	33,2	31,5	30,0	30,0	30,0	32,8	32,6	32,7	32,1

source: Direction Générale de la Météorologie, Ministère des Transports et de l'aviation civile (Gabon), 2017

Des données ci-dessus enregistrées retenons que cette variation des températures n'obéit à aucun modèle mathématique : les températures oscillent entre 25,6°C (juillet 2011), période correspondant à la saison sèche ; et 33,4°C (avril 2016), en saison pluvieuse. Mais, les températures moyennes annuelles révèlent une élévation substantielle chaque année (tableau I).

Les mois de mars et d'avril, considérés comme des périodes chaudes, sont des mois les plus pluvieux. Pendant cet intervalle de temps, les inondations dans les quartiers de Libreville et ses environs sont importantes et fréquentes (DGM, 2017). C'est aussi le cas des mois de novembre et décembre, correspondant au retour des pluies, après la saison sèche (tableau II).

Tableau II : Pluviométrie mensuelle (en millimètres) pour la période 2011-2016 à Libreville

Mois Année	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	total année
Année 2011	98,0	251,0	158,0	129,0	18,0	0,0	0,0	0,0	15,0	376,0	393,0	117,0	1555,0
Année 2012	159,0	193,0	184,0	125,0	209,0	37,0	1,0	72,0	59,0	444,0	18,0	0,0	1501,0
Année 2013	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	13,0	4,0	1,0	13,0	291,0	507,0	382,0	1212,0
Année 2014	261,2	279,7	393,2	244,0	174,9	13,3	3,8	7,1	76,6	481,5	487,5	287,9	2710,7
Année 2015	209,2	283,5	335,7	252,3	81,2	1,6	2,9	2,9	27,7	202,2	411,1	211,0	2021,3
Année 2016	260,0	156,0	429,0	429,0	228,0	50,0	0,0	6,0	34,0	181,0	533,7	355,0	2661,7

source: Direction Générale de la Météorologie, Ministère des Transports et de l'aviation civile (Gabon), 2017

Comme les températures, les données pluviométriques obéissent à la même loi. Dans le tableau II, les 8 premiers mois de l'année 2013 n'ont pas enregistré de pluie significative ; tandis que la saison dite « sèche », qui court de mi-juin à mi-août, connaît un répit pluviométrique.

L'absence de données fiables sur la prévalence du paludisme à Libreville a suscité une enquête, durant deux ans, dans les unités sanitaires, afin de produire des statistiques de bonne qualité (de juillet 2014 à juin 2016). Le tableau III présente la synthèse du nombre des cas des accès palustres enregistrés dans les 15 structures de santé de la zone d'étude.

Tableau III : Cas mensuels de paludisme observés à Libreville

Mois Année	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	total année
Année 2014							748	289	330	410	477	688	2942
Année 2015	1372	967	1024	1287	1592	1231	646	229	212	523	1067	1423	11573
Année 2016	1662	1002	1323	1458	1512	1020							7977

Sources : enquête, DRSL0 et PNL0, 2017

On observe que les cas de paludisme sont saisonniers. Les mois de juillet, août et septembre sont caractérisés par un tarissement des gîtes larvaires (tableau III). Cela entraîne la baisse de la reproduction des moustiques et, par conséquent, la réduction du taux de transmission du plasmodium dans la zone étudiée. A l'inverse, les mois de pluies voient la prévalence palustre augmenter : novembre (477 et 1067 cas), décembre (688 et 1423 cas) et janvier (1662) pour la petite saison des pluies. Puis, mars (1024 et 1323) et avril (1287 et 1458 cas) pour la grande saison des pluies. Aussi, en prenant les cas de paludisme du deuxième semestre 2014 ajoutés à ceux du premier de 2016, on obtient un total de 10 919 malades. En définitive, on a la moyenne de 11 246 paludéens par an pour l'ensemble des structures sanitaires.

Toutefois, la recherche d'espèces de moustiques dans cette région a permis de montrer qu'en plus des *Anophèles*, les *Toxorhynchites* (moustiques éléphants), les *Culex*, les *Aèdes* et les *Mansonia* sont en quantité importante. Bien qu'ils ne soient pas vecteurs du paludisme (objet de cette recherche), ils sont à l'origine de la transmission de plusieurs arboviroses (IRET, 2017). Selon ce même laboratoire, les *Culex* représentent près de 90% des moustiques capturés du fait qu'ils peuvent proliférer dans tout type d'eau stagnante. Ce qui n'est pas le cas pour les anophèles (7,4%) et les *Aèdes* (1%) dont les gîtes larvaires sont spécifiques. *Toxorhynchites* et *Mansonia* représentent chacun moins de 1%.

Le tableau IV présente la synthèse des résultats des captures des moustiques du type Anophèle à Libreville. Toutefois, la période allant de juin 2014 à juillet 2016 a été choisie pour correspondre à celle de l'enquête dans

les structures sanitaires, afin de faire une corrélation avec les données de captures d’anophèles disponibles à l’Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET, Gabon).

Tableau IV : Nombre d’anophèles femelles capturés par mois à Libreville

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	total par année
Année 2014							1264	709	864	1342	1856	1887	7922
Année 2015	2034	1756	1929	2031	2786	2991	2493	1607	1444	1882	1989	2007	24949
Année 2016	2231	2238	2867	3677	2545	1654							15212

Source des données : IRET, 2017

Comme pour la prévalence palustre, la dynamique de la population des *Culicidae* est saisonnière. Les mois de faible pluviométrie et de saison sèche présentent une population moyenne de moustiques inférieure aux mois pluvieux. Pendant cette période de faible pluviométrie, les gîtes larvaires se raréfient. Lors de la saison pluvieuse, l’augmentation de la population anophélienne favorise la transmission du parasite (*Plasmodium*).

Le tableau V relate l’ensemble des données des températures, des pluies et de prévalence palustre pendant la période de juin 2014 à juillet 2016.

Tableau V : Relevé des données de la température, de la pluviométrie et des cas du paludisme de Juillet 2014 à Juin 2016.

Mois	juil-14	août-14	sept-14	oct-14	nov-14	déc-14	janv-15	févr-15	mars-15	avr-15	mai-15	juin-15	juil-15	août-15	sept-15	oct-15	nov-15	déc-15	janv-16	févr-16	mars-16	avr-16	mai-16	juin-16
Température	29,0	29,0	30,0	30,0	31,0	31,3	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	31,0	30,0	30,0	30,0	32,0	32,0	32,7	32,3	33,1	33,3	33,4	33,2	31,5
Pluviométrie	3,8	7,1	76,6	481,5	487,5	287,9	209,2	283,5	335,7	252,3	81,2	1,6	2,9	2,9	27,7	202,2	411,1	211,0	260,0	156,0	429,0	429,0	228,0	50,0
Nbre des cas de paludisme	748	289	330	410	477	688	1372	967	1024	1287	1592	1231	748	289	330	410	477	688	1372	967	1024	1287	1592	1231

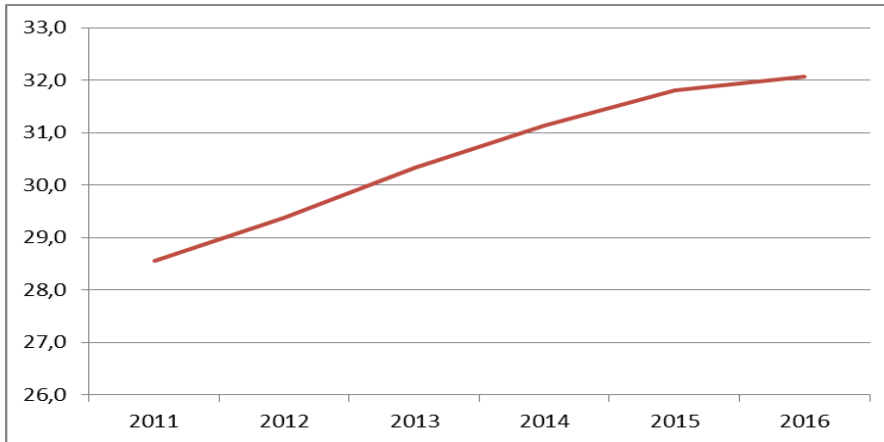
Sources des données : DGM, DRSLO et PNLP (Ministère de la Santé), 2017

De ces données statistiques, il ressort que les éléments du climat influencent fortement l’émergence du paludisme à Libreville.

3.2. Analyse des résultats

La synthèse des composantes du « système paludisme » ainsi analysées a permis de corréler les facteurs climatiques et la morbidité palustre. Bien que la période de six ans paraisse courte pour tirer des conclusions générales sur l’effectivité de la hausse de température au niveau national, il est tout aussi important de souligner qu’à l’échelle de la ville, la tendance est à la hausse des températures à cause entre autres de l’augmentation de l’espace bâti et aménagé et l’absence des parcs urbains. La hausse des températures moyennes annuelles est évidente (graphique 1).

Graphique 1 : Courbe des températures moyennes annuelles observées à Libreville.



Source : DGM, Ministère des transports et de l'aviation civil, 2017

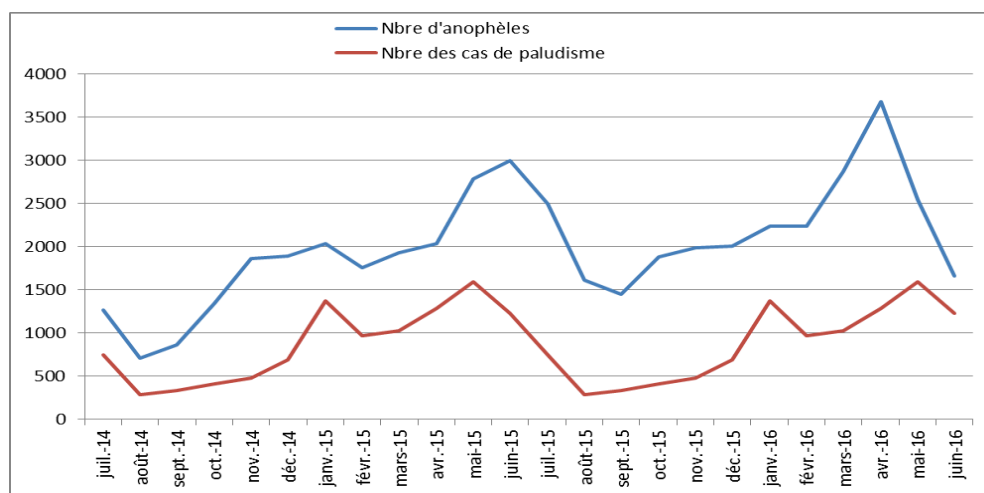
De l'analyse du graphique 1, il ressort que les températures moyennes annuelles sont en nette progression entre 2011 et 2016, avec un taux d'augmentation annuel moyen de 2% et un écart thermique annuel moyen de 0,7°C à Libreville.

3.3. Croissance de la population anophélienne et accès palustre

En rappel, le nombre de moustiques capturés évolue en fonction des saisons : il augmente en saison des pluies et baisse en saison dite « sèche ». De même, la population anophélienne est élevée (donner un ordre de grandeur) en période des pluies et diminue en saison sèche : 1000 imagos en août 2014 ; plus de 1500 imagos en août 2016.

De la courbe d'évolution des infections palustres, il ressort une évolution proportionnelle aux quantités des vecteurs présents dans la région (graphique 2). Ce qui est d'ailleurs déjà prouvé dans d'autres pays où la maladie est endémique. Selon Coosemans et *al.* (1992), l'activité trophique du moustique commence dès l'instant où il prend son premier vol, après la phase aquatique, pour ce qui est des femelles. Les mâles des moustiques, qui ne piquent pas, n'ont qu'une fonction, celle de féconder.

Graphique 2 : Courbes comparatives des nombres des vecteurs avec la morbidité palustre à Libreville.



Sources des données : IRET, DRSLO et PNLP (Ministère de la Santé), 2017

La courbe des malades du paludisme semble épouser l'allure de celle de la reproduction vectorielle. Les accès palustres augmentent donc proportionnellement avec la population vectorielle. Les pics des captures observés au cours des mois pluvieux (janvier, avril et juin) ont un impact direct sur les populations humaines, parce que l'augmentation vectorielle entraîne *de facto* l'élévation du taux d'agressivité et par conséquent, l'augmentation de la prévalence palustre à Libreville. Mais les mois de forte population anophélienne ne correspondent pas toujours aux mois où le nombre des cas de paludisme est élevé. Cela s'explique par le fait qu'il y a d'abord reproduction et développement des larves jusqu'aux stades imaginaux. Ce n'est qu'après que la présence des insectes adultes est effective. Cela peut expliquer le taux élevé des anophèles endophiles. L'endémicité du paludisme a suscité chez l'Homme le développement de prémunitions avant la naissance (prévention du paludisme prénatal), entraînant un retard de déclenchement d'accès palustre.

Pour confirmer les hypothèses, deux tests statistiques de corrélation ont été appliqués : entre le nombre des cas de paludisme observés à Libreville et les deux éléments du climat (hauteurs de pluies et températures). De ce fait, le test de Pearson s'est réalisé avec le logiciel « R » a permis d'évaluer le degré de relation entre deux variables quantitatives : les hauteurs des pluies et le nombre des cas de paludisme, d'une part ; les températures et le nombre des cas de paludisme, d'autre part. Les données utilisées sont celles du Tableau V.

Le test de Pearson a permis de répondre à deux interrogations : existe-t-il une liaison linéaire entre les températures et le nombre des cas de paludisme d'une part et, les hauteurs des pluies et le nombre des cas de paludisme d'autre part ?

La démonstration faite à partir de cette méthode donne les résultats suivants :

$$(1) \Sigma x_t = 758,80 ; \Sigma x_t^2 = 24\ 038,80 ; \Sigma y = 20\ 830,00 ; \Sigma y^2 = 22\ 386\ 282,00 ; \Sigma x_t y = 668\ 300,20$$

$$(2) \Sigma x_p = 4\ 917,71 ; \Sigma x_p^2 = 1\ 635\ 098,00 ; \Sigma x_p y = 4\ 378\ 886,14$$

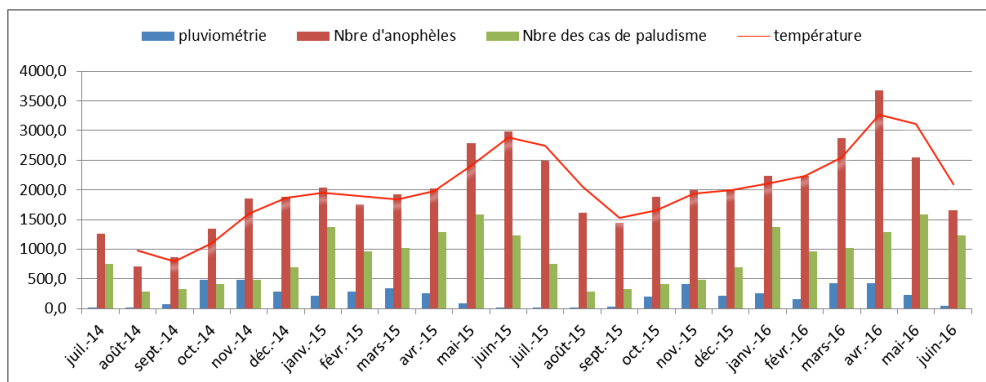
Les calculs des deux coefficients de corrélation donnent également les résultats suivants :

- $\rho=0,676$ pour la corrélation entre les températures et le nombre des cas de paludisme ;
- $\rho=0,067$ pour la corrélation entre les hauteurs des pluies et le nombre des cas de paludisme.

Ainsi donc, cette méthode statistique montre qu'il existe une liaison linéaire importante entre les températures et la malaria. Cependant, la liaison linéaire statistique subsistante entre les hauteurs des précipitations, le nombre de cas du paludisme est moins significative.

Le graphique 3, qui fait la superposition du diagramme ombrothermique, de la courbe de prévalence du paludisme et celle de la population des moustiques, confirme l'influence des paramètres climatiques sur le nombre de cas de paludisme observé à Libreville.

Graphique 3 : Synthèse de tous les graphiques en un seul.



Données cliniques DGM et IRET, 2017

Les températures les plus basses sont observées de juin à septembre. Ce qui correspond, au Gabon, à la fin de la saison dite sèche. Cette période,

relativement courte et de temps clément, n'est pas propice au développement larvaire du *Plasmodium*. En revanche, des hausses de chaleur apparaissent d'octobre à juin correspondant à la saison pluvieuse, favorable à l'anophèle.

En effet, la courbe de reproduction des anophèles concorde avec celles des variations de la température et de la pluviométrie. La population anophélienne décroît en saison de faible pluviométrie (juin-septembre). Puis, elle commence à croître dès le retour des grandes pluies. De même, le nombre des cas de paludisme varie selon les facteurs climatiques. Ce raisonnement répond aux deux interrogations.

4. DISCUSSION

L'indice « plasmodique » est plus élevé dans les quartiers périphériques. Ceci s'explique par le fait que les eaux ne sont pas polluées par les effluents urbains (huiles, détergents, hydrocarbures). Or, l'anophèle exige un certain nombre de paramètres aux gîtes de ponte, notamment la qualité de l'eau (pH) et l'ensoleillement. On imagine alors aisément l'impact d'une augmentation, même minime, de température accompagnée d'une pluviométrie importante sur l'écosystème du paludisme.

Toutefois, la température et la pluviométrie ne doivent pas être prises séparément. Car, l'élévation des températures entraîne immédiatement l'assèchement des collections d'eau susceptibles d'héberger les larves de moustiques. De même, les fortes pluies provoquent le lessivage et la pollution (élévation de la turbidité) des eaux qui ne sont plus stagnantes. Tout ceci concourt donc à la diminution du nombre de moustiques et à la baisse du paludisme dans la région.

La pluie et la température sont donc, deux éléments du climat qui interviennent directement dans le processus de développement des moustiques. Ces augmentations progressives des éléments fondamentaux du cycle du moustique ont une incidence sur l'évolution du paludisme dans la société librevilloise. Cette analyse a démontré une augmentation de la population anophélienne qui entraîne une élévation du taux d'agressivité et par conséquent, la prévalence du paludisme. Par prudence, l'analyse évoque la variabilité des facteurs climatiques car, l'obsolescence des équipements de collecte des données climatiques au Gabon fait dire à certains chercheurs (Maloba Makanga, 2014) qu'il est hasardeux de parler des changements climatiques dans ce pays. La surveillance des paramètres climatiques devrait se faire au quotidien par chaque pays afin de suivre l'évolution des indicateurs de santé publique. Mais, étant entendu que le Gabon ne saurait vivre en autarcie, il serait peut-être prudent de s'appuyer sur des expériences des pays de sa sous-région d'Afrique centrale pour tenter de comprendre le phénomène des changements climatiques et de ses effets sur les Librevillois en particulier et sur la société gabonaise en général (Sonnentag, 2012).

Toutefois, les autorités en charge de la santé au Gabon doivent accentuer la lutte contre les vecteurs du paludisme, dans le but de contrôler la population des moustiques. Des recherches pour la caractérisation des gîtes d'*Anophèle gambiae* doivent se poursuivre. Car, les conditions environnementales peuvent changer radicalement d'une localité à l'autre en fonction des saisons (Nieuwolt, 1977). La seule connaissance de l'influence des paramètres climatiques, sur les stades de développement des anophèles, ne permet pas d'expliquer systématiquement le paysage épidémiologique du paludisme sur le terrain. D'autres composantes telles que le système de santé du pays, les conditions environnementales des milieux résidentiels sont des éléments à prendre en compte (Le Bras *et al.*, 2004).

CONCLUSION

La malaria est étroitement liée à certains caractères oro-hydrographiques, climatiques et biologiques des contrées où elle sévit. C'est pourquoi elle est considérée comme une « maladie d'origine environnementale ». C'est une pathologie parmi tant d'autres qui s'amplifie indirectement avec les effets de la variabilité climatique. Les indicateurs d'augmentation de la population des *Culicidae* ont été fort longtemps observés à Libreville, Owendo et Akanda.

L'aire d'extension de l'activité trophique de ces vecteurs de la malaria est non seulement liée à la densité humaine, mais aussi aux formes de mise en valeur de l'espace habité, à l'occupation des sols et aux conditions du milieu de vie. Les facteurs anthropiques introduisent alors la notion de « paysage épidémiologique » dans une démarche géographique. Expliquer cette aire d'extension du complexe pathogène, ses mouvements de contraction ou de dilatation, c'est d'abord résoudre un problème d'écologie, démarche fondamentale en géographie biologique. C'est ensuite, rechercher les circonstances extérieures qui favorisent ou contrarient la constitution du complexe. En fait, on s'aperçoit que la plupart de ces circonstances relèvent de la géographie humaine : densité de population, migrations, genre de vie.

Enfin, pour le paludisme, la température et la pluie sont deux éléments fondamentaux du cycle de vie d'anophèles et même du parasite. Mais pour expliquer l'endémicité du paludisme à Libreville, il faut tenir compte des actions conjointes de ces éléments du climat sur les vecteurs. De fait, le phénomène de variabilité climatique devient alors un catalyseur indirect de la morbidité palustre par « l'amélioration » des conditions environnementales. Mais, on se demande comment faire face à ce nouveau profil épidémiologique qui se dessine progressivement pour le paludisme et pour d'autres pathologies à transmission vectorielle, quand on sait qu'il est difficile pour l'homme d'agir sur le facteur climat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARDEL (C.), 2016. Statistiques multivariées : analyse en composantes principales analyse factorielle des correspondances, cours de statistiques avec le logiciel R, 70 p. [En ligne], consulté le 17 novembre 2017. URL: <http://spiralconnect.univ-lyon1.fr/spiral-files/download?mode=inline&data>
- CHADEE (D.-D.), CORBET (P.-S.), 1987. « Seasonal incidence and diel Eattems of oviposition in the field of the mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in Trinidad, West Indies a preliminary study », in *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, n°81 (2), pp. 151-161.
- COOSEMANS (M.), WERY (M.), MOUCHET (J.) et CARNEVALE (P.), 1992. « Transmission factors in malaria epidemiology and control in Africa », in *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, (Rio de Janeiro), Vol. n°87, pp. 385-391.
- CELLULE D'OBSERVATION EN SANTE PUBLIQUE (COSP), 2016. *Rapport annuel de 2015 de surveillance épidémiologique au Gabon*. 32 p
- CUGGIA (M.), 2011. « Epidémiologie », in *Médecins sans frontières* [en ligne], cours d'épidémiologie générale [1], [2], [3], [4], [5], consulté le 21 février 2017.
URL: http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/animations/esperance_vie/
- DELMONT (J.), 1982. « Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane soudanienne d'Afrique de l'Ouest », in *Cahiers d'études africaines*, vol. 22, n°85-86, pp. 117-133. [En ligne], mis en ligne Document généré le 23/09/2015 et consulté le 04 avril 2016. URL: http://www.persee.fr/doc/cea_0008-0055_1982_num_22_85_2276
- DIRECTION GENERALE DE LA METEOROLOGIE (DGM), 2017. *Données climatiques de Libreville, de 2011 à 2016*, 2 p.
- DIRECTION GENERALE DE LA STATISTIQUE, 2015. *Résultats globaux du Recensement Général de la Population et des Logements de 2013 du Gabon* (RGPL-2013), Libreville, 247 p.
- ELISSA (N.), MIGOT-NABIAS (F.), LUTY (A.), RENAUT (A.), TOURE (F.), VAILLANT (M.), LAWOKO (M.), YANGARI (P.), MAYOMBO (J.), LEKOULOU (F.), TSHIPAMBA (P.), MOUKAGNI (R.), MILLET (P.) and DELORON (P.), 2003. « Relationship between entomological inoculation rate, Plasmodium falciparum prevalence rate, and incidence of malaria attack in rural Gabon », in *Acta Tropica* n°85, CIRMEF, Franceville, pp. 355-361.
- INSTITUT DE RECHERCHE EN ECOLOGIE TROPICALE (IRET), 2017. *Données entomologiques sur la cartographie des vecteurs du paludisme au Gabon*, 147 p.

LE BRAS (M.), MALVY (J.-M.-D.), 2004. « Le complexe pathogène tropical : regard nouveau sur un concept ancien », in *Médecine Tropicale* n° 64, pp. 613-618.

MALOPA MAKANGA (J.-D.), 2010. *Les précipitations au Gabon : climatologie analytique en Afrique*, édition L'Harmattan, Paris, 146 p.

MALOPA MAKANGA (J.-D.), 2014. « A propos des prévisions météorologiques. Plaidoyer pour une amélioration des conditions d'observation des éléments du temps », in : Les enjeux et défis du Gabon au XXI^{ème} siècle. Réflexions critiques et prospectives des géographes. Edition Connaissance et savoir, Paris, pp. 195-214.

MARA (A.), 2014. *Géographie de la santé : Espaces et territoires du paludisme en Afrique*, IRD, 15 p

MOUROU (J.-R.), COFFINET (T.), JARJAVAL (F.), PRADINES (B.), AMALVICT (R.), ROGIER (C.), KOMBILA (M.) and PAGES (F.), 2010. « Malaria transmission and insecticide resistance of *Anopheles gambiae* in Libreville and Port-Gentil, Gabon », in *Malaria Journal*, pp. 1-8, [en ligne], consulté le 11 janvier 2016, URL : <http://www.malariajournal.com/content/9/1/321>

NIEUWOLT (S.), 1977. « Tropical climatology » in *Tropical meteorology. Quart. J. R. Met. Soc.*, n°78, pp. 126-164.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2016. *Rapport annuel 2015 sur le paludisme dans le monde*, édition de l'OMS, Genève, 200 p.

PILKINGTON (H.), 2007. « Géographie, climat et santé : Santé internationale et pathologie tropicale », in *Société, Environnement et Santé* n°149, Université de Paris 8, Paris, pp.144-161.

PINTO (J.), LYND (A.), ELISSA (N.), DONNELLY (M.-J.), COSTA (C.), GENTILE (G.), CACCONE (A.) and DO ROSARIO (V.-E.), 2006. « Co-occurrence of East and West African kdr mutations suggests high levels of resistance to pyrethroid insecticides in *Anopheles gambiae* from Libreville, Gabon », in *Medical and Veterinary Entomology* n°20, Libreville, pp. 27–32.

SONNENTAG (O.), 2012. *Introduction à la climatologie, système climatique*, Presse Universitaire de Montréal, Québec, 43 p.

SORRE (M.), 1933. « Complexes pathogènes et géographie médicale », in *Annales de Géographie*, n°235, pp.1-18. [En ligne], consulté le 09 janvier 2015, URL : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003_4010_1933_num_42_235_10619.

TELLE (O.), 2015. « Geography of an emerging disease in endemic urban milieu: the case of dengue in Delhi », in *Cybergeo* n°718, *European Journal of Geography: space, society, territory*, pp. 1-23.

TEZI (R.), 2016. *Former les personnels soignants en Afrique. De l'utilité d'enseigner les sciences humaines et sociales de la santé dans les programmes de formation*. L'Harmattan, Paris, 288 p.

TRAORE (C.), 2003. *Epidemiology of Malaria in holoendemic area of rural Burkina-Faso*, Degree of medical doctor, medical faculty of the Ruprecht-Karls-University Heidelberg, Heidelberg, 103 p.

WAUTHY (B.), 1983. « Introduction à la climatologie du Golfe de Guinée », in *Océanographie tropicale* n°18 (tome 2), pp. 103-138.