RYTHME CLIMATIQUE ET PREVALENCE DES AFFECTIONS DE GASTRO-ENTERITES DANS LA COMMUNE DE KANDI (NORD BENIN)

CLIMATIC RHYTHM AND PREVALENCE OF GASTROENTERITIS AFFECTIONS IN THE COMMUNE OF KANDI (NORTHERN BENIN)

***AZONDJINMON** Dèwanou Bergeron Junias, 1,2 ; **YABI** Ibouraïma**,** 2,3
*1. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire – Espace, Culture, Développement de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, * **bergjuniors18@gmail.com** , +229 0161443501*
2. Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement ; 03 BP 1122 Jéricho, Cotonou, Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin, yafid2@yahoo.fr .
3. Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey Calavi, République du Bénin, ibouyabi@gmail.com

RESUME

La commune de Kandi est caractérisée par un climat de type unimodal marqué par l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche. L'eau, étant vitale pour l'espèce humaine peut aussi être nuisible pour sa santé quand sa disponibilité et sa qualité sont menacées. Cette étude vise à analyser l'influence du rythme inter mensuel des précipitations sur la récurrence des maladies gastroentérites dans la commune de Kandi. Pour ce fait, les variables climatiques de précipitations et d'évapotranspiration potentielle (ETP) de la station de Kandi sur la période de 1971-2020 et les statistiques des affections gastroentérites de 2011 à 2020 issues de la Direction Départementale de la Santé de l'Alibori ont été exploitées. Ces données quantitatives sont complétées par la recherche documentaire et les enquêtes socio-anthropologiques puis soumises à des tests et analyses statistiques dont la moyenne arithmétique, la corrélation de Person et l'Analyse des Composantes Principales (ACP) afin d'évaluer le degré d'influence du rythme pluviométrique sur l'occurrence des maladies gastroentérites. Les facteurs humains relatifs aux conditions et à l'hygiène de vie sont analysés par la grille d'évaluation des potentielles sources des vecteurs de maladies gastroentérites. L'ensemble des analyses effectué confirme la prévalence des gastroentérites en saison pluvieuse dans la commune de Kandi. Il ressort également qu'outre la pluviométrie, les mauvaises conditions d'hygiène, d'assainissement et la qualité de l'eau de consommation favorisent surtout la recrudescence des maladies gastroentérites dans la commune.

Mots clés : Rythme pluviométrique, Corrélation, ACP, Affections gastroentérites, Kandi.

ABSTRACT :

The commune of Kandi is characterized by a unimodal climate marked by the alternation of a rainy season and a dry season. Water, being vital for the human species, can also be harmful to its health when its availability and quality are threatened. This study aims to analyze the influence of the inter-monthly rhythm of precipitation on the recurrence of gastroenteritis diseases in the commune of Kandi. For this purpose, the climatic variables of precipitation and potential evapotranspiration (ETP) of the Kandi station over the period 1971-2020 and the statistics of gastroenteritis diseases from 2011 to 2020 from the Departmental Directorate of Health of Alibori were used. These quantitative data are supplemented by documentary research and socio-anthropological surveys, then subjected to statistical tests and analyses, including arithmetic mean, Person correlation, and Principal Component Analysis (PCA), to assess the degree of influence of rainfall patterns on the occurrence of gastroenteritis diseases. Human factors relating to living conditions and hygiene are analyzed using the potential sources of vectors of gastroenteritis diseases assessment grid. All the analyses conducted confirm the prevalence of gastroenteritis during the rainy season in the municipality of Kandi. It also appears that, in addition to rainfall, poor hygiene and sanitation conditions, and the quality of drinking water are primarily responsible for the increase in gastroenteritis diseases in the municipality.

Keywords: Rainfall pattern, Correlation, PCA, Gastroenteritis diseases, Kandi.

INTRODUCTION

Les changements climatiques figurent aujourd'hui parmi les principaux déterminants de la santé publique à l'échelle mondiale, notamment dans les pays à faibles revenus où les infrastructures sanitaires sont souvent inadéquates (WHO, 2018, p.28 ; IPCC, 2022, p.12). Ils constituent surtout pour les pays en voie de développement comme le Bénin, où les systèmes sanitaires sont fragiles et les populations exposées à de multiples vulnérabilités environnementales, l'un des défis majeurs pour la santé publique. L'évolution des régimes climatiques, notamment les modifications du rythme pluviométrique, influe directement sur les conditions de vie et de santé des communautés, notamment à travers la recrudescence de nombreuses pathologies sensibles au climat, à l'eau et à l'environnement (Hales T. et al., 2003, p.239 ; McMichael P., 2015, p.2). Au nombre de ces pathologies, les affections gastroentériques occupent une place critique en Afrique subsaharienne et sont fortement sensibles aux facteurs environnementaux tels que la qualité de l'eau, l'hygiène et les conditions d'assainissement, eux-mêmes fortement dépendants des variations climatiques saisonnières. En saison pluvieuse, les pluies intenses ou prolongées créant les inondations des points d'eau, la contamination des sources et la dégradation des infrastructures sanitaires favorisent la propagation des vecteurs et accroissent les risques de transmission d'agents pathogènes (Few R. et al., 2004, p.21 ; Levy P.R. et al., 2016, p.432). En saison sèche, les déficits pluviométriques exacerbent les pénuries d'eau potable, incitant au recours à des sources non sécurisées, et aggravant les situations d'hygiène précaire (Hunter et al., 2010, p.93).

La commune de Kandi (Nord du Bénin) présente un cadre idéal à l'analyse des relations entre climat et santé. Cette zone est marquée par une forte variabilité pluviométrique interannuelle et une prévalence pathologique importante des épisodes épidémiques notamment les affections paludéennes et gastroentérites, affectant particulièrement les groupes sociaux vulnérables tels que les enfants et les femmes enceintes (Boko M. et al., 2019, p.341 ; Azondjinmon D. B. J., 2019, p.171). Cette situation préoccupante met en avant le fait que les changements climatiques, à travers la variabilité des précipitations, contribuent à l'aggravation des risques sanitaires liés aux affections gastroentériques dans un contexte où les populations disposent encore de faibles capacités d'adaptation et où les infrastructures d'assainissement et d'approvisionnement en eau potable restent insuffisantes. C'est dans ce contexte que la présente étude vise à analyser la relation entre les rythmes pluviométriques et la prévalence des affections gastroentériques dans la commune de Kandi. Elle cherche à comprendre comment les fluctuations des précipitations influencent la dynamique épidémiologique de cette pathologie vectorielle, afin de mieux orienter les stratégies locales de prévention, de gestion des risques climato-sanitaires et d'adaptation des politiques de santé publique.

I- MATERIEL ET METHODOLOGIE

1- 1- Présentation du secteur d'étude

La présente étude a été réalisée dans la commune de Kandi, située au Nord-Est du Bénin (fig. 1) au cœur du département de l'Alibori, entre les latitudes 10°55' et 11°39' Nord et de longitude 2°38' et 3°15' Est, s'étendant sur une superficie de 3.421 km² ; soit 13 % de l'ensemble de département. Elle est limitée au nord par la commune de Malanville, au sud par la commune de Gogounou, à l'est par la commune de Ségbana, et à l'ouest par celle de Banikoara.

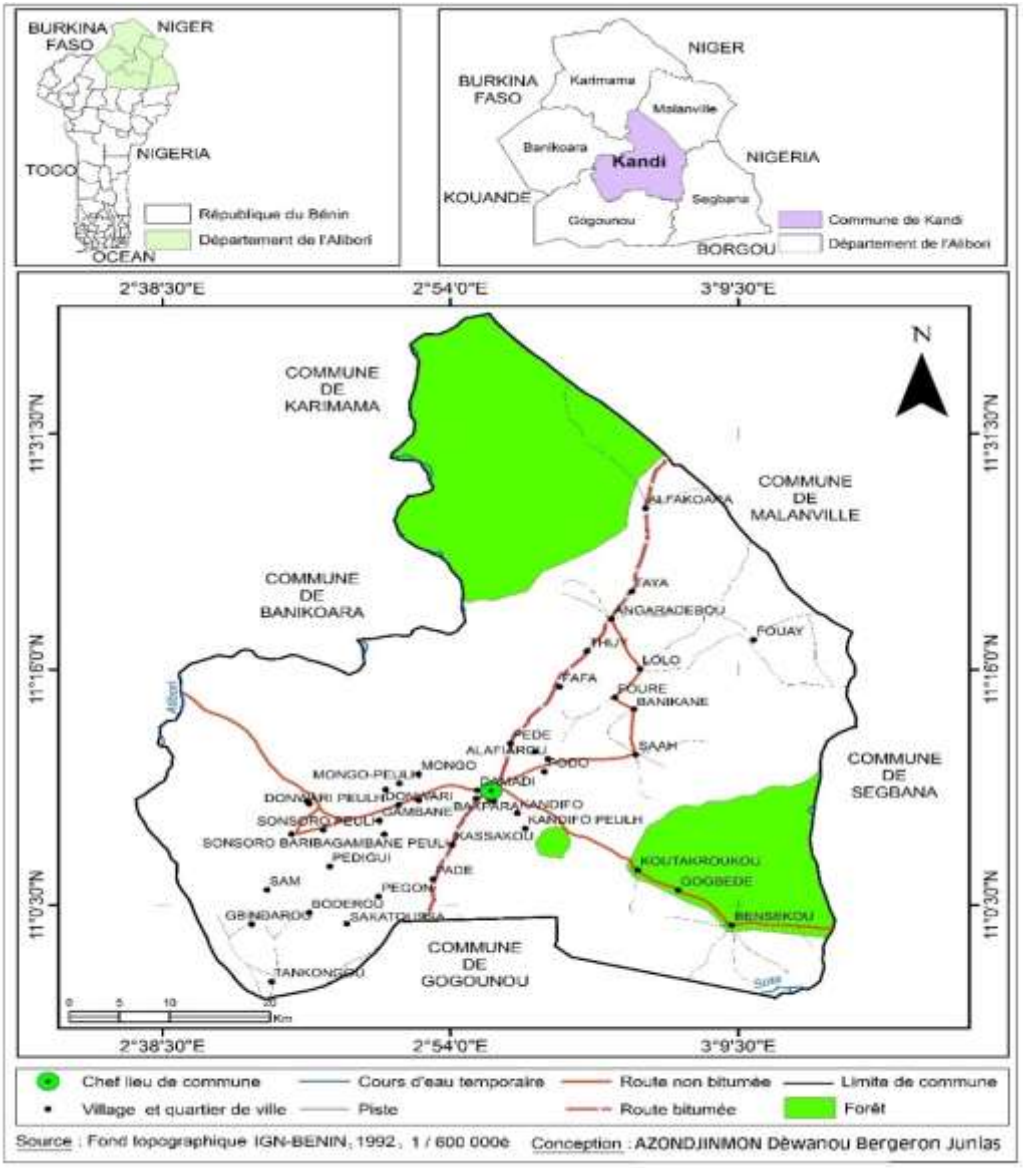


Figure 1 *:* Situation géographique de la commune de Kandi

C'est un important carrefour d'échanges reliant plusieurs localités du Bénin et de la sous-région ouest-africaine, notamment le Nigeria, le Niger, le Burkina Faso et le Mali. Du point de vue bioclimatique, Kandi se situe dans la zone soudanienne caractérisée par une saison pluvieuse relativement courte (mai à octobre) et des températures élevées favorisant une bonne évapotranspiration. Ces conditions climatiques, combinées à une dégradation progressive des écosystèmes, favorisent un environnement propice à la prolifération des vecteurs pathogènes.

Ce contexte en fait un territoire particulièrement exposé aux effets des changements climatiques, notamment à travers l'intensification des affections vectorielles telles que les gastroentérites, le paludisme ou encore les infections respiratoires aiguës. L'étude de cette zone permet ainsi d'analyser de manière fine l'articulation entre dynamiques climatiques, vulnérabilité sanitaire des populations, et stratégies d'adaptation locales.

1-2- Données d'étude

Dans le cadre de cette étude, les données climatologiques, notamment les précipitations mensuelles et l'évapotranspiration potentielle (ETP), couvrant la période de 1961 à 2020, ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale de la Météorologie du Bénin (Météo Bénin), à partir

de la station synoptique de Kandi. Ces variables permettent d'analyser le rythme pluviométrique annuel et saisonnier, en lien avec les périodes de recrudescence des affections gastroentériques. Par ailleurs, les données sanitaires relatives aux cas mensuels d'affections gastroentériques entre 2011 et 2020 ont été collectées auprès de la Direction Départementale de la Santé (DDS) de l'Alibori. Elles permettent de suivre l'évolution de la prévalence de ces pathologies au regard des fluctuations climatiques. En complément, une enquête socio-anthropologique a été menée auprès de 70 ménages, répartis équitablement entre les dix arrondissements de la commune de Kandi, dont trois en milieu urbain (Kandi I, II, III) et sept en milieu rural (Angaradébou, Kassakou, Sam, Sonsoro, Saah, Donwari, Bensékou). L'échantillon, constitué de manière aléatoire, a ciblé prioritairement les ménage où on retrouve des groupes sociaux les plus vulnérables face aux maladies hydriques, notamment les femmes enceintes et les enfants de moins de cinq ans. Ces entretiens ont permis de recueillir des informations qualitatives sur la perception des populations concernant les irrégularités pluviométriques, les facteurs environnementaux aggravants, ainsi que les stratégies endogènes mises en œuvre pour prévenir et traiter les affections gastroentériques.

1-3- Traitement des données

1.3.1. Analyse des paramètres climatologiques et épidémiologiques

Les conditions climatiques mensuelles ont été caractérisées à l'aide de la moyenne arithmétique. Les données mensuelles sur les cas d'affections gastroentériques ont été également traitées par la moyenne arithmétique afin de détecter les fluctuations épidémiologiques. Cette analyse a permis de caractériser les périodes de pics sanitaires afin de les comparer aux irrégularités climatiques (Boko M., 2010, p. 57). Sa formule est :

$$\boldsymbol{X = 1/n \sum_{i=1}^{n} (xi)}$$

Où : $\boldsymbol{X}$ la moyenne arithmétique ; **n** l'effectif total des variables ; $\boldsymbol{xi}$ les variables de la série considérée. Cette méthode permet de dégager les tendances centrales des variables pluviométriques, anémométrique et d'ETP (Dossou M.E., 2012, p. 84). Les moyennes mensuelles et annuelles des cas ont permis d'identifier les périodes de recrudescence épidémiologique, les variations saisonnières et les pics sanitaires. Cette approche a favorisé la comparaison entre les rythmes climatiques et les fluctuations des gastroentérites afin de mettre en évidence les périodes de forte vulnérabilité sanitaire. L'analyse épidémiologique s'est également appuyée sur l'étude des fréquences mensuelles, des variations saisonnières et des tendances interannuelles des cas afin d'apprécier l'intensité et la récurrence des épisodes pathologiques dans le contexte climatique local.

Pour Koumassi D. H. (2014, p. 74), le calcul du bilan climatique d'un complexe permet d'estimer sa disponibilité en eau, il est la différence entre la somme des abats pluviométriques et c'elle de l'évapotranspiration potentielle. Dans cette étude, le Bilan climatique est analysé afin de déterminer les mois secs (déficitaires) et les mois humides (excédentaires). Il permet d'établir la relation entre les périodes climatiques et les affections gastroentérites dans la commune de Kandi. La formule est :

$$\mathbf{BC = P - ETP}$$

Où : P étant la précipitation mensuelle (mm) ETP l'évapotranspiration potentielle (mm)
Si P – ETP > 0 alors le bilan est excédentaire, donc le mois est sec ; si P – ETP < 0 alors le bilan est déficitaire, donc le mois est humide ; si P – ETP = 0 alors le bilan est stable (équilibré), le mois est dit normal.

1.3.3. Corrélation linéaire et Analyse des Composantes Principales (ACP) entre variables climatiques et sanitaires

L'analyse des degrés de liaison entre les variables climatiques (pluie, ETP) et sanitaires (cas d'affections gastroentériques) a été réalisée à l'aide des protocoles statistiques tels que le coefficient de corrélation linéaire (r) de Bravais Pearson, selon le protocole statistique proposé par Le Maux B. (2009) et l'Analyse des Composantes Principales (Vissin E. W. (2014, p. 153), B. Escofier et J. Pagès (2016, p. 2) et D.A. Chabi et H. S. Totin Vodounon (2018, p. 317)). Cette méthode permet d'évaluer l'intensité et le sens de la relation entre deux séries temporelles. Le coefficient de corrélation linéaire (r) a pour formule (B. S. Danssou et L. Odoulami, 2015 ; p. 131) :

$$r = \frac{Cov\,(x, y)}{\sigma\,(x)\sigma(y)}$$

Où $Cov\,(x, y)$: covariance entre x et y $\sigma(x)$ et $\sigma(y)$: les écarts-types entre x et y

Le coefficient de corrélation est toujours compris entre -1 et +1, selon Pearson, lorsqu'on a $0,6 < |r| < 1$; les deux variables évoluent de la même façon. L'évolution de l'un influe sur l'autre, les deux sont fortement corrélées ; lorsque $0,3 < |r| < 0,6$; les deux variables évoluent de manière approximativement identique. Les deux variables sont moyennement corrélées ; lorsque $0 < |r| < 0,3$; les deux variables sont indépendantes. Il n'existe aucun lien entre l'évolution des deux variables, très faible ou aucune corrélation entre elles. Mais si $r < 0$ les deux variables évoluent en sens contraires ; si $r > 0$ les deux variables évoluent dans le même sens et quand $|r| < 1$, la dépendance est dite partielle.

L'Analyse des Composantes Principales consiste à soumettre les deux matrices de données, respectivement relatives aux paramètres climatiques et aux affections gastroentérites, à une série statistique afin de décrire par des représentations géométriques de ses unités et de ses variables les relations existantes entre elles (Azondjinmon D.B.J., 2020, p.31).

1.3.4. Analyse des facteurs écologiques, les perceptions et stratégies locales

Les facteurs écologiques susceptibles d'influencer la récurrence des affections gastroentérites dans la commune de Kandi ont été analysés à partir d'une triangulation méthodologique combinant la revue de la littérature scientifique, les enquêtes socio-anthropologiques et les observations directes en milieu réel. Les données qualitatives issues des enquêtes socio-anthropologiques ont été soumises à une analyse thématique, à l'aide d'une grille d'interprétation inspirée de la méthode d'analyse de contenu développée par Bardin L. (2013, p. 125). Cette analyse a permis de dégager les représentations locales relatives aux liens entre les rythmes pluviométriques et les affections gastroentérites, ainsi que les stratégies endogènes mises en œuvre par les populations pour leur prévention et leur traitement.

II – RESULTATS

2–1- Evolution du climat

2.1.1. Rythme pluviométrique de la commune de Kandi

La commune de Kandi bénéficie d'un climat à régime unimodal. Sa saison de pluie connaît un optimum au mois d'août avec un bilan climatique très souvent équilibré sur les différentes périodes. La figure 2 présente l'évolution de la pluviométrie à Kandi.

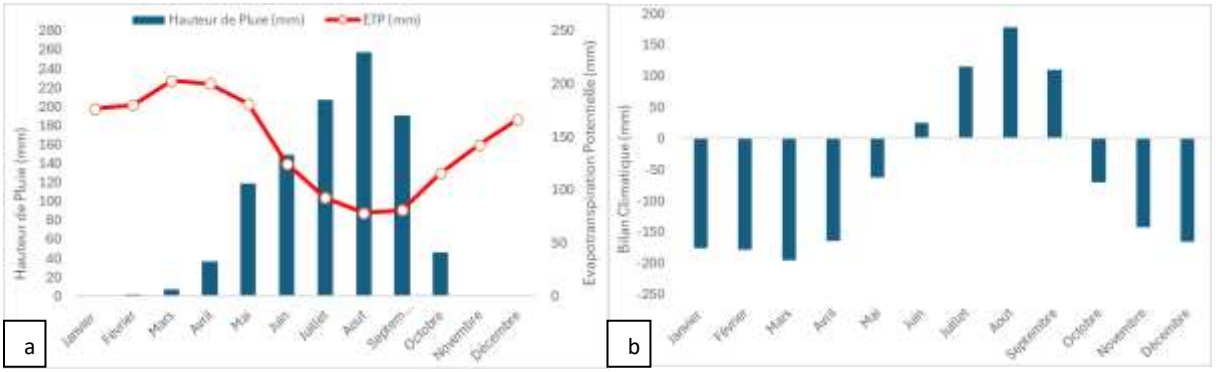


Figure 2 *:* Régime pluviométrique moyen (a) et bilan climatique (b) (1971-2020) de Kandi

Source *: Données de l'ASECNA, 2023*

Le graphe montre qu'au mois d'août, la pluviométrie moyenne est de 256,872 mm d'eau tandis que l'évapotranspiration potentielle atteint son niveau le plus bas de l'année avec 78,42 mm. Cette situation, caractéristique de la saison la plus humide, s'étendant sur les mois de juin (24,791 mm), juillet (114,524 mm), aout (178,45 mm) et de septembre (109,477 mm), période durant laquelle les précipitations dépassent systématiquement l'évapotranspiration (Djohy G. L. *et al.,* 2015, p. 188). Cette forte humidité, combinée à une saturation des sols dans un contexte d'insuffisance d'infrastructures socio sanitaires d'abduction d'eau potable et d'accroissement du taux d'insalubrité, favorise la contamination des eaux de consommation et l'augmentation des maladies hydriques telles que les gastroentérites, le choléra, etc (Houssou C. S. *et al.,* 2015).

2.1.2. Régime anémométrique

L'action du vent sur la santé humaine est étroitement liée à l'humidité relative, dont les effets varient selon que le vent est sec ou humide (Clédjo P. F. G. A., 1994, p. 31). Dans la saison sèche, le vent tend à assécher les muqueuses, favorisant les fragilités respiratoires. Toutefois, lorsque l'humidité est élevée, le vent peut devenir un vecteur important de polluants, de poussières et de micro-organismes pathogènes, susceptibles de contaminer les denrées alimentaires, repas non couverts et les sources d'eau de consommation, contribuant ainsi à la propagation des vecteurs des affections gastroentériques. La figure 3 illustre la moyenne mensuelle des vitesses du vent dans la commune de Kandi qui reste un élément à considérer dans l'analyse des risques environnementaux liés aux maladies d'origine hydrique, en particulier les gastroentérites.

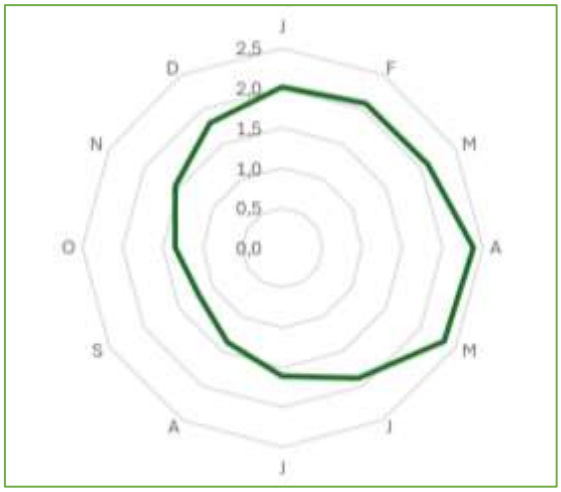


Figure 3 : Régime anémométrique moyen (1971-2020) de la commune de Kandi

Source *: Données de la Météo Benin, 2023*

Dans la commune de Kandi, la vitesse moyenne mensuelle du vent oscille entre 1,14 et 2,34 m/s sur la période 1971–2020. Elle évolue de manière saisonnière avec 1,98 m/s en janvier atteignant un pic maximal en Avril (2,34 m/s), puis amorce une diminution progressive à partir de mai (2,31 m/s) pour atteindre son minimum en septembre (1,14 m/s). Cette dynamique est marquée en fin novembre par l'installation de l'alizé continental sec, communément appelé harmattan, un vent froid et poussiéreux soufflant de décembre à février. Ce vent provoque une baisse considérable de la des températures et transporte d'importantes charges de poussières et de pollens dans l'atmosphère, ce qui peut affecter la qualité de l'air et les conditions sanitaires locales (Amoussou E., 2010, p. 40). L'impact du vent sur la santé humaine varie selon le degré d'hygrométrie ambiant (Vissin E. W., 2014, p. 158). En période sèche, la faible humidité combinée aux vents dominants contribue à la dispersion de poussières et de micro-organismes, entraînant une contamination de l'eau, des aliments et des surfaces domestiques, ce qui favorise l'apparition d'affections gastroentériques (Houssou C. S. et al., 2015, p. 167). Par ailleurs, lors des périodes de vent humide, le transport d'agents pathogènes dans l'atmosphère s'intensifie, exposant davantage les populations aux risques d'infections digestives, surtout dans les zones à faible couverture sanitaire.

2-2- Occurrence des affections gastroentérites dans la commune de Kandi

La gastroentérite désigne une inflammation aiguë de la muqueuse de l'estomac et/ou de l'intestin, pouvant entraîner des troubles digestifs généralement réversibles tels que la diarrhée, les vomissements, les douleurs abdominales, les nausées, avec ou sans fièvre (Beaudeau P., 2012, p. 13). Cette affection peut être d'origine bactérienne — impliquant des agents pathogènes tels qu'*Escherichia coli* entérotoxinogènes ou *Aeromonas hydrophila* —, virale, notamment par les *Norovirus*, *Sapovirus*, *Rotavirus*, *Astrovirus*, ou encore parasitaire, avec des protozoaires tels que *Cryptosporidium parvum* et *Giardia lamblia* (Gansonré Z., 2012, p. 2). L'évolution mensuelle et annuelle de cette pathologie dans la commune de Kandi est illustrée à la figure 4.

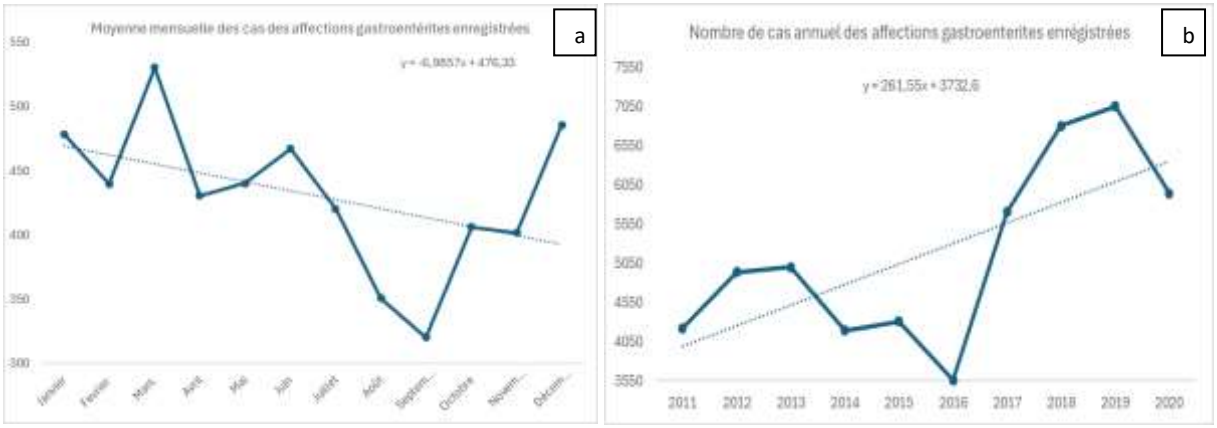


Figure 4 : Variation inter mensuelle (a) et inter annuelle (b) du nombre de cas moyen des affections gastroentérites dans la commune de Kandi sur la période 2011 à 2020

***Sources** : Données ZS-Kandi, DDS-A (traitement statistiques climatiques), 2023.*

Les affections gastroentériques, tout comme plusieurs autres pathologies vectorielles, sont endémiques à Kandi, mais leur prévalence varie selon les saisons. Deux pics majeurs de gastroentérites sont observés en mars (530 cas en moyenne) et en décembre (486 cas en moyenne). Pour 88 % des habitants, ces affections persistent toute l'année, mais 75 % des

populations les associent à la saison sèche, en lien avec la rareté de l'eau potable et à la mauvaise qualité des sources disponibles. En saison des pluies, la recrudescence est attribuée à la consommation d'eaux non traitées (puits, pluie). Globalement, de 2011 à 2020, les cas annuels augmentent de manière progressive, malgré quelques fluctuations marquées par une baisse considérable observée en 2016 (3 559 cas). Les pics enregistrés en mars et en décembre pourraient être liés à l'harmattan et aux vents violents, susceptibles de contaminer les repas et les sources d'eau par la poussière, ainsi qu'à la consommation de fruits non lavés, combinées aux conditions hydriques défavorables au cours de ces mois dans la Commune de Kandi. D'après Vissin E. W. (2014, p. 160), les périodes sèches accentuent la vulnérabilité des populations aux affections gastroentériques surtout dans un contexte de stress hydrique.

2.3. Effets du climat sur la prévalence des affections gastroentérites à Kandi

2.3.1. Rythme des affections gastroentérites et dynamiques des pluies inter-mensuelles

La figure 5 présente l'évolution du nombre de cas des gastroentérites en fonction de la pluviométrie dans la commune de Kandi sur une période de dix ans (2011 à 2020). La figure 5 met en évidence une corrélation négative modérée entre les hauteurs pluviométriques mensuelles et le nombre de cas de gastroentérites ($r = -0{,}6248$; $R^2 = 0{,}39$), ce qui indique qu'à mesure que les précipitations augmentent, la prévalence des affections diminue légèrement. Cette tendance peut s'expliquer par l'hypothèse dite de « concentration–dilution » développée par Carlton E.J. et al. (2014, p.344), selon laquelle les fortes pluies peuvent entraîner un effet temporaire de dilution de la charge microbienne. Les débits élevés réduiraient momentanément la concentration des agents pathogènes dans les eaux de surface consommées, diminuant ainsi provisoirement le risque de gastroentérites (Kraay A.N.M. et al., 2020, p.126001 ; Levy K. et al., 2014, p.847). Toutefois, les ruissellements intenses et l'inondation des points d'eau favorisent également la contamination des sources, d'où une recrudescence possible des cas en début et en fin de saison pluvieuse. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle la qualité des eaux de consommation se dégrade davantage à l'approche ou à la fin des pluies, exposant les ménages à des risques sanitaires (Houssou C. S. et al., 2015, p. 168).

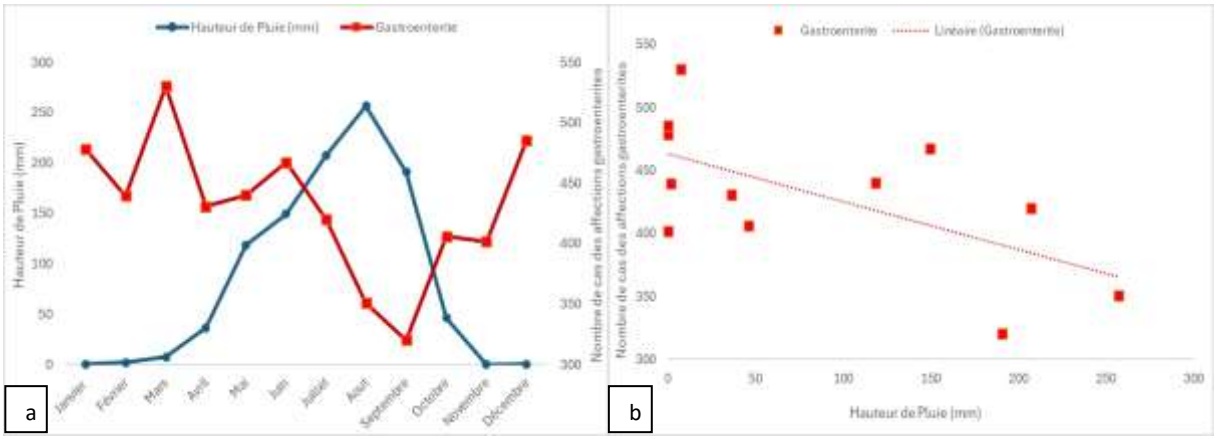


Figure 5. Relation (a) et corrélation (b) entre nombre de cas des affections gastroentérites et les hauteurs pluviométriques sur la période 2011 à 2020

Source : Données ZS-Kandi, DDS-A et Météo-Bénin (traitement statistiques), 2023

2.3.2. Rythme des affections gastroentérites et dynamiques inter-mensuelles de l'ETP

La figure 3 fait état du rythme inter mensuel des affections gastroentérites en fonction de l'évapotranspiration dans la commune de Kandi sur une période de dix ans (2011 à 2020).

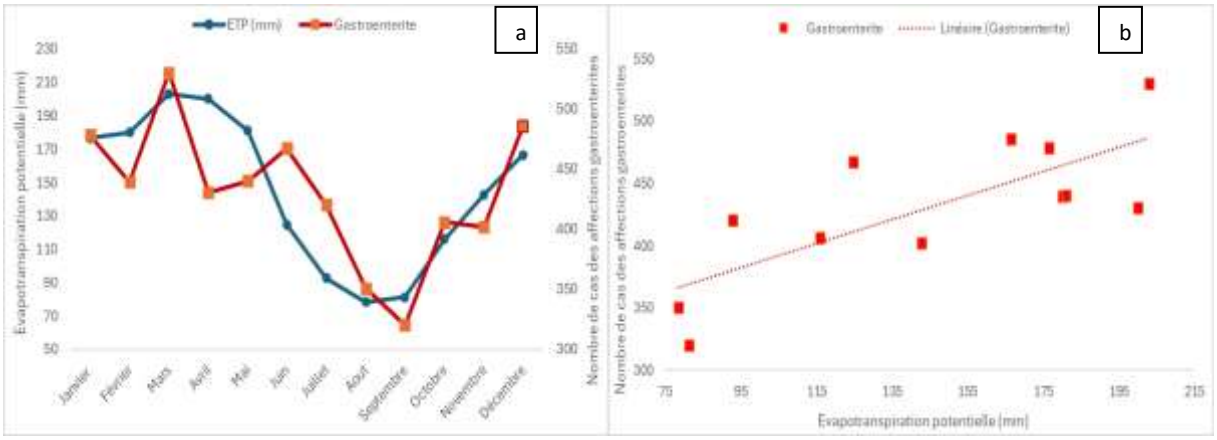


Figure 6 : Relation (a) et corrélation (b) entre nombre de cas des affections gastroentérites et l'évapotranspiration potentielle sur la période 2011 à 2020.

***Source** : Données ZS-Kandi, DDS-A et Météo-Bénin (traitement statistiques), 2023.*

Une corrélation positive significative (r = 0,7598 ; R^2 = 0,58) ressort de la figure 6, traduisant une augmentation du nombre de cas de gastroentérites en période de forte évapotranspiration, généralement en saison sèche. L'élévation de l'ETP, reflet d'une forte demande atmosphérique en eau, accentue le stress hydrique, favorisant le recours à des sources non sécurisées (puits peu profonds, récupération d'eaux de ruissellement, etc.). Ces conditions hydriques dégradées entraînent une forte vulnérabilité sanitaire, confirmée par 75 % des répondants selon lesquels la saison sèche est la période la plus critique en matière d'affections gastroentériques.

2.3.3. Rythme des affections gastroentérites et dynamiques anémométriques inter-mensuelles

La figure 7(a) illustre l'évolution du nombre de cas de gastroentérites en lien avec les variations inter mensuelles de la vitesse du vent dans la commune de Kandi, sur la période 2011–2020.
La figure 7(b) révèle une corrélation positive moyenne (r = 0,6971 ; R^2 = 0,50) entre la vitesse du vent et l'incidence des gastroentérites. Ce lien s'explique par l'effet combiné du vent sec et des faibles humidités relatives, caractéristiques de l'harmattan (décembre à février), qui favorisent la dispersion de poussières, de germes pathogènes et la contamination des aliments. Par ailleurs, la fragilisation des muqueuses dans ces conditions augmente la sensibilité des populations aux infections digestives (Vissin E. W., 2014, p. 160 ; Amoussou E., 2010, p. 40).

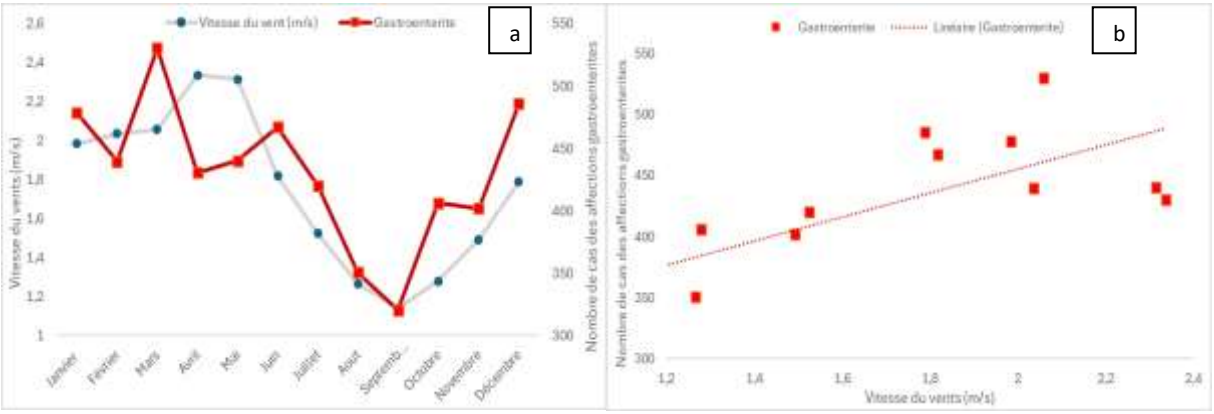


Figure 7 : Relation (a) et corrélation (b) entre nombre de cas de gastroentérites et les vitesses moyennes mensuelles du vent sur la période 2011 à 2020.

Source *: Données ZS-Kandi, DDS-A et Météo-Bénin (traitement statistiques), 2023.*

2.3.4. Analyse corrélative de la dynamique inter mensuelle entre les éléments climatiques et les affections gastroentérites dans la commune de Kandi

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 I).

Tableau I : Statistiques de corrélation entre éléments climatiques et gastroentérites dans la commune de Kandi.

Variable climatiques **PATHOLOGIES**	**Pluviometrie**	**ETP**	**Vent**
GASTROENTERITES	r = -0,6248	r = 0,7598	r = 0,6971
	R^2 = 0,39	R^2 = 0,58	R^2 = 0,50
r = Coeficient de corelation de Person		R^2 = Coeficient de determination	
Correlation forte		Correlation moyenne	Corelation faible

Source *: Modèle adapté à celui de VISSIN, 2014 Météo Benin, Données DDS-A et traitement, 2024.*

L'analyse statistique croisée confirme une corrélation négative avec la pluviométrie (r = –0,6248) et positive avec l'ETP (r = 0,7598) et la vitesse du vent (r = 0,6971), soulignant ainsi la double vulnérabilité de la commune de Kandi aux extrêmes climatiques. La saison sèche, en particulier, apparaît comme un catalyseur de la recrudescence des pathologies hydriques, à cause de la baisse de la disponibilité en eau potable, la concentration des germes et la faiblesse des pratiques d'hygiène. Ces corrélations traduisent une interdépendance forte entre climat, qualité environnementale et santé publique.

Les résultats de l'analyse des composantes principales (ACP) effectués sur les variables climatiques et épidémiologiques sont présentés dans la figure 8. Elle présente les plans factoriels de l'ACP illustrant les relations structurelles entre les variables climatiques (précipitations, évapotranspiration potentielle, vent) et les affections gastroentériques dans la commune de Kandi.

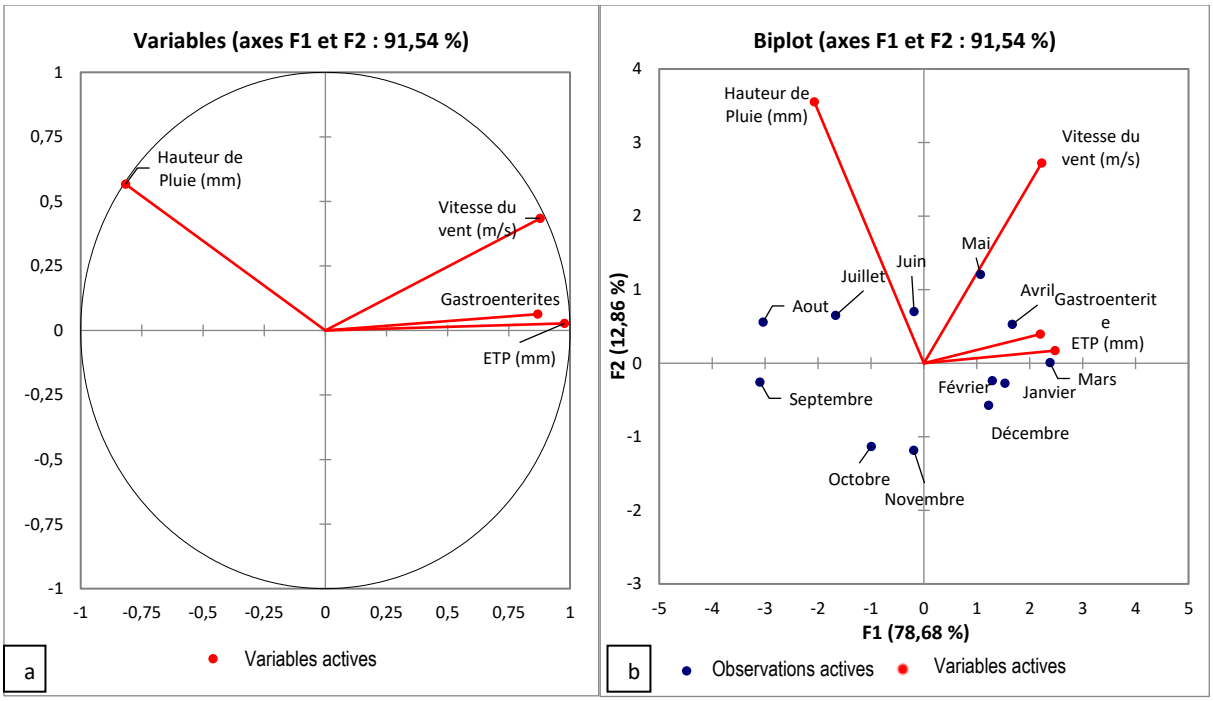


Figure 8. Relation entre nombre de cas des affections et les différents paramètres climatiques sur la période 2010 à 2019 définie par l'ACP.

***Source** : Météo Benin, Données HZ-Parakou, DDS-BA et traitement statistique, 2023.*

Sur le premier plan factoriel (graphe (a)), les affections gastroentériques se positionnent dans le même quadrant que la vitesse du vent et l'évapotranspiration, traduisant une grande influence positive de ses variables climatiques caractéristiques de la saison sèche sur leur occurrence. Cela confirme que les périodes de forte évaporation atmosphérique et de stress hydrique correspondent à une intensification des cas de maladies hydriques. En revanche, la pluviométrie apparait à l'opposé des affections gastroentériques sur le graphe, indiquant une relation inverse : plus les hauteurs pluviométriques augmentent, moins les cas de gastroentérites sont fréquents, ce qui pourrait s'expliquer par la veille sanitaire soutenue en cette période et la disponibilité de l'eau. La structuration du graphique (b) confirme l'existence de deux profils saisonniers distincts :

- Un profil sec, marqué par des vents modérés à forts, une forte évapotranspiration potentielle, et une hausse des cas de gastroentérites ; ce profil est caractérisé par des déficits hydriques et une forte contamination environnementale tels que révélé par les analyses précédentes (Boco M. et al., 2015, p. 155 ; Azondjinmon D. B. J., 2020, p. 31).
- Un profil humide, dominé par les fortes hauteurs pluviométriques, moins favorable à l'explosion immédiate des cas mais pouvant générer des risques différés liés à l'inondation et à la contamination des sources d'approvisionnement en eau de consommation.

L'existence d'un profil pathogène spécifique aux saisons pluvieuses et d'un second aux saisons sèches démontre l'occurrence permanente des affections gastroentérites dans la commune de Kandi. L'ACP met donc en évidence la co-variation spatio-temporelle des variables climatiques et sanitaires, renforçant l'hypothèse d'une influence déterminante des conditions atmosphériques sur la dynamique des affections gastroentériques dans la commune de Kandi.

D'après Vissin E. W. (2014, p. 158) et Houssou C. S. et al. (2015, p. 168), les affections gastroentériques sont principalement liées à des conditions d'hygiène déficientes, à l'absence d'un système d'assainissement adéquat, à la consommation d'eau insalubre ainsi qu'à la cohabitation avec les eaux usées. Dans le cas de la commune de Kandi, il apparaît donc indispensable de prendre en compte l'influence des facteurs environnementaux et socioéconomiques dans l'analyse de la dynamique de ces pathologies.

2.4. Insalubrité : facteur écologique et socioéconomique de risque des gastroentérites

L'analyse des enquêtes de terrain et des observations directes réalisées dans la commune de Kandi montre que l'insalubrité constitue un facteur écologique et socioéconomique majeur de risque des affections gastroentérites. Dans plusieurs quartiers périphériques et localités rurales de Kandi, l'insuffisance des infrastructures d'assainissement favorise l'accumulation des déchets ménagers, la stagnation des eaux usées, la défécation à l'air libre et l'utilisation d'eaux non traitées particulièrement durant les périodes de déficit d'approvisionnement en eau potable, créant ainsi un environnement propice à la prolifération des agents pathogènes responsables des gastroentérites. Ces risques sont accentués par les conditions climatiques chaudes et humides ainsi que par les ruissellements et inondations saisonnières qui contaminent les points d'eau utilisés par les populations (WHO, 2014 ; Hunter P.R. et al., 2010, p.301). Les enquêtes révèlent également que les ménages les plus vulnérables, notamment dans les zones périurbaines et rurales densément peuplées comme Sonsoro, Kéféri, disposent d'un accès limité à l'eau potable et aux dispositifs d'hygiène (planche 1), ce qui accroît leur exposition aux maladies hydriques. Ces résultats confirment les observations de Chabi D.A. et Totin Vodounon H.S. (2018, p.318) sur les déficits persistants en infrastructures sanitaires dans le nord du Bénin et rejoignent les analyses de Few R. et al. (2004, p.31) ainsi que de WaterAid (2019, p.19), qui soulignent le rôle des inégalités socioéconomiques dans le renforcement de la vulnérabilité sanitaire des populations. À Kandi, ces déterminants aggravent l'exposition aux affections gastroentérites, notamment chez les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes, groupes déjà identifiés comme les plus sensibles.

Planche de photo 1 : Dépotoir sauvage à proximité des domiciles à Madina (a) et puit d'eau de consommation à ciel ouvert et apparemment contaminé à Kéféri (b).



Prise de vue : *Azondjinmon B. J., Janvier 2020 et Novembre 2020*

La planche de photos 1 illustre certains de ces facteurs écologiques spécifiques à Kandi, notamment les zones d'habitat insalubre, les décharges et des sources d'approvisionnement en eau de consommation à ciel ouvert, qui constituent autant de foyers potentiels de contamination. Les conditions environnementales insalubres observées dans plusieurs quartiers de Kandi favorisent le développement et la persistance des agents pathogènes dans le milieu et ceci en toute saison, tout en facilitant leurs modes de transmission (Bangoura M., 2017, p. 90, 97 ; Azondjinmon D. B. J., 2020, p. 50). Ces environnements dégradés représentent une menace sanitaire directe pour les ménages. Les dépôts d'ordures, en particulier, constituent des foyers de prolifération pour divers microbes, parasites et vecteurs, notamment les mouches reconnus comme agents de transmission des affections gastroentériques (Sewai W., 2009, p. 60 et Hafidi M., 2015, p. 12).

Les enquêtes de terrain menées soulignent que pour 35% des enquêtés, les conditions d'hygiènes et d'assainissement sont responsables de l'occurrence des affections gastroentérites mais 42% estiment responsables les conditions climatiques de la période sèche. Ces observations rejoignent les constats de V. Curtis et S. Cairncross (2003, p. 278), selon lesquels la gestion inadéquate de l'environnement domestique reste un des déterminants majeurs dans l'épidémiologie des maladies diarrhéiques dans les pays en développement.

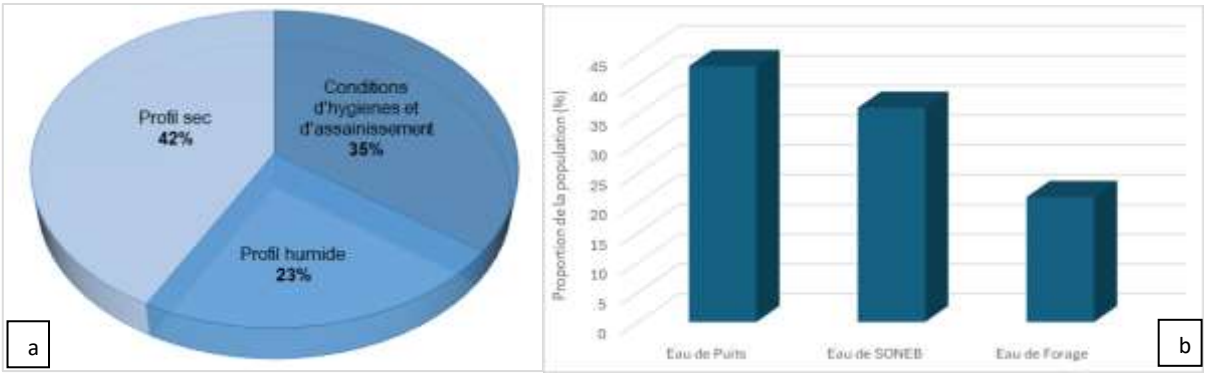


Figure 9. Perceptions de la population sur les différents facteurs écoclimatiques de la prévalence des affections gastroentérites (a) et Répartition des populations selon le mode d'approvisionnement en eau de consommation dans la commune de Kandi.
Source : Données d'enquête (Janvier 2020).

La prévalence des affections gastroentériques dans la commune de Kandi reste fortement influencée par le statut socioéconomique des ménages, leurs pratiques d'hygiène et la qualité de l'eau utilisée. Une grande partie de la population dépend de puits non protégés (43%) ou de forages (21%), souvent exposés à la contamination. Cette situation, aggravée par l'insuffisance des infrastructures d'assainissement et un encadrement sanitaire limité, favorise la circulation des agents pathogènes. La mauvaise qualité de l'eau, notamment en période sèche, constitue ainsi un facteur majeur de risque, comme l'ont souligné Agassounon Djikpo Tchibozo M. et al. (2012, p. 599), Odoulami L. (2009, p. 21) et Prüss-Ustün A. et al. (2014, p. 119). L'ampleur de ces vulnérabilités rend indispensable une meilleure prise en compte des déterminants sociaux et environnementaux dans la lutte contre les maladies hydriques à Kandi.

2.5. Stratégie de précautions et de lutte contre les gastroentérites à Kandi

Dans la commune de Kandi, la lutte contre les affections gastroentériques repose sur une combinaison de stratégies traditionnelles, biomédicales et institutionnelles. Au niveau communautaire, les populations utilisent couramment des plantes médicinales telles que *Parquetina nigrescens, Ageratum conyzoides*, ou encore *Khaya senegalensis*, ainsi que des remèdes faits maison comme la poudre de graines de papaye. Parallèlement, certains ménages recourent à des traitements biomédicaux accessibles localement, incluant la réhydratation orale, le zinc (notamment Oracel), et des antibiotiques comme le métronidazole, l'ampidjenta ou la ceftriaxone, souvent en automédication. Les interventions institutionnelles restent limitées mais incluent des actions de sensibilisation à l'hygiène et assainissement, la distribution ponctuelle de produits de désinfection de l'eau et la promotion de l'hygiène dans les écoles. Toutefois, ces efforts sont freinés par l'insuffisance des infrastructures de santé, l'accès limité à l'eau potable et l'assainissement, ainsi que le manque de coordination entre acteurs. Un renforcement des dispositifs locaux de prévention, l'intégration des savoirs endogènes et une meilleure couverture sanitaire sont essentiels pour une réponse durable aux maladies hydriques à Kandi.

3. DISCUSSION

L'analyse des données révèle une forte influence des paramètres climatiques sur la dynamique des affections gastroentériques dans la commune de Kandi avec une corrélation significative entre l'augmentation des cas de gastroentérites et les périodes de forte évapotranspiration et de vent sec, tandis qu'une corrélation inverse est observée avec la pluviométrie. Cette observation rejoint les travaux de Kamagaté B. et al. (2020) en Côte d'Ivoire, qui ont montré une recrudescence des maladies hydriques durant les périodes de sécheresse, en raison de la baisse de la disponibilité en eau potable. De même, Dossou M. E. (2012) a démontré que l'élévation de l'ETP dans les zones soudaniennes du Bénin entraîne un recours accru à des sources d'eau non sécurisées, ce qui favorise la transmission de pathogènes gastro-intestinaux. La corrélation positive avec la vitesse du vent s'explique par l'action de l'harmattan, vent sec et poussiéreux qui, selon Amoussou E. (2010, p. 40) et Soro G. et al. (2015), augmente la charge particulaire dans l'air, expose les aliments à la contamination et fragilise les muqueuses digestives.

À Kandi, cette saison correspond à une période où les pratiques d'hygiène sont rendues plus difficiles par la rareté de l'eau et la sécheresse du sol. Ce lien entre sécheresse, conditions climatiques extrêmes et maladies diarrhéiques est également démontré par Thiam S. et al. (2016) dans le contexte sahélien sénégalais. La relation inverse observée entre la pluviométrie et les gastroentérites est plus nuancée. Si certaines études comme celles de Barbosa M. et al. (2013) ont montré que les pluies diluent temporairement les contaminants, d'autres auteurs, notamment Boko M. (2010) et Houssou C. S. et al. (2015), insistent sur le fait qu'en contexte de déficit d'assainissement, les fortes précipitations entraînent le ruissellement des matières fécales vers les puits et les zones de stockage d'eau, provoquant ainsi une recrudescence différée des maladies hydriques. Sur le plan socioéconomique, les résultats soulignent que les ménages les plus vulnérables, en particulier en zone périurbaine, recourent aux puits non couverts, dont l'eau est fortement exposée à la pollution (Agassounon Djikpo Tchibozo M. et al., 2012, p. 599). Ce constat est en parfaite cohérence avec les travaux de Prüss-Ustün A. et al. (2014), qui estiment que plus de la moitié des cas de maladies diarrhéiques dans les pays en

développement sont liés à l'accès limité à une eau potable sécurisée. Hunter P. R. et al. (2010) soulignent également que l'absence d'un approvisionnement fiable en eau augmente significativement les risques de contamination fécale.

Les stratégies communautaires de prévention et de traitement observées à Kandi, notamment le recours aux plantes médicinales (*Parquetina nigrescens, Khaya senegalensis,* etc.), confirment l'importance des savoirs endogènes dans la gestion des affections courantes, comme cela a été documenté par Azon K. et al. (2018) au Togo et Koudou R. et al. (2019) au nord de la Côte d'Ivoire. Toutefois, la complémentarité de ces pratiques avec les traitements biomédicaux reste limitée, du fait de l'insuffisance de ressources médicales, de l'automédication incontrôlée et du faible encadrement sanitaire. Cela corrobore les observations de WaterAid (2019) et de Few R. et al. (2004), qui plaident pour une approche intégrée, combinant systèmes de santé formels et savoirs locaux. Enfin, l'ensemble de ces résultats confirme la nécessité d'une approche interdisciplinaire de la santé publique dans les contextes vulnérables, intégrant la climatologie, la géographie de la santé, et la gestion des ressources en eau. Des modèles similaires ont été proposés par IPCC (2022) et OMS (2023), qui recommandent l'intégration des paramètres climatiques dans les politiques sanitaires locales, en zone soudanienne et sahélienne surtout, où les risques environnementaux et les pathologies hydriques sont en constante aggravation.

CONCLUSION

Les hôpitaux de la Commune de Kandi enregistrent les cas d'affection gastroentérites tout au long de l'année. Ceci implique que les fluctuations pluviométriques associées aux conditions d'hygiènes alimentaires, d'assainissements et aux contraintes socioéconomiques des populations favorisent plus la pullulation des vecteurs pathogènes des affections gastroentérites dans la commune de Kandi. La période sèche est la période par excellence des maladies gastroentérites dans la commune de Kandi mais elles sont beaucoup plus liées aux conditions d'hygiène de vie, d'alimentation et d'assainissement du milieu. Néanmoins, la prise en compte des variations climatiques dans les politiques de réduction des risques sanitaires relatifs aux maladies à transmission vectorielle s'avère très importante pour réduire la vulnérabilité de la population de Kandi et renverser la tendance actuelle de l'évolution interannuelle du nombre de cas des affection gastroentérites les années à venir.

Bibliographie

AGASSOUNON DJIKPO, TCHIBOZO Micheline, AYI-FANOU Lucie, LOZES Evelyne, FADONOUGBO Rodrigue, ANAGO Grace, AGBANGLA Clément et AHANHANZO Corneille, 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(2), pp. 592-602,

AMOUSSOU Edwige, 2010. Dynamique climatique et impact sanitaire de l'harmattan au Bénin. Mémoire de DEA, FLASH/UAC, 112 p.

AMOUSSOU Ernest, 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydro sédimentaire du bassin du bassin versant du complexe du complexe fluvio-lagunaire Mono Ahémé Couffo (Afrique de l'Ouest), Thèse de doctorat en géographie. Université de Dijon. 315 p.

AZONDJINMON Dèwanou Bergeron Junias, TOTIN VODOUNON Henri Sourou, BOKO Michel, 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, pp 176-187.

BANGOURA Mamadou, 2017. Santé et environnement en Afrique de l'Ouest : enjeux et perspectives. Revue Africaine de Géographie de la Santé,; 12(2): 90–97.
BEAUDEAU Pascal, 2012. Surveillance syndromique des gastroentérites aiguës : une opportunité pour la prévention du risque infectieux attribuable à l'ingestion d'eau du robinet, Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 1, 245 p.
BOKO Michel, TOTIN VODOUNON Sourou Henri, AMOUSSOU Ernest, 2015. Effets directs et indirects des changements climatiques sur la santé humaine. Actes de la Conférence Internationale sur les changements climatiques, une réalité à prendre en compte dans les trajectoires de développement : Modélisation, Outil Spatial et Adaptation, Alger, pp149-156.
CARLTON J Elizabeth, EISENBERG NS Joseph, GOLDSTICK Jason, CEVALLOS Guillaume, TROSTLE James, LEVY Karen, 2014. *Heavy Rainfall Events and Diarrhea Incidence: The Role of Social and Environmental Factors*. American Journal of Epidemiology, 179(3), 344-352.
CHABI Darius Adjérè et TOTIN VODOUNON Henri Sourou, 2018. « Ambiances bioclimatiques et sante des populations dans la ville de parakou », XXXI Colloque de l'Association internationale de climatologie, actes du colloque de Nice, pp. 313-318
CURTIS Valerie et CAIRNCROSS Sandy, 2003. Effet du lavage des mains avec du savon sur la morbidité diarrhéique. The Lancet Infectious Diseases,; 3(5): 275–281.
DANSOU Brice Saturnin et ODOULAMI Léocadie, 2015. Paramètres climatiques et occurrence du paludisme dans la commune de pobè, au sud-est du bénin, Actes du XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, pp. 129-132
FEW Roger, AHERN Mike, MATTHIES Franziska, KOVATS Sari. Floods, health and climate change: a strategic review. Tyndall Centre Working Paper, 2004; 63: 1–68.
KRAAY N M Alicia, MAN Olivia, LEVY Morgan C, LEVY Karen, IONIDES Edward, EISENBERG N S Joseph, 2020. *Understanding the Impact of Rainfall on Diarrhea: Testing the Concentration–Dilution Hypothesis Using a Systematic Review and Meta-Analysis*. Environmental Health Perspectives, 128(12), 126001.
VISSIN Expédit Wilfrid, 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], pp. 151-163.
VISSIN Expédit Wilfrid, HOUNDENOU Constant, Houssou Sègbè Christophe, 2012. Problèmes environnementaux et affections hydrofécales dans l'arrondissement de Calavi-centre au Bénin (Afrique de l'Ouest), In Mélange en l'honneur du professeur Alfred Comlan Mondjanagni, DGAT/FLASH/UAC, version revue et améliorée, mars. 2012, 527-547.