

Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



ISSN-L: 2521-2125
ISSN-P: 3006-8541

Numéro 17
Décembre 2024

RIGES

www.riges-uao.net



Publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane OUATTARA de Bouaké

INDEXATIONS INTERNATIONALES



<https://journal-index.org/index.php/asi/article/view/12202>

Impact Factor: 1,3

SJIF Impact Factor

<http://sjifactor.com/passport.php?id=23333>

Impact Factor: 7,924 (2024)

Impact Factor: 6,785 (2023)

Impact Factor: 4,908 (2022)

Impact Factor: 5,283 (2021)

Impact Factor: 4,933 (2020)

Impact Factor: 4,459 (2019)

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Direction

Arsène DJAKO, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

Secrétariat de rédaction

- **Joseph P. ASSI-KAUDJHIS**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Konan KOUASSI**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Dhédé Paul Eric KOUAME**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Yao Jean-Aimé ASSUE**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Zamblé Armand TRA BI**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Kouakou Hermann Michel KANGA**, Maître de Conférences à l'UAO

Comité scientifique

- **HAUHOUOT Asseypo Antoine**, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **ALOKO N'Guessan Jérôme**, Directeur de Recherches, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **BOKO Michel**, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Benin)
- **ANOH Kouassi Paul**, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **MOTCHO Kokou Henri**, Professeur Titulaire, Université de Zinder (Niger)
- **DIOP Amadou**, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **SOW Amadou Abdoul**, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **DIOP Oumar**, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)
- **WAKPONOU Anselme**, Professeur HDR, Université de N'Gaoundéré (Cameroun)
- **SOKEMAWU Koudzo**, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **HECTHELI Follygan**, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **KADOUZA Padabô**, Professeur Titulaire, Université de Kara (Togo)
- **GIBIGAYE Moussa**, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)

EDITORIAL

La création de RIGES résulte de l'engagement scientifique du Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. RIGES est une revue généraliste de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des mutations en cours issues des désorganisations structurelles et fonctionnelles des espaces produits. La revue maintient sa ferme volonté de mutualiser des savoirs venus d'horizons divers, dans un esprit d'échange, pour mieux mettre en discussion les problèmes actuels ou émergents du monde contemporain afin d'en éclairer les enjeux cruciaux. Les enjeux climatiques, la gestion de l'eau, la production agricole, la sécurité alimentaire, l'accès aux soins de santé ont fait l'objet d'analyse dans ce présent numéro. RIGES réaffirme sa ferme volonté d'être au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent aux enjeux, défis et perspectives des mutations de l'espace produit, construit, façonné en tant qu'objet de recherche. A cet effet, RIGES accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées à la pensée géographique dans cette globalisation et mondialisation des problèmes qui appellent la rencontre du travail de la pensée prospective et de la solidarité des peuples.

**Secrétariat de rédaction
KOUASSI Konan**

COMITE DE LECTURE

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- BECHI Grah Félix, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- MOUSSA Diakité, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- VEI Kpan Noël, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- TOZAN Bi Zah Lazare, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire, U L (Togo)
- HECTHELI Follygan, Professeur Titulaire, U L (Togo)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- Yao Jean-Aimé ASSUE, Maître de Conférences, UAO
- Zamblé Armand TRA BI, Maître de Conférences, UAO

Sommaire

<p>KONE Basoma</p> <p><i>Relations ville-campagne à l'épreuve du développement de la Sous-Préfecture de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire</i></p>	8
<p>DIAGNE Abdoulaye</p> <p><i>Analyse spatiale de la gouvernance des services d'eau en milieu rural sénégalais : cas des communes de Barkedji et Dodji dans la zone sylvo-pastorale</i></p>	31
<p>DAOUDINGADE Christian</p> <p><i>Les facteurs physiques favorables aux inondations à N'djamena (Tchad)</i></p>	50
<p>Kuasi Apéléti ESIAKU, Kossi KOMI, Komi Selom KLASSOU</p> <p><i>Contraintes hydroclimatiques dans le bassin versant de la Kara (Nord-Togo) : manifestations et enjeux</i></p>	76
<p>KRAMO Yao Valère, TRAORE Oumar, YEBOUET Konan Thierry Saint-Urbain, DJAKO Arsène</p> <p><i>Implications socio-économiques et environnementales de la transformation artisanale du manioc d dans la Sous-préfecture de Zuénoula (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	95
<p>Romain GOUATAINE SEINGUÉ, Julien MBAIKAKDJIM, Passinring KEDEU</p> <p><i>Effets environnementaux et socio-économiques de l'utilisation des pesticides en maraichage dans la vallée du Chari à N'djamena (Tchad)</i></p>	112
<p>Constantin TCHANG BANDA, Joseph OLOUKOI</p> <p><i>Analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone pétrolière du département de la Nya au Tchad</i></p>	130
<p>Tchékpo Théodore ADJAKPA</p> <p><i>Risques liés à l'utilisation des pesticides en zone cotonnière à Kétou au Sud- Est du Bénin</i></p>	147
<p>BAWA Dangnisso</p> <p><i>Le site du quartier de Bè à Lomé : une topographie entre océan et lagune sous l'emprise des inondations</i></p>	174

<p>Mariasse Céleste Houéfa Hounkpatin, Youssoufou Adam, Sabine Djimouko, Nadine Bognonkpe, Moussa Gibigaye, Koudzo Sokemawu</p> <p><i>Modes De Gestion Des Conflits Fonciers Dans La Commune D'adjarra Au Sud-Est du Bénin</i></p>	194
<p>Jean-Marie Kouacou ATTA, Euloge Landry Désiré ESMEL, Éric Gbamain GOGOUA</p> <p><i>Dégradation du couvert forestier et conflits ruraux dans le département d'Aboisso (sud-est de la Côte d'Ivoire)</i></p>	208
<p>Seïdou COULIBALY</p> <p><i>Dynamique spatiale dans un écosystème de bas-fond de la sous-préfecture de Guiberoua (Centre- Ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	225
<p>MORÉMBAYE Bruno</p> <p><i>Le Logone occidental entre l'espoir et le désespoir dans la gestion de ses ressources édaphiques</i></p>	246
<p>KOUASSI Kouamé Sylvestre</p> <p><i>La prospective au service de la transformation des territoires en Côte d'Ivoire</i></p>	264
<p>Ghislain MOBILANDZANGO M., Nicole Yolande EBAMA, Damase NGOUMA</p> <p><i>L'accès à l'éducation en milieu rural : un problème de développement au Congo. exemple du district de Makotimpoko (Département des Plateaux)</i></p>	285
<p>KOUAKOU Kouassi Éric, KOUTOUA Amon Jean-Pierre, KONE Zana Daouda</p> <p><i>Analyse prospective de la contribution de la ligne 2 du BRT à l'amélioration des déplacements entre Hôtel Ivoire – Angré Petro Ivoire à Cocody (Côte d'Ivoire)</i></p>	305
<p>Oumar GNING, Aliou GAYE, Joseph Samba GOMIS, Mamadou THIOR, Racky Bilene Sall DIÉDHIU</p> <p><i>Analyses géographiques du patrimoine culturel de la ville de Ziguinchor dans une perspective de développement local</i></p>	328
<p>Ache Billah KELEI ABDALLAH, Magloire DADOUM DJEKO</p> <p><i>Risques climatiques et agrosystèmes dans la communauté rurale de Fandène, département de Thiès au Sénégal</i></p>	349

<p>KOFFI Kouadio Achille, DIOMANDE Béh Ibrahim, KONAN Kouadio Philippe Michael</p> <p><i>Capacité de séquestration de CO₂ atmosphérique des végétaux du parc national de la Comoé (Nord-est de la Côte d'Ivoire)</i></p>	363
<p>TRAORÉ Hintchibelwélé Fabrice, KOFFI Yao Jean Julius</p> <p><i>Caractéristiques de l'élevage de porcs dans la sous-préfecture de Sinfra (centre-ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	376
<p>MBAYAM Boris SAÏNBÉ, Man-na DJANGRANG</p> <p><i>Occupation du sol et impacts géomorphologiques à Ngourkosso au Sud-ouest du Tchad</i></p>	394
<p>BASSOUHOKÉ Ahou Marie Noëlle, YÉO Nogodji Jean, DJAKO Arsène</p> <p><i>Dynamique spatiale et vulnérabilité des exploitants agricoles dans les villages intégrés à la ville de Béoumi (Centre de la Côte d'Ivoire)</i></p>	416
<p>KOFFI Serge Léonce, KOUASSI Kouamé Sylvestre, DJAKO Arsène</p> <p><i>Analyse rétrospective de l'occupation du sol dans la forêt classée de Niégré de 1990 à 2023</i></p>	432
<p>KOUAKOU Bah, KOUAKOU Kouamé Jean Louis, YAPI Atsé Calvin</p> <p><i>Conseil municipal et stratégies de gestion durable des déchets ménagers solides à Gagnoa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	450
<p>ALLARAMADJI MOULDJIDÉ, MOUTEDE-MADJI Vincent, BAOHOUTOU Laohoté</p> <p><i>Analyse spatiale des structures sanitaires dans les districts sud et du 9^{eme} arrondissement de la ville de N'djamena</i></p>	467
<p>COULIBALY Moussa, KAMAGATE Sindou Amadou, CISSE Brahim</p> <p><i>Prolifération des eaux usées et ordures ménagères : un facteur de risques environnementaux et sanitaires dans la ville d'Anoumaba (Centre-est, Côte d'Ivoire)</i></p>	480
<p>N'GORAN Kouamé Fulgence</p> <p><i>Gestion des ordures telluriques dans les villages littoraux Alladjan et activités touristiques dans la commune de Jacqueville</i></p>	498
<p>ZONGO Tongnoma</p> <p><i>L'impact environnemental et social de l'orpillage dans la province du Sanmatenga au Burkina Faso</i></p>	519

LES FACTEURS PHYSIQUES FAVORABLES AUX INONDATIONS A N'DJAMENA (TCHAD)

DAOUDINGADE Christian, Doctorant,

Université de Yaoundé1, Cameroun

Email: daoudingade@gmail.com

(Reçu le 10 août 2024 ; Révisé le 18 Septembre 2024 ; Accepté le 24 novembre 2024)

Résumé

Les inondations sont les phénomènes qui ont entraîné de nombreuses pertes dans le monde. Le Tchad pays du Sahel, malgré son climat de type semi-aride, enregistre des événements pluvieux de très forte intensité qui entraînent des inondations. La population de la ville N'Djamena est exposée à des inondations, chaque année, dues aux conditions favorables du milieu physique. L'étude portée sur « les facteurs physiques favorables aux inondations à N'Djamena » a pour objectif d'identifier les conditions physiques qui favorisent les inondations à N'Djamena. L'hypothèse qui sous-tend cette recherche est que les inondations à N'Djamena sont favorisées par un contexte de plaine alluviale et de fortes intensités des pluies. Une démarche méthodologique hypothético-déductive basée sur la collecte des données documentaires, des observations, l'enquête de terrain et les entretiens avec 196 ménages a été appliquée. Les données des pluviométries, des débits ont été collectés et analysées pour identifier l'occurrence des aléas d'inondation survenus. Les résultats obtenus attestent que la ville de N'Djamena est sujette à des inondations parce que les aspects physiques de son milieu offrent des conditions favorables aux inondations. N'Djamena est une ville bâtie sur une plaine d'inondation avec une topographie presque stable, le sol est de type argileux-sableux par zone. N'Djamena est une zone de confluence des deux principaux cours d'eaux du Tchad (les fleuves Chari et Logone). Les inondations enregistrées dans cette ville sont celles dues à la forte intensité des eaux pluviométriques au mois d'août et septembre, aussi aux débordements des eaux des fleuves Chari et Logone pendant les mois d'octobre et novembre.

Mots-clés : Facteurs physiques, facteurs humaines, inondations, favorable, N'Djamena, Tchad.

PHYSICAL FACTORS FAVORABLE TO FLOODING IN N'DJAMENA(CHAD)

Abstract

Floods are phenomena that have caused numerous losses. Chad, a country in the Sahel, despite its semi-arid climate, records very intense rainy events which lead to flooding. The population of the city of N'Djamena is exposed to flooding every year due to the favorable conditions of the physical environment. The study on "the

physical factors favorable to flooding in N'Djamena" aims to identify the physical conditions which favor flooding in N'Djamena. The hypothesis underlying this research is that flooding in N'Djamena is favored by an alluvial plain context and high rainfall intensities. A hypothetico-deductive methodological approach based on the collection of documentary data, field observations, and surveys and interviews with 196 households was applied. The data on rainfall and flow rates were collected and analyzed to identify the occurrence of flooding hazards. The results obtained attest that the city of N'Djamena is subject to flooding because the physical aspects of its environment offer favorable conditions to floods. N'Djamena is a city built on a flood plain with an almost stable topography, clayey-sandy soil in some areas. N'Djamena is a confluence area of two main rivers of Chad (the Chari and Logone rivers). The floods recorded in this city are those due to the high intensity of rainfall in the months of August and September as well as the overflow of water from the Chari and Logone rivers during the months of October and November.

Keywords: Physical factors, human factors, flooding, favorable, N'Djamena, Chad.

Introduction

Avec l'avènement des variations climatiques, les inondations sont devenues un sujet de débats dans le monde. Certaines personnes accusent la variabilité climatique comme cause principale, d'autres par contre indexent les aménagements et les occupations anarchiques des sols. Depuis quelques années, les inondations surviennent avec un rythme accéléré et sont potentiellement très dévastatrices. Aujourd'hui, tous les continents connaissent ce phénomène, même si les causes ne sont les mêmes, les populations vulnérables subissent les impacts négatifs. Les villes font face à des défis socio-environnementaux sans précédent. L'Afrique recense de nombreuses catastrophes naturelles dont la plus récurrente reste les inondations avec de dégâts énormes qui constituent un fardeau économique et psychologique. Le Sahel n'est pas en reste, c'est aussi le cas du Tchad où plusieurs provinces dont les zones urbaines sont exposées aux inondations. Les études ont montré que, les pluies s'étalent sur une courte période, mais les inondations augmentent d'ampleur d'année en année. Chaque année, des inondations sont observées au Tchad, c'est un phénomène provoqué par les fortes intensités des pluies. La saison des pluies de l'année 2022 est caractérisée par des quantités de pluies sans précédent causant des inondations presque dans tout le pays.

Depuis les décennies de 2000-2024, la ville de N'Djamena fait face à des inondations qui surviennent de façon régulière. Au passage de ce phénomène d'inondations, de nombreuses pertes en vies humaines et matérielles énormes sont enregistrées. Cela augmente la vulnérabilité de la population et retarde le développement de la ville de N'Djamena. Le milieu physique est à la base le principal facteur qui conditionne les

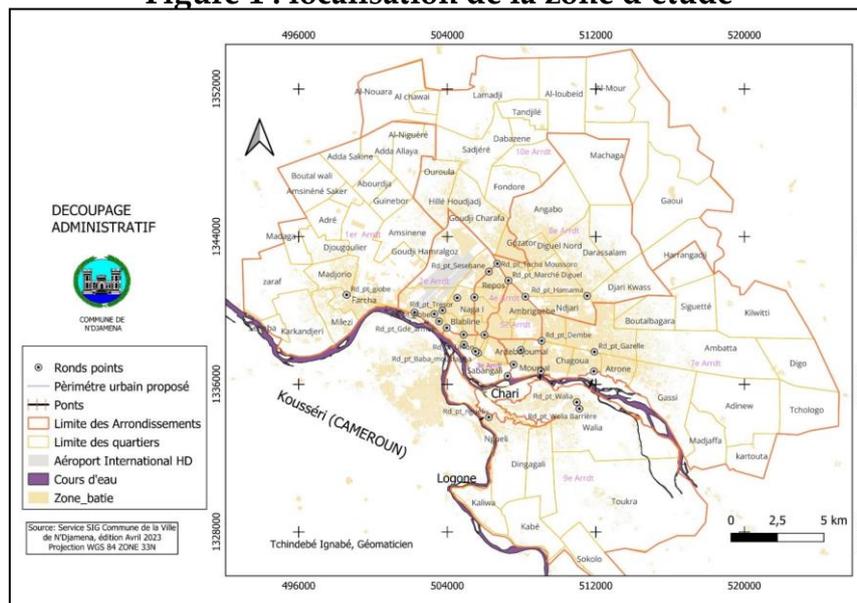
inondations à N'Djamena. Ces inondations, du fait de leur origine naturelle, paraissent difficilement maîtrisables. Les inondations provoquent des catastrophes qui touchent des familles partout dans le monde, mais les impacts diffèrent d'un pays à un autre. Dans les pays développés, bien que le phénomène d'inondation est devenu récurrent, les dommages restent beaucoup plus matériels et moins humains. Par contre dans les pays moins développés tel que le Tchad, non seulement il y a des pertes matérielles énormes et mal évaluées, mais aussi des pertes en vies humaines, des blessures, et impacts psychologiques très importants. Face à cette situation, l'on est curieux de chercher à savoir l'influence des facteurs physiques dans les inondations à N'Djamena. L'hypothèse de cette étude est que les inondations à N'Djamena sont favorisées par un contexte de plaine alluviale et de fortes intensités des pluies. Ce travail vise à identifier les conditions physiques favorables aux inondations à N'Djamena.

1. Matériels et Méthodes

1.1 Présentation du cadre spatial d'étude

La ville de N'Djamena occupe la zone sahélienne chaude et semi-aride, divisée administrativement en 10 communes. Elle est traversée par les fleuves Chari et Logone, son relief est monotone, marqué par de très faibles pentes. C'est un site aménagé sur une plaine alluviale très favorable au débordement du cours d'eau. Située à 12°8' Nord et 15°3' Est avec une superficie de 39500/ha dont plus de 20.000 ha urbanisés, N'Djamena est délimité administrative en dix (10) arrondissements. La figure 1 montre la cartographie de la ville de N'Djamena.

Figure 1 : localisation de la zone d'étude



Source : Service SIG commune de la ville de N'Djamena

1.2 Collecte des données

Pour mener cette recherche, un certain nombre de matériel de collecte des données comme l'appareil photographique pour filmer les faits observés sur le terrain ; un appareil dictaphone pour enregistrer les voix des répondant pendant les entretiens, cela a permis d'obtenir les données brutes qui ont été transcrites en français pour obtenir les informations complémentaires recherchées ; un questionnaire d'enquête pour la collecte des données dans les ménages.

Dans la première phase de ce travail, une recherche documentaire a été faite afin de s'informer des écrits précédents sur les inondations. Cette phase documentaire est suivie de la seconde phase de collecte des données sur le terrain. Les données de sources primaires sur le terrain d'étude ont été collectées à travers les observations de terrain, les enquêtes et les entretiens avec la population cible et les autorités en chargé de la gestion des inondations à N'Djamena. Des entretiens ont aussi été tenus avec des autorités communales (chef des services d'urbanisations et chef des personnels), avec les chefs traditionnels communément appelés délégués des quartiers.

Les données collectées sont traitées au moyen du logiciel Excel version 2013, le logiciel Arcgis10.4 pour la réalisation des cartes et enfin le logiciel Word pour la rédaction de ce travail.

Les ménages sont les cibles de cette étude, ainsi 196 ménages ont été enquêtés au moyen d'un questionnaire. Les ménages choisis sont ceux qui sont les quartiers très exposés aux inondations. Une formule a permis de retenir la taille de ménage enquêté, à savoir :

$$\text{Echantillon : } n = \frac{Z^2 \times P(1-P)}{m^2}$$

n = taille de l'échantillon

Z² = niveau de confiance

Selon la loi normale centrée réduite (Pour un niveau de confiance de 95% Z= 1,96.

Pour un niveau de confiance de 99 %, Z= 2,575)

P= Proportion estimée de la population qui présente la caractéristique. On utilise P = 0,5 qui correspond au cas le plus défavorable c'est-à-dire la dispersion la plus grande.

m= marge d'erreur tolérée (par exemple on veut connaitre une proportion réelle à 5% près.

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,5(1-0,5)}{(0,07)^2}$$
$$n = \frac{3,8416 \times (0,25)}{0,0049}$$

$$\frac{0,9604}{0,0049} = 196$$

n= 196

1.3 Traitement des données climatiques

Les données collectées sont celles des pluviométriques et des débits des fleuves Chari et Logone à N'Djamena fournies par l'Agence Nationale de la Météorologie. Plusieurs paramètres statistiques permettent d'effectuer le calcul des données pour déterminer les moyennes pluviométriques, les anomalies pluviométriques, les écarts entre les données pluviométriques. Tous ces paramètres permettent d'identifier les jours, les mois et les années les plus pluvieux ainsi que la fréquence des événements en cause des inondations.

Les formules suivantes ont été utilisées :

Le calcul de la moyenne pluviométrique qui a pour formule $\bar{x} = \frac{\sum xi+1}{N}$

Le calcul de l'écart type, c'est un indicateur de la variabilité par excellence, il permet de déterminer la position des variables étudiées autour de la moyenne. Ce calcul permet de standardiser les données mais aussi de voir les écarts autour de la moyenne. L'équation d'écart-type définie par Pearson (1873) est :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi-\bar{x})^2}{N-1}}$$

xi : la pluviométrie de l'année i ;

\bar{x} : La moyenne interannuelle ;

N : le nombre d'années de la série.

Le calcul de la variable centrée réduite (Vcr). Elle permet d'observer la variabilité interannuelle et de tracer les différentes courbes de tendance. Ces courbes permettront d'appréhender le sens d'évolution des différents paramètres climatiques au cours de la période considérée, mais de déterminer les indices pluviométriques à travers des excédents et les déficits des périodes considérées. Pour arriver à calculer cette variable, on a besoin d'abord de trouver la moyenne, la variance et l'écart type de notre échantillon, soit le rapport de la moyenne interannuelle sur l'écart type des hauteurs pluviométriques. L'indice est positif pour les années excédentaires et négatives pour les années déficitaires.

$$Vcr = \frac{xi - \bar{x}}{\sigma}$$

σ : L'écart type

xi : La pluviométrie d'année i

\bar{x} : La moyenne

si la valeur est positive cela veut dire que l'année est humide.

Si la valeur obtenue est négative, c'est que l'année est déficitaire.

Les données traitées ont été restituées sous-forme de résultats qui ont fait l'objet d'analyse.

2. Résultats et analyse

2.1 *Le contexte hydro-climatique semi-aride*

N'Djamena est représentatif de la bande du climat sahélien du Tchad, il bénéficie d'un climat de type tropical semi-aride. Les variations climatiques sont marquées au cours de l'année par le développement de deux masses d'air, à savoir l'harmattan, masse d'air tropical continental chaud et sec, venant du Sahara ou encore de l'anticyclone des Açores et la mousson masse d'air maritime équatorial instable relativement fraîche et humide et venant de l'anticyclone de Sainte Hélène. La rencontre de ces deux (02) masses d'air détermine le cycle annuel entre la saison sèche et la saison pluvieuse. La ligne de rencontre de ces masses d'air se matérialise par le Front Inter Tropical. L'arrivée des masses d'air continental se traduit par le vent soufflant du côté nord, nord-est (alizé boréal). N'Djamena bénéficie d'un climat tropical qui a évolué du type soudano-sahélien vers le type sahélien. Au cours de l'année, il y a une alternance entre la saison sèche longue (7 à 9 mois), fraîche en décembre-janvier et très chaude de février à mai, qui s'oppose à la saison pluvieuse courte (3 à 4 mois). Les pluies les plus intenses sont souvent dues à la ligne de grains (Atlas Tchad, 2012), et elles oscillent entre les isohyètes de 200 mm à 800 mm. Les saisons pluvieuses sont marquées par une courte durée de pluviométries mais les intensités journalières sont déterminantes dans la survenue des inondations.

Selon les ménages enquêtés au sujet des types d'inondations 36% sont touchés régulièrement par le débordement des eaux des fleuves Chari et Logone pendant les fortes crues; 19% sont uniquement touchés par les inondations pluviales, après la tombée des pluies, les eaux stagnent dans certains quartiers qui manquent de ouvrages de canalisation, cependant 23% des ménages situés dans les zones des plus basses connaissent les inondations suites au ruissellement des eaux venues des altitudes plus élevées. Il y a aussi 14% qui connaissent les inondations suite à l'affleurement de la nappe, ce phénomène se produit généralement dans les zones à proximité du Chari et du Logone.

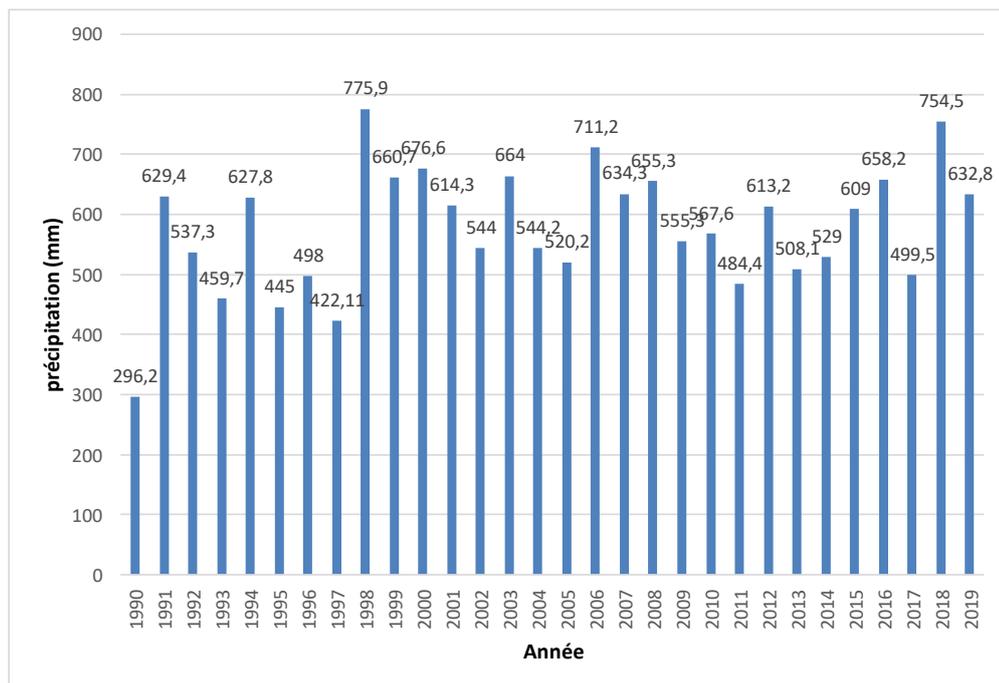
2.2. Les données météorologiques

Les données nécessaires à l'étude des phénomènes climatiques ont été fournies par l'Agence Nationale de la Météorologie de N'Djamena. Ce sont les données des pluviométries et des débits.

2.2.1. Les précipitations annuelles

La pluviométrie est un facteur indéniable dans l'étude des inondations, les fortes intensités pluviométriques sont celles qui provoquent les inondations. Dans le cadre de ce travail, nous avons collecté les données de pluviométries des années 1990 à 2022 issues de la station de l'aéroport de N'Djamena et offertes par l'Agence Nationale de la Météorologie. Il convient de noter qu'il y a des données manquantes notamment celles de l'année 2020. Les pluviométries annuelles dans ce contexte d'étude permettent de saisir les irrégularités interannuelles, d'identifier les années très humides, humides et les années de carence hydrique afin d'établir une liaison avec les inondations. Cette variation inter annuelle des précipitations est perceptible à travers la figure 2.

Figure 2: variabilité inter annuelle des pluviométries



Source: Agence Nationale de la Météorologie

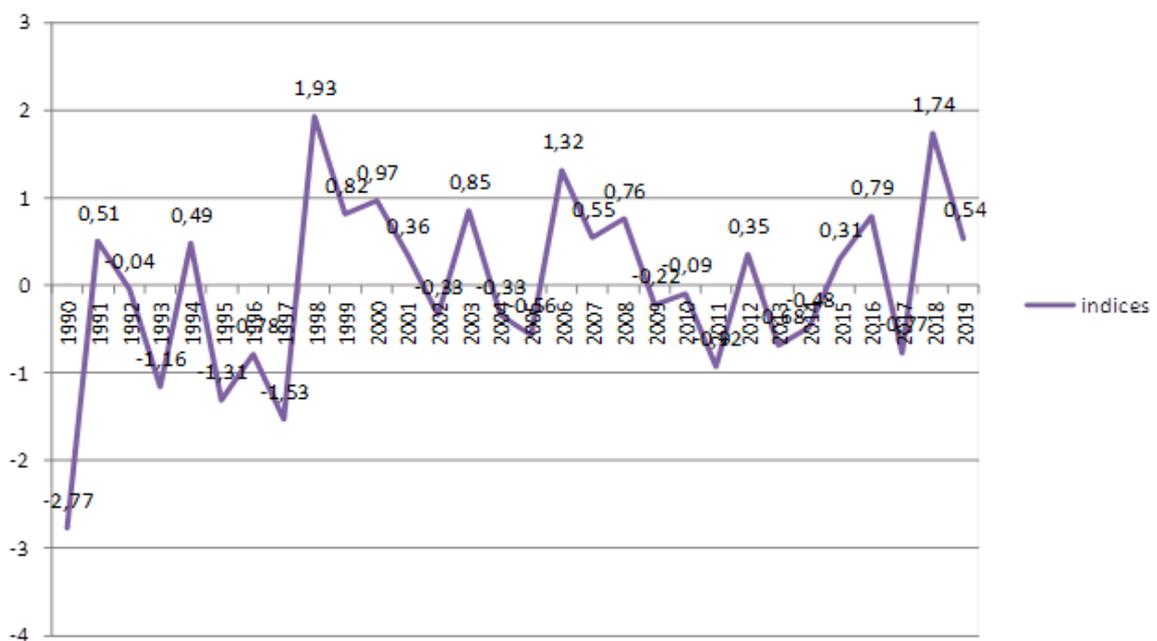
Ce graphique représente la variation des pluviométries des 30 dernières années, durant cet intervalle de temps, l'année 1990 est celle qui a cumulé une très faible quantité des pluies, c'est une année de carence hydrique, il est sans doute clair qu'il y a un pont entre cette année et celles de la décennie 1980 considérée comme période

de sécheresse nationale. Cependant les années très humides sont celles de 2012 ; 2018 ; 2019. Ce sont des années qui ont enregistré de très fortes intensités de pluies journalières ayant entraîné de inondations de grande ampleur.

2.2.2. Les indice des pluviométries inter annuelles

Le calcul des indices pluviométriques est un moyen qui permet de déterminer qu'une année est déficitaire ou excédentaire. Ils permettent également d'identifier les années très humides et les années moins humides. Nous considérons ici qu'une année est excédentaire lorsqu'elle cumule de pluviométries au-delà de la moyenne, Cependant l'année déficitaire est celle qui a cumulé de pluviométries en dessous de la moyenne. Ceci se traduit dans la figure 3 des indices pluviométriques.

Figure 3: indice de pluviométrie de 1990 à 2022



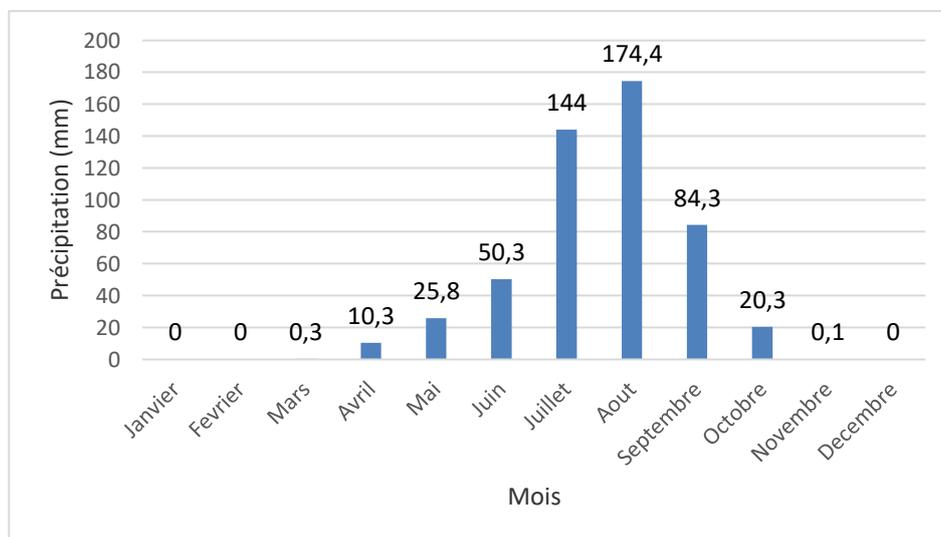
Source : Agence National de la Météorologie

Les indices pluviométriques des années 1990 à 2019 montrent une variation d'années déficitaires et excédentaires de la zone d'étude. On totalise 14 années avec un déficit accru en 1990 (-2,77) ; ce sont des années moins humides. Les 16 autres années sont humides, excédentaires avec des précipitations au-dessus de la moyenne. L'année 1998 est plus excédentaire avec (1,95), suivi de l'année 2018 (1,74) et 2006 (1,33). Les années excédentaires ont entraîné des inondations historiques gardées dans les mémoires des habitants ayant vécu à N'Djamena pendant ces périodes.

2.2.3 Les pluviométries mensuelles

N'Djamena est soumis à un climat local de type sahélo-soudanien marqué par un régime des pluviométries mensuelles qui change d'une année à une autre. Il y a des années où les saisons pluvieuses débutent tôt à partir du mois d'avril et s'étendent à novembre, ce sont des situations irrégulières. C'est le cas de l'an 2022 qui a enregistré les premières gouttes de pluie en mars avec un total mensuel inférieur à 5mm. Il y a aussi des saisons pluvieuses qui commencent à partir du mois de mai pour finir à octobre, c'est une situation récurrente. Les maximas pluvieux s'observent généralement à partir des mois de juillet à septembre, ce sont les mois de très fortes intensités pluvieuses. La figure 4 représente les pluviométries mensuelles à N'Djamena de 2022.

Figure 4: Précipitation moyenne mensuelle 2022.



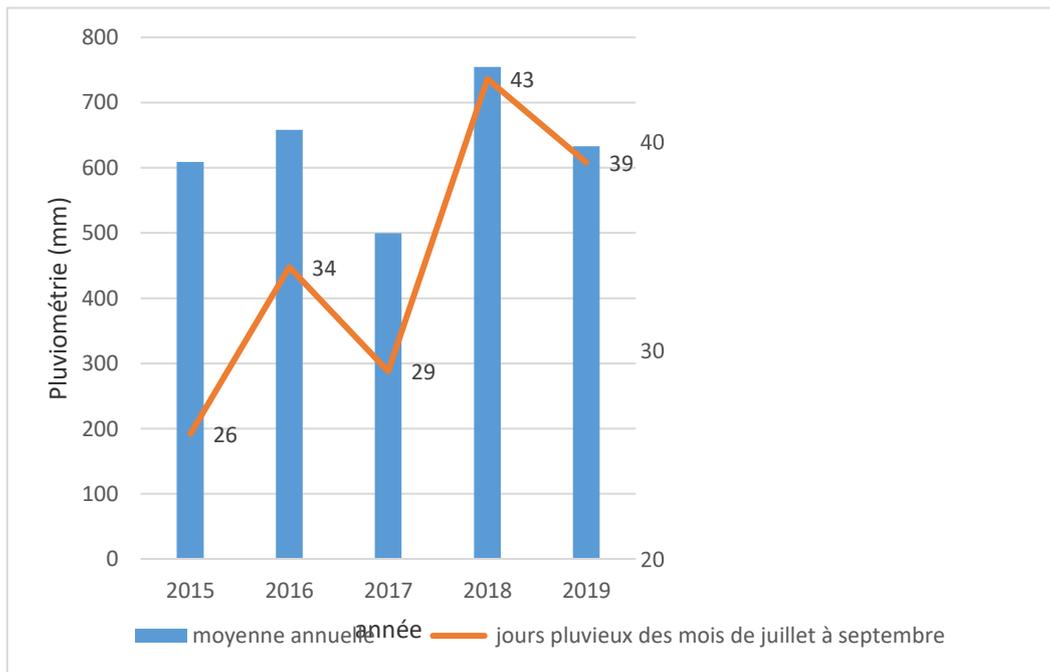
Source : Agence National de la Météorologie

Les mois de janvier, février et décembre sont des périodes sèches sans une goutte de pluie. La période de faibles pluviométries sont celles des mois de mars, avril, octobre et novembre qui enregistrent mensuellement moins de 25 mm. Les intensités des pluies sont naturellement très faibles avec une faible probabilité d'inondation, cependant, il y a une faible possibilité qu'une inondation se produise pendant ces mois de très faibles intensités pluviométriques. Les mois de mai et juin sont humides avec moins de 50 mm de précipitation mais assez suffisante pour causer des inondations dans la ville de N'Djamena. Les périodes très humides sont celles de juillet à septembre avec une forte intensité pluviométrique, favorable aux inondations, c'est la période de pluies diluviennes. A N'Djamena pendant cette période diluvienne de pluie, la population s'attend indubitablement à des inondations pluviales désastreuses.

2.2.4 Les jours pluvieux des mois très humides et la hauteur de pluie de 2015 à 2019

La fréquence des jours pluvieux, et l'intensité de pluie sont des paramètres qui permettent de vérifier et de comparer l'inondation d'une année à une autre. Dans ce cas précis, nous disposons que les données de 2015- 2019, mais cela permettra de comprendre et expliquer les périodes humides et les inondations survenues durant cette période comme le montre la figure 5 qui prend uniquement le nombre des jours pluvieux des mois de juillet à septembre.

Figure 5 : synthèse des pluviométrie journalière et annuelle de 2015 à 2019



Source : Agence National de la Météorologie.

Ce graphique est une synthèse du nombre des jours pluvieux et les hauteurs annuelles des précipitations. Le nombre des jours pluvieux n'explique pas à lui seul les inondations mais aussi l'intensité et la hauteur enregistrée pendant une année. Cette figure permet de comprendre que la hauteur annuelle des précipitations dépend du nombre des jours pluvieux et des fortes intensités pluviométriques. L'année 2015 qui a enregistré peu de nombre des jours pluvieux n'a pas connu des inondations de très grande ampleur. L'année 2017 est aussi moins pluvieuse (499,5 mm) mais elle a connu plus de nombre de jours pluvieux (29) jours avec des inondations de moins ampleur. Par contre les années qui ont connu plus de 30 jours pluvieux pendant les mois juillet à septembre sont celles qui sont pluvieuses. L'année 2018 est très pluvieuse, elle a enregistré 43 jours de pluies, c'est une année très humide et excédentaire. Pendant les entretiens sur le terrain, l'année 2018 a été souvent citée parmi les années de catastrophe d'inondation à N'Djamena.

2.2.5 Le débit du fleuve chari

N'Djamena est une zone de confluence des fleuves Chari et Logone qui se jettent dans le Lac-Tchad. Les fleuves reçoivent les eaux des pluies et les eaux d'inondations des quartiers drainées vers ces derniers à travers les grands canaux. Ces eaux de diverses provenances augmentent naturellement le volume et la hauteur des eaux de ces fleuves.

Le fleuve chari prend sa source dans la République Centrafricaine, il traverse toute la ville de N'Djamena et il est alimenté par les cours d'eaux secondaires permanents et de ses bras morts. Pendant la période de crue, c'est ce dernier qui provoque des inondations à N'Djamena à travers les débordements des eaux du lit mineur vers le lit majeur anthropisé. Les données débitométriques permettront d'analyser et catégoriser les inondations pendant et après les saisons pluvieuses. La plupart des inondations dévastatrices à N'Djamena sont celles provoquées par le débordement des eaux fluviales, elles surviennent généralement à partir des mois de septembre, octobre, novembre et décembre, c'est la période des hautes eaux. L'inondation fluviale de l'année 2022 est un cas d'exemple qui est sans précédent pour beaucoup de sinistrés.

Notre zone d'étude est couverte par trois stations de mesure des débits notamment la station de N'Djamena TP, Chagoua et Nguely. Les débits utilisées dans ce document sont issus de la direction de l'Hydraulique et des Ressources en Eau de l'Agence Nationale de la Météorologie. C'est une base des données qui couvre la période de 1983 à 2022. Il convient aussi de souligner qu'il y a des données manquantes pour les stations de Nguely et la station de Chagoua relevées dans la figure 6.

Figure 6: Les débits du Chari (m³/s) de 1970 à 2022 des stations de N'Djamena.

Station de Chagoua

station de Ngueli



Source : Agence National de la Météorologie

La station TP N'Djamena est celle qui recèle un débit d'eau plus élevé que les deux autres stations. Les plus hauts débits enregistrés durant ces 40 dernières années sont ceux de 2022 à la station TP N'Djamena avec 1660 m³/s jamais enregistré sur toutes les stations, elle est suivie des débits des années 2012 (1563,55 m³/s) et 2018 (1530 m³/s) historiquement gardés en mémoire par les habitants de N'Djamena du fait que pendant les déroulements des enquêtes et des entretiens, 90% des répondants affirment être marqués par les inondations fluviales de ces années. Les deux autres stations enregistrent des débits de moins de 1300 m³/s, mais qui entraînent aussi des inondations fluviales pendant les fortes crues.

2.2.6 Les débits mensuels

Pendant une année civile, on observe une période de crue allant du mois d'octobre à décembre soit 3 mois de hautes eaux, c'est une période où le lit majeur est couvert d'eau ; une autre période est celle de décrue allant de février à septembre, soit 9 mois de basse eau ; ici l'eau du fleuve Chari se rétrécit jusqu'au chenal d'étiage sous l'effet des évaporations et de tarissement des eaux de ce grand bassin, c'est une marque de

la saison sèche. La répartition mensuelle des débits pour les trois stations est représentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : les débits mensuels (m³/s).

Debits (m ³ /s) par station	Janv.	Fev.	Mars	avril	mai	juin	Jt.	At	Sept	Oct	Nov	Dec
Chagoua	234	132	73.1	45.1	33.5	44.2	142	499	1110	1580	1270	527
Tp N'Djamena	521	298	169	113	117	188	438	1060	1980	2700	2370	1190
Ngueli	77.7	43.4	24.3	14.9	21.7	50.8	156	407	620	700	542	226
Moyenne	377,5	215	169	113	117	188	245,33	655,33	1236,7	1660	1394	647,67

Source: Direction de l'hydrologie

Dans toutes les stations de N'Djamena, les mois de septembre, octobre et novembre marquent la période de hautes eaux et en effet, il y a un très fort risque d'inondation fluviale pendant ce temps, les moyennes mensuelles des débits dépassent 1000 m³/s, par contre la décrue s'observe pendant les mois de mars et avril où les eaux s'évaporent sous l'effet de la forte chaleur pendant ces mois de canicule. Les eaux se rétrécissent jusqu'au chenal d'étiage.

2.2.7 Hauteur mensuelle des débits (m³).

Les hauteurs des débits d'eau fluviale sont nécessaires pour comprendre le débordement fluvial. Un débit de faible hauteur est sans menace d'inondation, la hauteur des eaux du fleuve favorise facilement le débordement des berges. La répartition mensuelle des hauteurs des cotes est représentée dans ce tableau 2.

Tableau 2 : les cotes d'eau mensuelle.

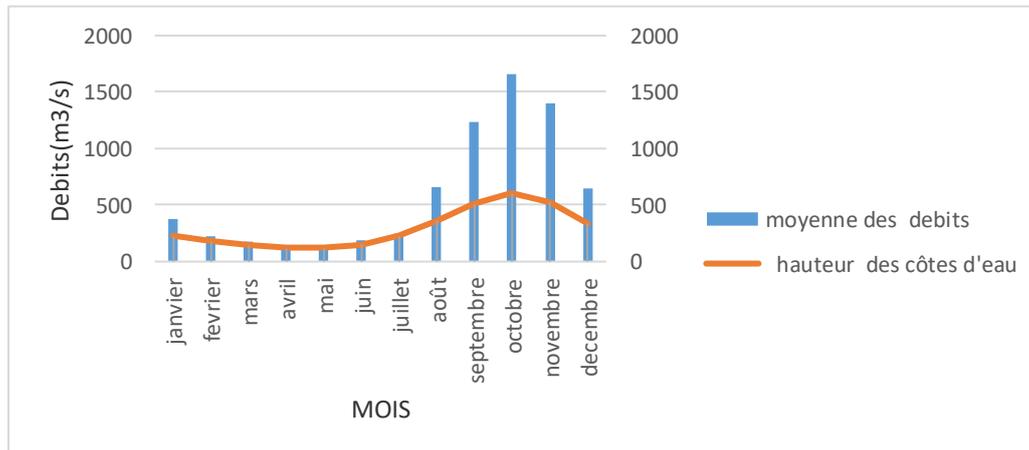
Hauteur (m) d'eau par station	janv	Fev	mar	Avr	mai	Jun	Jt	Août	Sep	Oct	nov	Dec
Chagoua	238	190	153	120	113	128	197	334	491	587	516	335
N'Djamena TP	232	170	125	98	101	133	213	357	526	636	576	372
Nguely	205	171	143	124	137	179	258	378	493	568	480	294
Moyenne	225	177	140,33	114	117	146,67	222,67	356,3	503,33	597	524	333,67

Source: Direction de l'hydrologie

Il découle de ce tableau que, les mois de hautes eaux sont compris entre septembre et novembre, il est évident qu'avec une telle hauteur d'eau, pendant les crues, dans un milieu de plaine inondable, le débordement des berges se produise. Le niveau d'alerte de cote d'eau à N'Djamena est de 8m, la station N'Djamena TP est celle qui enregistre une très grande hauteur de cote d'eau parmi toutes les stations. Il apparait clairement que les habitants de la zone de cette station sont menacés d'inondation et plus exposés aux risques.

Pour comprendre davantage le phénomène de débordement fluvial nous avons jumelé les débits et les hauteurs des cotes d’eaux pour saisir la possibilité de débordement pendant les crues, les débits moyens inondent aussi bien que les hauts débits. La figure 7 représente graphiquement les débits d’eaux du fleuve Chari et la hauteur de leur côté.

Figure 7 : combinaison des débits et des hauteurs de côte d’eau.



Source : Direction de l'hydrologie

La combinaison des débits d’eau et des hauteurs des cotes d’eau représentée par cette figure dégage des informations cohérentes qui permettent de saisir les périodes de débordement des eaux fluviales. A partir des mois de février, mars, avril, mai, juin et juillet, la hauteur des côtes et des débits sont moins forts, le risque d’inondation par débordement reste faible et même si c’est le contraire qui arrive, il serait un phénomène faible puissance à petit rayon d’inondation. Les enquêtes sur l’histoire des crues nous renseigne qu’il n’y a pas eu des inondations par débordement du fleuve pendant cette période de faible niveau d’eau, c’est la période d’été. Pendant les mois d’août à janvier, période de crue, le volume d’eau augmente plus vite pour atteindre un niveau plus haut en octobre et diminue progressivement jusqu’en janvier où le débit d’eau reste toujours supérieur à la hauteur des côtes. Les inondations fluviales de grande ampleur se produisent en cette dernière phase. L’Organisation Internationale pour la Migration au Tchad, nous notifie que les inondations fluviales du 25 au 27 octobre 2022 a entraîné un déplacement de 14144 ménages.

2.2.8 Crues historiques

Depuis 2010 à nos jours, les crues du Chari qui ont marqué les esprits sont celles de 2012, 2018, 2020 et 2022. Les communes les plus touchées sont celles de 9^{ème}, 7^{ème} et

8^{ème} arrondissements de N'Djamena. Le 9^{ème} arrondissement a la particularité d'être situé à la confluence du Chari et du Logone.

Depuis l'an 2000 jusqu'en 2024, la digue située en rive gauche du Chari cède toujours face crue. L'analyse des hydrogrammes complets des crues les plus fortes enregistrées rend compte d'une durée moyenne de crue de l'ordre de 120 jours. Cependant les crues enregistrées en 2022 sont exceptionnelles avec 1660 m³/s, jamais enregistrées pendant les 5 dernières décennies. Les débits annuels enregistrés par les stations de N'Djamena, parmi les trois stations, celle qui enregistre de plus fort débit est la station de TP N'Djamena, c'est pour cette raison que les débordements des eaux fluviales de ladite station provoquent des inondations de grande ampleur qui touche un grand nombre des quartiers. Durant les 50 dernières années, la crue de l'année 2022 a exceptionnellement enregistré un plus haut débit avec 1660 m³/s ayant engendré des inondations fluviales désastreuses touchant les plus grandes communes administratives de N'Djamena. Un taux de 66% des ménages n'ont pas connu des inondations fluviales, ce sont des ménages distancés du fleuve Chari, néanmoins ils connaissent d'autres formes de débordement des eaux des bassins de rétention à l'intérieur des quartiers. Un taux de 34% des ménages connaisse globalement le phénomène d'inondation fluviale pendant les hautes crues des fleuves Chari et Logone mais particulièrement, l'année 2022 a connu de plus fort degré d'inondation fluviale touchant plus de 50% des ménages due à une augmentation inattendue du volume d'eau des fleuves. 16,66% de ménages connaissent chaque année des inondations fluviales, ce sont des ménages situés dans le lit majeur du fleuve. Les années 2012 et 2018 sont celles qui ont aussi connues des inondations historiques, mais les débordements fluviaux des eaux ont touché respectivement 16,66% des ménages.

2.3 Les caractéristiques morpho-pédologiques

N'Djamena est le domaine des sols hydro morphes à dominance argilo-limoneuse. Le sol est essentiellement argileux, sableux et sablo-argileux. Le sol sablo-argileux est la partie la plus occupée et est caractérisé par une forte urbanisation. Une grande partie de la ville de N'Djamena avait au départ le sol argileux, mais ce sont les activités humaines qui ont favorisé la strate sableuse. Par exemple le remblaiement régulier pour lutter contre les inondations dues à l'imperméabilité du sol argileux est une des raisons qui a causé l'ajout de la couche sableuse. Dans le sol sablo-argileux, les eaux s'infiltrant, mais à une faible profondeur juste à la mesure de la couche sableuse. Cette partie perméable peut être débordée des eaux infiltrées et provoquée par conséquent une inondation par affleurement de la nappe. Cependant la partie du sol argilo-sableux est moins aménagé, il garde sa nature et est moins perméable. On

retrouve ceci dans les périphéries où se trouvent les nouveaux quartiers de N'Djamena. C'est ce qui entraîne un risque élevé d'inondation dans ces parties des sols argilo-sableux qui constituent un facteur de la stagnation des eaux de pluie. Les premières pluies tombées sont automatiquement absorbées par ce substrat qui se gonfle quelque temps après sous l'influence de la température comme le montre la planche 1.

Planche 1: Etat de sol argileux impénétrables pendant les saisons pluvieuses et sèches

1a : Le sol argileux humide en août 1b : sol argileux sec en avril



Source : DAOUDINGADE Christian, enquête 2022

Après le contact avec les eaux de pluie, l'argile devient bien plus foncée en couleur noir et retient en surface les eaux de pluie, ce qui d'emblée provoque des inondations suite à la stagnation. Par contre en saison sèche, le sol argileux se présente comme sur la planche1.

L'argile en saison sèche dans notre zone d'étude ne favorise pas la croissance rapide des plantes qui se trouvent à l'état sauvage, le taux d'humidité diminue rapidement du fait de l'infiltration des eaux. Certaines plantes résistantes connaissent de retards de croissance, d'autres meurent.

Les aménagements urbains sur ce genre de sol sont délicats du fait des précautions édaphiques à prendre en compte, à défaut de cela, les bâtis construits sur un support argileux sont d'emblée exposés à un risque d'inondation, et ceux construits avec des matériaux non durables s'écroulent ou se dégradent.

2.4. Les irrégularités physiques à N'Djamena

Les irrégularités topographiques ou encore le relief de la zone d'étude est constitué de l'ensemble des réseaux hydrographiques et les plaines inondables. La topographie est quasi plate et les altitudes varient très peu. Ce sont des facteurs qui favorisent les inondations à N'Djamena.

2.4.1 Les réseaux hydrographiques

N'Djamena est une zone de confluence de deux principaux cours d'eau du Tchad notamment les fleuves Chari et Logone, principaux émissaires du Lac-Tchad, un grand bassin situé au Nord-ouest de N'Djamena.

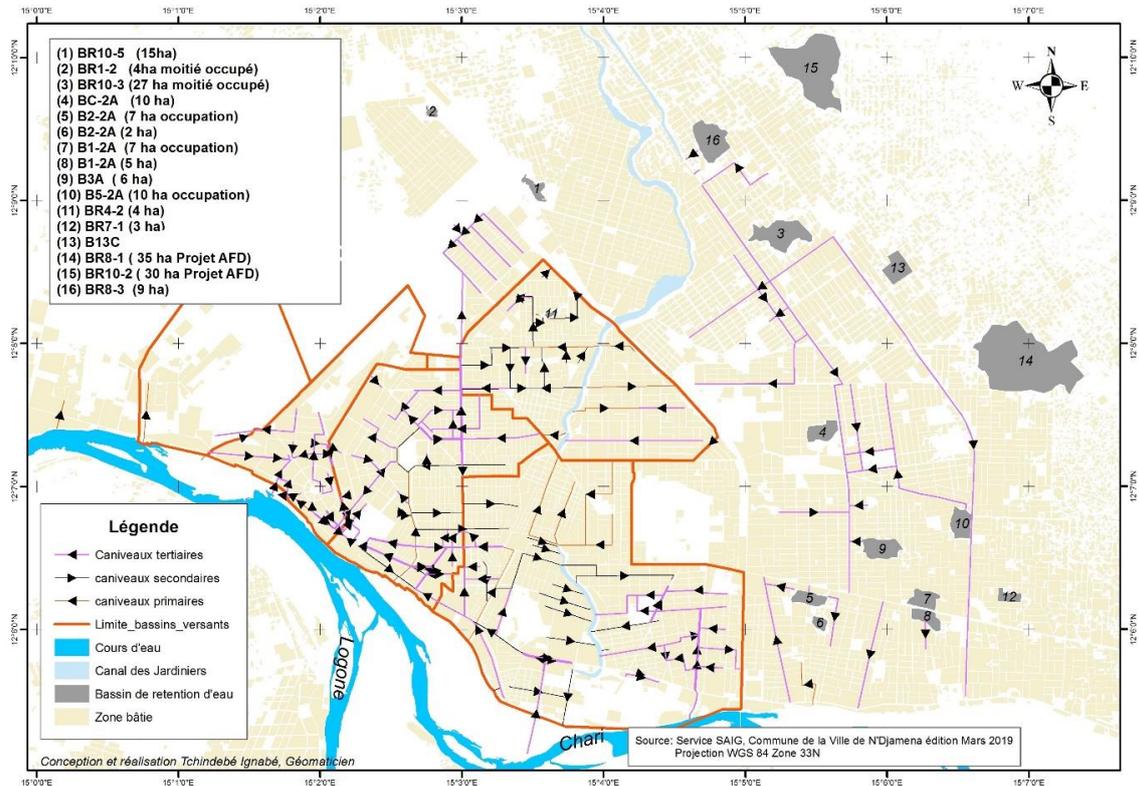
Le Chari, le plus grand fleuve (1200 Km) prend sa source en République centrafricaine. Il traverse les villes de Sarh, Guelendeng et N'Djamena en reliant les côtés est et ouest de cette dernière. C'est un cours d'eau qui dépend en grande partie des eaux de pluie, son volume en eau n'augmente que pendant la saison pluvieuse pour atteindre un pic en octobre. Les principaux affluents du Chari à N'Djamena sont constitués des cours d'eaux secondaires qui dépendent des eaux des pluies. Certains de ces affluents sont considérés comme les bras morts. Le niveau des altitudes du Chari est élevé plus que le niveau des cours d'eaux secondaires venant des différents quartiers. C'est pour cela que pendant les périodes de fortes pluies que le Chari reçoit les eaux de ses affluents due à la puissance des écoulements. Pendant la très forte crue du mois d'octobre, les eaux du Chari retournent par le canal de ses affluents pour inonder les habitations, mais aussi par débordement des berges quand les hauteurs d'eaux sont plus élevées. Le Chari est soumis de nos aujourd'hui à une forte intensité des activités humaines, non seulement en occupant son lit majeur par les habitats, mais aussi par les activités de carrière de sable et de la terre commercialisée ; il y a aussi sur place dans lit mineur les activités de fabrication des briques qui sont cuites sur place, il y a aussi les blanchisseurs qui deviennent de plus en plus nombreux. Aujourd'hui, la berge du fleuve Chari subit des pressions et est menacé d'érosion anthropique, mais aussi naturelle confère Tchindjang Mesmin et al (2014).

Le Chari et ses affluents sont caractérisés par des pointes de crues et des étiages prolongés. En période d'étiage, le Chari se réduit à de petits filets d'eau. La crue la plus forte a été observée à la station de référence de N'Djamena en 2022 avec un débit de 1660 m³/s.

La ville de N'Djamena est traversée par trois importants canaux de drainage d'eau parmi lesquels un d'entre eux est nouveau et en chantier depuis 2022, c'est un canal qui traverse les quartiers Boutal bagar, Atrone et Gassi. Les deux autres plus anciens sont : le canal d'Am-Riguebé, long de 2 km, constitue un bassin qui collecte les eaux de pluie des quartiers Am-Riguebé, Repos, Leclerc et Diguel ; Le canal 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 fleuve. Ce dernier est en reconstruction à la suite de l'envahissement de son espace par mes ordures ménagères et le débordement des eaux d'inondation de 2022. Le

le fleuve Logone est un cours qui prend sa source au Cameroun et traverse les villes de Doba, Moundou, Laï, Bongor et N'Djamena, il est long de 1000 km. Il présente moins d'impact hydrique sur la ville de N'Djamena, cependant dans la partie de confluence, son apport en eau augmente le débit d'eau qui provoque les débordements des eaux. La figure 8 montre une cartographie des réseaux de drainage d'eaux à N'Djamena.

Figure 8 : localisation des réseaux hydrographique à N'Djamena



Source : Commune de la ville de N'Djamena

N'Djamena zone de confluence des fleuves Chari et Logone, est victime des inondations malgré la présence des digues de protection.

La lecture de cette figure montre qu'il y'a les caniveaux secondaires et primaires, les cours d'eaux, le canal de jardinier d'une longueur de 2,5 Km, les bassins de rétention d'eaux et aussi les zones bâties. Les caniveaux sont denses dans les quartiers du centre de la ville. On constate aussi qu'ils ne sont pas reliés au fleuve Chari parce que les altitudes du niveau du fleuve Chari sont plus élevées. Les bassins de retentions par contre, sont plus nombreux que dans les zones Est et Nord-est. L'emplacement de ces bassins de rétention d'eau est fonction du sens d'orientation des écoulements des eux des pluies. Le plus grand bassin de rétention d'eau de N'Djamena a une superficie de 34 ha, suivi de celle de 30 ha situé au nord-est de la ville de N'Djamena. Toutes deux construites par le projet financé par l'Agence Française de

Développement. Il y'a plus des bassins de rétention d'eau d'une superficie de moins de 10 ha. Ceux-ci sont régulièrement débordés des eaux inondées.

2.4.2 Densité de mares dans les zones d'habitations

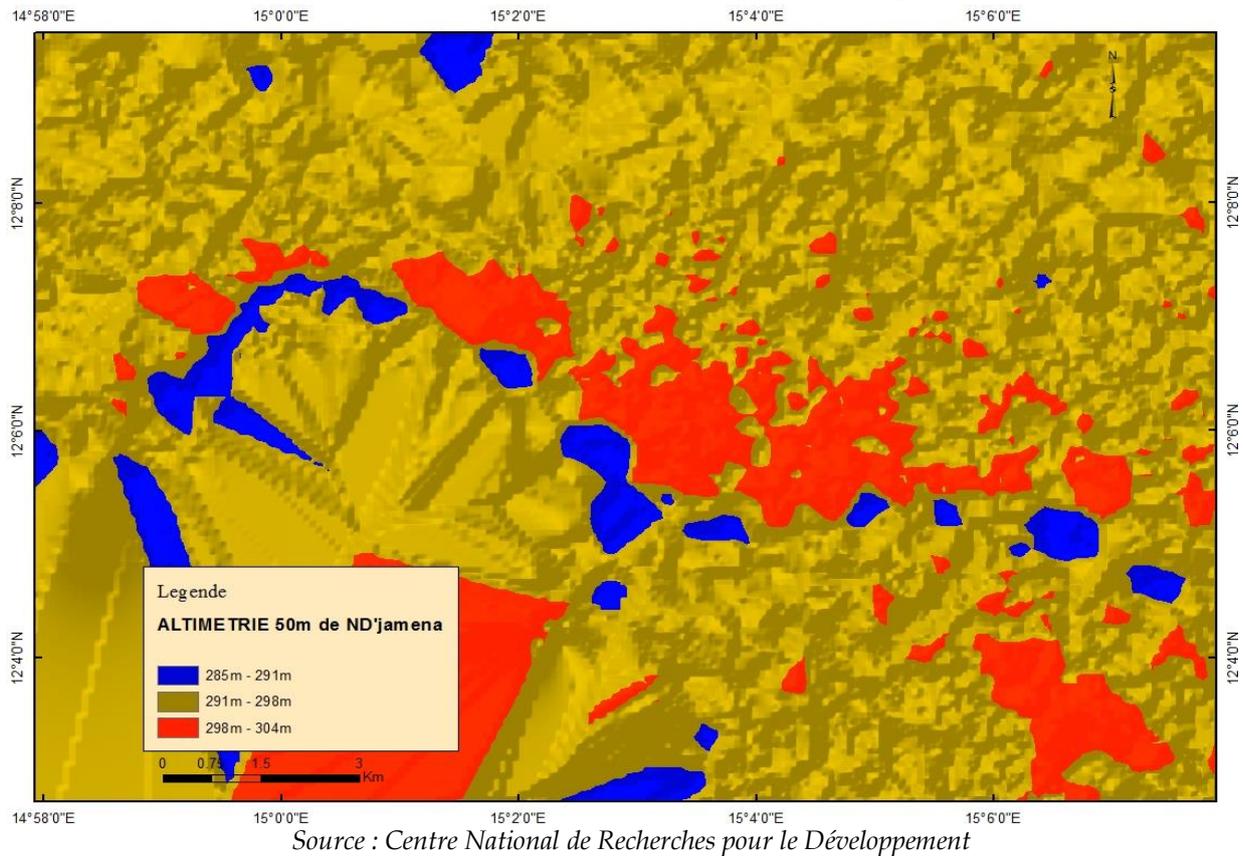
La mare est considérée comme un espace creux ou une dépression auquel se jettent les eaux de diverses natures. A N'Djamena, on trouve de nombreuses mares notamment celles naturelles et celles qui sont creusées par les hommes pour les besoins en terre, sable etc. Les trous sont creusés de part et d'autre par la population vers les années 1990 pour extraire de la terre, des sables pour la fabrication des briques commercialisées, sont transformés en marre pour la rétention des eaux. Les mares sont plus intenses dans les communes de 7^{ème}, 8^{ème}, 9^{ème} et 1^{er} arrondissements. Ce sont généralement les communes les plus exposées aux inondations.

Les mares reçoivent les eaux de ruissellement pendant les saisons pluvieuses, mais suite à leur faible capacité de rétention d'eau et de leur berge non aménagée, les eaux débordent pendant les fortes crues et inondent les riverains. Certains des marigots plus vastes ont été transformés en de bassins de rétention, on identifie 4 dans le 7^{ème} arrondissement, mais ne retiennent pas pour longtemps les eaux stagnées. Appelés dans le langage courant « *BOUTA* », en arabe local, c'est-à-dire un espace de stagnation d'eaux, ils sont aujourd'hui de plus en plus nombreux et les eaux de pluies y stagnent pendant plusieurs semaines après les saisons pluvieuses.

2.4.3 La topographie de N'Djamena

N'Djamena est une zone de plaine inondable marquée par une faible variation d'altitude qui oscille entre 305 m et 285 m. Les points hauts sont ceux des niveaux du fleuve Chari et qui diminuent progressivement du sud vers le nord de la ville et marque le sens naturel d'écoulement des eaux des pluies. C'est ce qui explique le phénomène des inondations fluviales par endroits. On observe les écoulements qui se font sur une faible pente maximum de 1%, une grande partie de la ville est relié par les points d'une même altitude. Cela explique le comportement de stagnation des eaux de surface. La faible variation des altitudes est un facteur qui facilite les aménagements urbains et par conséquent occasionne les inondations. La figure 9 est extraite de notre mémoire de master et nous informe sur la topographie de la ville de N'Djamena.

Figure 9 : Altimétrie de la ville de N'Djamena au pas de 50m

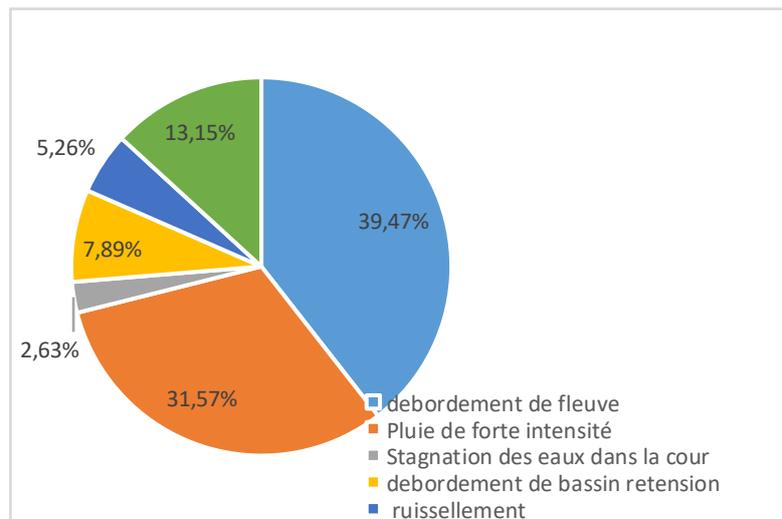


Cette figure est une expression de la topographie de N'Djamena structurée en trois nomenclatures colorées. Les couleurs expriment les altitudes, la couleur bleue représente les fleuves Chari et Logone dont leur bassin se situe entre 285 m et 291 m. La couleur rouge représente les bourrelets de ces fleuves qui marquent les points les plus élevés se situant entre 288 m et 304 m qui rend difficile le drainage des eaux de quartiers vers le fleuve, la couleur rouge indique les altitudes situées entre 291 m et 298 m, une zone de forte densité d'habitat, mais aussi une zone plus exposée aux inondations. La déclinaison du terrain sur la rive gauche du Chari est orientée vers le sud et celle de la rive droite est orientée vers le nord de la ville et non vers le fleuve. Le site est à contre-pente par rapport au fleuve Chari, et ne favorise pas le drainage des eaux pluviales ce qui provoque parfois de vastes inondations.

2.5 Analyse des données sur les facteurs physiques des inondations à N'Djamena

Dans un contexte de vulnérabilité régulière aux inondations, les recherches scientifiques tentent d'identifier et de comprendre les conditions qui favorisent la régularité de ce phénomène. Les données sur les facteurs physiques des inondations à N'Djamena ont été collectées, traitées et analysées et elles sont représentées dans la figure 10.

Figure 10 : facteurs physiques des inondations à N'Djamena selon la population



Source : DAOUNDINGADE Christian, enquête 2022

Dans le facteur physique des inondations à N'Djamena selon les sources de terrain, on trouve le débordement du fleuve Chari, cité comme un facteur prépondérant, les récits sur les inondations recueillies mentionnent que ce dernier est facteur qui provoque des inondations désastreuses car 39,47% des ménages enquêtés ont été touchés par les inondations suite au débordement du fleuve. Les pluies de fortes intensités aussi ont été citées par 31,57% de ménages comme facteur crucial des inondations à N'Djamena, ce sont les pluies diluviennes observées généralement au mois d'août et septembre. Les pluies de très fortes intensités sont celles qui causent les inondations violentes souvent accompagnées de vent violent. C'est une situation généralement observée au mois d'août que ce phénomène est manifeste.

Selon les ménages enquêtés, il y'a aussi les inondations engendrées par remontée capillaire de la nappe phréatique. C'est après saturation du sol en eau d'infiltration qu'il y'a la remontée d'eau en surface, c'est un phénomène irrégulier. 13,15% des ménages situés non loin du fleuve Chari connaissent ce type d'inondation.

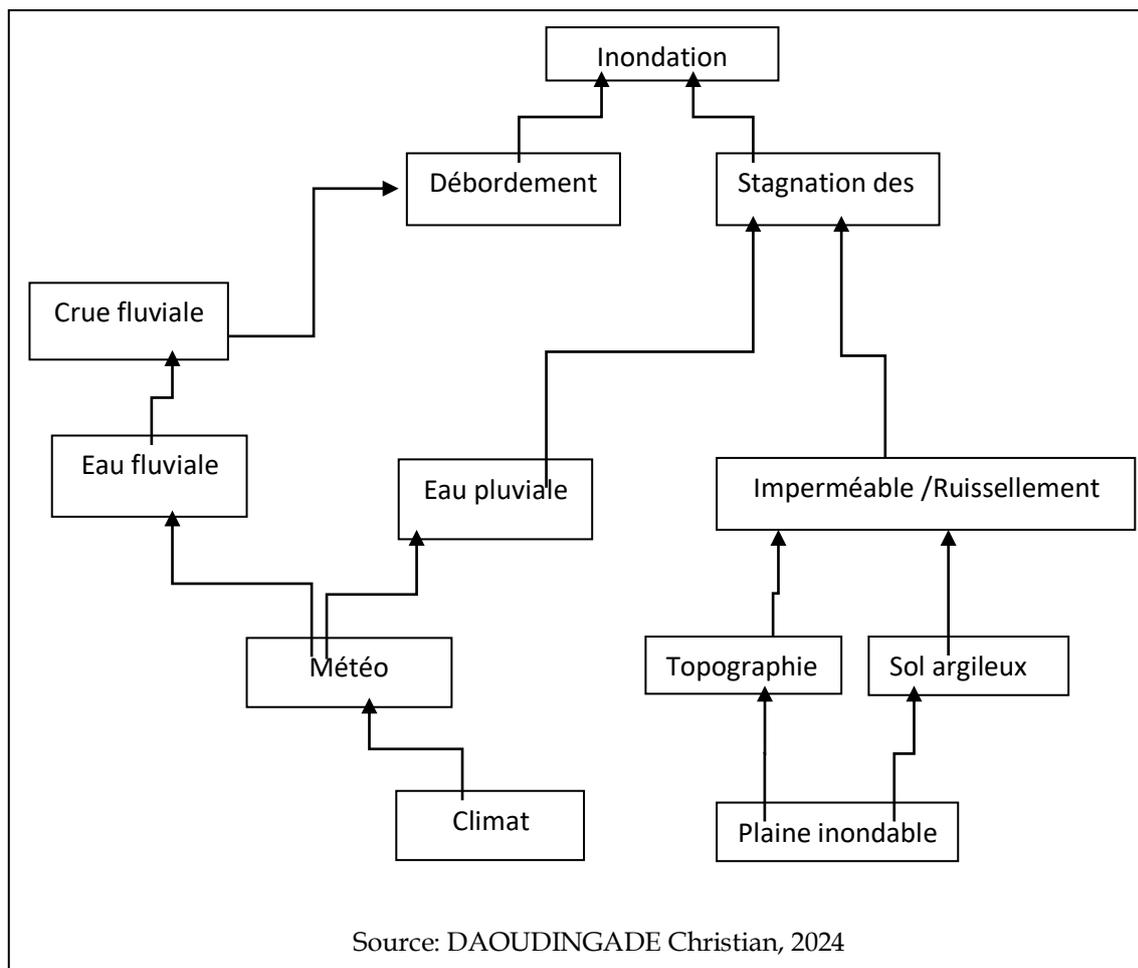
Pendant les saisons pluvieuses, les ménages riverains des bassins de rétention d'eaux connaissent aussi des inondations provoquées par le débordement des eaux. Cette situation très inquiétante touche 7,89% des ménages enquêtés. Le risque de ce type d'inondation est plus élevé dans les communes de 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} arrondissement de N'Djamena.

Les eaux retenues dans les bassins de rétention sont polluées par les ordures ménagères, les déchets organiques. Les ménages inondés par les eaux polluées des bassins de rétention sont exposés aux maladies comme le paludisme, la diarrhée, choléra.

Les causes des inondations liées aux facteurs physiques du milieu varient selon le type des zones. Les ménages situés dans les zones de faible topographie sont les plus touchés par les inondations, 2,63% des ménages enquêtés subissent ce type d'inondation.

Les facteurs des inondations sont représentés dans la figure 11, qui montre le lien entre les différents facteurs qui provoquent les inondations dans la ville de N'Djamena.

Figure 11 : Représentation des liens entre les facteurs physiques d'inondation à N'Djamena



De ce qui est des facteurs physiques d'inondation à N'Djamena, à la base il y'a la variation climatique, la topographie plane et la présence de la plaine constituent des éléments majeurs qui peuvent engendrer les inondations. La topographie de N'Djamena et la plaine inondation en rapport au sol argileux facilite la stagnation des eaux de pluie avec une faible capacité de ruissellement d'eau, faute d'une faible pente et d'une faible quantité d'infiltration des eaux. Cela entraîne l'inondation. C'est aussi le cas du climat qui favorise les éléments météorologiques, principalement la

forte intensité pluviométrique et la hausse de débit fluvial pendant la période de crue. Tous ces différents liens engendrent le risque d'inondation à N'Djamena.

3. Discussion

Ce travail de recherche mené sur les facteurs physiques favorables aux inondations à N'Djamena permis d'obtenir les résultats selon lesquels les conditions physiques du milieu sont les facteurs déterminant d'inondation dans une plaine d'inondation comme N'Djamena. Le relief monotone marqué par une topographie peu variée facilite la stagnation des eaux en surface. La ville de N'Djamena est une zone de plaine d'inondation caractérisée par un sol argileux (peu imperméable) et est une zone de confluence des fleuves Chari et Logone qui sont les principaux cours du Tchad. A cela s'ajoute l'intensité des pluviométries et de la montée des eaux fluviales en période de crue durant les ces dernières années (2000-2024). Ces conditions favorisent les inondations catastrophiques à N'Djamena. La localisation des inondations catastrophiques dépend à la fois de la répartition des pluies sur le territoire et des dispositions prises localement pour éviter les dégâts. Il est certain que, la plupart des inondations à N'Djamena sont provoquées par les pluies de faible intensité du fait de la défaillance dans les stratégies de gestion et surtout des facteurs amplificateurs généralement anthropiques. Les conditions physiques du milieu sont aussi les causes des inondations au Bénin tel qu'évoqué par L.ODOULAMI, W. VESSIN, M. BOKO (2009, p. 3-5), selon eux, la position géographique de la ville de Cotonou dans le sud du Bénin soumet celle-ci à des pluviométries à double pics. La régularité des pluies pendant les saisons pluvieuses entraîne la saturation, la résurgence et la stagnation des eaux de pluie sur le sol sableux argileux. La faible topographie de la ville de Cotonou est une des causes des inondations par stagnation des eaux des pluies. C'est aussi le cas à N'Djamena où la faible variation des altitudes expose la ville aux inondations. La ville de N'Djamena est située en dessous des altitudes du fleuve Chari, cela impacte sur le système de drainage des eaux de ruissellement vers le fleuve Chari, principal cours. Ce cours principal est menacé d'érosion, et entraîne un élargissement des berges, favorable aux inondations. D'après K. DOUDJE, M. TCHINDJANG et B. MOUPENG (2014, p. 4) :

« L'érosion des berges du fleuve Chari résulte d'une action combinée des facteurs liés à l'hétérogénéité lithologique caractérisant les berges de différentes terrasses et aux mouvements de l'eau. Ils pensent aussi que le recul de la berge à la suite de l'écroulement se fait en deux (02) étapes. Dans un premier temps, le niveau inférieur sous l'action de la battance (vague) se détache par paquet, puis suit la couche supérieure qui s'éboule par pans entiers. L'effet de cette érosion semble être un glissement de la berge vers le chenal ainsi la forme de la berge et de la pente dépendent de ce double mouvement et de la nature lithologique de matériaux constituant celle-ci. »

S. Helga-Jeane et R. LANGANIER (2004, p. 28) pensent que les inondations s'appréhendent à la fois comme une réalité physique (l'aléa), caractérisée par son extension spatiale, sa magnitude, sa fréquence, sa durée, sa saisonnalité ; un fait social, économique et politique (la vulnérabilité) caractérisé par son coût économique et psychologique, sa perception, sa gestion. Le système Chari-Logone est le principal cours d'eau qui draine l'Extrême-Nord du Cameroun, cette partie a connu plusieurs inondations catastrophiques. L'occurrence des inondations catastrophiques est très contrastée, car seulement 30% s'inscrivent dans les années excédentaires. Ceci explique le rôle important que jouent les autres facteurs de construction du risque comme la pédologie, la pluviométrie et la vulnérabilité socioéconomique, selon F. Saha, M. Tchindjang, J. G. Dzana et N. Djasrabé. Pour J.P. Bravard et *al.* (1996, p. 4-5) la zone inondable la plus courante, d'origine naturelle, est la plaine d'inondation fluviale qui représente cet espace formé de l'accumulation de sédiments transportés puis déposés par le cours d'eau lors des crues, espace que l'on appelle communément plaine alluviale. Elle constitue une zone de stockage de l'eau lors des crues. C'est, en quelque sorte, l'espace naturel de respiration du cours d'eau, soit une partie de l'espace de liberté qu'il faut préserver à la rivière. Les deux dimensions qui engendrent le risque d'inondation, l'aléa et la vulnérabilité, évoluent dans le temps. L'aléa inondation est en effet dépendant, outre de la variabilité saisonnière ou interannuelle normale du climat, des fluctuations climatiques, qui font qu'un même espace peut être soumis à des périodes durant lesquelles les inondations sont plus fréquentes et violentes que d'autres. Les écoulements en milieu urbain sont des phénomènes complexes qui présentent de grands enjeux pour la société actuelle. De tout temps, de nombreuses villes ont été construites à proximité des fleuves pour diverses raisons (consommation, transport, etc.). Certaines villes ont même été construites sous le niveau de la mer et entourées de digues pour se protéger des aléas des marées. Malgré les précautions prises au cours du temps, les inondations sont toujours aussi présentes dans les régions maritimes ou fluviales. Que ce soit sur le plan économique, social ou autre, les écoulements engendrent des impacts importants dans les zones densément peuplées, C. Goffin, (2016, p8).

Selon D. Mwingnè (2021, p1-2) les pays sahéliens font face chaque année à d'importantes inondations avec des répercussions humaines et environnementales majeures. Ces catastrophes d'origine hydrologique causent des pertes économiques inestimables alors que la zone sahélienne est déjà fortement impactée par la pauvreté. Au regard des effets et de la récurrence des catastrophes liées aux inondations au Sahel, plusieurs projets ont été réalisés sous l'impulsion d'institutions nationales et internationales dans l'optique d'une réduction des risques. Cependant, force est de constater que les stratégies déployées restent insuffisantes sinon inadéquates, du fait d'un manque de données sur la complexe interaction entre facteurs sociaux et

physiques dans le processus de vulnérabilisations des territoires, particulièrement au niveau urbain. Pour N. Brooks (2003, p 16), « les inondations urbaines dans les pays en développement sont les conséquences d'une urbanisation très rapide sans infrastructures correspondantes ». Face aux catastrophes perpétuées par les inondations, la gestion du risque d'inondation s'impose à tous les secteurs exposés, et par la même, l'acceptation de l'existence de ce risque est de la responsabilité non seulement des acteurs de développement urbains, mais également des citoyens M. Desbordes (1994, p 5-6).

Conclusion

De ce qui est des facteurs physiques d'inondation à N'Djamena, à la base il y'a la variation climatique, la topographie plane et la présence de la plaine constituent des éléments majeurs qui peuvent engendrer les inondations. La topographie de N'Djamena et la plaine inondation en rapport avec le sol argileux facilitent la stagnation des eaux de pluie avec une faible capacité de ruissellement d'eau, faute d'une faible pente et d'une faible quantité d'infiltration des eaux. Cela entraîne l'inondation. C'est aussi le cas du climat qui favorise les éléments météorologiques, principalement la forte intensité pluviométrique et la hausse de débit fluvial pendant la période de crue. Tous ces différents liens engendrent le risque d'inondation à N'Djamena.

Référence bibliographique

Bravard Jean Pierre et, François Petit 2000, « Les cours d'eau : dynamique du système fluvial », Paris, Armand colin, 222 p.

Bravard Jean Pierre 2000, « Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques. Gestion des excès et de la pénurie », Paris, Collection Mobilité spatiale, 287 p.

Brooks Nick (2003) « vulnérabilité, risque et adaptation : un concept cadre », Norwich, Tyndall Centre for climate change research, 20 p.

Céline Goffin, 2016, *Apport de la géomatique dans la modélisation d'un écoulement en région urbaine en 2D à l'aide de logiciels de SIG*, Mémoire de Master, Université de Liège, 112 pages .

DESBORDES Michel, 1994, « Principales causes d'aggravation du risque d'inondation par ruissellement pluvial en milieu urbanisé », Nîmes, Société Hydrotechnique de France, 8p.

DOUDJE Kertemar, TCHINDJANG Mesmin et MOUPENG Bedjaoue 2014, « Evolution des berges du fleuve Chari de Madjaffa à Milizi de 1970-2008 à N'Djamena », Belgique, In : *Géo-éco-Trop*, 38(1), 13 p.

Helga-Jeane SCARWELL et LANGANIER Richard 2004 « Risque d'inondation et aménagement durable du territoire » Paris, presse universitaire du septentrion, 64 p.

MBEVO FENDOUNG Philippe, 2018, *Vulnérabilité et adaptation des populations de cap au Cameroun aux risques naturels*, Mémoire de Master, Université de Yaoundé1, Cameroun, 20 p.

Mwingnè Da, 2021, *Vulnérabilité urbaine au Sahel : Ouagadougou (Burkina Faso) et Bamako (Mali) sous le poids des inondations*, Thèse de doctorat, Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso, 472p.

ODOULAMI Léocadie, VISSIN Wilfrid, BOKO Michel, 2009, « Stratégies d'adaptation aux risques hydrodynamiques dans le contexte du changement climatique au Bénin : cas des inondations de la ville de Cotonou » Cotonou, laboratoire Pierre Pagny, climat, eau, écosystème et développement, université d'Abomey-Calavi, 5p.

Saha Frederic, Mesmin Tchindjang Mesmin, ZDANA Jean-Guy et Djasrabé Nguemadjita, 2021 « Dynamique des extrêmes hydrologiques du système Chari-Logone et risques naturels dans la région de l'extrême-nord du Cameroun », Wallingford, International Association of Hydrological Sciences, 6p.