

Facteurs de risque environnementaux de la persistance du paludisme dans la banlieue de Dakar (Guédiawaye – Pikine)

[Environmental risk factors for the persistence of malaria in the suburbs of Dakar (Guédiawaye - Pikine)]

Cissé Birane¹⁻⁶, Diène Aminata Niang¹, Ndiaye Jean Louis², Dione Jaques André¹⁻³, Bryant Christopher⁵, Jacques Quensièrè⁶, Kane Alioune¹⁻⁶, and Faye Ousmane¹⁻⁴

¹Graduate School Water Quality and Uses of Water, University Cheikh Anta Diop, Senegal

²Faculty of Medicine, Pharmacy and Dentistry, Parasitology Department, University Cheikh Anta Diop, Senegal

³Ecological Monitoring Center, Senegal

⁴Faculty of Technical Science, Department of Animal Biology, University Cheikh Anta Diop, Senegal

⁵University of Montreal Canada, Department of Geography, Canada

⁶IRD, UMI Résilience, Senegal

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Malaria is a disease that is related to the environment. However, in the search for solutions sanitary measures often take precedence over environmental ones. As a result, the environmental determinants are not adequately taken into account in the approach to fight the disease. This often leads to the ineffectiveness of efforts to tackle malaria. Environmental determinants such as climate are recognized as fundamental factors in issues related to morbidity. In the context of climate variability, the consideration of environmental determinants is particularly important since this could increase the risk of developing malaria vectors.

Changing climatic parameters were tracked from 1947 to 2011 using satellite images for Guédiawaye and Pikine. In addition, the spatial structure of malaria cases in the various municipalities in the study area was undertaken using unsupervised classification of Landsat ETM + images.

Statistical analyses were used to determine the dynamics of climate parameters in relation to malaria (rain, temperature and relative humidity). Digital mapping facilitated the identification of areas at risk of transmission and the development of vectors. These various analyses helped highlight the importance of environmental determinants in the persistence of malaria and Guédiawaye and Pikine.

KEYWORDS: Environment, risk factors, persistence, malaria, suburbs of Dakar.

RESUME: Le paludisme est une maladie tributaire de l'environnement. Toutefois, dans la recherche de solutions les mesures sanitaires prennent souvent le dessus sur celles environnementales. De ce fait, les déterminants environnementaux sont peu pris en compte dans l'approche de lutte contre la maladie. Cette situation conduit souvent à l'inefficacité des mesures prises pour faire face au paludisme. Les déterminants environnementaux tels que ceux climatiques sont reconnus comme des facteurs fondamentaux des questions de morbidité. Dans un contexte de variabilité climatique, la prise en compte des

déterminants environnementaux est d'autant plus important que ce phénomène puisse accroître les risques de développement des vecteurs du paludisme.

Un suivi de l'évolution des paramètres climatiques de 1947 à 2011 et une exploitation d'image satellitaire ont été réalisés à Guédiawaye et à Pikine. Aussi une spatialisation de cas de paludisme a été entreprise au niveau des différentes communes de la zone d'étude ainsi qu'une classification non supervisée d'une image Landsat ETM+.

Les traitements statistiques ont permis de déterminer les dynamiques des paramètres climatiques en relation avec le paludisme (pluie, température et humidité relative). Les traitements de cartographie numérique ont facilité l'identification des zones à risque de transmission et de développement des vecteurs. Ces différents traitements ont permis de mettre en évidence l'importance des déterminants environnementaux dans la persistance du paludisme à Guédiawaye et à Pikine.

MOTS-CLEFS: Environnement, facteurs de risque, persistance, paludisme, banlieue de Dakar.

1 INTRODUCTION

Le paludisme est la maladie qui enregistre le plus de décès au monde avec environ plus d'un million de morts (Guilbaud, 2008). Ce triste constat lui a valu de nombreuses actions orientées vers son éradication.

L'ONU, dans sa définition des objectifs du millénaire pour le développement où la santé se trouve au centre des préoccupations, consacre l'objectif six à la lutte contre le paludisme. Afin de faire face aux ravages de cette maladie, ledit objectif vise la réduction de la prévalence du paludisme d'ici 2015 avec de nouvelles politiques et directives de lutte. Le fardeau du paludisme sur le continent africain a favorisé la prise de conscience des chefs d'Etat qui se sont réunis à Abuja en 2000 pour la définition de mesures appropriées et durables contre ce fléau. Les conclusions de cette rencontre ont abouti aux engagements relatifs à l'accès des populations aux traitements et moyens de protection (OAU, 2001). En dépit des efforts soutenus consentis par les différents acteurs de la lutte contre le paludisme, la maladie continue de faire des victimes (Gachot et al, 2004).

Au Sénégal, le paludisme est un problème de santé publique très préoccupant. Première cause de morbidité et de mortalité dans les structures de soins, le paludisme est à l'origine d'un nombre important de décès d'enfants et de femmes enceintes. Il constitue près de 50% des demandes de services au niveau national (PNLP, 2008). Cet état de fait a favorisé la mise en œuvre de politiques et de directives pour l'éradication de cette pathologie. En 1995, l'Etat du Sénégal élabore le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) dont la mission est de mettre en œuvre la politique de lutte contre le paludisme. Les activités de cette structure sont orientées sur une lutte sanitaire et une lutte préventive. Ceci a permis d'enregistrer des avancées notoires dans la lutte contre le paludisme. Ces actions se traduisent par une baisse de la parasitémie qui est passée de 5,7 % de prévalence à l'échelle nationale en 2009 à 3 % (Gaye, 2012).

Ces résultats cachent toutefois des inégalités dans chaque région malgré des taux satisfaisants et encourageants dans l'ensemble du pays. Toutefois, il existe des zones où la maladie continue de faire de nombreuses victimes à l'instar de la banlieue de Dakar. Ce constat malheureux peut être dû à plusieurs facteurs dont les conditions environnementales particulières qui ont prévalu ces dernières années comme les inondations. L'objectif de cet article est d'identifier le rôle des déterminants environnementaux dans la persistance du paludisme au niveau de la banlieue de Dakar.

2 LE SITE D'ÉTUDE

Les villes de Guédiawaye et Pikine sont des départements de la région de Dakar qui sont les plus concernés par la zone des Niayes. La zone se situe sur la côte Atlantique entre 14°40 de latitude nord et 17°20 de longitude ouest, occupant la partie centrale de la presqu'île du Cap Vert (figure n°1).

Elles sont nées de l'aménagement des terres de la banlieue pour accueillir les populations déguerpies de Dakar, mais très vite le rythme d'occupation de cet espace s'est accéléré sous l'effet conjugué des problèmes d'ordre économique et climatique entraînant un débordement de l'espace urbanisé vers des terres impropres à l'occupation. La sécheresse des années 1970, la libéralisation et l'ouverture du marché intérieur dans le cadre des politiques d'ajustement structurel vont considérablement affaiblir les producteurs qui ne peuvent plus faire face à la concurrence internationale. Ainsi, le seul recours pour ces couches sociales fut l'exode vers la capitale Dakar pour trouver des conditions de vie meilleures.

L'étroitesse du site et la rareté de terrains disponibles justifient l'orientation et l'occupation progressive des zones marécageuses par les populations, rendant précaires leurs conditions de vie. Il en résulte de nombreux problèmes de gestion de ces villes surtout ceux relatifs au cadre de vie et à la santé des populations.

L'environnement de ce milieu est marqué par la présence de zones humides urbaines qui constituent souvent l'unique niche pour le développement des larves d'anophèles. Occupée durant les périodes de sécheresse, ces zones inondées ont été prises d'assaut par des populations urbaines en manque d'espace (UNICEF, 2007). L'amélioration de la pluviométrie au début des années 2000 a permis le rechargement de la nappe phréatique, des céanes et des cuvettes, mais surtout l'accroissement des phénomènes d'inondation (dus à la mauvaise qualité des sites d'habitation) dans de nombreux centres urbains. La multiplication des surfaces d'eau stagnantes a contribué à la multiplication des gîtes de moustiques rendant les populations vulnérables au paludisme (Salem, 1998).

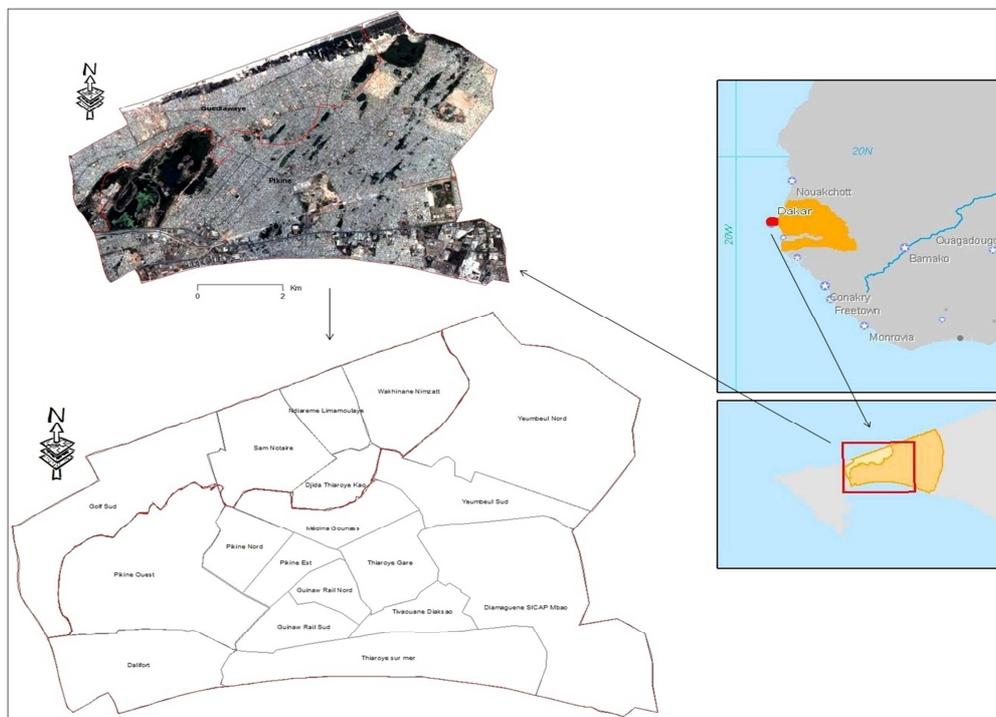


Fig. 1. Site d'étude de part ses communes et son occupation

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

La méthodologie mise en œuvre s'articule essentiellement autour de la collecte et du traitement de données biomédicales et environnementales. Dans un premier temps, des traitements d'images satellitaires ont été effectués à partir de calcul d'indices et de compositions colorées mettant en évidence les dynamiques spatiales et des gîtes potentiels de vecteur. Ensuite, une détermination de l'évolution des paramètres climatiques (pluie, température et humidité relative) de 1947 à 2011 à partir de calcul des moyennes annuelles, des écarts à la moyenne pour l'analyse de la dynamique des gîtes et des peuplements de vecteur du paludisme. Enfin, une hiérarchisation des facteurs de risque par la détermination de leur impact dans le développement de la maladie a été réalisée afin d'identifier les déterminants de la persistance du paludisme.

3.1 COLLECTE DES DONNÉES BIOMÉDICALES

Elles mettent en évidence les informations de morbidité et entomologiques au niveau de Guédiawaye et Pikine.

3.1.1 LES DONNÉES D'ACCÈS PALUSTRES

Elles ont été collectées en 2011 au niveau des sites de Bagdad (District de Pikine) et Guédiawaye (District de Guédiawaye). La population de l'étude était constituée d'individus de plus de six mois ayant un état fébrile présentant une infestation par *P. falciparum* non compliquée confirmée. Elle provenait des différents quartiers de Guédiawaye et Pikine, avec de fortes représentations des quartiers riverains des structures pilotes (Déggo et Roi Baudouin). Les registres de suivi des malades renfermaient les informations suivantes : l'adresse des patients, le sexe, l'âge, le poids, le diagnostic, la

parasitémie, entre autres. Cette base de données a été notre source d'informations sanitaires. Elle a été exploitée au courant de l'année 2011 au sein des structures de santé pilotes. Son exploitation fut essentielle pour une géographie du paludisme, car permettant d'établir des statistiques dans le temps et dans l'espace.

LA SÉLECTION DES PATIENTS

Le paludisme est une parasitose transmise par la piqûre d'anophèles. Son agent pathogène est le *Plasmodium falciparum* qui est une des espèces de *Plasmodium* responsable de la transmission de la maladie chez les êtres humains (Liu et al, 2010). Découvert par Laveran en 1880, il est considéré comme le plus dangereux des parasites causant le paludisme, car entraînant le taux de mortalité le plus élevé (Gueirard, 2010). En dehors des symptômes classiques du paludisme (fièvre, maux de tête ...), la présence du plasmodium dans le sang est la seule certitude de contamination. Pour la détection du parasite chez l'homme, différentes techniques sont utilisées, il s'agit entre autres de la goutte épaisse et des tests de diagnostic rapide. Dans le cadre de cette étude, les données de goutte épaisse ont été utilisées pour la détermination de la géographie du paludisme.

L'EXPLOITATION DES REGISTRES DE SUIVI DES PATIENTS

Les données de goutte épaisse ont été utilisées, car permettant de confirmer la présence du parasite responsable de la pathologie (morbidité diagnostiquée). Elles permettent aussi de mesurer la quantité de parasite présente dans le sang des patients (parasitémie). Ces variables biomédicales ont servi à calculer et à spatialiser l'incidence du paludisme dans les quartiers de Guédiawaye et Pikine. Elles nous ont permis de distinguer les populations exposées aux piqûres de moustique, les disparités spatiales de l'exposition et les zones à risque palustres. La combinaison de ces deux données permet de déterminer la répartition spatiale du paludisme au niveau des quartiers de Guédiawaye et Pikine. Dans notre cas, la morbidité et la parasitémie qui varient selon les formes d'exposition des populations aux vecteurs, constituent des indicateurs pertinents pour la transcription spatiale du paludisme dans la zone d'étude.

Dans le cadre de notre recherche, nous nous sommes intéressés aux patients de plus de six (6) mois atteints de paludisme avec une confirmation de leur diagnostic. Nous avons enregistré tous les cas de paludisme confirmés par goutte épaisse déclarés au niveau des structures pilotes des deux départements (Guédiawaye et Pikine). Pour chaque cas recensé, nous avons enregistré le sexe, l'âge, la parasitémie, l'adresse exacte du patient, la commune d'arrondissement et le quartier de résidence. Après le recensement des cas, nous les avons géoréférencé au niveau des localités d'origine (communes et quartiers) afin d'établir la géographie du paludisme et les principaux quartiers à risques à Guédiawaye et Pikine.

3.1.2 LES DONNÉES ENTOMOLOGIQUES

La détermination de la géographie du paludisme à Guédiawaye et Pikine a nécessité aussi une exploitation de données entomologiques. Elles constituent une source d'information non négligeable dans l'étude du paludisme, car mettant en évidence les vecteurs de la maladie, la dynamique des peuplements de vecteur et des gîtes. Ces informations permettent de rendre compte de l'exposition des populations à la transmission du paludisme, essentielles dans l'étude de la géographie du paludisme. Elles sont constituées de deux types de données : celles de captures de moustiques issues d'une étude dans la région de Dakar « **Conditions of malaria transmission in Dakar from 2007 to 2010** ». Ce projet était mené par une équipe de l'IRD et couvrait la région de Dakar. Les départements de Guédiawaye et de Pikine, objets de la présente étude, faisaient partie de l'étude et six (6) sites qui ont été sélectionnés dans la banlieue de Dakar.

LES DONNÉES DE CAPTURE DE MOUSTIQUES

Dans la banlieue de Dakar, six sites d'étude ont été sélectionnés : quatre (04) dans le département de Pikine (Pikine Ouest, Pikine Est, Thiaroye Maire et Touba Thiaroye) et deux (02) à Guédiawaye (Roi Baudouin et Doro Aw). Ils ont été pris comme site atelier après sélection sur l'ensemble des zones humides de la zone d'étude (figure n°1).

La banlieue de Dakar avec sa forte polarisation de zones humides, qui sont des reliques de la Niayes, constitue un site privilégié pour la reproduction des moustiques. Ces milieux humides se répartissent sur l'ensemble de la banlieue, couvrant une bonne partie de l'espace des communes de Guédiawaye et de Pikine. Le choix des points de capture de l'étude s'est fait afin de couvrir autant d'environnements aussi divers que possible en termes de type d'urbanisation, de végétation, de niveau socio-économique entre autres. Les sites ont été délimités sur le terrain par des carrés de 200m de côté, afin de couvrir une superficie d'environ 200 x 200m, en fonction des contraintes techniques et logistiques présentées par le paysage. Les zones

étudiées sont présentées et répertoriées dans la figure 1, chaque point étant le centre de la zone (Gadiaga, 2011). En fonction de ces critères, les sites suivants ont été sélectionnés :

- Site n°7 (Pikine Ouest) qui est constitué de quartiers planifiés tels que les cités Lobât Fall, Gazelle, Police, entre autres. Ces quartiers sont localisés près de la grande Niayes de Pikine, ce qui fait de ce dernier le principal pourvoyeur de moustique dans les habitations. Ce site n'est pas très concerné par les problèmes d'inondation du fait de leur couverture en équipement d'assainissement.
- Site n°26 (Pikine Est) est au centre de la ville de Pikine, se situant au niveau de la première expansion de la ville. Ce site est composé de quartiers planifiés avec une bonne couverture en équipements. Cette partie de Pikine est épargnée aussi par les inondations, car étant sur la dune. Ce site n'est pas proche des Niayes et pendant la saison des pluies on y retrouve pas de plans d'eau pouvant accueillir des moustiques.
- Site n°43 (Thiaroye Mairie) se localise dans les anciennes zones occupées de la ville de Pikine. Ce site est implanté dans la Niaye de Thiaroye qui est un espace de marâchage, dont les eaux des céanes sont utilisées pour l'arrosage des plantes. Ce sont ces céanes qui sont les sites de prédilection des moustiques pour leur reproduction.
- Site n°44 (Touba Thiaroye) est en pleine zone inondable, dans les quartiers irréguliers de Pikine qui n'ont pas une bonne couverture d'équipements d'assainissement. Les maisons des quartiers de cette zone sont abandonnées pendant la saison des pluies, parce qu'envahies par les eaux de pluie favorisant la mise en place de gîtes de reproduction des moustiques.
- Site n°33 (Doro Aw) est dans la ville de Guédiawaye et est localisé dans sa partie dunaire. Le site est dépourvu d'équipements d'assainissement, mais avec le sable dunaire il est hors des sites inondés de la ville et on n'y retrouve pas de gîtes de moustiques.
- Site n°15 (Roi Baudouin) est en zone planifiée de Guédiawaye dans la commune de Sam Notaire. Il est en zone sableuse et est couvert par un réseau d'assainissement, ce qui lui permet de faire face aux inondations. Toutefois, le site se trouve en face de la commune de Médina Gounass qui était un ancien marécage, très touchée par les inondations depuis quelques années. Ce qui a permis aux cuvettes d'être inondées et de devenir de véritables gîtes de moustiques.

La collecte de données a débuté en septembre 2007 et s'est terminée en juillet 2010, couvrant ainsi une période de trois ans. Les sites ont été visités durant les deux saisons de l'année à savoir la saison sèche et celle des pluies, afin d'avoir une idée sur la dynamique de reproduction des moustiques. L'exploitation de la base de données nous a permis d'apprécier la concentration de vecteurs du paludisme au niveau des six quartiers de capture.

3.2 LES DONNÉES CLIMATIQUES

Les données du climat utilisées dans ce travail sont celles qui sont directement liées au paludisme : pluie, température et humidité relative. La pluie permet la mise en place de milieux de prolifération des vecteurs. Dans leur cycle de vie, les vecteurs passent trois étapes dans l'eau et la pluie est le principal facteur de mise en place des milieux de reproduction. La température quant à elle, intervient dans le cycle sporogonique en réduisant ou en rallongeant la durée. Le dernier paramètre climatique qu'est l'humidité, favorise la longévité des moustiques adultes. Ces données climatiques ont été collectées au niveau de l'ANAMS et couvrent la période allant de 1947 à 2011. Ces paramètres ont été utilisés afin de décrire la dynamique climatique qui a concouru à la redynamisation de la Niaye, ainsi qu'à la mise en place de milieux de reproduction des vecteurs et à un accroissement des peuplements de vecteurs du paludisme. Pour chaque paramètre, nous avons déterminé la moyenne annuelle, les écarts à la moyenne ainsi que les phases de rupture. Les variables utilisées nous ont permis d'identifier les périodes de changement de régime dans la dynamique des paramètres climatiques ayant concouru à la persistance du paludisme.

3.3 TRAITEMENTS

3.3.1 LES DONNÉES DE TÉLÉDÉTECTION

En ce qui concerne les données de Télédétection, une image Landsat a été utilisée dans le cadre de cette étude. Il s'agit d'une image du satellite Landsat 7 ETM + recueillie après le 31 mai 2003. Cette scène fait partie des données Landsat ayant bénéficié des corrections radiométriques et géométriques. Ces traitements ont donné aux images Landsat 7 une qualité

visuelle satisfaisante, mettant en évidence certains aspects spatiaux. Les traitements de télédétection ont été réalisés grâce au logiciel ENVI Version 4.1.

Le premier traitement a consisté à réaliser une composition colorée à partir de l'image Landsat. Elle a combiné les bandes (n°4 Infrarouge, n°3 Rouge et n°2 Verte) et apporté une information sur les unités de l'occupation du sol dans la zone d'étude. Le résultat de la composition colorée a servi de donnée d'entrée pour le second traitement de télédétection. Pour ce dernier, une classification non supervisée de la composition colorée Image Landsat 7 ETM+ (K means, 10 classes, seuil 5%) a été réalisée afin d'identifier les zones humides propices à la mise en place de gîtes de moustiques au niveau du site d'étude.

3.3.2 LES DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les cas positifs de paludisme sont sélectionnés et les informations relatives à leur localisation sur le terrain sont prises (commune, quartier, adresse domicile et numéro de téléphone). Les sites de capture de moustiques ont été localisés aussi sur le terrain par GPS et les prises enregistrées pour chaque localité. Ces informations nous ont permis de constituer une base de données SIG exploitée dans le logiciel ArcGis afin de spatialiser les cas de paludisme.

Les données biomédicales ont été ensuite superposées à celles relatives à zones potentielles de développement des vecteurs afin de déterminer les zones vulnérables au paludisme à Guédiawaye et Pikine.

4 RÉSULTATS

4.1 DES CAS DE PALUDISME QUI MASQUENT DE FORTES DISPARITÉS

Les données collectées mettent en évidence des patients résidant au niveau des deux départements de la zone d'étude. Elles proviennent de trois structures de soins localisées chacune dans un département du site (Roi Baudouin, Dominique et Bagdad). L'analyse de la spatialisation des données biomédicales nous ont éclairés sur la situation du paludisme dans la zone d'étude (figure 2). Ils montrent une incidence des cas de la maladie au niveau des localités en proie aux inondations et celles limitrophes aux zones humides. La transmission du paludisme peut être matérialisée comme un système avec trois éléments (gîte-vecteur-hôte). L'absence de l'un de ces éléments du système entraîne la rupture du cycle de transmission. Le contact vecteur-hôte constitue la phase terminale de la transmission de la maladie et cette relation dépend de la présence de vecteurs infectés par le parasite palustre. C'est ce contact qui permet le transfert du parasite du vecteur vers l'homme pour que la maladie puisse se déclarer. De ce fait, les chances de transmission de la maladie sont plus probables au niveau des localités qui jouxtent les gîtes à vecteurs.

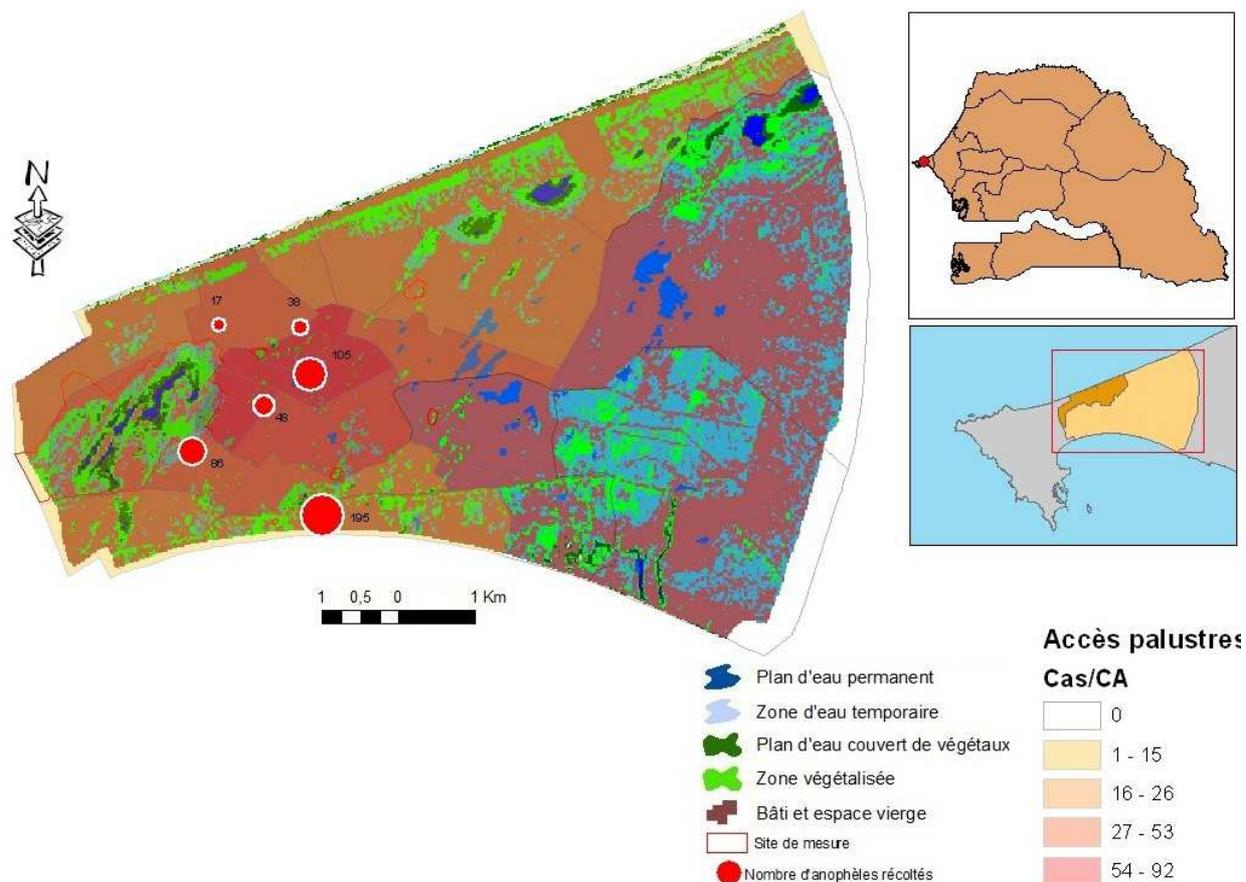


Fig. 2. Cas de paludisme confirmés et densité anophélienne

4.1.1 DISPARITES SPATIALES DES CAS DE PALUDISME CONFIRME

A l'échelle des communes d'arrondissement, les cas de paludisme sont répertoriés au niveau des localités exposées aux inondations. Cette information suppose que, seules les zones affectées par ce phénomène souffrent du paludisme. Les communes d'arrondissement sont constituées de quartiers et dans les sites de Guédiawaye et Pikine il existe des localités qui ne sont pas concernées par la problématique des inondations et d'autres qui sont affectées à une moindre mesure. Cet état de fait montre qu'il existe des disparités dans l'exposition des populations aux vecteurs du paludisme. Dans le site d'étude on observe que les communes d'arrondissement localisées en zone d'inondation, présentent une hétérogénéité spatiale des cas de paludisme confirmés (figure n°3).

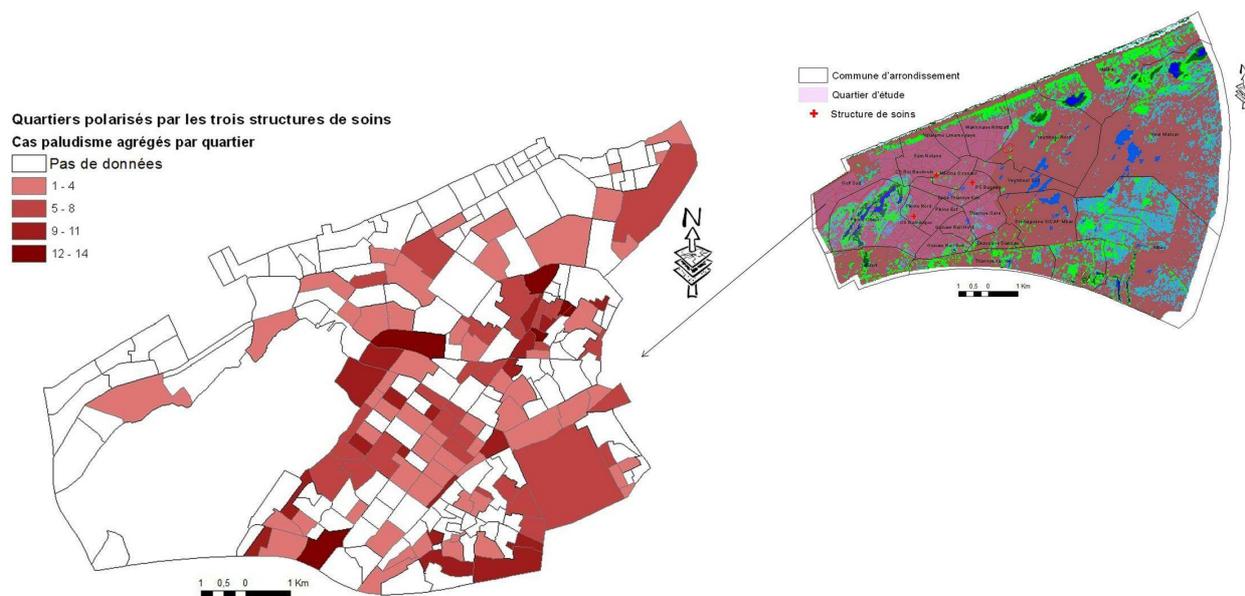


Fig. 3. Hétérogénéité spatiale des cas de paludisme confirmés au niveau des quartiers de Guédiawaye et Pikine

Source cartographique : images Landsat7 ETM+, réalisation B. CISSE

Source biomédicale : Service Parasitologique UCAD, 2010-2011

Les quartiers du site sont différents de par leur statut et de par la population qu'ils accueillent. A Guédiawaye et à Pikine, deux sortes de quartier sont rencontrés : des quartiers nés de la volonté de l'Etat et d'autres de la poussée des nouveaux arrivants dans la ville. Cette typologie fait que les premiers ont bénéficiés d'équipements qui leurs ont permis de faire face aux problèmes d'inondation. Les quartiers nés de l'arrivée massive de populations dans la ville, sont par contre dépourvus d'installations d'assainissement les plongeant ainsi dans la sphère des inondations. C'est dans ces quartiers que les milieux de reproductions de vecteurs sont plus visibles et ils concentrent les taux de prévalence palustre les plus élevés. Cependant, les fortes pluies qui tombent dans la zone n'épargnent pas aussi les quartiers équipés en infrastructures d'assainissement de la présence de milieux de stagnation des eaux probables demeures de moustique. Cet état de fait conduit à l'existence de gîtes de moustiques au niveau de ces quartiers. De là, on se retrouve des prévalences palustre voisines ou qui dépassent même celles enregistrées au niveau des quartiers localisés en zone humides (figure n°3).

4.1.2 UN RISQUE PALUSTRE QUI DECROIT ENTRE LES ZONES HUMIDES

Les disparités spatiales des cas de paludisme sur le terrain permettent d'identifier les zones de concentration des malades. Ces données combinées à la localisation des gîtes et des vecteurs constituent moyen de repérage des localités à risque de transmission élevé. Les prévalences enregistrées au niveau des communes ont montré une concentration des cas de paludisme confirmés au niveau des localités en proie aux inondations et qui jouxtent les zones humides. Les données de parasitémie des patients projetées sur l'espace ont confirmé cette information. Elles montrent un gradient palustre qui s'estompe au fur et à mesure que l'on s'éloigne des zones d'eau et qui croît dès qu'on retrouve un milieu humide (figure n°4). Cette configuration de la transmission palustre montre une nouvelle dynamique de la transmission du paludisme. Car avant la dynamique des pluies enregistrée de nos jours, la Niayes constituait le seul milieu de prolifération des vecteurs de la maladie. Les quantités de pluie qui s'abattent dans la région sahélienne ont conduit à une multiplication des milieux propices à la reproduction des moustiques. Ces zones sont souvent enclavées au sein des lieux d'habitations humaines exposant les populations de tous bords au contact des vecteurs.

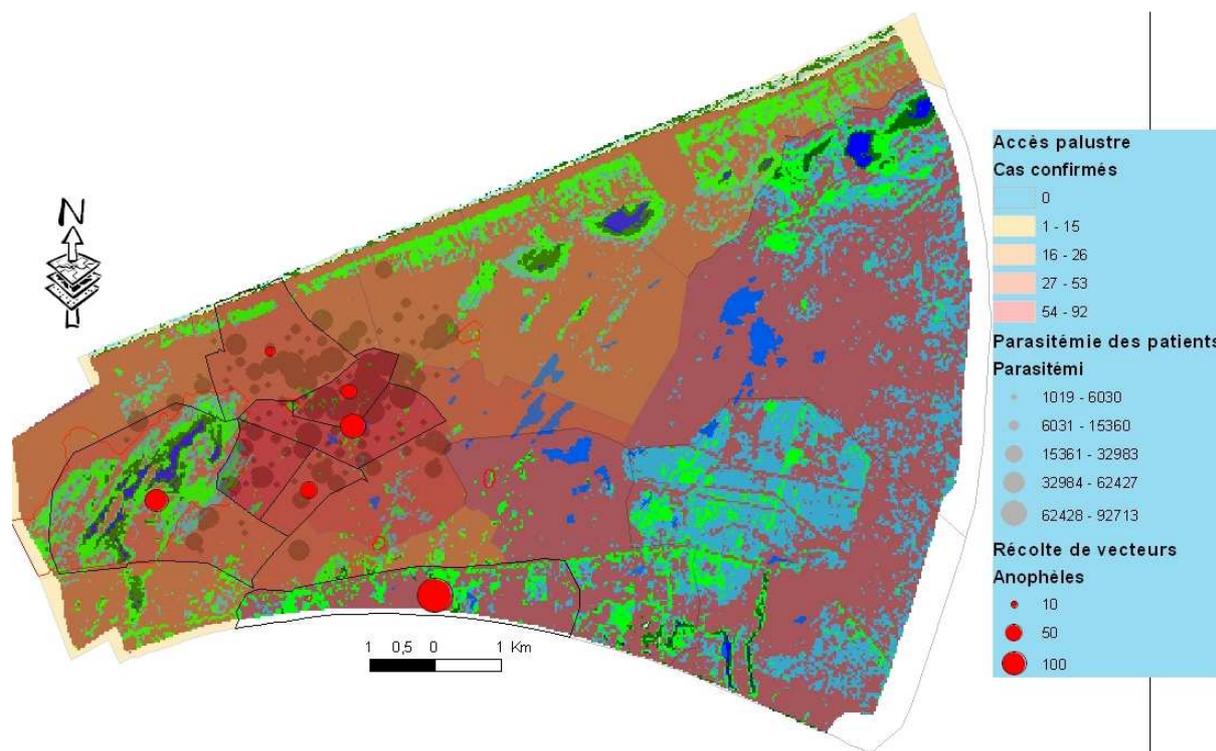


Fig. 4. Concentration de la parasitémie au tour des zones humides

4.2 UNE DYNAMIQUE NOUVELLE DU REGIME PLUVIOMETRIQUE

La région sahélienne était jadis un milieu bien arrosé par les pluies, mais elle a connu des périodes de sécheresse qui ont bouleversé l'ensemble des écosystèmes naturels. Des phases d'absence de pluie qui sont inscrites dans un contexte de variabilité climatique, qui n'est plus à démontrer dans cette partie du continent. Cette dernière, qui est une déviation moyenne par rapport à la moyenne des paramètres climatiques (Bruijn, 2006), se manifeste par leur dynamique spatio-temporelle régressive ou évolutive.

Cette baisse des pluies s'est amorcée à partir de 1967, année à partir de laquelle on a noté des pluies annuelles excédentaires avec des phases de sécheresse brèves (Dacosta et al, 2002). La région sahélienne était à cette période luxuriante avec des moyennes pluviométriques qui atteignaient les 450 mm. Au-delà de cette période, c'est-à-dire à partir de 1968, la baisse des pluies a été plus significative avec la présence de phases de sécheresses plus longues, qui ont progressivement réduit les apports pluviométriques. Cette étape va de 1968 à 1998 et enregistre des phases de sécheresse dont la plus importante est celle des années 1970. Elle est marquée par une chute drastique sans précédent des précipitations plongeant la région sahélienne dans la décadence. D'après Dacosta, cette région est entrée dans une dynamique régressive des précipitations à partir de 1947, marquant l'année de rupture où les pluies annuelles sont tombées en-dessous de la moyenne annuelle qui était de 450 mm (figure 5). Avant l'année de rupture (1968), matérialisée par la courbe en vert, la région enregistrait des pluies abondantes avec une moyenne qui tournait autour de 596 mm de pluie par an, mais des phases de sécheresse courtes étaient aussi notées. Au-delà de cette période la situation s'est aggravée, car les totaux annuels ne dépassaient plus la moyenne annuelle et les phases de sécheresse étaient devenues plus longues dans le temps. La région enregistrait des moyennes pluviométriques très basses, environ 355 mm, nettement en dessous de la moyenne de série matérialisée par la courbe en rouge. La courbe en orange représente la moyenne mobile de la précipitation moyenne annuelle. Cette moyenne mobile permet d'éliminer les fluctuations les moins significatives de séries pluviométriques, et montre bien les périodes pluvieuses avant 1967 ainsi que les périodes sèches. La courbe montre de façon très claire la situation après la période de rupture, avec la prépondérance des phases de sécheresse, mais aussi la présence de périodes humides telles qu'au début des années 1990 et au milieu des années 2000 où les pluies annuelles ont littéralement dépassé la moyenne annuelle. Cette situation fait valoir une nouvelle dynamique, marquée par une amélioration de la pluviosité sur le territoire national à la fin des années 1990. Cette activité pluviométrique bien que réelle

est loin d'une comparaison avec les périodes humides d'avant l'année de rupture 1968 mais elle a joué un rôle prépondérant dans la mise en place de conditions propices au paludisme (Dossou Yovo, 1994).

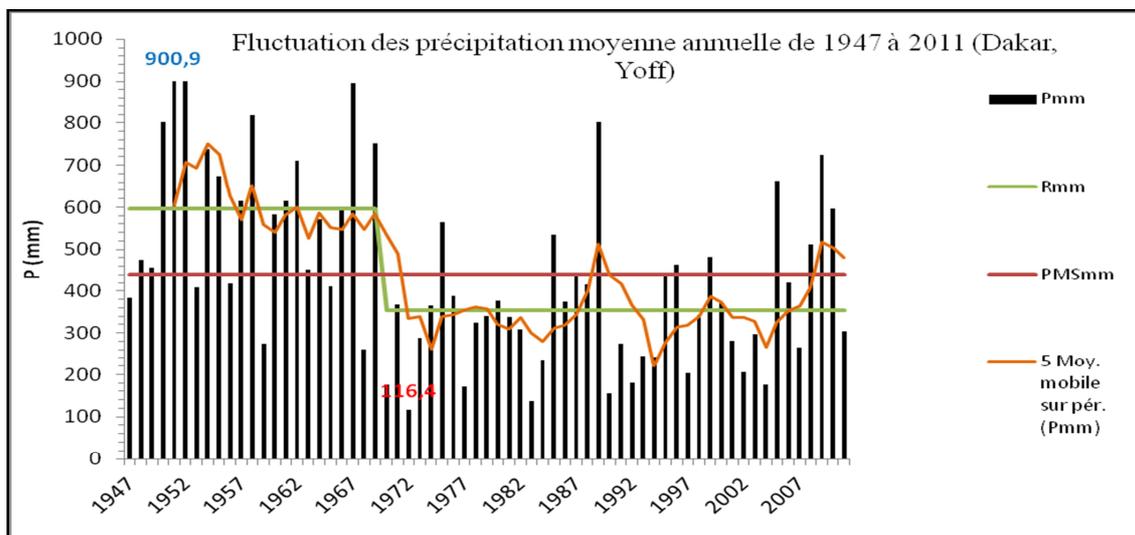


Fig. 5. Fluctuation des précipitations annuelles de 1947 à 2011 (Dakar, Yoff)

4.3 DES TEMPERATURES ET DES HUMIDITES FAVORABLES AUX VECTEURS

La température et l'humidité relative de l'air (ou hygrométrie) jouent un rôle majeur dans le développement des espèces de moustiques (Lindsay M. Beck-Johnson, 2011). Ces deux paramètres climatiques influent sur le cycle sporogonique¹ des moustiques et sur leur longévité à l'état adulte.

La région sahélienne est caractérisée par ses forts coups de chaleur qu'elle enregistre en période d'hivernage. Cette partie de l'Afrique est concernée par deux types de saison : une sèche et une autre humide qui sont caractérisées par la fluctuation des températures. La saison sèche qui part de novembre à mai, est caractérisée par des températures moyennement comprises entre 22°C et 30°C, dont les plus basses sont enregistrées au mois de janvier. La saison des pluies quant à elle, part de juin à octobre et enregistre les pics de température qui atteignent environ 35°C. Les températures ont connu une hausse considérable au milieu des années 1990, alors qu'elles étaient en alternance de périodes chaudes et froides, montrant qu'il fait de plus en plus chaud par rapport aux années antérieures à la sécheresse. Cette augmentation des températures se manifeste par des vagues de chaleur qui sont enregistrées dans la durée, alors qu'elles étaient courtes avant ce changement de régime. Les moyennes enregistrées tournent autour de 28°C alors qu'elles étaient de 27°C (ANAMS, 2011). C'est au milieu des années 1990 que les températures ont connu un bond et suivent cette allure croissante jusqu'à présent. L'alternance de phases de basses et de hautes températures est bien présente mais les périodes chaudes sont nettement supérieures et illustrent bien la variabilité et le changement de régime (figure n°6).

¹Etape anophélienne du cycle de développement du parasite, cycle sexué (Mouchet, 2004).

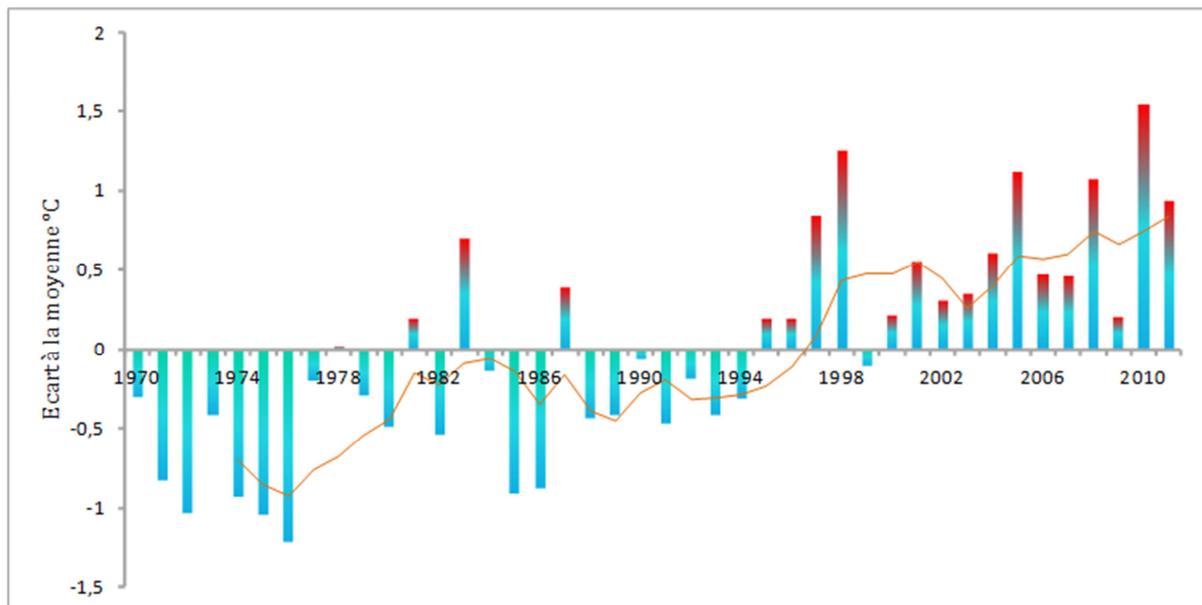


Fig. 6. Ecart à la moyenne interannuelle des températures de 1970 à 2011 (Dakar, Yoff)

Source : ANAMS, www.tutiempo.net

Dans le changement des régimes des paramètres climatiques cités, l'humidité relative elle aussi a connu des modifications dans le temps. Elle mesure la quantité d'eau contenue dans l'air et varie selon la température de l'air et des masses d'air. Ce paramètre a suivi une trajectoire divergente par rapport aux paramètres précités. L'humidité relative a subi des variations notoires au milieu des années 1990 (en même temps que les températures) où elle connaît une régression. Avant cette chute, l'humidité relative était positive et constante avec une moyenne annuelle qui tournait autour de 91%, mais elle a complètement changé à partir de 1990 où elle est tombée à 89% (figure 7).

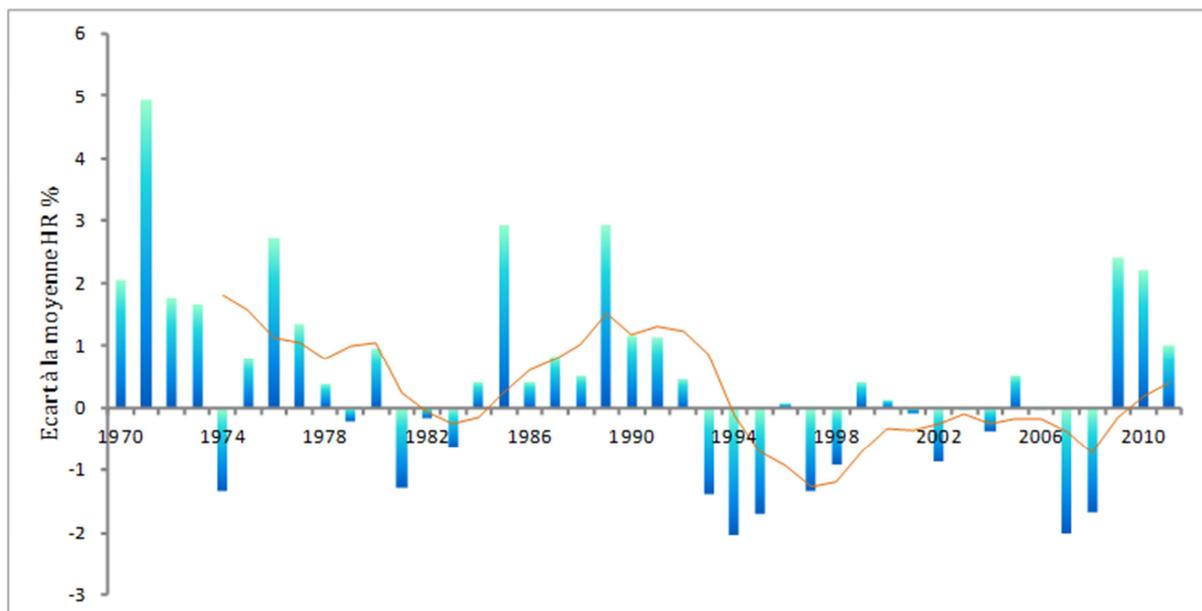


Fig. 7. Ecart des moyennes annuelles d'humidité relative de 1970 à 2011 (Dakar, Yoff)

Source : ANAMS, www.tutiempo.net

4.4 LA GEOGRAPHIE DES VECTEURS DU PALUDISME

Les prises ont révélé des disparités spatiales de présence d’anophèle dans la zone d’étude (figure 8). Elles montrent des concentrations de vecteurs au niveau des quartiers situés près des zones d’eau. Cet état de fait s’explique par le fait que les anophèles pour leur repas sanguin vont directement vers les lieux proches à leurs gîtes ou à leurs lieux de repos. A Guédiawaye et à Pikine les installations humaines ont enclavées leur sein les lieux de reproduction des anophèles et ces derniers sont plus présents dans les zones irrégulières que celles régulières.

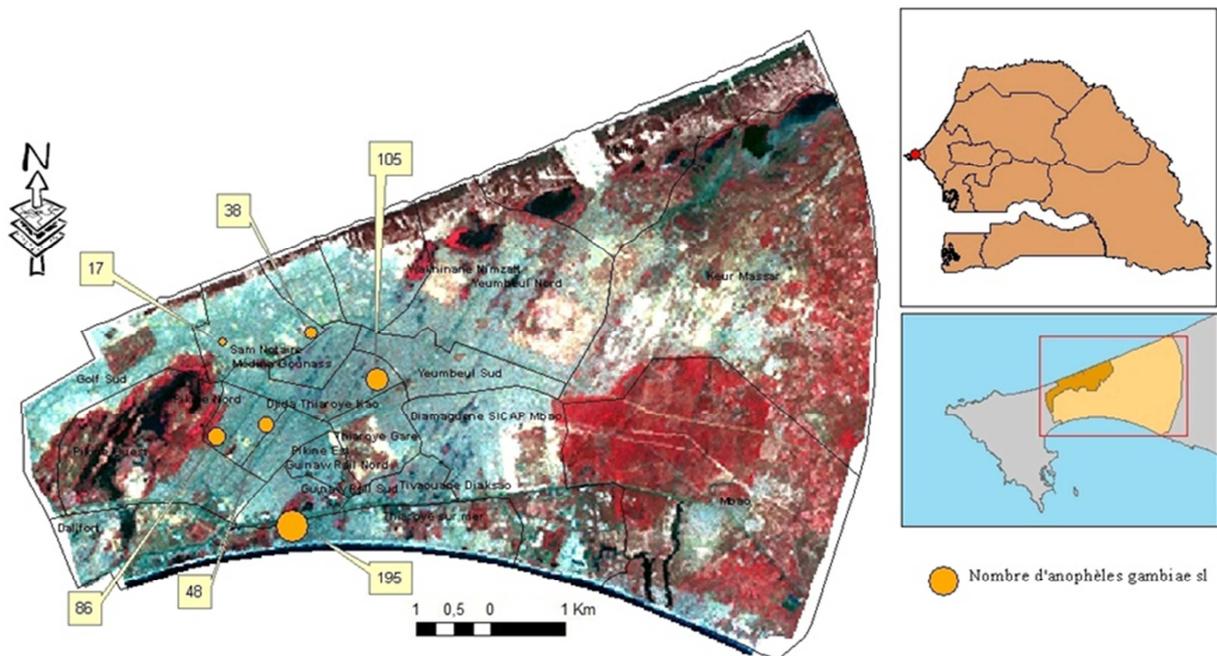


Fig. 8. Nombre d'Anophèles gambiae sl capturés en Aout et Novembre

Source : Machault V, 2010. Image Landsat ETM+, conception CISSE B

Les zones de présence élevée de vecteurs ont été notées au niveau des communes d’arrondissement qui regroupent les quartiers spontanés. Ces installations humaines localisées dans des bas fonds occupés après leur assèchement pendant les années de pluviométrie déficitaire ont retrouvé leurs caractéristiques d’antan à la suite de leur remise en eau (figure 9). Cette situation a entraîné la multiplication de zones de stagnation des eaux de pluie dans les quartiers spontanés dépourvus d’infrastructures d’assainissement.

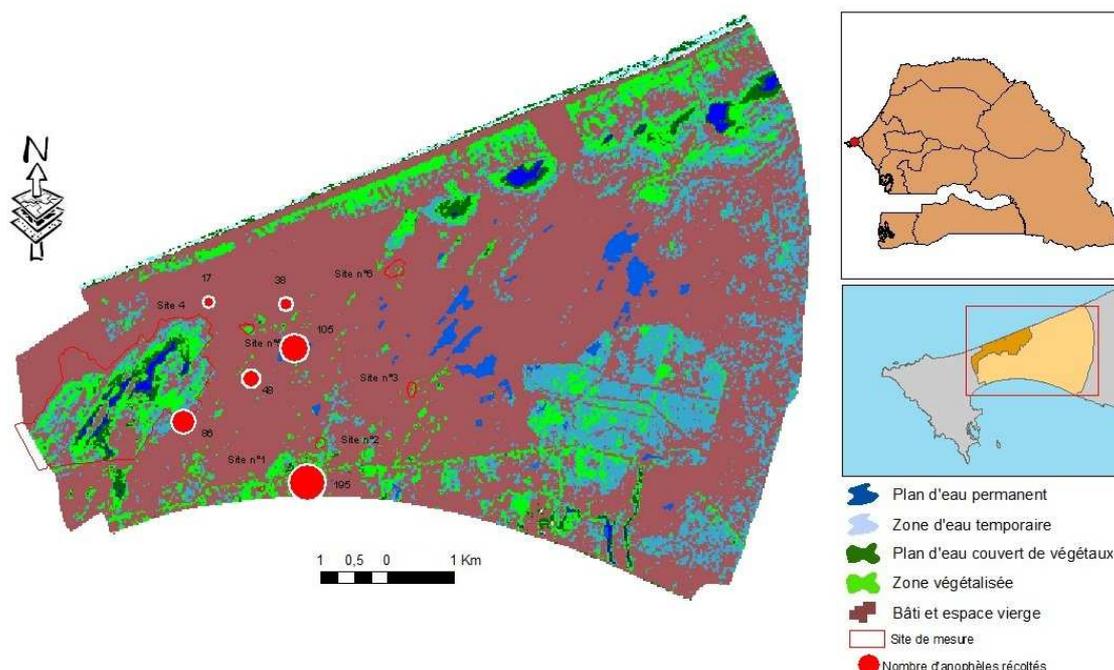


Fig. 9. Zones d'inondation et proportion de vecteurs palustres

5 DISCUSSION

La répartition spatiale de la prévalence palustre dans la zone d'étude montre un gradient centre-périphérie. Les structures de collecte des données de morbidité sont localisées au centre de la zone d'étude. Ces espaces constituent leurs aires de recrutement de malades, mais cet état de fait n'explique pas seulement les prévalences de cas de paludisme élevées enregistrées. Les communes qui abritent ces structures de soins sont localisées en pleine zone inondable présentant des caractéristiques de la Niayes, donc des localités en contact avec les gîtes à vecteurs. Les visites de terrain nous ont montré une présence en nombre de zones d'inondations qui renferment des caractéristiques favorables au développement de vecteurs palustres. Les captures de vecteurs montrent des proportions élevées d'anophèles au niveau de la zone ce qui maintient la transmission de la maladie. Dans le contexte de Guédiawaye et Pikine, les gîtes sont enclavés dans les quartiers. Dans ce cas de figure, les vecteurs n'ont pas besoin d'aller très loin pour trouver leur repas sanguin. Les installations humaines mitoyennes aux zones de reproduction et de repos des moustiques sont les premiers touchés par la transmission de la maladie. Elle décroît ensuite lorsqu'on se dirige vers la périphérie où l'on note une réduction des peuplements de vecteurs. La zone périphérique est marquée par la présence de sable dunaire ce qui facilite l'infiltration des eaux de pluie et l'absence de surfaces d'inondation pouvant accueillir des moustiques. La prévalence des cas de paludisme agrégés au CA, cachent des réalités spatiales de la transmission dans la zone. Dans une commune, les différents quartiers ne sont pas exposés avec la même intensité aux piqûres de vecteurs.

La prévalence de paludisme confirmée agrégée aux quartiers de provenance des malades mettent en exergue les différents niveaux de la transmission dans la zone d'étude. Les quartiers des communes d'arrondissement exposées aux inondations recèlent des parts importantes de malades. Mais la transmission du paludisme se distingue d'un quartier à l'autre dans une même commune. La morphologie du site, constituée de dunes et de dépressions fait qu'il existe des localités plus en proie aux inondations. La transmission du paludisme au Sénégal est endémique avec des pics enregistrés en saison des pluies. Cette période coïncide avec la multiplication des superficies inondées qui fournissent aux vecteurs du paludisme des milieux propices pour leur reproduction. L'abondance de ces milieux participe fortement à l'accroissement des peuplements de vecteurs qui expose davantage les populations de ces zones aux risques de transmission du paludisme. Les quartiers localisés aux abords des zones humides de la Niayes enregistrent de fortes prévalences palustres. Cette prévalence décroît lorsqu'on se retrouve dans des quartiers éloignés des zones d'eau. Etant dans une localité où les surfaces d'inondation sont en nombre, les prévalences reprennent leurs allures croissantes dès qu'elles se rapprochent des quartiers inondés. Cette situation fait qu'une commune très exposée aux inondations est affectée de différentes façons par le

paludisme. Elle peut présenter une prévalence brute élevée, mais très hétérogène lorsqu'on la regarde à une échelle fine du fait de la localisation des habitats humains aux gîtes de vecteurs.

Les taux de parasitémie les plus élevés sont relevés au niveau des localités qui sont proches de la Niayes et des reliques de cette dernière. Cette tendance s'explique par une présence soutenue de vecteurs dans ces localités traduites dans les résultats de captures effectués dans la zone. Les concessions mitoyennes aux zones humides sont les lieux privilégiés de contact vecteur-homme. Les moustiques matures qui quittent les gîtes se dirigent vers les premières installations humaines afin d'assurer leur repas sanguin. Ce sont les quartiers proches de ces gîtes qui sont les premiers colonisés par les vecteurs ce qui les expose davantage à la transmission par rapport aux sites plus éloignés.

Analyser au niveau des quartiers, la transmission palustre apparaît plus complexe et montre de fortes disparités au sein d'un même site. L'organisation spatiale des quartiers et même les modes de vie des populations entrent dans l'explication de l'hétérogénéité des accès palustres.

Les départements de Guédiawaye et Pikine sont caractérisés par l'hétérogénéité de leurs espaces. Ils vont des zones dunaires aux bas-fonds en passant par les différentes dépressions. Cette configuration fait du site, un cadre très exposé aux inondations, car les eaux qui tombent au niveau des zones dunaires sont drainées vers les quartiers situés au niveau des points bas. Ce sont les quartiers spontanés de Guédiawaye et Pikine qui subissent de ce phénomène naturel. Ces sites d'habitations souffrent de défauts de planification d'infrastructures d'assainissement les laissant à la proie des inondations (Wade, 2009).

Dans le site d'étude, les rares équipements d'assainissement sont localisés au niveau des quartiers planifiés. A Guédiawaye, on les retrouve au niveau des quartiers situés dans la commune d'arrondissement de Sam Notaire et à Pikine au niveau de la commune de Pikine Ouest et Est. En plus d'être équipés en infrastructures d'assainissement, ces quartiers sont situés en zone dunaire facilitant l'infiltration, amoindrissant ainsi la présence des eaux de pluie. La faible présence de zones d'eau propices à la mise en place de gîtes réduit les risques de prolifération des moustiques. Il se traduit au niveau des captures par de faibles présences de vecteurs dans les sites localisés dans ces communes d'arrondissement. Toutefois, dans ces mêmes localités, comme à Pikine Ouest une présence significative de vecteurs a été notée. Cette commune d'arrondissement se situe près de la grande Niaye de Pikine qui constitue un cadre privilégié pour les vecteurs du paludisme.

Les zones de présence élevée de vecteurs ont été notées au niveau des communes d'arrondissement qui regroupent les quartiers spontanés. Ces installations humaines localisées dans des bas fonds occupés après leur assèchement pendant les années de pluviométrie déficitaire ont retrouvé leurs caractéristiques d'antan à la suite de leur remise en eau. Cette situation a entraîné la multiplication de zones de stagnation des eaux de pluie dans les quartiers spontanés dépourvus d'infrastructures d'assainissement. Les communes d'arrondissement de Djida Thiaroye Kao et de Thiaroye /mer font partie des localités les plus exposées et qui souffrent le plus des inondations dans la banlieue de Dakar. Les vecteurs du paludisme trouvent dans ces cadres des espaces favorables à leur développement d'où la présence soutenue d'anophèles. La mitoyenneté des sites d'habitation aux gîtes constitue aussi un élément explicatif de la prépondérance des vecteurs dans ces communes. Les moustiques pour leurs repas sanguins n'ont pas besoin d'aller loin (Salem, 1998). Au niveau de la zone d'étude, les gîtes sont incrustés dans les quartiers ce qui les rapprochent des maisons permettant ainsi aux vecteurs d'être en contact dès leur éclosion avec les populations.

Les résultats de cette recherche ont montré que les paramètres climatiques ont connu une dynamique évolutive positive à la fin des années 1990. Le climat qui est directement lié au paludisme de par trois de ces paramètres (pluviométrie, température et humidité) a été déterminant dans cette recherche. Des séries chronologiques de données pluviométriques, de température et d'humidité relative ont été utilisées afin de décrire la dynamique de ces paramètres climatiques. Ces données ont couvert la période allant de 1947 à 2011 et relatent les différentes situations climatiques de cette période. Ces situations ont été identifiées grâce à la détermination des moyennes annuelles (Pmm, T°C et HR). Cette moyenne ne montrant que des situations globales a été combinée à la moyenne mobile afin de faire ressortir les séquences cachées. Ces dernières sont d'une grande importance dans la compréhension de dynamiques étalées dans le temps. Ces traitements ont révélé une amélioration des paramètres climatiques étudiés dans le cadre de ce travail. Les pluies qui étaient abondantes avant les années 1970 (1947 à 1970) avec des moyennes qui tournaient autour de 600 mm/an ont connu une baisse drastique qui les a ramenées à 350 mm/an. De cette période (1970) à nos jours, les quantités de pluies enregistrées n'ont jamais atteint les moyennes humides d'avant 1970. Toutefois, des moyennes pluviométriques dépassant ou se rapprochant de la moyenne générale de la série ont été enregistrées durant la phase sèche (après 1970). Ces périodes humides ont été plus fréquentes au début des années 2000, où nous avons constaté une recrudescence de phases pluvieuses. Les températures et l'humidité relative ont connu aussi une dynamique positive de leur cycle durant cette période. Pour ce qui est des températures, elles ont connu une hausse qui les a maintenues entre 28 et 30°C au début des années 2000 alors qu'elles étaient autour de 26°C. L'humidité relative quant à elle a connu aussi une variation dans le temps et elle a gardé une

valeur significative qui tourne autour de 90%. Ces différentes variations des paramètres climatiques ont eu un impact considérable dans le développement du paludisme au niveau de la banlieue de Dakar. Ils ont permis la mise en place de milieux de reproduction des vecteurs qui sont inhérents au développement de zones d'eau mais aussi de conditions de prolifération des moustiques que la température et l'humidité ont favorisé. De là, le rôle prépondérant des paramètres climatiques sur la survenue de la maladie est plus qu'essentiel (Pemola et al, 2006). L'étude a montré comment ces derniers participent à l'apparition du paludisme : d'une part par la mise en place d'endroits de reproduction et d'autre part par la réduction du cycle du vecteur et par le maintien en vie du vecteur (Mouchet, 2004). Leur prise en compte est primordiale pour l'amélioration des conditions de lutte contre le paludisme.

L'impact des paramètres climatiques dans le développement du paludisme a été occasionné par une occupation spatiale mal contrôlée qui a détérioré le cadre de vie de Guédiawaye et de Pikine. Les vagues d'occupants qui se sont rués sur Pikine au début des années 1950 ont considérablement modifié l'environnement de ce milieu. Au départ, utilisé pour le recasement des déguerpies de la capitale Dakar, Pikine a connu une dynamique de l'occupation de son espace suite aux années de sécheresse. Cette dernière a poussé les populations rurales vers la ville afin de trouver de meilleures conditions de vie. Les autorités coloniales avaient ciblé des sites dunaires pour installer les populations des quartiers déguerpis de Dakar tels que le village de Dagoudane (Vernière, 1973). Face à l'épuisement de terrains dunaires et à l'arrivée massive de populations vers la ville, les zones non ædificandi ont été occupées par les arrivants. Ces dernières sont d'anciennes dépressions, cuvettes, céanes, qui se sont asséchées à la suite des sécheresses. Les formes d'occupation de ces zones ne répondent à aucune norme urbanistique. Les installations sont édifiées au niveau des dépressions ainsi qu'au niveau des voies d'eau naturelle. Cette situation est à l'origine des problèmes environnementaux auxquels la banlieue de Dakar est confrontée depuis 2000 au même moment où la région de Dakar est soumise à une amélioration des précipitations (décrit plus haut,) provoquant un affleurement plus fréquent de la nappe phréatique en période pluviale (Morel, 1996). Cette remontée de nappe associée aux écoulements concentrés des pluies violentes touche préférentiellement les zones dépressionnaires, les céanes, etc où les quartiers se sont installés. La présence prolongée d'eaux stagnantes dans ces zones aujourd'hui urbanisées a un impact considérable sur la prolifération de gîtes d'anophèles dans le secteur étudié (Manuscrit Parasitologie, 1998). De là nous constatons le rôle que l'occupation des zones non ædificandi a eu dans la mise en place de gîtes à vecteur palustre.

6 CONCLUSION

Les données de cette étude nous ont fourni de précieuses informations, tant à travers l'exploitation de données environnementales que biomédicales. Elles ont permis de décrire la situation du paludisme dans les départements de Guédiawaye et Pikine, ainsi que les facteurs de risques qui concourent à la persistance de la maladie dans ce cadre urbain. L'installation d'un nouveau régime climatique a été déterminante dans le maintien de la transmission du paludisme à Guédiawaye et Pikine. Le contact vecteur-homme constitue la phase ultime du cycle de transmission du paludisme. Cependant, se limiter à la présence de gîtes à vecteur, de vecteurs et de conditions climatiques favorables ne suffit pas pour cerner l'ensemble des facteurs de risque du paludisme. En effet, une analyse sociologique mettant en exergue les facteurs sociaux susceptibles d'accentuer l'exposition au risque du palustre constitue une nécessité afin de cerner l'ensemble des facteurs de risque de la maladie. Abordée ici, elle intervient au sein d'une approche intégrée du paludisme, seule perspective d'éradication de la maladie. Cette analyse demande néanmoins une amélioration afin de mieux prendre en compte l'influence sociale et notamment les facteurs aggravants et réducteurs du risque de paludisme.

REFERENCES

- [1] Beck-Johnson LM, Nelson WA, Paaijmans KP, Read AF, Thomas MB, et al. (2013) « *The Effect of Temperature on Anopheles Mosquito Population Dynamics and the Potential for Malaria Transmission* ». PLoS ONE 8(11): e79276. doi:10.1371/journal.pone.0079276.
- [2] Dacosta H. Malou R., 2002, « *La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle* », FRIEND 2002—Regional Hydrolog): Bridging the Gap between Research and Practice (Proceedings of the Fourth International FRIEND Conference held at Cape Town. South Africa. March 2002). IAHS Publ. no. 274.2002.
- [3] Dosso-Yovo J. el Coll., « *Aspects du paludisme dans un village de savane humide de Côte d'Ivoire* », Méd. Trop. 1994; 54, 4.
- [4] De Bruijn, M. & H. van Dijk, 2006, « *Climate Change and Climate Variability in West Africa; Variabilité et changement climatique en Afrique occidentale* », In : Responding to climate change/solutions aux changements climatiques 2007, RTCC: 12-14.
- [5] Gachot B. al, 2004, « *Paludisme* », Doin, Paris, 110 p.

- [6] Gadiaga et al., 2011, « *Conditions of malaria transmission in Dakar from 2007 to 2010* », Malaria Journal.
- [7] Gaye O., 2012, « *Le paludisme pourrait être éliminé dans un futur proche* », www.anst.sn
- [8] Gueirard P, and al., 2010 « *Development of the malaria parasite in the skin of the mammalian host* ». Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Oct 26;107(43):18640-5. doi: 10.1073/pnas.1009346107. Epub 2010 Oct 4.
- [9] Guilbaud A., 2008, « *Le paludisme, la lutte mondiale contre un parasite résistant* », Paris, L'Harmattan, 160 pages.
- [10] Liu W. and al, 2010, « *Origin of the human malaria parasite Plasmodium falciparum in gorillas* », US National Institutes of Health, Nature 23; 467 (7314):420-425.
- [11] Manuscrit n°1880 "Parasitologie", 1998, « *Le paludisme dans le District sanitaire de Dakar (Sénégal)* ».
- [12] Ministère de la sante de la prévention et de l'hygiène publique, PNLP, 2008, *Rapport statistique*, 69 pages.
- [13] Morel A. 1996, « *L'Assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical sub saharien* », Luxembourg, Lux-développement, 167P.
- [14] Mouchet J. 2004, « *Biodiversité du paludisme dans le monde* », Paris, John Libbey Eurotext, 428p.
- [15] OAU, 2000, *La Déclaration d'Abuja et le plan d'action*, Extrait du Sommet africain pour faire reculer le paludisme, Abuja, 25 avril 2000 (WHO/CDS/RBM/2000.17).
- [16] Pemola ND, Jauhari RK (2006) « *Climatic variables and malaria incidence in Dehradun, Uttaranchal, India* ». J Vector Borne Dis, 43 :21-28.
- [17] Salem G. 1998, « *La santé dans la ville : géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal)* », Paris, Karthala, 355p.
- [18] UNICEF, **2007** « *La journée africaine du paludisme appelle à une sensibilisation et une action mondiale* » http://www.unicef.org/french/health/index_39445.html
- [19] Vernière M., 1973, « *Pikine, "ville nouvelle" de Dakar, un cas de pseudo-urbanisation* », Ecole pratique des Hautes Etudes, Paris L'Espace géographique, n° 2, 1973, 107-126. Doin, 8, place de l'Odéon. Paris-VI', 20 pages.
- [20] Wade S., Faye S., Dieng M., Kaba M., Kane N. R., « *Téledétection des catastrophes d'inondations urbaine : le cas de la région de Dakar (Sénégal)* », Journées d'Animations Scientifique (JAS 09) de l'AUF Alger Novembre 2009, 7 pages.