RYTHMES CLIMATIQUES ET RISQUES DES MALADIES HYDRIQUES EN MILIEU URBAIN ET PERI-URBAIN DANS LE 9e ARRONDISSEMENT DE LA VILLE DE N'DJAMENA (TCHAD)

Romain GOUATAINE SEINGUÉ
Département de Géographie, École Normale Supérieure de N'Djamena, BP 460 N'Djamena
Groupe de Recherche Espace-Climat-Environnement (GRECE), BP 460 N'Djamena
Courriel : gouataines@gmail.com

RESUME
L'actuel déséquilibre du système climatique impacte l'écologie de la transmission des agents pathogènes. Dans la ville de N'Djamena, le risque climatique est extrêmement élevé et cela affecte le milieu urbain en induisant les maladies hydriques. L'objectif de cette étude est d'analyser l'influence du rythme inter mensuelle des éléments climatiques sur la prévalence des affections hydriques en milieux urbain et périurbain de la ville de N'Djamena. Les données climatiques de N'Djamena sur la période de 1980-2020 et les statistiques des affections hydriques les plus fréquentes (gastroentérites et paludisme) de 2000 à 2020 issues de la délégation sanitaire de N'Djamena Sud ont été utilisées. Ces variables quantitatives complétées par la recherche documentaire et les enquêtes socio-anthropologiques ont été soumises à des tests et analyses statistiques afin d'évaluer le degré d'influence des paramètres climatiques sur l'occurrence des maladies hydriques. Les analyses identifient le climat comme un facteur prépondérant dans l'occurrence de ces deux maladies hydriques. Les facteurs humains (mauvaises conditions d'hygiène, d'assainissement et qualité de l'eau) favorisent surtout la recrudescence des affections gastroentérites. La combinaison de ses deux facteurs (climat et humains) accroît la vulnérabilité de la population aux risques de ces maladies.
Mots clés : *Rythme climatique, Corrélation, ACP, Maladies hydriques, ville de N'Djamena*

ABSTRACT
The current imbalance in the climate system affects the ecology of pathogen transmission. In the N'Djamena city, the climate rhythm is extremely higher ant it affects the urban area in indies the waterborne diseases. The objective of this study is to analyze the influence of the inter-monthly rhythm of climatic elements on the prevalence of waterborne diseases in urban and peri-urban areas of the city of N'Djamena. N'Djamena's climate data for the period 1980-2020 and statistics on the most common waterborne diseases (gastroenteritis and malaria) from 2000 to 2020 from the N'Djamena South health delegation were used. These quantitative variables, supplemented by documentary research and socio-anthropological surveys, were subjected to statistical tests and analyses to assess the degree of influence of climatic parameters on the occurrence of waterborne diseases. The analyses identify climate as a major factor in the occurrence of these two waterborne diseases. Human factors (poor hygiene, sanitation and water quality) are primarily responsible for the rise in gastroenteritis. The combination of these two factors (climate and human) increases the population's vulnerability to the risks of these diseases.
Keywords: *Climate rhythm, Correlation, ACP, Waterborne diseases, city of N'Djamena*

INTRODUCTION

Au XXIe siècle, le changement climatique reste la plus grande menace mondiale sur le plan environnemental (D. DJOHY, 2017, p. 14). Ce changement se caractérise par la hausse des températures, l'excès et le déficit pluviométrique, des multiples séquences sèches, des vents violents, (R. G SEINGUÉ R., 2018, p. 49). Ce phénomène fait ressentir ses effets, directs et indirects, sur l'ensemble de la planète à des degrés variables sur les systèmes de vie (B.

LAOHOTÉ, 2007, p. 58 ; R. G. SEINGUÉ (2015, p. 109 ; 2016, p. 84, 2020, p. 229). La santé humaine est l'un des systèmes les plus menacés au vu de la vulnérabilité des populations à ces effets (R. G. SEINGUÉ et M. YMBA., 2018, p. 212). Le Tchad fait partie des pays les plus vulnérables aux incidences sanitaires des variations climatiques du fait de leurs faibles capacités d'adaptation (B. LAOHOTÉ, 2007, p. 182 ; GIEC, 2014, p. 14). Les conditions thermiques favorisent la répartition spatio-temporelle et la dynamique des maladies à transmission vectorielle comme le paludisme et les gastroentérites (OMS, 2011, p. 22). Ainsi, au début des années 2000, le climat contribuait déjà à 2,4 % environ aux cas de diarrhée dans le monde et à 6 % aux cas de paludisme dans certains pays en voie de développement (OMS, 2015). Le cas de l'Afrique voir même du Tchad. La présente étude vise à analyser les effets de l'instabilité climatique sur la prolifération des maladies de la gastroentérite et du paludisme en milieux urbain et périurbain de la ville de N'Djamena.

En effet, plusieurs corrélations et observations permettent d'expliquer rationnellement l'existence de liens forts entre le climat, le temps et le fonctionnement du corps humain, dans l'état de santé aussi bien que dans la maladie (BESANCENOT, 2015, p. 13). Mais les effets de la fluctuation des paramètres climatiques sur la santé s'observent en fonction des caractéristiques physiques de chaque zone (R. G. SEINGUÉ R., 2018, p. 119). La ville de N'Djamena est confrontée aux différentes variations climatiques avec leurs conséquences sur la santé des habitants. Cette ville est marquée par une hausse thermométrique, une modification du calendrier des précipitations et l'augmentation de la fréquence et l'intensité des évènements climatiques extrêmes (B. LAOHOTÉ et al., 2014, p. 84 ; R. G. SEINGUÉ R., 2022, p. 49). Ces différentes fluctuations des éléments climatiques modifient la répartition de certaines maladies d'origine hydrique et de plusieurs vecteurs de maladies tout en favorisant leur reproduction et leurs dispersions (GIEC, 2014, p.12). La dispersion de ses vecteurs responsables de plusieurs maladies comme le paludisme, les gastroentérites, etc., augmente les risques d'infections et de contamination de la population hôte. De plus, l'insalubrité de la ville de N'Djamena associée au non-respect des règles d'hygiène de la population constituent des facteurs additionnels de risques pathologiques. L'objectif de cet article est d'analyser le rythme climatique et les risques de certaines pathologies dans la ville de N'Djamena, plus précisément dans le 9^{e} arrondissement.

II MÉTHODOLOGIE

1.1.Présentation de la ville de N'Djamena

La ville de N'Djamena est localisée dans le degré carré 12°06' N ,12°07'N, 15°03'E et 15°04' E avec une superficie de 395 km^2 (figure 1). Elle se située au Centre-Ouest du Tchad, au confluent du Chari et du Logone N'Djamena jouit d'un climat sahélien. La saison pluvieuse débute véritablement en juin pour prendre fin au mois d'octobre. Celle-ci est marquée par une forte pluviométrie des mois de juillet et d'août avec respectivement une moyenne de 144mm et 175mm/an.

La température moyenne tourne autour de 28°C. Il fait relativement chaud à N'Djamena avec des températures maximales pouvant atteindre 45°C à l'ombre de certaines années. Au sein de cette ville, précisément au Sud sur la rive gauche du Chari se trouve la zone d'étude de cette recherche. Elle est la 9^{e} commune de ladite ville et fait frontière avec le Cameroun à partir du

fleuve Logone. Dans cette étude, l'espace de recherche est nommée le 9e arrondissement. La figure 1 indique la localisation géographique.

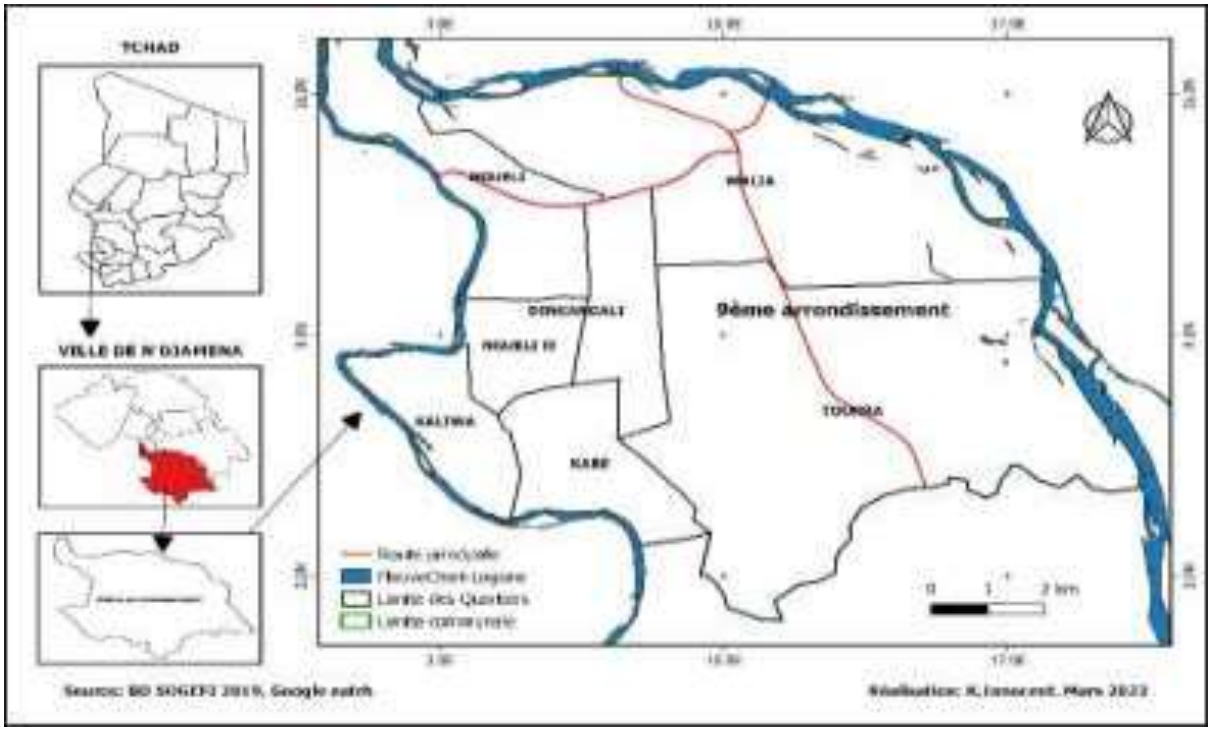


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

1.2.Données

Les données utilisées sont de plusieurs types :

- Les données climatiques sont les hauteurs et moyennes mensuelles de pluie, de la température et de l'humidité relative. Ces données ont été obtenues à l'ASECNA et à l'Agence Nationale de la Météorologie. Ces données couvrent la période de 1980 à 2020 ;
- Les données relatives aux pathologies sont les statistiques mensuelles et annuelles du paludisme, des infections respiratoires aigües, des maladies diarrhéiques et de l'anémie. Ces données ont été collectées dans le district sanitaire de N'Djamena sud et couvrent les dix dernières années (2010 à 2020).
- Les données issues des enquêtes de terrain ont été collectées auprès de la population. En effet, 100 ménages en milieu urbain et 50 en milieu péri-urbain ont été choisies de manière aléatoire.

1.3.Méthodes

Plusieurs méthodes statistiques ont été utilisées pour analyser le rythme climatique moyen du 9e arrondissement de la ville de N'Djamena et les risques pathologiques.

1.3.1. Analyse de la variabilité climatique

La variabilité interannuelle de la pluie se calcule à partir de l'indice de Nicholson.

$$Xi = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma(X)}$$

Avec :

Xi= la valeur de la variable ou valeur de la pluviométrie annuelle de l'année *i*

$\bar{X}$ = la moyenne de la série ou la valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie sur la période étudiée ;

σ(X) = l'écart-type de la série

1.3.2. Indices bioclimatiques

Ils permettent d'exprimer les contraintes climatiques que traduisent l'état de sensibilité de l'organisme et donc sa vulnérabilité aux vecteurs et agents pathogènes.

- *Indice de contrainte relative (RSI)* : calculé à partir de la température de l'air et de l'humidité relative, le RSI permet l'évaluation du stress thermique que subit l'environnement. Il s'exprime en pourcentage (%) et sa formule est :

$$RSI = \frac{[107{,}0 + 74{,}0(T - 35)]}{[44 - 75{,}0\ U]}$$

  Avec : T = Température, U = Humidité relative,

- *Indice thermo-hygrométrique (THI)* : le THI est l'indice bioclimatique qui permet d'évaluer dans un air saturé de vapeur d'eau la température effective déterminant la sensation thermique. Il s'obtient par la formule suivante :

$$THI\ (°) = T - [(0{,}55 - 0{,}0055HR\%)(T - 14{,}5)$$

  Avec T (°C) : la température ambiante ; HR : l'humidité relative ; 14,5 : température où l'homme n'a ni chaud ni froid.

Si la température est inférieure à 15°C, le THI provoque une baisse de la température au niveau du corps humain ; si elle est supérieure à 20°C, le corps humain éprouve une chaleur inconfortable. Au fur et à mesure que cette température augmente, surtout à partir de 26 °C, les possibilités de risque pathologique au niveau de l'homme s'accroissent.

1.3.3. Calcul du coefficient de corrélation entre les différents paramètres

Le coefficient de variation a été calculé de cette manière :

$$r = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Plus r est proche de +1 ou -1, plus les deux caractères sont dépendants. Plus il est proche de 0, plus les deux caractères sont indépendants. Ces caractères sont d'une part les paramètres climatiques et d'autre part les pathologies.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1.Variation interannuelle de la pluie dans le 9e arrondissement de N'Djamena

A N'Djamena, la pluie varie constamment dans l'espace et dans le temps. De 1980 à 2020, sa variation interannuelle est grande (Figure 2).

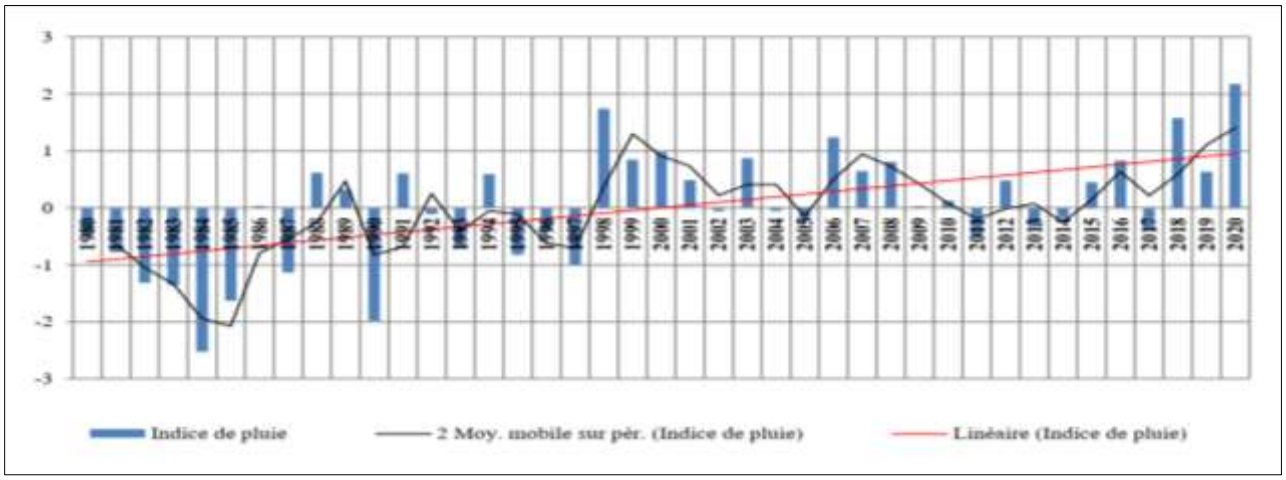


Figure 2 : Variation interannuelle de la pluie (1980-2020)

Source : ANAM, 2021

Il ressort de la figure 2 que la tendance globale des pluies de 1980 à 2020 est excédentaire. Toutefois, elle est marquée par une période déficitaire de 1980 à 1997 qui se distingue par une période totalement sèche de 1980 à 1987 avec une extrême sècheresse en 1984. Après cette période de grande sècheresse, un retour à une période humide à partir de 1997 jusqu'en 2020 année d'extrême humidité est enregistrée. Les indices sont positifs en dehors de quelques individualités (2002, 2004, 2005, 2011, 2013, 2014 et 2017) dont les indices, bien que négatifs, n'entache pas le caractère humide de ces décennies. La tendance globale excédentaire en quarante et un an, indique une amélioration en quantité dans la ville de N'Djamena. Cette variation interannuelle impacte directement le régime pluviométrique.

A N'Djamena, le régime pluviométrique est unimodal avec une saison pluvieuse qui démarre véritablement en juin pour s'arrêter en octobre. L'incertitude au mois de mai ne permet pas de compter ce mois dans le démarrage de la saison pluvieuse (Figure 3).

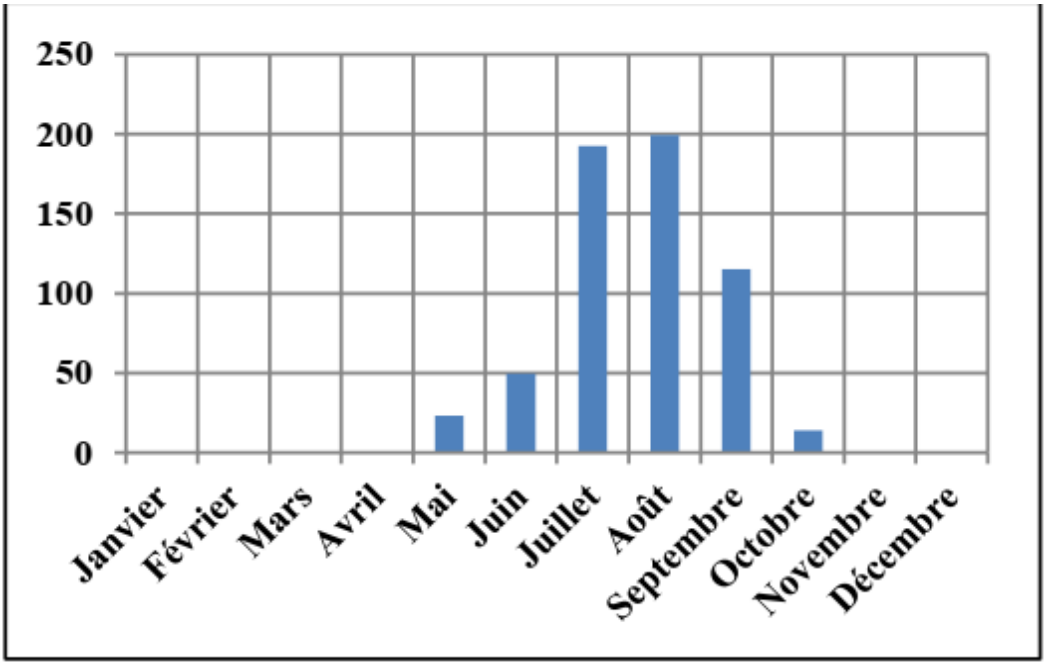


Figure 3 : Régime pluviométrique de N'Djamena

***Source** : ANAM (2021)*

Cette figure montre que la saison pluvieuse atteint son maximum en juillet et août avec respectivement 195 et 200 mm. Ces deux mois cumulent à eux seuls plus de la moitié de la quantité totale précipitée. La température et l'humidité relative mensuelle varient également constamment dans le temps (Figure 4).

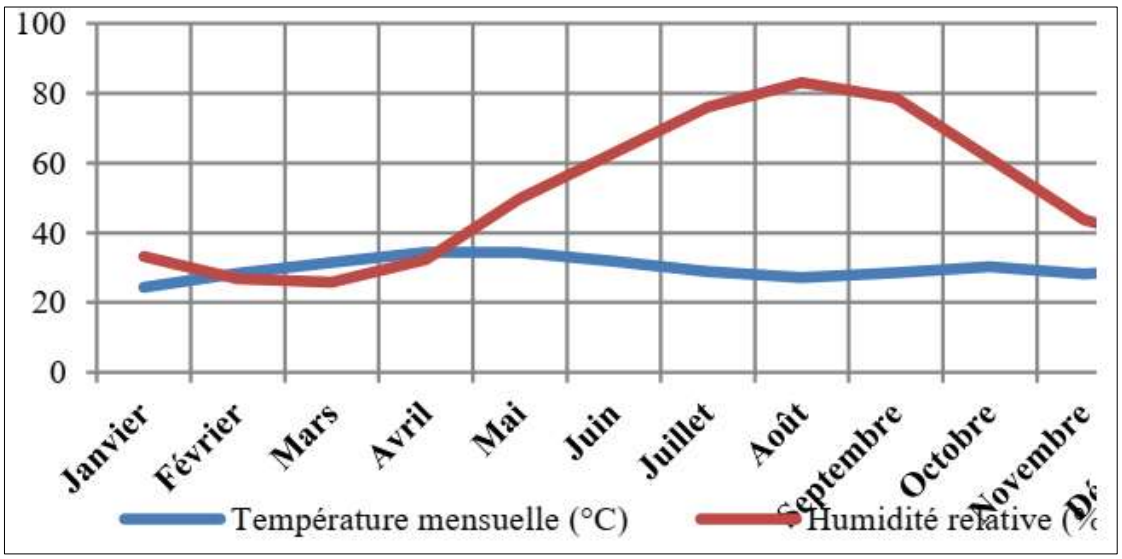


Figure 4 : Variation mensuelle de la température et de l'humidité relative

***Source** : ANAM (2021)*

Il ressort de l'analyse de cette figure que la température moyenne mensuelle oscille entre 25 et 35°C. Les mois de mars, avril et mai enregistrent les températures les plus élevées. La température maximale peut aller quelquefois à 45°C à l'ombre. Cette augmentation de la température n'est pas sans conséquence sur la santé de la population.

2.2. Ambiances bioclimatiques dans la ville de N'Djamena

Le Tableau I présente les indices bioclimatiques moyens mensuels de N'Djamena qui sont déterminés sur la base des données climatiques de 1980 à 2020.

Tableau I : Ambiance bioclimatique relatives à l'indice de contrainte relatives et à l'indice thermo-hygrométrique

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jlt	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
RSI												
THI												

Ambiance thermique confortable

Ambiance thermique inconfortable

Ambiance chaude plus ou moins supportable

Source : Travaux de terrain, 2025

Cette synthèse faite à l'échelle mensuelle permet de cerner les mois où la défense immunitaire humaine s'affaiblit exposant l'organisme aux vecteurs et agents pathogènes. Les mois d'avril à mai correspondent à la période inconfortable avec le RSI et les mois de juillet, août et septembre connaissent une ambiance chaude plus ou moins supportable. Quant au THI, seuls les mois de mars, avril, mai et juin ont une ambiance thermique inconfortable pour la population. Tandis qu'une ambiance thermique plus ou moins supportable pour la population couvre le reste de l'année. L'organisme humain est par conséquent soumit à une variation permanente des indices bioclimatiques avec une fluctuation thermique moins confortable tout au long de l'année ce qui le fragilise et l'expose aux agents pathogènes.

2.3.Impacts du climat sur l'occurrence des maladies à N'Djamena

Pour apprécier l'impact du climat sur l'occurrence des maladies à N'Djamena, le test de Pearson indique des coefficients de corrélation (r) et de détermination (R^2) qui permettent de mesurer l'intensité des liaisons entre les éléments climatiques et les affections hydriques (tableau II).

Tableau II : Coefficients de corrélation entre les variables climatiques et les variables hydriques dans le 9^{e} arrondissement de N'Djamena

Variables climatiques	**Pluviométrie**		**Température**		**Humidité relative**	
Gastro-entérites	r=0,54	R=0,29	r=0,51	R=0,26	r=0,78	R=0,60
Paludisme	r=0,64	R=0,40	r=0,2	R=0,04	r=0,51	R=0,26

***Source** : Traitement des données de terrain, 2025*

Cette analyse indique une relation entre les éléments climatiques et les deux affections hydriques mises en cause dans ce test. Les gastroentérites et le paludisme sont très influencés par la pluviométrie et l'humidité relative. Ses paramètres climatiques caractérisant de la saison pluvieuse favorisent le développement, la prolifération des vecteurs et l'accélération de la maturation des germes pathogènes. Cette dépendance des maladies hydriques à ces paramètres climatiques des temps humides s'explique par l'augmentation de l'insalubrité multipliant ainsi les gîtes larvaires des insectes vecteurs de maladies (moustiques, mouches, tiques, …), la contamination des nappes et des sources d'eau potable (Boco *et al.,* 2015 et Houssou *et al.,* 2015). La période allant de juin à novembre est ainsi favorable à la recrudescence des affections hydriques. Par ailleurs, la température quant à elle, agit seulement sur le paludisme.

2.4.Facteurs écologiques, socio-économiques et humaines favorables à la propagation des maladies

La ville de N'Djamena, à l'instar des autres villes du Tchad, connaît d'énormes problèmes d'assainissement de son environnement (Mianhounoum N., 2024, p. 42), 76 % des enquêtés gèrent très mal leurs déchets ménagers, une des causes de la prolifération des vecteurs de maladies. Les conditions climatiques, écologiques et le mode de vie hygiénique des populations déterminent l'émergence des vecteurs pathogènes des affections hydriques. Ces facteurs associés rendent plus vulnérable la population aux risques sanitaires. L'ensemble des paramètres climatiques offre un écosystème favorable à la vie des anophèles. Le 9^{e} arrondissement est atypique car l'inondation y est fréquente associée à un niveau d'insalubrité élevée (Photo 2).



Photo 1 : Etat d'insalubrité du 9^{e} arrondissement de N'Djamena

Source : Gouataine, 2018

Les canaux d'évacuation des eaux de pluie sont orientés vers ce quartier pour se déverser dans le fleuve Logone. Ces canaux bouchés et non curés, des bacs à ordures inexistants, des tas d'immondices, une insalubrité grandissante offre des conditions favorables à la multiplication des anophèles dans ce quartier.

CONCLUSION

Le principal élément environnemental déterminant la recrudescence des maladies hydriques reste le climat. Sa variation dans le temps conditionne la répartition spatio-temporelle des vecteurs et agents pathogènes. La variation saisonnière des indices bioclimatiques au cours de l'année fragilise l'organisme humain à travers l'affaiblissement de sa défense immunitaire et la capacité de son système de régulation l'exposant aux agents pathogènes. Les fluctuations thermiques associées aux conditions d'hygiènes, d'assainissements et aux contraintes socio-économiques des populations favorisent la prévalence des affections hydriques tout au long de l'année. Les éléments climatiques entretiennent de forte relation avec les maladies hydriques mais les affections gastro-entérites sont plus liées aux conditions d'hygiène de vie, d'alimentation et d'assainissement du milieu. La commune du 9^{e} arrondissement connaissant un taux d'insalubrité très élevé expose sa population à un risque permanent de maladies hydriques. Néanmoins, la prise en compte du facteur climatique permettra de réduire la vulnérabilité de la population de la commune de Parakou aux risques des maladies hydriques et renverser la tendance actuelle de l'évolution annuelle du nombre de cas de ses affections les années à venir.

Références bibliographiques

ADEWI E. et V. DUBREUIL, 2012, Variabilité climatique et paludisme à Kara, une ville du Nord-Togo, 25ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, pp.57-62.

ADJE D. D., P. Gnohossou, H. Akodogbe, M. Gouissi, S. Abahi et J. Okoya, 2019, Étude de la pollution organique de la rivière Okedama dans la Commune de Parakou, Afrique SCIENCE Vol.15 n°4, pp. 299 – 305.

AGASSOUNON Djikpo Tchibozo M., L. Ayi-Fanou, E. Lozes, R. Fadonougbo, G. Anago, C. AGBANGLA et C. AHANHANZO, 2012, « Impacts sanitaires liés à l'usage des eaux de puits, à l'assainissement et à l'aménagement à Gbôdjê dans l'arrondissement de Godomey au Bénin » Internanional Journal of Biological Chemical Science 6, pp.592-602, Asghari M., G. Fallah GHALHARI, M. Abbasinia, F. Shakeri, R. Tajik, J. M. Ghannadzadeh, 2020, Feasibility of Relative Strain Index (RSI) for the Assessment of Heat Stress in Outdoor Environments: Case

Study in Three Different Climates of Iran, The Open Ecology Journal, 2020, Volume 13, pp. 11- 18.

AZONDJINMON B. D. J., 2020 : Rythmes climatiques et pathologiques en milieu urbain et périurbain de Parakou, Mémoire Master en SIG et Dynamiques Environnementales (Géographie), Université de Parakou, 77 p.

AZONDJINMON B. D. J., S. H. TOTIN VODOUNON, M. BOKO, 2019 : Déterminants écoclimatiques de la prévalence du Paludisme dans la ville de Parakou ; Actes du VII^{ème} Colloques des sciences, cultures et technologies de l'Université d'Abomey Calavi, atelier des lettres et sciences humaines, ISSN : 1840-5851- Editions décembre 2019, https://colloque.uac.bj/actes-du-colloque/, pp 176-187.

BANGOURA M-R., 2017, Gestion des déchets solides ménagers et ségrégation Socio-Spatiale dans la ville de Conakry (Guinée), Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement de l'Université de Toulouse, p.560.

BESANCENOT J-P., 2015, Changement climatique et sante. Environ Risque Sante Vol. 14, n8 5, doi : 10.1684/ers.2015.0813, p. 1-21

BOKO M, F. KOSMOWSKI, VISSIN E.W., 2012. Les enjeux du changement climatique au Bénin : Quelles implications politiques ? Séminaire de la Fondation Konrad Adenauer, Cotonou, Bénin, 77 p.

CHABI D. A. et TOTIN VODOUNON S.H., 2018. « Ambiances bioclimatiques et santé des populations dans la ville de parakou », XXXI Colloque de l'Association internationale de climatologie, actes du colloque de Nice, pp. 313-318

GOUATAINE SEINGUE R, Magloire Dadoum DJEKO, Jéchonias MBAIHADJIM, 2016, *Dynamique de la pluie et production agricole au sud-ouest du Tchad*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, 28, pp 408-417

GOUATAINE SEINGUE R, Maimouna YMBA, 2018, *Variabilités climatiques et émergence du paludisme à Bongor (Tchad)*, Revue Espace, Territoires, Sociétés, Santé, n°2, pp 143-156.

GOUATAINE SEINGUE R, Maimouna YMBA, 2019, *Contraintes hydro-pluviométriques et problème d'approvisionnement en eau à Bongor, Tchad,* Afrique Science, 15(5), 209-218.

GOUATAINE SEINGUE R., 2018, '' *Effets des variabilités pluviométriques sur les systèmes de culture et adaptations des agriculteurs dans la plaine du Mayo-Kebbi (sud-ouest du Tchad)*'', Thèse de doctorat, Université de Maroua, Cameroun

GOUATAINE SEINGUE R., 2022, Variabilité climatique et risques pathologiques dans la commune du 9e arrondissement de N'Djamena (Tchad), Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 5 (9), 33-42.

GOUATAINE SEINGUE R., Laohoté BAOHOUTOU, 2015, *Mise en évidence de la variabilité pluviométrique sur la plaine du Mayo-Kebbi, sud-ouest du Tchad*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, n°25 (8), pp 93-109.

ODOULAMI L., 2009. La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin), Thèse de Doctorat Unique, ès Lettres de l'Université d'Abomey-Calavi, Géographie et Gestion de l'Environnement, 230 p.

OMS et OMM, 2012. Atlas de la santé et du climat, p. 68.

OMS, 2011, Statistique Sanitaire Mondiale. 170 p.

OMS, 2015, Résumé sur paludisme dans le monde 32 p.

VISSIN E.W., 2014. Variabilité climatique et rythmes pathologiques dans le département de l'Alibori , Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé Série B vol.16, n°2, African Journal on Line (AJOL) [www.inasp.org/ajol. Consulté le 20 septembre 2019], pp. 151-163.