

Article original

Facteurs de prolifération des anophèles et risques de santé au Tchad : cas du paludisme dans la commune du 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména

DOUMDE Marambaye*¹, MOREMBAYE Bruno², TOB-RO N'Dilbé³, ROMNELOUM Perside⁴

(1, 2, 4) Département de Géographie, Université de Doba/Tchad,
(3) Département de Géographie, Université Adam Barka d'Abéché/Tchad,

***Auteur correspondant** : doumabay@yahoo.com

Article soumis le 02/08/2021 et accepté 06/12/2021

Résumé : À N'Djaména, l'urbanisation spontanée induite par une explosion démographique importante se singularise par l'installation de la population à proximité des zones inondables créant ainsi une écologie propice au développement des anophèles. En conséquence, une flambée de cas de paludisme s'observe chaque année, dans un contexte d'inefficacité des moyens de lutte anti vectorielle, causant ainsi d'énormes conséquences sur la population, surtout les femmes enceintes et les enfants. Cet article se propose d'éclairer la situation du paludisme dans les quartiers péricentraux de la ville de N'Djaména, par le biais de l'utilisation des images satellites pour localiser précisément les foyers potentiels du paludisme dans la perspective de l'éradication de cette maladie dans la Commune du 7^{ème} arrondissement. Nos observations de terrain, couplées aux données sur le paludisme de la Délégation sanitaire et celles des fichiers de formes du CNRD ont permis de relever les conditions physiques et humaines favorables à la ponte et la prolifération des anophèles, vecteurs du paludisme dans le 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména et de cartographier les zones de développement des anophèles. La lutte anti vectorielle du paludisme prend ainsi une véritable avancée avec les SIG. L'efficacité de cette lutte doit passer par une bonne urbanisation, une distribution des structures de santé prenant en compte les zones à risque, les voies de communication et la sensibilisation de la masse populaire.

Mots-clés : urbanisation, paludisme, N'Djaména

Abstract: In N'Djamena, the sudden urbanization resulting from an important population boom is extraordinary due to move of the population near the areas which are liable to flooding. This sudden urbanization has, therefore, created an appropriate ecology for anophele development. Consequently, a malaria outbreak is observed every year, because of the inefficacy of anti-vectorial fight means, having many impacts on the population, particularly pregnant women and children. This article intends to clarify the malaria case in the penicentral areas in N'Djamena, through use of satellite images to identify the main sources of malaria, in order to eradicate this disease in the 7th Urban District of the capital. Our observations on the ground, together with the data from the health Delegation about malaria and that of the form files from CNRD, enabled us to notice physical and human conditions, vulnerable to the source and proliferation of anopheles that are malaria vectors in the 7th Urban District of N'Djamena. The observations and data also enabled us to cartography the areas where anopheles get developped. The malaria anti-vectorial fight is, in fact, really getting improved with SIG. This fight efficiency should be possible through good urbanization, sharing of health structures, including high-risk areas, communication route and sensitization of ordinary people.

Key words: urbanization, malaria, N'Djamena

Introduction

Le paludisme est l'une des maladies à transmission vectorielle la plus connue dans le monde. En 2019, 229 millions de cas de paludisme ont été enregistrés dans 87 pays, avec 409 000 décès dont 67% concernent les enfants de moins de 5 ans (Gerome, 2020 ; p.1). En 2019, 29 pays ont enregistré 95% du nombre total et près de 95% de décès ont été enregistrés dans 31 pays, y compris le Tchad (Gerome, 2020 ; p. 5). Le paludisme constitue une des principales causes de consultation et de décès au Tchad, et comme tel, il a été reconnu comme un problème de santé publique depuis des décennies. Malgré tous les efforts fournis par les autorités tchadiennes, en collaboration avec leurs partenaires, notamment l'OMS, dans la lutte contre cette maladie, le nombre des personnes atteintes, ainsi que celles vivant autour des zones de prolifération ne font qu'augmenter. À cela s'ajoute la résistance de certaines espèces de moustique aux insecticides utilisés au quotidien, exposant la population à leurs piqûres. Sur un autre plan, la couverture sanitaire nationale reste insuffisante, car de nombreuses zones de responsabilité éloignées et à faible densité de population ne

disposent pas de centre de santé. Certains hôpitaux de district sont généralement très éloignés de la population et ne disposent pas toujours des intrants nécessaires pour offrir un Paquet Complémentaire d'Activité (PCA) complet et de qualité. La carte sanitaire, en tant qu'instrument fondamental de coordination et de planification de la politique nationale de santé, est remise en cause. De fait, la planification des investissements et des ressources humaines sur l'étendue du territoire tchadien demeure problématique. Il ne saurait y avoir une politique de santé satisfaisante en milieu urbain sans une connaissance continue sur le développement des variables significatives qui influencent le complexe pathogène dans la zone d'étude.

Le 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména offre un cadre écologique propice au développement du paludisme en raison des conditions créées par des données physiques et humaines. Sur le plan physique, les conditions thermiques estivales favorisent une éclosion rapide des œufs des moustiques. La mise en eau de la gîte larvaire qui génère l'apparition simultanée d'une multitude de larves dont la durée de développement varie selon les conditions de température entre 5 à 90 jours. Au terme de quatre mues, ces larves se transforment en nymphes avant d'émerger à l'état de moustique adulte (EID Rhône-Alpes, 2020 ; p.2). Il existe des zones propices à la stagnation des eaux de pluie, communiquant avec les fleuves Chari et Logone, notamment au mois d'août, qui restent inondées toute l'année. Ces zones, associées à la végétation, constituent un cadre propice au développement de gîtes larvaires par des moustiques anophèles. La nature argileuse des sols imperméabilise ces derniers après les premières pluies, d'où des inondations récurrentes, occasionnant la stagnation des eaux.

Sur le plan humain, les excavations faites pour l'exploitation des articles de carrière et la production des briques cuites retiennent des eaux qui stagnent et se transforment en niche écologique pour les anophèles. Les cultures maraîchères, pratiquées tout au long des fleuves Chari et Logone, étendent les conditions humides nécessaires au développement des anophèles. L'incivisme de certains citoyens

qui déposent des ordures ménagères dans les canalisations, concours à obstruer le passage des eaux et provoque la stagnation des eaux (Tob-Ro et al., 2019 ; pp.103-104).

Face à la persistance des maladies en général et du paludisme en particulier, le renforcement de l'offre de soins est une alternative malheureusement coûteuse et hors de portée pour certaines couches sociales. Même si les autorités sanitaires prônent la gratuité du test et du soin du paludisme, la réalité en est autre, car bien souvent quelques agents de santé foulent au pied cette gratuité.

Dans ce contexte, quelle peut être la stratégie d'accompagnement de la méthode larvicide qui reste la meilleure arme contre le paludisme ? L'éradication du paludisme passe par l'élimination des gîtes larvaires ou des conditions de leur prolifération, nouvelle approche de lutte larvicide, dont la réalisation passe par l'usage du traitement d'image et des outils SIG. Cette méthode permet de suivre l'évolution des gîtes, du contrôle systématique de la physico-chimie des larves et des moustiques prélevés sur les lieux d'études. C'est un système capable d'acquérir, de stocker, de gérer, d'analyser et d'afficher les informations en adéquation avec les foyers d'infections, question d'améliorer et d'apprécier les prises de décision.

1. Méthodologie

Plusieurs données et matériels ont été mobilisés dans le cadre ce travail.

1.1. Données utilisées

1.1.1. Données cartographiques

Plusieurs données sont mobilisées pour ce travail. Il s'agit de fonds de cartes (1/50000 et 1/200000), de la scène Landsat 8 acquises le 18 Novembre 2020 et du DEM.

1.1.2. Données épidémiologiques

Le paludisme est surtout présent pendant et après la saison des pluies, généralement d'août à novembre. L'article s'est intéressé à

deux périodes durant lesquelles les dégâts causés par les moustiques anophèles sont énormes. Le mois d'août est le mois durant lequel il pleut le plus, plongeant la cité dans l'inondation, surtout des quartiers peu urbanisés, notamment le 7^{ème} arrondissement, zone la plus frappée. En novembre, les eaux de pluie sont stagnantes, faisant de cette période le moment idéal pour la ponte et le développement des larves des anophèles. Ce sont pour la plupart des maladies parasitaires (paludisme) ou gastro-intestinales (diarrhées, fièvre typhoïdes).

Les données épidémiologiques exploitées dans cet article proviennent des statistiques de l'Agence Sanitaire National de 2019, complétées par le dépouillement des registres à l'échelle du district Sud de la ville de N'Djamena sur le paludisme qui est une maladie causée par les gîtes larvaires des anophèles.

1.2. Matériels utilisés et traitement des données

1.2.1. Logiciels utilisés

Pour cartographier les phénomènes étudiés, les logiciels ArcMap et Erdas Images ont été utilisés. Ces outils ont servi au traitement d'image et à la cartographie de l'occupation du sol.

1.2.2. Traitement d'images

Dans le cadre de la présente recherche, le processus cartographique s'est déroulé en trois phases. La première a consisté à rendre les zones humides détectables sur les images brutes. Des compositions colorées qui intègrent un indice d'humidité (celui de *thasseled cup*) permettant de mettre en relief ces milieux ont été réalisées. Ensuite, une photo-interprétation sur les nouvelles images a permis de traduire les contours de ces zones humides. Cet exercice a nécessité le recours à plusieurs sources externes (MNT, carte topographique existante à 1/50000 et à 1/200000). Enfin, la classification dirigée pixel par pixel est utilisée dans le cadre de la cartographie de l'occupation du sol. La méthode de classification utilisée est dite supervisée. Elle a consisté à définir sur l'image des zones d'intérêt qui sont extrapolées à l'ensemble de l'image.

2. Résultats obtenus

Les résultats de nos investigations se déclinent en trois parties : les conditions du milieu physique, à l'origine de la multiplication des gîtes larvaires, sont analysées en premier lieu, permettant, en deuxième lieu, la mise en évidence de potentiel de gîte larvaire des anophèles et leur implication sur la santé. La spatialisation de la situation, à travers la cartographie des aléas, constitue la dernière articulation.

2.1. Conditions du milieu physique à l'origine de la multiplication des gîtes larvaires

La ville de N'Djaména est organisée en dix communes d'arrondissements municipaux parmi lesquels le 7^{ème} arrondissement. Il est créé par décret n°285/PR/MI/1994 du 19 juin 1999 et compte 12 quartiers (Chagoua, Dembé, Abena, Gassi, Ambatta, Amtoukouin, Atrone, Madjaffa, Kilwiti, Boutalbagara, Kourmanadji, Digo) et deux cent quatre-vingt-huit (288) carrés. Il est situé à la périphérie Est de la ville de N'Djaména (Cf. figure 1) et couvre une superficie de 22,51 Km² avec un périmètre de 24,12 km.

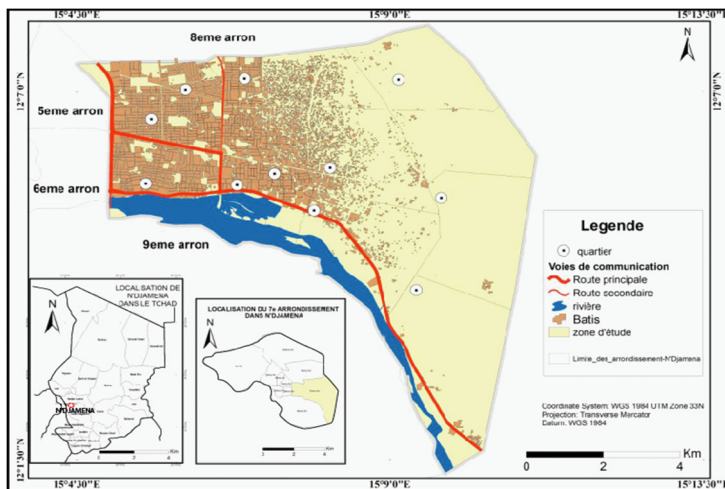


Figure 1 : Le 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména

2.1.1. Caractéristiques du milieu physique de la zone d'étude

Les contextes climatique, hydrologique, topographique et orographique du 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména sont décrits dans l'optique de mettre en évidence leur impact sur l'émergence du paludisme.

2.1.1.1 Un climat favorable au développement des anophèles

N'Djaména jouit d'un climat tropical sec qui s'étend sur une saison sèche, allant de Novembre à Mai, et une saison de pluies, de Juin à octobre. Situé à la périphérie Est de la ville de N'Djaména, le 7^{ème} arrondissement subit le même climat. Les précipitations qui sévissent oscillent entre 400 et 700 mm/an et tombent sous la forme d'averse tropicale de forte intensité et de durée relativement courte. Le nombre de jours de précipitations observés depuis une dizaine d'années varie entre 28 et 65. La moyenne est de 51 jours/an. Même si une augmentation des précipitations a été constatée sur les deux dernières années, entraînant des inondations importantes, ceci relève des anomalies du climat actuel.

Les eaux stagnent plusieurs mois ou elles posent des sérieux problèmes de circulation et surtout de santé (Tob-Ro et al., 2019 ; p. 100). Les températures moyennes observées sont comprises entre 17,8°C et 45°C en saison sèche, allant de novembre à Mai, et de 24,8°C à 33,7°C en saison des pluies, de juin à septembre. Les mois de décembre et janvier sont les plus froids. Ces conditions thermiques favorisent l'éclosion rapide des œufs et donc la prolifération des moustiques anophèles, vecteurs du paludisme.

2.1.1.2. Une ville serpentée par des marigots

Le réseau hydrographique est constitué principalement des fleuves Logone et Chari. Le bassin versant du Chari à N'Djaména couvre une superficie de 600 000 Km² et draine deux principaux cours d'eau : le Chari et son affluent le Logone. Trop complexe du point de vue géographique, le bassin du Chari couvre presque la totalité de la zone méridionale de la République du Tchad et déborde largement sur le Cameroun, la République Centrafricaine et le Soudan.

La commune de N'Djaména est traversée par deux importants marigots : le marigot d'Am-Riguebé et celui des jardiniers. Le marigot d'Am-Riguebé, long de 2 km, constitue un bassin de rétention qui collecte les eaux de pluie des quartiers Am-Riguebé, Repos, Leclerc et Diguel ; le marigot des jardiniers, long de 2,5 km, dispose d'un accès direct au Chari grâce à un exutoire artificiel (fossé en terre) ouvert pour drainer les eaux de pluie des quartiers environnants vers le Chari. Cependant, ces canaux sont souvent bouchés par des déchets de tout genre et manquent d'entretiens réguliers (Tob-Ro et al., 2019 ; pp. 103-105).

2.1.1.3. N'Djaména : un site plat parsemé de dépressions naturelles inondables

La ville de N'Djaména occupe un site de plaine alluviale très plat, dont les altitudes varient de 293 à 298 m (Cf. figure 2).

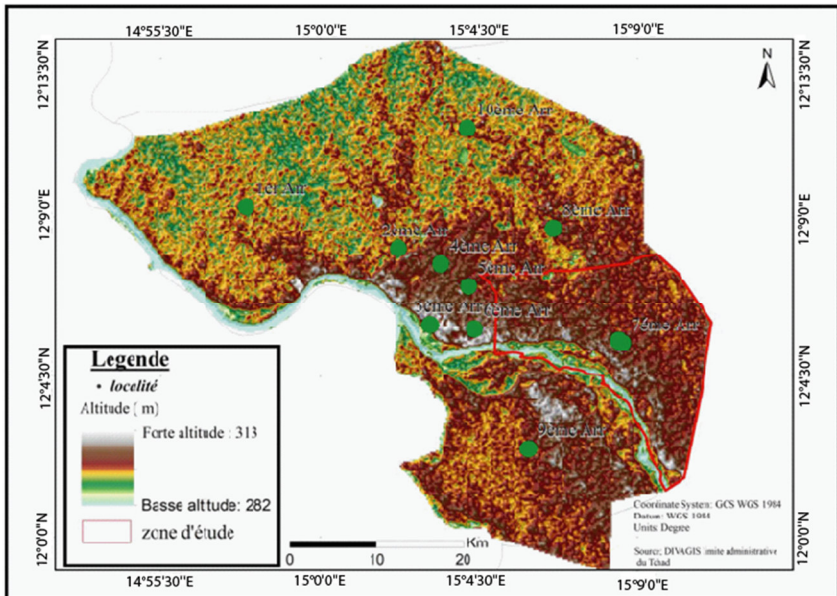


Figure 2 : Topographie de la ville de N'Djaména

Le site se caractérise aussi par des pentes faibles et mal orientées. La déclivité du terrain sur la rive droite du Chari est orientée vers le

nord de la ville et non vers le fleuve, ce qui rend difficile l'évacuation des eaux de ruissellement. C'est ainsi que la ville est parsemée de nombreuses dépressions naturelles inondables où les eaux stagnent plusieurs semaines après la saison des pluies. Ceci favorise la ponte et la prolifération des anophèles.

2.1.1.4. Un relief dominé par une faible pente

Le 7^{ème} arrondissement se caractérise par une plénitude monotone, rompue par des bassins de rétention constitués d'argiles gonflantes, difficiles à aménager dans certains quartiers comme Boutalbagar, Atrone, Habéna. Ici, le sol est de nature argileuse sableuse, limoneuse. L'aspect topographique, associé à l'insuffisance des infrastructures, entraînent des inondations récurrentes dans la zone. Or, ces inondations ont des conséquences sur la population, les habitations, sur les voies routières, limitant ainsi le déplacement de la population (Tob-Ro, 2020 ; pp. 135-141). Par ailleurs, les eaux stagnantes issues de ces inondations favorisent le développement des larves des moustiques.

2.1.2. Une population en progression se livrant à des activités favorables au développement des anophèles

2.1.2.1. Une démographie galopante

D'après les résultats du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2009, l'INSEED a donné un nombre total de 223 231 habitants dans le 7^{ème} arrondissement. En 2014, une projection a estimé l'effectif de cette population à 256 714 habitants et en 2019 à 295 221 habitants.

On constate une forte pression démographique dans le 7^{ème} arrondissement. Les quartiers comme Chagoua et Dembé abritent un nombre élevé de personnes, allant de 23 177 à 64 988 habitants. Derrière eux viennent les quartiers comme Amtoukouï, Boutalbagar, Habéna, Atrone qui ont une population qui oscille entre 10 132 et 23 177 habitants. On trouve aussi une population faible dans les quartiers Kilwiti, Ambata, Gassi, Kourmanadja, Mandjafa, avec des effectifs qui varient entre 622 et 10 132 habitants. L'effectif de la population par quartier diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne

des anciens quartiers. Les activités nécessaires à la satisfaction des besoins de cette population créent une écologie propice au développement des anophèles. Il s'agit de la fabrication des briques et du maraîchage.

2.2. La forme de l'occupation du sol de la zone d'étude en 2020

La commune du 7^{ème} arrondissement connaît une forte urbanisation, avec pour effet l'extension spatiale de la ville. La discrétisation de l'image satellite de la commune a permis de constater un étalement urbain. On note une forte superficie de l'occupation des bâtis et une faible superficie de la végétation (Cf. figure 3).

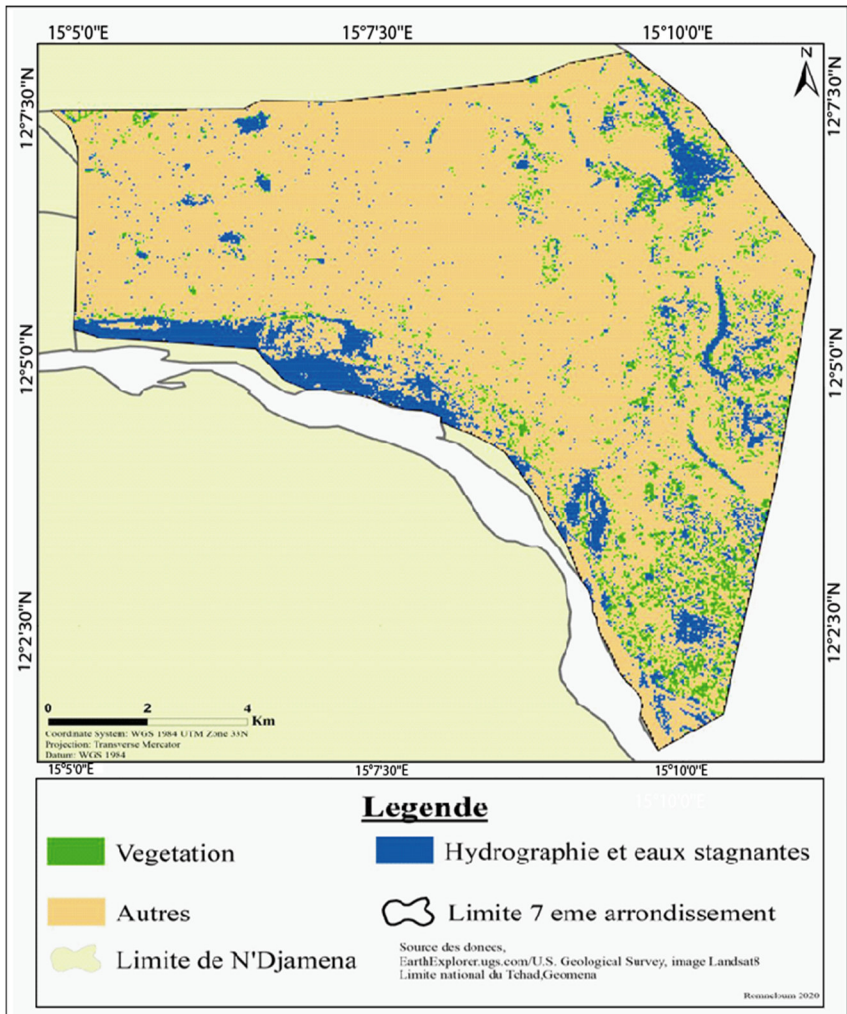


Figure 3 : Occupation du sol de la zone d'étude en 2020

Les eaux stagnantes occupent une superficie moyenne. La coexistence des bâtis, de la végétation et des eaux stagnantes, sans moyens efficaces de lutte anti vectorielle, multiplie les cas du

paludisme au sein de la population du 7^{ème} arrondissement de la Commune de N'Djaména (Cf. tableau 1).

Tableau 1 : Prévalence du paludisme en 2019 dans la ville de N'Djaména

N°	Mois	Nombre de cas	Proportion en %
1	Janvier	53 508	5,23
2	Février	48 621	4,76
3	Mars	47 997	4,69
4	Avril	42 124	4,12
5	Mai	45 108	4,41
6	Juin	71 054	6,95
7	Juillet	113 355	11,09
8	Août	125 433	12,27
9	Septembre	131 639	12,88
10	Octobre	152 085	14,87
11	Novembre	108 893	10,65
12	Décembre	82 620	8,08

Source : Statistiques de l'Agence Sanitaire National de 2019

2.3. La mise en évidence de potentiel de gîte larvaire des anophèles et leur implication sur la santé

2.3.1. Les facteurs des multiplications des gîtes larvaires dans la zone d'étude

En général, deux (02) conditions qui caractérisent la présence des gîtes larvaires : la température et l'humidité.

2.3.1.1. La température

La température joue un rôle considérable dans le développement du moustique et détermine sa durée de vie. Par exemple la durée du cycle aquatique dans le développement du moustique varie selon les régions ; il dure moins de 5 jours dans les pays tropicaux, mais peut durer jusqu'à trois mois dans les pays tempérés (EID Rhône-Alpes, 2020 ; p. 2).

Les températures sont élevées à N'Djaména, atteignant le maximum aux mois d'avril et mars, avec 41°C, et la minimale est de 20°C observée aux mois de décembre et de janvier, pour une moyenne de l'ordre de 28°C. Généralement on constate qu'en août, il y a baisse de température et une croissante précipitation qui donne une forte croissance d'humidité. À la fin des pluies s'observe souvent une petite augmentation de la température

Patz J. A. al. (1998 ; pp 139-146.) et Lindsay W. S. (2003 ; pp167-182.) ont montré que l'effet le plus marquant du changement climatique sur la transmission vectorielle s'observe aux extrémités de l'intervalle de température favorable à la transmission de nombreuses maladies. Le paludisme figure parmi les plus importantes maladies à transmission vectorielle dans les régions tropicales et subtropicales. Dans ce registre, l'Afrique se singularise en enregistrant une grande diversité d'espèces vectrices, qui ont la possibilité de se redistribuer dans de nouveaux habitats, en fonction du climat et qui peut entraîner une répartition des maladies. L'anophèle *gambiae* préfère plus les zones chaudes et humides. Or, l'anophèle *arabiensis* s'adapte à des climats plus secs. L'abondance et la distribution relative de ces espèces peuvent être prévues avec une exactitude satisfaisante au moyen des modèles climatiques actuels et peuvent être utilisées pour indiquer les modifications futures. Cela a été démontré dans les études de Abossolo Samuel Aimé, citées par Ngo Mouack P., (2005 ; p. 47). Cette étude menée sur les berges de Nsimeyong jusqu'à Ngoa-Ekellé montre que les données épidémiologiques reçues au niveau des services du Programme National de Lutte contre le Paludisme expliquent une évolution mensuelle des cas du paludisme.

2.3.1.2. La zone humide

Bâtie sur une plaine, la ville de N'Djaména comporte énormément des zones propices à la stagnation des eaux de pluie, notamment au mois d'août. La plupart de bassins de rétention d'eaux peinent à être évacués, permettant aux moustiques anophèles d'y pondre. Ce phénomène est beaucoup observable à partir de novembre (qui marque le début de la saison sèche dans la capitale) parce que les

conditions de température, la profondeur des eaux reste négligeable et il y a moins de risque de lessivage des œufs déposés à la surface des eaux. Nous avons donc distingué trois types de zones en rapport avec l'humidité dans la ville de N'Djaména :

- **Zones non favorables à l'humidité** : ce sont des zones qui ne sont pas totalement inondées d'eau toute l'année ;
- **Zones favorables à l'humidité** : ce sont généralement des marais ; elles ne conservent plus les eaux de pluies après trois mois de la fin de la saison de pluie. Peu profondes et calmes, elles reçoivent une température acceptable et regorgent une quantité incroyable des moustiques ;
- **Zones très favorables à l'humidité** : ce sont des zones qui sont inondées d'eau toute l'année. Il s'agit généralement des zones communiquant avec les fleuves Chari et Logone ainsi que les canaux de drainage des eaux. Ces zones, associées à la végétation, deviennent les gîtes privilégiés des moustiques anophèles.

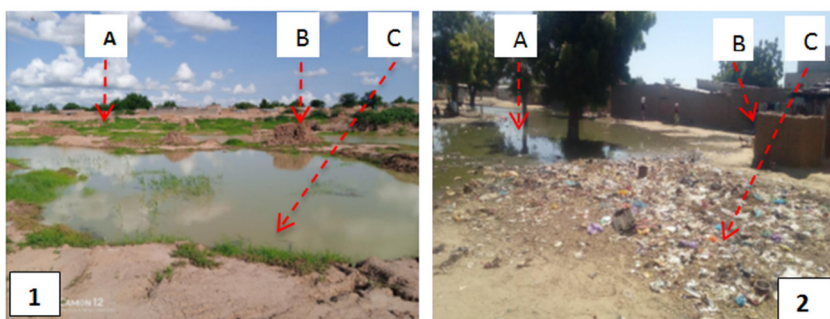
Ces zones sont humides et inondables, surtout pendant la période de grandes précipitations. Le phénomène d'écoulement des eaux dans les réservoirs à forte inclinaison occasionne parfois le lessivage des œufs d'anophèles déposés à la surface des eaux. À la fin de la saison de pluie, c'est-à-dire à partir du mois de novembre, avec l'arrêt des pluies, les zones inondables conservent des eaux stagnantes qui sont une véritable aubaine pour les moustiques. Les zones humides restent les mêmes avec une diminution de taille due à leur tarissement.

2.3.2. Les facteurs humains

Parfois l'Homme est source de ses propres problèmes. Dans la ville de N'Djaména, certaines activités humaines sont à l'origine de la prolifération des anophèles. Dans ce lot, il y a les cultures maraîchères, la fabrication des briques, le manque d'assainissement, etc. Les cultures des marais sont pratiquées tout au long des fleuves Chari et Logone. Il faut dorénavant remuer le sol, l'arroser afin d'y semer les légumes. L'extension de la ville occasionne la construction

de nouvelles maisons. Cette demande immobilière est alimentée par la production des briques, qui elles-mêmes nécessitent l'exploitation des articles de carrière qui passe par l'excavation du sol.

Cette activité humaine laisse des creux qui seront remplies par les eaux de pluie, créant ainsi un cadre propice à la ponte des œufs par les moustiques anophèles. Ce phénomène est observé surtout dans les quartiers périphériques où on trouve des collections d'eaux, calmes peu profondes et ensoleillées. La planche ci-après illustre deux catégories d'activités humaines : une carrière de fabrication de briques et un dépotoir spontané de déchets.



Photos : Romneloum P., juillet 2021

Planche 1 : Les activités humaines favorisant la ponte des œufs par les anophèles dans la commune du 7^{ème} arrondissement

La première photo présente des habitations (B) implantées dans les zones à risque des quartiers du 7^{ème} arrondissement. Le lac (A) est une stagnation des eaux causée par les excavations réalisées par l'homme pour la production des briques. Ce site de fabrication des briques est devenu un point de production des anophèles. On observe la présence des briques (C) qui est la cause même de ce phénomène.

Sur la deuxième photo nous voyons la proximité des bâtis (A) par rapport à ce gîte larvaire (B), avec la présence des déchets (C) qui est la cause de l'expansion du paludisme dans la commune du 7^{ème} arrondissement. À l'échelle des ménages, les devantures sont pleines d'ordures (C) qui ne sont pas régulièrement enlevées. L'accumulation

des déchets est préjudiciable à la santé puisque ces ordures sont responsables de la prolifération des parasites, des microbes ainsi que les vecteurs.

2.4. Les conséquences des gîtes larvaires sur la santé de la population

La question de l'impact des gîtes larvaires sur le paludisme est au cœur des débats publics, scientifiques, politiques et économiques, vue l'importance du problème. Les facteurs climatiques, comme la température et les pluies, déterminent la présence et la fréquence relative des espèces vectorielles. L'émergence des adultes d'anophèles dans les gîtes larvaires est le déterminant primordial de la présence et de l'abondance des vecteurs du paludisme (Minakawa N. et al. 2005 ; p.138.). Sans l'eau, le cycle biologique du moustique serait interrompu. Or, le cycle de l'eau est affecté par le changement climatique, à travers l'apparition d'événements extrêmes, tels que les inondations.

Dans le 7^{ème} arrondissement de N'Djaména, la présence des gîtes larvaires a joué énormément sur la santé de la population, en ce sens qu'une abondance des anophèles est liée à l'importance des points d'eaux stagnantes. Ainsi, il y a une corrélation entre l'évolution des gîtes larvaires et l'augmentation des cas du paludisme. On constate une distorsion du niveau d'ineffectivité des moustiques et du niveau de transmission par rapport à l'abondance des moustiques dans les zones inondées ou les zones à risques.

Dans les zones exondées, l'abondance particulière d'anophèles *gambiae* en période pluvieuse s'explique par la multiplication des gîtes larvaires à la surface de la terre par les eaux de pluies et les ordures. Dans les zones inondées, les contraintes topographiques forcent l'accumulation des eaux de pluies, créant un environnement (géo facies) particulièrement favorable à la prolifération des moustiques, grâce à la disponibilité des gîtes larvaires, qu'il y ait pluies ou pas.

Il ressort sur cette partie que la présence des gîtes larvaires est à l'origine de la prolifération du paludisme qui impacte négativement

le bien-être de la population dans la commune du 7^{ème} arrondissement.

2.5. Cartographie des aléas

On entend par aléas la probabilité d'occurrence d'un phénomène qui est source de danger. Dans le cas présent, l'aléa à cartographier est la présence potentielle des gîtes larvaires des anophèles dans la commune du 7^{ème} arrondissement de N'Djaména (Cf. figure 4).

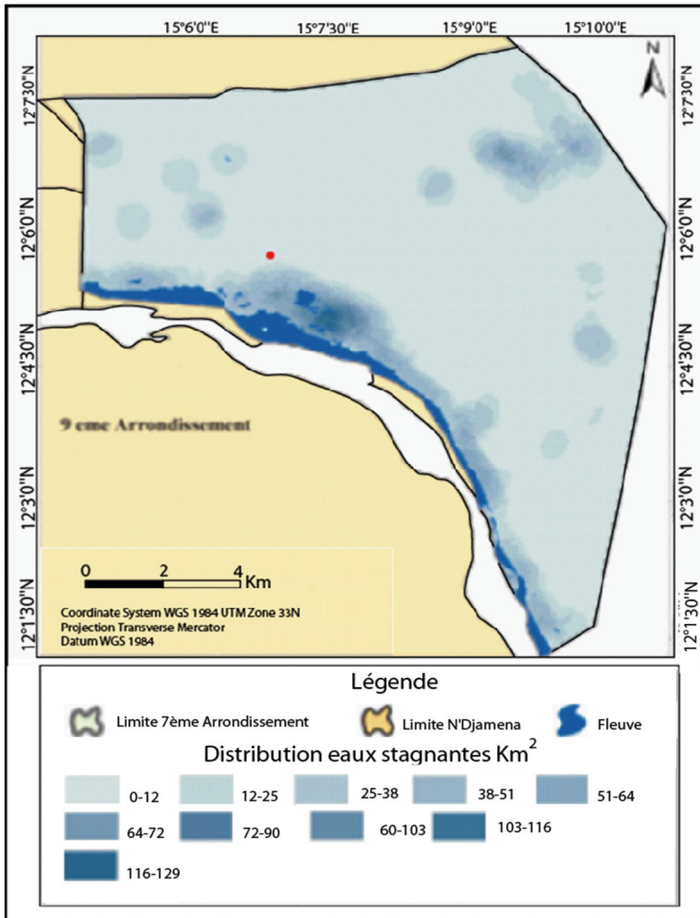


Figure 4 : Distribution spatiale des eaux stagnantes dans la commune du 7^{ème} arrondissement

Ainsi, selon Vincent (2001) cité par Othingué (2005 ; p.102), la dispersion moyenne des anophèles adultes en vol à partir des gîtes larvaires est de l'ordre de 1-1,6 km, pouvant atteindre 3 km. C'est pourquoi, nous avons fait un *buffer* de 250 m à partir des potentiels gîtes larvaires.

L'analyse de la distribution des gîtes larvaires met en exergue des risques de transmission du paludisme dans la commune du 7^{ème} arrondissement. À première vue, certains quartiers de la commune sont plus touchés que d'autres, notamment les quartiers Chagoua, Dembé, Amtoukoui, Ambatta, Habéna, etc. Cela s'explique par la forte présence, à proximité des aires d'habitation, de grandes zones humides et inondables presque toute l'année (Cf. figure 5).

La majorité des ménages a recours à l'automédication pour soigner le paludisme par manque de moyens financiers ou par rapport à l'éloignement des centres de santé. Cette pratique comporte cependant des conséquences parfois regrettables en ce qui concerne son dosage pour le patient. Alors, il est important d'avoir des centres de santé à proximité pour la prise en charge rapide du malade. Par ailleurs, pour lutter efficacement contre le paludisme, beaucoup de facteurs doivent être compris et maîtrisés par les pouvoirs publics et la population.

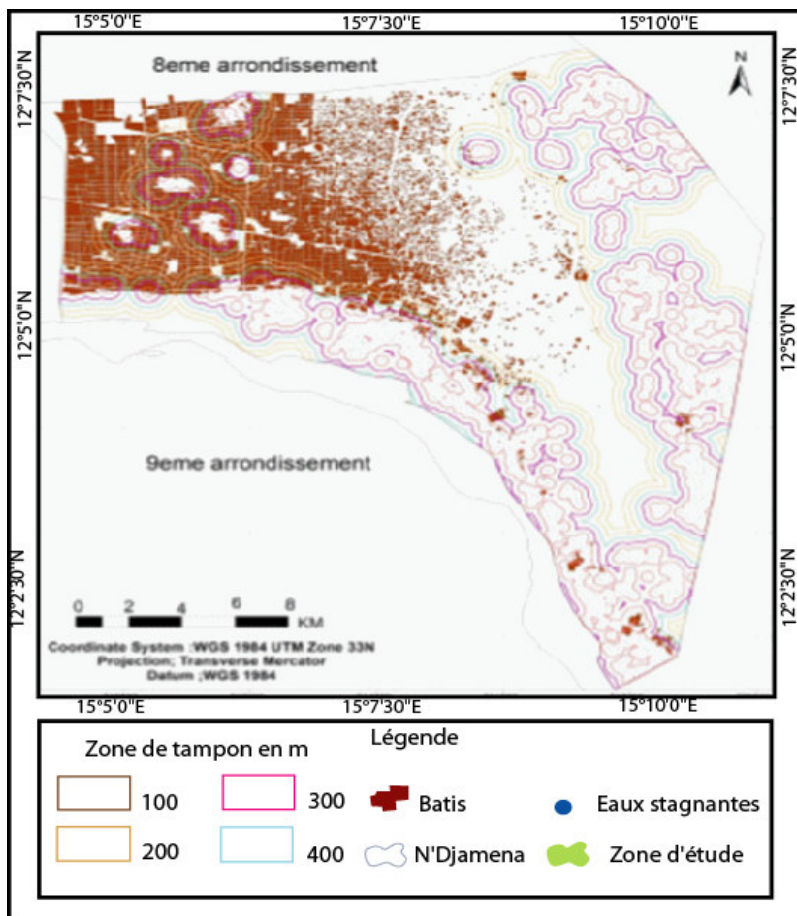


Figure 5 : Proximité des bâtis par rapport aux gîtes larvaires

La localisation et le traitement des gîtes larvaires des anophèles vecteurs du paludisme seuls ne suffisent pas pour éradiquer cette maladie. En plus des techniques habituelles de lutte anti vectorielle, à savoir la distribution des moustiquaires imprégnées et la pulvérisation intra domiciliaire à base d'insecticide longue durée, quelques axes doivent être pris en compte.

Conclusion

Au terme de ce travail, l'on retiendra que la croissance démographique et le développement des activités anthropiques sont les piliers de l'étalement des potentiels gîtes larvaires des anophèles dans la commune du 7^{ème} arrondissement de la ville de N'Djaména.

Cette étude avait pour but d'étudier et de spatialiser les gîtes larvaires des anophèles à l'aide des outils tels que la télédétection et la cartographie. La méthodologie utilisée pour atteindre nos objectifs est constituée des traitements numériques, des travaux sur le terrain et de l'analyse documentaires des études réalisées sur les gîtes larvaires des anophèles. Les données nécessaires pour ce travail ont été les images Landsat de haute résolution qui ont permis de faire une cartographie de l'occupation de sol, les données pluviométriques et un Modèle Numérique du Terrain (MNT) pour la détermination de pentes.

Les données topographiques de 5 mètres d'équidistance, bien qu'acceptables dans la présente étude peuvent être remises en question car le mieux est d'utiliser les données topographiques à haute résolution du Light detection and ranging (LIDAR) par ce qu'elles restituent fidèlement les particularités du relief et s'avèrent très utiles pour la modélisation des inondations.

Bibliographie

CLAVAL P. (1972) : Réflexion théorique en géographie et les méthodes d'analyses, Espace géographique N°1, page 17-22.

DELAVEAU (2012) : Commission de validation des données pour l'information spatialisée Standard de données « Directive inondation » version 1,0

EID Rhône-Alpes (2020) : La vie du Moustique www.eid-rhonealpes.com

DOUMDE M. et al., Facteurs de prolifération des anophèles et risques de santé au Tchad : cas du paludisme dans la commune du 7^{ème} arrondissement...

GILLET R. (1985) : Traité de gestion des déchets solides et son application aux PED, 1er volume, programme minimum de gestion des ordures ménagères et des déchets assimilés, OMS, PNUD, 394

GEGOUBE V. (2018) : « Apport des SIG à la lutte anti vectorielle du paludisme dans la ville de N'Djamena », mémoire de master, Université de Douala.

GEROME P. (2020) : « Paludisme : situation mondiale 2020 (Organisation mondiale de la santé) » www.nesvaccin.net publié le 12 décembre 2020.

LINDSAY S.W., et al. (2003): Changes in house design reduce exposure to malaria mosquitoes. *Trop Med Int Health*, 2003, 318 p

MINAKAWA N., et al (1999): Spatial distribution and habitat characterization of anopheline mosquito larvae in Western Kenya. *Am J Trop Med Hyg*, 1999, 279 p

NGO MOUACK N. R. P., (2005) : Étude géographique des problèmes de santé dans les marécages de Douala Cameroun : cas du quartier Bépanda Yongyong, mémoire de maîtrise, 85p.

OMS. (1993) : Stratégie de lutte mondiale de lutte antipaludique, 118P

OMS. (1994) : Technique de base pour le diagnostic microscopique du paludisme, Guide du stagiaire, partie I, 72P

OMS (1995) : lutte contre les vecteurs du paludisme et autres maladies transmises par les moustiques, série de rapports techniques, N°857.

OTHINGUE N. (2005) : Étude épidémiologique et spatiale du paludisme en milieu urbain au sahel : N'Djamena (Tchad). Thèse de Doctorat en Géographie Université of Basel 312P

PATZ J. A., et al. (1998): Predicting key malaria transmission factors, biting and entomological inoculation rates, using modelled soil moisture in Kenya. *Trop Med Int Health*, 1998, 532 p

TOB-RO N. (2020). « **Initiatives populaires et aménagement des zones à risques d'inondation dans la ville de N'Djaména** », Cahier du foncier au Tchad, Revue scientifique de L'Observatoire du Foncier Au Tchad, Vol.3(2), décembre. 2020, ISSN 2077-0884 (print), pp 126-154 ;

TOB-RO N., DJEBE M., DJANGRANG M. et MBAYAM S., (2019) : « **Occupation des sols et risques d'inondation dans la ville de N'Djaména, Tchad** », Revue trimestrielle des Sciences Sociales (RSS-PASRES), janvier-mars 2019, 7^e année, Numéro 22, pp 94-110, ISBN : 979-10-93066 ;

TRAN A., (2004) : Télédétection et épidémiologie : Modélisation de la dynamique de populations d'insectes et application au contrôle des maladies à transmission vectorielles. Strasbourg, Thèse de Doctorat Université Louis Pasteur (Strasbourg I).199P.

ROMNELOUM P., (2020) : Traitement d'images pour la mise en évidence de potentiel de gîte larvaire des anophèles dans la commune du 7^{ème} arrondissement de la ville de Ndjamen. Mémoire de Master en Cartographie, Télédétection et Système d'Information Géographique appliqués à la gestion durable des territoires. Université de Yaoundé I

UNICEF TCHAD. Rapport d'évaluation de responsabilités les plus affectées des régions sanitaires de l'Hadjer Lamis et de N'Djaména, 28P.