

Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



RIGES

www.riges-uao.net

ISSN: 2521-2125

Numéro 10

Juin 2021



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

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**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Dhédé Paul Eric KOUAME**, Maître-Assistant 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-Assistant à l'UAO

Comité scientifique

- **HAUHOLOT 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)
- **KOBY Assa Théophile**, Maître de Conférences, UFHB (Côte d'Ivoire)
- **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 (Benin)

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 rapports entre les sociétés et le milieu naturel, la production agricole, l'amélioration des conditions de vie des populations rurales et urbaines, le développement territorial 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>AKADJE-Konan Léocadie Marie-Claude</p> <p><i>Suivi spatio-temporel de la mangrove du complexe Sassandra-Dagbégo</i></p>	5
<p>DIOP Khalifa, CISSÉ Ahmadou Bamba</p> <p><i>Salinisation et risques pour l'agriculture périurbaine à Pikine : analyse des résultats du suivi de l'évolution saisonnière et interannuelle (2016-2017) de la minéralisation des eaux d'irrigation à travers la conductivité électrique</i></p>	21
<p>TOFFA Yessia, FANDOHAN Adandé Belarmain, AVOCEVOU-AYISSO Carolle, SODE Akoeugnigan Idelphonse</p> <p><i>Distribution potentielle des habitats favorables au genre <i>Cochlospermum Kunth</i> et identification des zones prioritaires pour une conservation résiliente au changement climatique</i></p>	40
<p>ABIODOUN Adémola Frédéric, FANDOHAN Adandé Belarmain, TOKO IMOROU Ismaïla, GANGLO Jean Cossi</p> <p><i>Modélisation des habitats favorables à la conservation du buffle (<i>Syncerus caffer</i>) dans le contexte des changements climatiques au Bénin en Afrique de l'Ouest</i></p>	61
<p>Seausoliait Eusèbe KOUAKOU, Della André ALLA</p> <p><i>Les facteurs d'aléas d'inondation et d'érosion dans les petites localités ivoiriennes : cas des villes de Tiassale et N'douci (Sud de la Côte d'Ivoire)</i></p>	78
<p>Mamadou DIOMBERA</p> <p><i>Tourisme à Saly Portudal (Sénégal) : entre vulnérabilité et résilience face aux défis du changement climatique</i></p>	98
<p>LARE Konnegbéne</p> <p><i>L'exploitation des bas-fonds dans la Région des Savanes au Nord-Togo : un enjeu important pour un développement socio-économique local</i></p>	123
<p>DEGUI Jean-Luc, KOUADIO Kouakou Abraham</p> <p><i>Pratiques culturelles et dégradation forestière dans le département de Divo au sud de la Côte d'Ivoire</i></p>	149

<p>Drissa KONE, Seydou MARIKO, Abdoul Kadri KOLLI</p> <p><i>Rôle du marché de Nièna dans l'approvisionnement et la commercialisation du bétail en République du Mali</i></p>	164
<p>YANOGO Pawendkigou Isidore, SANOGO Salifou, YAMÉOGO Joseph</p> <p><i>La pastèque (citrullus lanatus), une opportunité pour les acteurs de la commercialisation dans la ville de Koudougou (Burkina Faso)</i></p>	177
<p>MASSAR Sène</p> <p><i>Le mode d'acquisition foncière à Pikine et à Diaminar : pratiques irrégulières et différenciées entre deux quartiers périphériques et populaires de la ville de Saint-Louis</i></p>	196
<p>NGUIJOI Gabriel Cyrille, MBOKA MADIBA Jean Jacques, NKOUNGOU Gregory José, JAKPOU NJIPNANG Doris Nadine, MENDOUGA Yanick, ESSE NDJENG M.P.</p> <p><i>Désertion et déperdition scolaire dans la Vallée du Ntem : L'attrait des « pétro-francs CFA » guinéens et gabonais sur les jeunes de l'extrême sud-Cameroun</i></p>	214
<p>Estelle ZUO-DIATE, Dominique COURET, Ousmane DEMBELE</p> <p><i>Urbanisation de la périphérie sud-est d'Abidjan : quand un roi impose sa volonté à l'Etat</i></p>	235
<p>ASSI-KAUDJHIS Narcisse, GNANKOUEEN Anicet Renaud</p> <p><i>Autoproduction de logements et aménagement de l'espace urbain à Bongouanou (Côte d'Ivoire)</i></p>	260
<p>OUEDRAOGO Rawelguy Ulysse Emmanuel, NIKIEMA Dayangnéwendé Edwige, Georges COMPAORE</p> <p><i>Prolifération et gestion des bouteilles à usage unique à Koudougou (Burkina-Faso)</i></p>	277

LES FACTEURS D'ALEAS D'INONDATION ET D'EROSION DANS LES PETITES LOCALITES IVOIRIENNES : CAS DES VILLES DE TIASSALE ET N'DOUCI (SUD DE LA CÔTE D'IVOIRE)

Seausoliait Eusèbe KOUAKOU, Doctorant, Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Laboratoire de Géographie de l'Environnement et des Risques (LAGERIS),
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan Côte d'Ivoire,
Email : kseusbe@yahoo.fr

Della André ALLA, Professeur Titulaire, Institut de Géographie Tropicale (IGT),
Laboratoire de Géographie de l'Environnement et des Risques (LAGERIS),
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan Côte d'Ivoire
Email : gnalladella@gmail.com

Résumé

L'urbanisation galopante des villes ignorant au préalable les caractéristiques du site est la principale cause des risques naturels en Afrique subsaharienne. Cet article analyse les facteurs d'aléas d'inondation et d'érosion dans les petites localités ivoiriennes ; notamment celles de Tiassalé et N'douci dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Ces deux centres urbains sont situés dans la zone de contact forêt-savane à une centaine de kilomètre de la ville d'Abidjan. Ils sont séparés par une frontière naturelle qui est le fleuve Bandama. Celui-ci conflue avec le N'zi au niveau de Taboitien près de Tiassalé. Contrairement aux villes des pays développés, celles des pays en voie de développement sont en majorité construites sur des sites potentiellement exposés à des risques naturels. Pour traiter cette situation dans les villes de Tiassalé et N'douci, la démarche suivie comprend deux phases. La première phase a consisté à la réalisation des pentes, des altitudes, des différents profils topographiques et le réseau hydrographique à partir de l'utilisation des images "ASTERGDEM" et des SIG. Le retour des pluies décennales a été réalisé grâce aux données de la SODEXAM. La seconde a consisté à la conduite d'enquête de terrain, l'observation du terrain et la collecte d'information relative à l'augmentation constante de la population de Tiassalé et N'douci depuis 1965. Aussi à mettre en évidence l'existence d'un réseau de drainage trop sommaire et son mauvais usage puis celui du lit des rivières. Les résultats montrent que les facteurs d'aléas d'inondation et d'érosion qui favorisent la présence des risques naturels à Tiassalé et N'douci sont principalement liés aux caractéristiques physiques du site (la topographie, les pentes, le type de sol et les pluies extrêmes) et aux actions anthropiques (croissance démographique, occupation des zones à risque, mauvais usage du réseau de drainage et la faible en réseau de drainage).

Mots clés : Côte d'Ivoire, les villes de Tiassalé et N'douci, facteurs d'aléa, inondation, érosion, risques naturels.

Abstract

The galloping urbanization of cities unaware of the characteristics of the site beforehand, is the main cause of natural risks in sub-saharian Africa. This article analyzes the risks factors of flooding and erosion in small Ivorian localities; in particular, those of Tiassalé and N'douci in the center of Ivory Coast. Those two urban cities are located in the forest-savannah contact zone, around one hundred kilometers from the city of Abidjan. They are separated by a natural border which is the Bandama river. This one merger with the N'zi at the level of Taboitién near Tiassalé. Unlike the cities of developing countries are mostly built on sites potentially exposed to natural hazards. To deal with this situation in the towns of Tiassalé and N'douci, the approach followed, included two phases. The first phase consisted in making slopes, altitudes, different topographic profiles and the hydrographic network through the use of "ASTERGDEM" images and SIG. Similarly, the return of the ten-year rains was achieved thanks to the SODEXAM data. The second one consisted in conducting a field survey, field observation and collection of information related to the constant increasing of the population of Tiassalé and N'douci since 1965. Then, to highlight the existence of a too basic drainage network and its misuse as well as that of the river bed. The results show that the risks factors of flooding and erosion which favor the presence of natural risks in both towns, are mainly linked to the physical properties of the site (topography, slopes, types of soil, extreme rains) and, anthropogenic actions (demographic growth, occupation of risks areas, misuse of the drainage network and the insufficient drainage).

Keywords: Ivory Coast, town of Tiassale and N'douci, risk factors, flood, erosion, natural risks.

Introduction

L'urbanisation galopante est au cœur des mutations que connaissent les sociétés en Afrique au sud du Sahara ces dernières décennies. De 15% en 1960, le taux d'urbanisation en Afrique subsaharienne est estimé à près de 40% de la population totale en 2017 (Nation Unies, 2017, cité par Gbocho Yapo Antoine, 2017 p 2). Selon les projections de cette institution, plus de la moitié de la population subsaharienne devrait résider en ville en 2030 (D. Tabutin *et al*, 2004, p 570 cité par Gbocho Yapo, 2017 p 2). Cette explosion urbaine se manifeste principalement par une accélération de la croissance démographique, l'un des facteurs de la morphogénèse. Les actions anthropiques sont l'une des causes de l'évolution et de la dynamique des versants en zone urbaine (Michel Tchotsoua, 1994 p2). Les localités de Tiassalé et N'douci ont connu une extension rapide des zones urbanisées induite par la croissance démographique au détriment des espaces verts et même des zones, à priori, non constructibles (zones humides). Cela induit des conséquences néfastes, parfois

irréversibles sur les sites topographiques habités. Cette installation tout azimut expose les populations aux aléas tels que l'érosion et l'inondation.

A cet effet, l'aléa reste un phénomène menaçant d'origine naturelle et/ou anthropique, susceptible d'affecter un espace donné, en particulier par la nature et la valeur des éléments exposés que cet espace supporte (hommes, biens, activités...). Il se caractérise par sa nature, son identité, sa probabilité d'occurrence et sa fréquence quant elle peut être estimée (Gbéassor, 2006 cité par Saïdou Bani Samari, 2011, p 18). L'aléa est lié à la notion de hasard. Dans le contexte de l'étude des risques, l'aléa se définit comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène. C'est un processus physique, lithosphérique ou climatique. L'objectif de l'étude, au-delà du simple constat, est de contribuer à amener les décideurs à assurer l'intégration des facteurs d'aléas naturels dans les politiques et stratégies de développement des villes. L'analyse et la compréhension des facteurs d'aléas semblent être l'un des préalables indispensables à toute approche et réflexion sur les risques naturels en milieu urbain. Aussi l'intervention humaine dans le domaine des études d'impact et de l'élaboration des stratégies tant sur le plan conceptuel qu'opérationnel, est-elle indispensable afin de parvenir à une meilleure valorisation du cadre urbain à Tiassalé et N'douci.

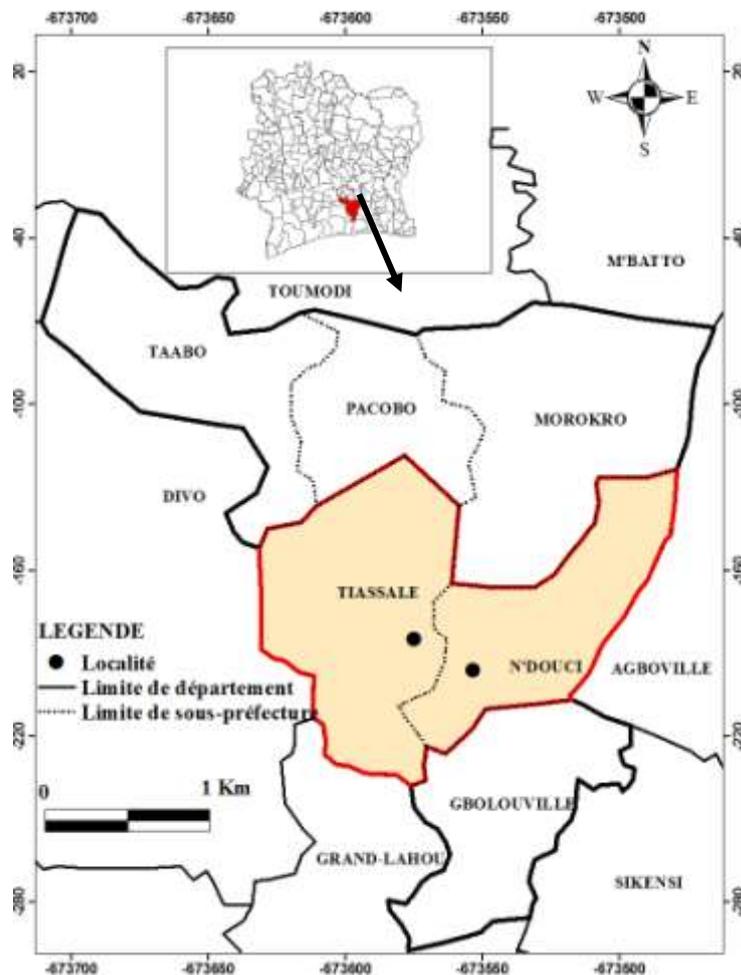
1. Matériels et méthodes

1.1. Présentation de la zone d'étude

Les localités de Tiassalé et N'douci situées à la lisière du "V" baoulé, appartiennent à la région de l'Agneby-Tiassa. Les villes de Tiassalé et N'douci sont classées dans la catégorie des villes secondaires. Elles ont respectivement des populations qui ont évolué dans le temps. La population de la ville de Tiassalé est estimée à 11079 habitants en 1975, avant de connaître une évolution en 1998 pour atteindre 17823 habitants. En 2014, cette ville compte 29535 habitants (RGPH¹, 2014) pour 500 ha. Concernant la ville de N'douci, sa population est estimée à 8143 habitants en 1975. De 1998 à 2014, elle est passée de 19607 habitants à 31386 habitants (RGPH, 2014) installés sur une superficie totale de 718 ha (Figure 1). Ce dynamisme démographique se manifeste essentiellement par un étalement urbain qui s'opère sans tenir compte des risques naturels.

¹ Recensement Général de la Population et de l'Habitat

Figure 1 : Présentation des villes de Tiassalé et N'douci



Source : CNTIG. Fond de carte, 2011. Réalisation : Kouakou.S.E, 2018

1.2. Présentation de la loi de Gumbel

Dans ce travail, la loi de Gumbel est utilisée pour mener l'analyse fréquentielle. En effet, au vu des pratiques en hydrologie, cette loi est fréquemment utilisée pour modéliser des événements extrêmes, notamment pour les pluies de retour à Abidjan pour des auteurs ivoiriens comme (Alla, 2013). Elle est très utilisée en hydrologie et en climatologie pour estimer les valeurs extrêmes de phénomènes. Pour ce faire, on utilise la méthode d'analyse fréquentielle.

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologie ou autre) afin d'en définir les probabilités d'apparition future. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée.

1.3. Matériels et données

Les données utilisées dans ce travail sont de deux catégories : les données cartographiques et les données statistiques.

1.3.1. Données cartographiques

Il s'agit de fichés numériques qui ont permis la réalisation des différentes cartes thématiques relatives à cette étude. Elles se composent de : données topographiques et de données relatives à l'armature urbaine.

- *Modèle numérique de terrain*

Pour réaliser les cartes d'altitudes et de pentes, une image "ASTERGDEM" a été téléchargée (30 m) de résolution datant de 2018 sur le site de la NASA (earth explorer us.gouv). Des courbes de niveau d'équidistance de 2 m ont également été utilisées. Elles ont été transférées sur "ArcGis" 10.2. L'image a été importée sous le logiciel Arcgis 10.2. Ensuite, les opérations d'extraction "by Mask", de création de contour et de pentes ont été effectuées.

- *Délimitation des bassins versants*

Cette opération s'est faite usuellement sous "ArcGIS", à partir de l'image "ASTERGDEM"². Pour délimiter le bassin versant du fleuve et ressortir le réseau hydrographique, les outils d'analyse spatiale du logiciel ArcGis ont été utilisés (N'cho Lionel, 2020 p 10). Le réseau hydrographique est d'abord créé avant de délimiter le bassin. Dans l'outil d'analyse spatiale, les outils d'hydrologie sont d'abord utilisés, puis un double clic est effectué sur "remplissage". Une fenêtre s'ouvre, dans laquelle le "ASTERGDEM" est intégré, avant de lancer le géotraitement. On ouvre une nouvelle fenêtre avec l'outil direction du flux, où est intégré le raster de remplissage. On ouvre encore une fenêtre avec l'outil d'accumulation du flux, dans laquelle le raster de direction du flux est inséré. L'étape suivante consiste à utiliser l'outil "con" qui se trouve sous "condition" dans les outils d'analyse spatiale. On renseigne la fenêtre avec le raster d'accumulation du flux. Ainsi, le réseau hydrographique est généré, mais en format raster, donc difficile à modifier pour d'éventuel ajustement avec les courbes de niveau et la réalité. La transformation du raster en vecteur permet d'avoir la table attributaire du réseau hydrographique avec toutes ses caractéristiques. Pour ce faire, l'outil de conversion est utilisé, l'option raster vers polyligne est choisie. La hiérarchisation utilisée pendant le traitement est celle de Strehler. La dernière étape consiste à délimiter les bassins versants des rivières *Kpléglé* et *Pétémé* à Tiassalé puis *Pêtéfouê*, *Oppoutomiké* et *Aléguébroua* à N'douci. Cette opération consiste à marquer un point en aval de la rivière au niveau de son exutoire en vue de délimiter son bassin hydrographique. Deux données sont

² Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model

nécessaires, le point et le raster de direction du flux. Le résultat obtenu (raster) est également converti en vecteur.

- *Altitudes et zones potentiellement inondables*

Pour réaliser la carte des altitudes, l'outil 3D analyst est d'abord sélectionné, ensuite raster surface et isoligne. Dans la fenêtre qui s'ouvre après un double clic sur isoligne, le SRTM est inséré en donnée, puis 5 m d'équidistance entre les courbes de niveau sont choisis pour que les lignes soient resserrées. Le traitement est lancé pour que le logiciel génère les courbes de niveau. Une fois le traitement terminé, le lissage des lignes qui permet d'améliorer le résultat est effectué en nettoyant les "déchets" (N'cho Lionel, 2020, p 11). Cette étape consiste à utiliser l'outil "lisser des lignes", puis une modification du fichier est réalisée. Dans une session de mise à jour, et avec les outils d'édition, l'élimination des "déchets" se fait, un ajustement avec la réalité est également réalisé à ce stade. Les courbes de niveau sont par la suite exprimées en TIN³, toujours avec l'outil 3D analyst.

- *Données relatives à l'armature urbaine*

Ces données concernent le bâti, l'occupation du sol des localités de Tiassalé et N'douci de 1983 à 2010. Elles sont recueillies auprès du cadastre de la ville d'Agboville, le chef-lieu de la région de l'Agneby-Tiassa. Ces données ont permis d'établir une typologie de l'habitat et d'appréhender le mode d'occupation du sol. Les données relatives aux infrastructures d'assainissement pluvial ont été acquises auprès du service technique de la mairie de Tiassalé. Elles renseignent sur le tracé du réseau de drainage des eaux pluviales des villes de Tiassalé et N'douci en 2018. A la suite de ce tracé, la numérisation sous "Arc Gis" du réseau hydrographique de ces deux localités a été faite.

1.3.2. Données statistiques

Les données statistiques recueillies portent sur la démographie et la pluviométrie.

- *Données démographiques*

Les statistiques relatives à la démographie de la zone d'étude ont été extraites du recensement général de la population et de l'habitat de l'Institut National de la Statistique de 1998 et l'estimation de la population des localités de Tiassalé et N'douci de 2014. Ces données démographiques traitent de la répartition des ménages de la ville de Tiassalé et N'douci par quartier en 1998 et 2014 puis celles de la répartition de la population des villes de Tiassalé et N'douci par quartier selon le sexe 1998 et 2014. Enfin, les données proviennent également du recensement des victimes d'inondation de 2017 et 2018 initié par la préfecture de Tiassalé.

- *Données pluviométriques*

Elles portent sur les variations mensuelles des précipitations qui s'abattent sur les villes de Tiassalé et N'douci de 1971 à 2016. Ces données ont été acquises auprès des

³ Network Irregular Triangulation

services de la SODEXAM. Elles ont permis de déterminer le retour des pluies décennales et le régime pluviométrique dans ses rapports avec la manifestation des risques naturels à Tiassalé et N'douci. La ville de Tiassalé disposait d'une station pluviométrique qui a connu un fonctionnement jusqu'à la crise poste-électorale de 2010. Après cette date, on assiste à un arrêt de prélèvement de données pluviométriques. Facteur de déclenchement d'aléas d'origine naturelle, ces données portent sur les variations annuelles, mensuelles et parfois journalières des pluies.

1.3.3. Matériels de travail

Ce travail a nécessité l'utilisation des logiciels ArcGis, Sphinx V.5.1.0.5 et de d'appareil photographique.

- Arc Gis 10.2.1

Arc Gis est la forme la plus élaborée d'Arc View. C'est l'un des puissants outils actuels utilisés dans la réalisation d'un SIG. Sur ce logiciel, les différentes couches d'information relatives aux facteurs d'aléas et aux enjeux obtenues ont été intégrées dans le module Arc Map version 10.2.1 pour l'élaboration des cartes.

- Sphinx V.5.1.0.5

Il a permis de faire un questionnaire, de rentrer les réponses issues de l'enquête afin de faciliter le dépouillement du questionnaire et faire des graphiques pour analyser les résultats de ce questionnaire. Les données traitées par le sphinx sont de deux types. On a les données de nature quantitative et les données de nature qualitative. Pour les données qualitatives, il y a les données nominales et des données ordinales. Pour les données quantitatives, il existe les données continues et des données discrètes c'est-à-dire variables continues et variables discrètes.

- Appareil photographique

Deux types d'appareils photographiques ont été utilisés. Le premier est un modèle mécanique. Il s'agit d'un appareil de marque MINOLTA X-370, muni d'un zoom de 75 mm. Le second est numérique. C'est un Panasonic DMC-L53 de 5,0 Méga Pixels. Ces appareils ont servi à des prises de vue d'événements climatiques et géomorphologiques qui surviennent dans les agglomérations de Tiassalé et N'douci jugés significatifs pour l'étude.

1.4. Méthodes de collecte des données

Deux techniques de collecte des données ont été nécessaires pour obtenir les informations. Ce sont : la collecte des données documentaires et la collecte des données de terrain.

1.4.1. Collecte des données documentaires

La recherche documentaire a consisté à consulter un certains nombres d'ouvrages. Ces ouvrages ont été consultés dans les locaux des bibliothèques du CERAP, BNETD et celle de la Faculté des Lettres, des Arts et Sciences Humaines (FLASH) de l'Université de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan. Cette étape a permis de faire la revue de littérature sur notre sujet. Des documents généraux et des documents spécifiques traitant certains aspects de notre étude ont été consultés. Il ya également la recherche sur internet qui a permis de consulter des travaux scientifiques, des thèses et des livres qui ont permis de constituer notre revue de littérature.

1.4.2. Collecte des données de terrain

Elle s'est déroulée en deux phases : l'observation sur le terrain et l'enquête par questionnaire.

- L'observation sur le terrain

Cette méthode d'investigation a consisté à visiter les sites de l'étude. Elle a permis de voir de près les réalités et de procéder directement au recueil des informations sans nous adresser aux sujets concernés. A cet effet, cinq sorties de terrain ont été organisées entre 2017 et 2018 en utilisant la méthode de transect. Ces sorties ont permis d'identifier et de localiser des endroits potentiellement favorables à l'occurrence des aléas inondation et érosion. Cette enquête a constitué une source de collecte d'informations utiles. Les entités observées sont le cadre environnemental, les ouvrages d'assainissement pluvial, l'habitat et les infrastructures. Des visites de terrain ont été effectuées en période pluvieuse (juin-juillet) pour apprécier la manifestation de l'érosion hydrique, la réaction des populations et des autorités face à la manifestation catastrophique de ce phénomène.

- L'enquête par questionnaire

Un questionnaire a été établi et a été adressé aux chefs de ménage. En effet il s'agit de la femme ou l'homme chef de ménage. Parfois on trouve la femme du chef de ménage à domicile donc nous l'interrogeons. Le chef de service technique de la mairie et son collaborateur sur le terrain ont été interrogés. Les questions ont porté sur certaines caractéristiques sociodémographique et économique des ménages, telles que les mobiles d'occupation des sites, la personne à l'origine de leur installation sur le site, la qualité du bâti, la perception des sites occupés, les aléas auxquels ils sont exposés, les périodes de leur survenue. Les questions relatives à la manifestation des aléas, moyens de lutte ou aux réactions en cas de survenu des risques, aux dommages subis.

2- Résultats

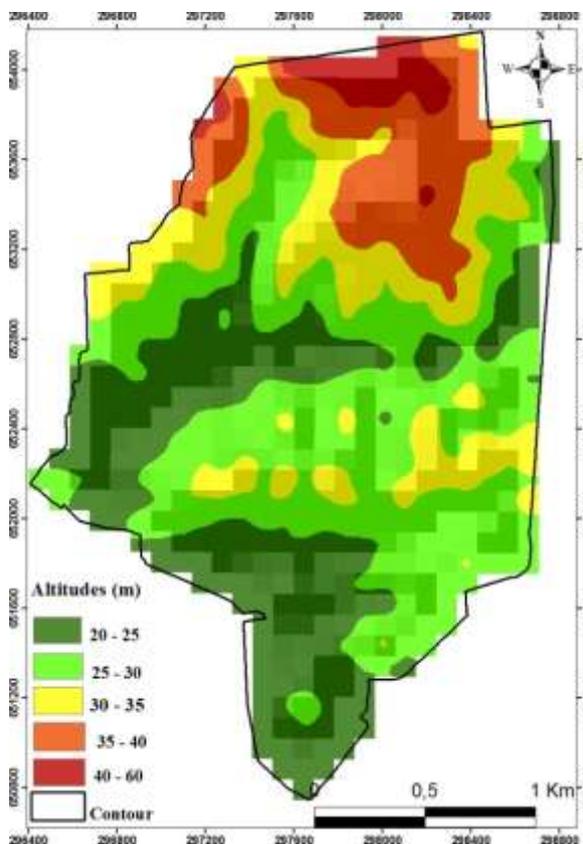
A Tiassalé et N'douci, les facteurs d'aléas qui sont à l'origine de la survenue des risques naturels sont d'ordre naturels et humains. L'aléa est la première composante du risque. Il désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène.

2.1. Les facteurs physiques d'aléas d'inondation et d'érosion dans les villes de Tiassalé et N'douci

2.1.1. Un site topographique fortement vallonné

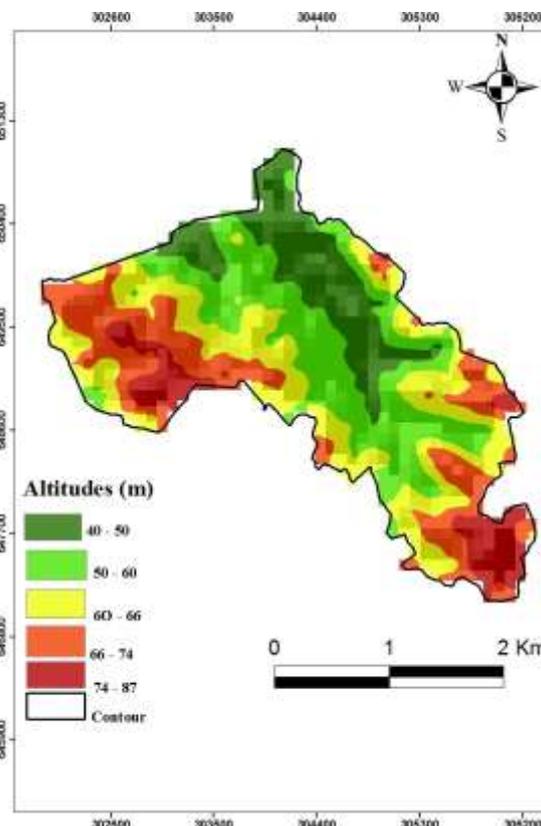
L'élément constitutif de ce milieu fragile est la dénivellation du site. Les altitudes varient d'une localité à une autre (Figure 2 et 3).

Figure 2 : Les altitudes de Tiassalé



Source : image ASTERGDEM, 2011
Réalisation et conception : Kouakou.E,

Figure 3 : Les altitudes de N'douci



Source : image ASTERGDEM, 2011
Réalisation et conception : Kouakou.E,

Le relief de Tiassalé est moins moutonné que celui de N'douci. En effet, le paysage topographique de cette ville est traversé par deux vallées encaissées en forme de "U". La vallée située au sein du quartier François Kouadio est moins importante au niveau de la taille. Elle présente une forme allongée et peu profonde. Celle prenant sa source au niveau du quartier Résidentiel à la périphérie du domaine Bony est plus large. Elle traverse le quartier Dafindougou pour croiser celle citée un peu plus haut au niveau du quartier Prof, à la lisière des quartiers Baoulé et Corridor. Ces deux vallées

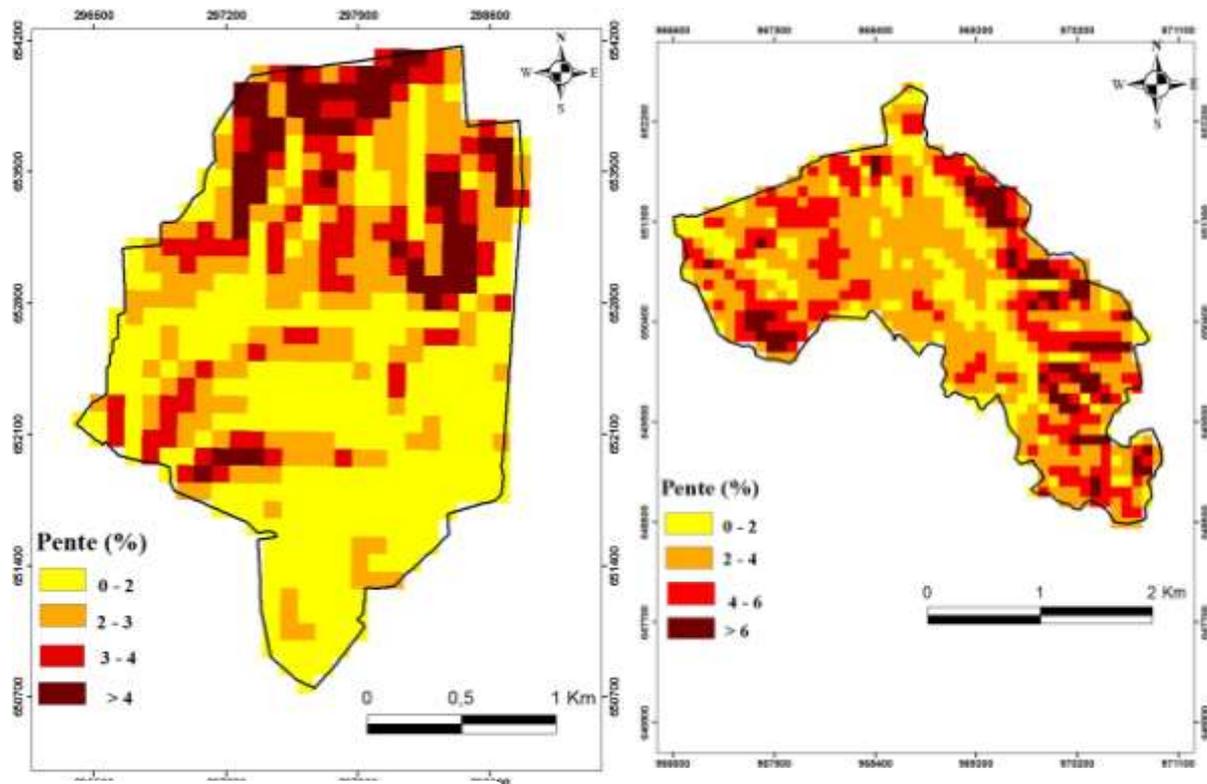
sont séparées par un talus à replat qui présente des pentes raides. En plus des vallées, il y a une butte au sommet large avec une altitude maximale de 35 m. Elle s'étale au pied de la vallée entre la mairie et la gare routière où coule la rivière *pétémé*. A sa suite, le relief s'élève de 50 m avant d'amorcer une descente abrupte vers le Bandama avec des altitudes de 25 m.

La ville de N'douci se développe sur un plateau disséqué dans la direction Sud-Est, Est et Ouest. Ce plateau est occupé dans sa partie centrale par une immense vallée en direction Sud-Est et Nord-Ouest sous forme d'une échancrure dans la terre ferme. Deux plateaux séparés par la principale vallée se font face. A l'Ouest, il y a un plateau dont le point le plus important se situe à 76 m au quartier Akoudjê-cité. Les plateaux Est et Sud-Est concernent les quartiers Scierie, Dallas et Mosquée où l'altitude maximale est autour de 87 m. Ce type de relief est favorable à l'urbanisation, raison pour laquelle N'douci s'étend dans la direction Ouest, Est et Sud-Est.

2.1.2. Pentes relativement faibles

La pente topographique est l'une des conditions de base de la manifestation des phénomènes naturels (Alla, 2013 p 120). Plus la pente est raide, plus l'érosion est forte. Dans le cas contraire l'érosion est faible (Figure 4 et 5).

Figure 4 : Répartition des pentes à Tiassalé **Figure 5 : Répartition des pentes à N'douci**



Source : image ASTERGDEM, 2011
 Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

Source : image ASTERGDEM, 2011
 Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

Dans les centres urbains de Tiassalé et N'douci, les pentes sont généralement modestes. Cependant, les pentes sont plus fortes à N'douci qu'à Tiassalé. En effet, à N'douci, les pentes inférieures à 6% occupent environ 40% de l'espace et s'étendent sur l'ensemble du territoire sauf la partie centrale. A Tiassalé, ces pentes sont essentiellement circonscrites dans la partie septentrionale. Ces pentes constituent des déterminants non négligeables d'aléa d'érosion.

2.1.2. Des sols aux propriétés physiques favorables aux phénomènes d'inondation et d'érosion

L'étude pédologique de la région d'Abidjan au 1/200000^{ème}, et donc de la Commune de Tiassalé, N'Douci fait apparaître les sols ferrallitiques, les sols hydromorphes et les sols récents (Perraud, 1971) (figure 4). On trouve également dans le département, des vallées à fond plat encombrées d'alluvions. Des zones marécageuses et de nombreuses zones inondables dans le bassin versant du Bandama constituent des éléments clés du relief.

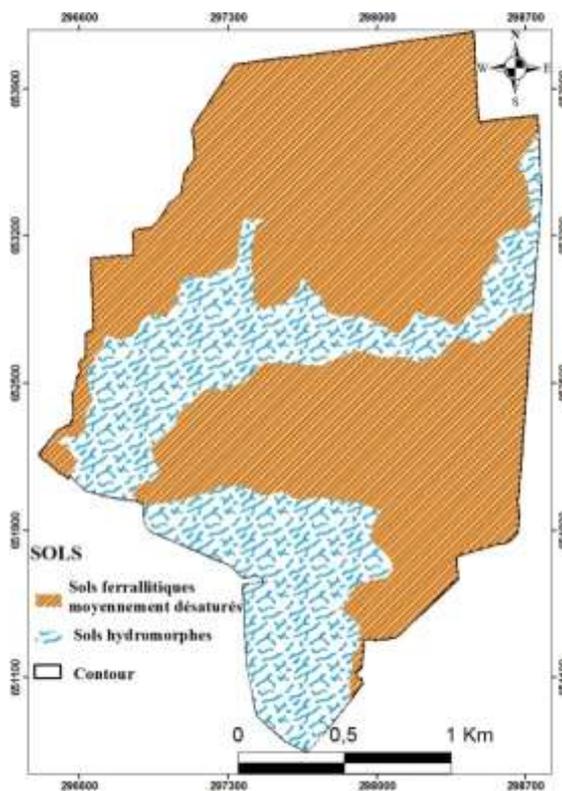
2.1.2.1. Des sols hydromorphes favorables à l'inondation

Les sols hydromorphes sont en général plus représentés à N'douci qu'à Tiassalé. Ils occupent 51% du territoire de N'douci soit 364 ha. A Tiassalé, ils représentent 32% du site urbain. Ce qui correspond à 159 ha. Ce type de sol est plus localisé dans les bas-fonds de la ville où coulent les différentes rivières. Les espaces inondables sont plus étendus et plus nombreux à N'douci en raison de l'emprise spatiale des sols hydromorphes et des fonds de vallées.

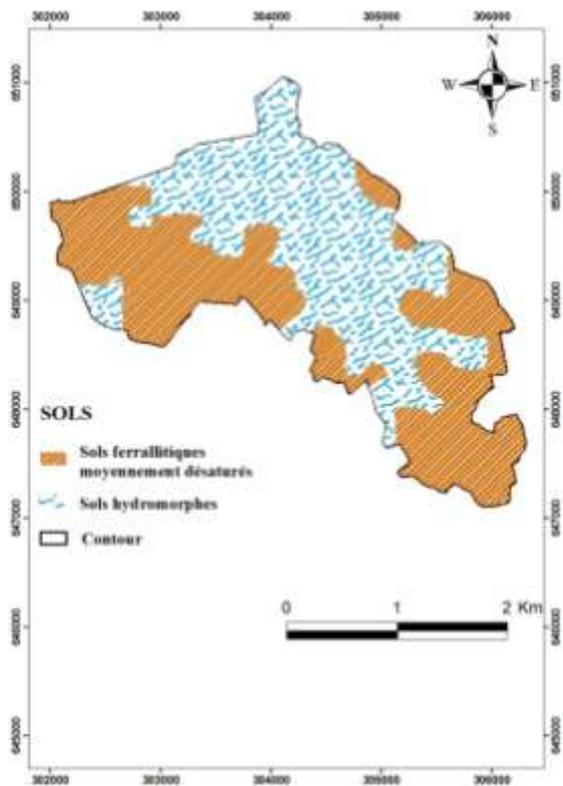
2.1.2.2. Des sols ferrallitiques favorables à l'érosion

Les sols ferrallitiques représentent 68% de la superficie de la ville de Tiassalé sur 340 ha (Figure 6). Au niveau de N'douci, c'est 49% sur 354 ha (Figure 7). Ils sont situés sur des zones présentant des altitudes les plus élevées des localités de N'douci et Tiassalé. Ces sols sont très sensibles à l'érosion et se localisent où les pentes sont plus importantes à Tiassalé et N'douci. On les trouve au nord et au centre de Tiassalé et à l'ouest, sud-est et l'est de N'douci.

Figure 6 : Contexte pédologique de Tiassalé **Figure 7 : Contexte pédologique de N'douci**



Source : image ASTERGDEM, 2011
Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

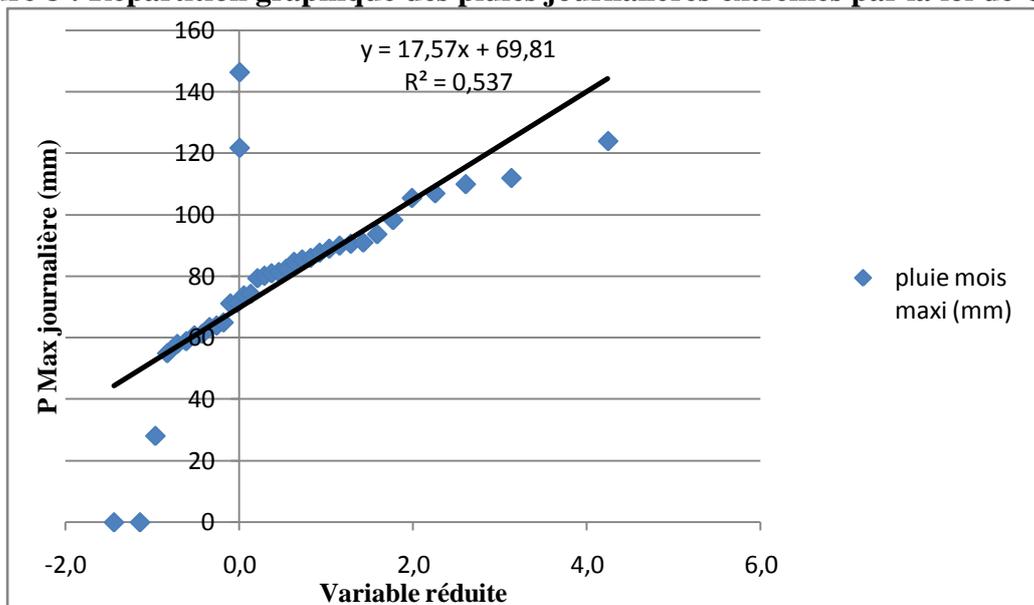


Source : image ASTERGDEM, 2011
Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

2.1.3. Les périodes de retour des pluies extrêmes déclencheur de l'aléa érosion et inondation

Les relevés pluviométriques de la station de Tiassalé (1983-2016) fournissent des informations sur les pluies mensuelles de chaque année. Ces dernières ont été utilisées en retenant pour chaque année la pluie journalière la plus élevée. (Figure 8)

Figure 8 : Répartition graphique des pluies journalières extrêmes par la loi de Gumbel



L'eau est un élément catalyseur de la dynamique de l'aléa érosion et l'aléa inondation. La prévention des pluies extrêmes, permet d'anticiper les événements désastreux. Ce n'est pas le cas dans les centres urbains de Tiassalé et N'douci. La durée de retour des pluies maximales journalières à Tiassalé-N'douci varie d'environ 3 à 100 ans. Les pluies maximales allant de 290 à 339 mm sont susceptibles de tomber à Tiassalé et N'douci tous les 50 et 100 ans. Quant aux pluies journalières de 81 mm dont la durée de retour est d'environ de 3 ans, sont plutôt tombées au cours des années 1962 et 1979. Des pluies de plus 122 mm ayant une période de retour de 5 ans, ont été enregistrées en 1951 (124,8 mm). Bien que ce modèle soit plus précis pour la prévision des pluies sur les longues périodes, dans les faits, cela ne signifie nullement que les pluies indiquées (81, 122, 175, 290, 339 mm) reviennent réellement tous les 3, 5, 10, 50 ou 100 ans. Cet outil permettant de prévoir les quantités de pluie qui pourraient tombées sur Tiassalé et N'douci est méconnu des populations et des autorités. La survenue de ces pluies exceptionnelles est l'un des facteurs des aléas érosion et inondation. Elle constitue un indicateur de risques naturels.

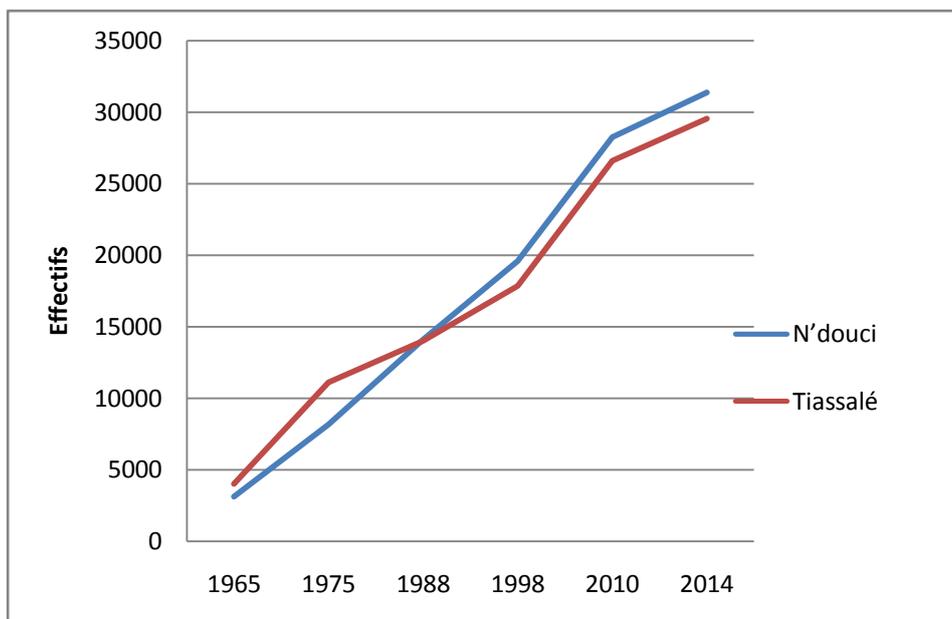
2.2. Les facteurs humains d'aléa d'inondation et d'érosion dans les villes de Tiassalé et N'douci

2.2.1. Une population en constante évolution depuis 1965 jusqu'à 2014

Les villes de Tiassalé et N'douci connaissent en générale, une évolution constante de leurs populations de 1965 jusqu'à 2014 (figure 9). Cette croissance s'effectue sur deux périodes bien définies. Il s'agit des périodes allant de 1965 à 1988 et 1988 à 2014. Durant la période 1965 à 1988, Tiassalé compte 48 879 habitants nettement supérieurs à celle de N'douci (22 351 habitants). Cependant, de 1988 à 2014, N'douci dispose une population importante (79 238 habitants) au détriment de Tiassalé (73 938 habitants).

En faisant une comparaison entre les villes de Tiassalé et N'douci, sur la période 1965-1988, Tiassalé connaît une croissance de 29087 habitants contre 25349 habitants pour N'douci. Une différence de 3738 habitants. Cependant, au cours de la période 1988-2014, c'est la ville de N'douci 93344 habitants qui a une population supérieure à celle de Tiassalé 87946 habitants. Soit une différence de 5398 habitants. L'augmentation de la population de Tiassalé entre 1965-1988 tire son explication au fait que durant cette période, Tiassalé était un centre de cercle au de la cour de la pénétration française en Côte d'Ivoire. C'est à partir d'elle que le département de Tiassalé a été pacifié. Dès lors, Tiassalé bénéficie d'un niveau d'équipements et d'infrastructures et d'activités économiques attrayant telles les plantations d'ananas et de la banane douce de la Société de Culture Bananière (SCB) et le commerce des essences. Cet état de fait va accroître sa population au détriment de N'douci qui était de l'autre rive du Bandama qui dépendait de Tiassalé. La situation est tout autre entre 1988-2014. Par l'entremise des Grands Travaux (gtx), sous l'impulsion de l'État, N'douci connaît son essor avec la mise en œuvre d'un plan directeur d'urbanisme. A la suite de cela, la croissance démographique de N'douci s'accroît. Le développement de l'activité économique s'en suit. Ce développement économique attire les populations venues d'horizons diverses. Cette population venue d'ailleurs dans l'optique de faire fortune, colonisent les sites dangereux sensibles aux aléas d'inondation et d'érosion à Tiassalé et N'douci.

Figure 9 : Evolution de la population urbaine dans les villes de Tiassalé et N'douci de 1965 à 2014



Source : RGPH, 1975 ; 1988 ; 1998 ; 2014

2.2.2. Pratique d'urbanisme sur des sites non aedificandi

Avec une densité moyenne de 57 habitants à l'hectare pour la ville de Tiassalé et 44 habitants à l'hectare 2017 pour celle de N'douci, certains quartiers de ces villes dans leur expansion obstruent et empiètent sur l'espace réservé à l'écoulement des rivières et ruisseaux qui drainent ces deux villes (Photo n°1).

Photo n°1: construction en bordure du lit majeur au quartier Dafindougou à Tiassalé



Cliché : Kouakou.S.E, 2018

Il est vrai que ces populations effectuent quelques aménagements (remblais) avant de s'installer. Cependant, en périodes de crue il est très difficile d'éviter les inondations surtout ces dernières années marquées par une augmentation des débits tels qu'indiqué par les populations.

2.2.3. Mauvais usage du réseau de drainage et du lit des rivières

Les populations de Tiassalé et N'douci font un mauvais usage du réseau de drainage. Elles procèdent par le rejet des déchets dans les lits des cours d'eau (Photo n°4). Dans ces deux centres urbains, 80% de la population considère le lit des rivières canalisé comme des dépotoirs d'ordures. Il y a des cas où les populations bradent les interdictions de la mairie et elles construisent sur les canaux d'évacuation des eaux pluviales (Photo n°3).

Cet ouvrage est un grand canal qui permet d'évacuer une partie des eaux en provenance des quartiers Scierie, Dallas et Mosquée. Cette image nous démontre l'incivisme de la population en encombrant l'ouvrage par des constructions.

Photo n°2 : Mauvais usage de cet ouvrage d'assainissement au quartier Commerce à N'douci



Cliché : Kouakou.S.E, 2018

Photo n°3 : L'exutoire de ce dallo sert de dépotoir d'ordures ménagères au quartier Dallas à N'douci



Cliché : Kouakou.S.E, 2018

Le mauvais usage des ouvrages d'assainissement par la population et la mauvaise qualité des de ces ouvrages conduira à la perte de certaines vies et de biens matériels à Tiassalé et N'douci.

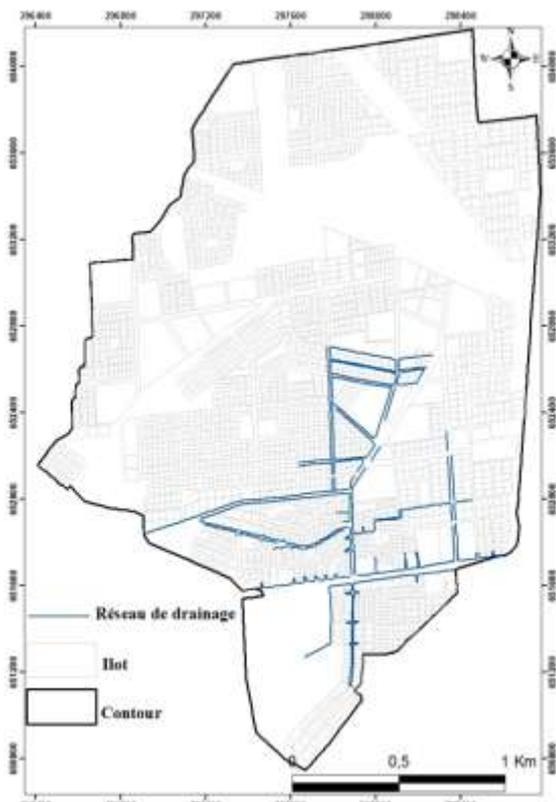
2.2.4. Réseau de drainage trop sommaire

Le contrôle des eaux pluviales constitue le problème environnemental majeur de Tiassalé et N'douci. La proximité géographique de ces deux villes explique le fait qu'elles soient confrontées aux mêmes aléas en occurrence l'érosion et l'inondation. Toutefois, le réseau d'assainissement mis en place pour le drainage des eaux pluviales est spécifique à chaque zone.

La ville de Tiassalé possède un réseau de drainage relativement important. Elle a hérité de ces ouvrages non négligeables des colons en raison de son statut de commandant de cercle. Les ouvrages sont concentrés dans les quartiers Résidentiel, Cocody 1 et 2, Mosquée, Tiassalékro et Bété. La ville est couverte de 15 km de réseau de drainage (Figure 10). Ce réseau de drainage se concentre au niveau des quartiers, Tiassalékro, Résidentiel, Mosquée, Cocody 1 et 2, Bété et Ptt. Tous les écoulements sont dirigés vers les points bas de la ville c'est-à-dire les bas-fonds.

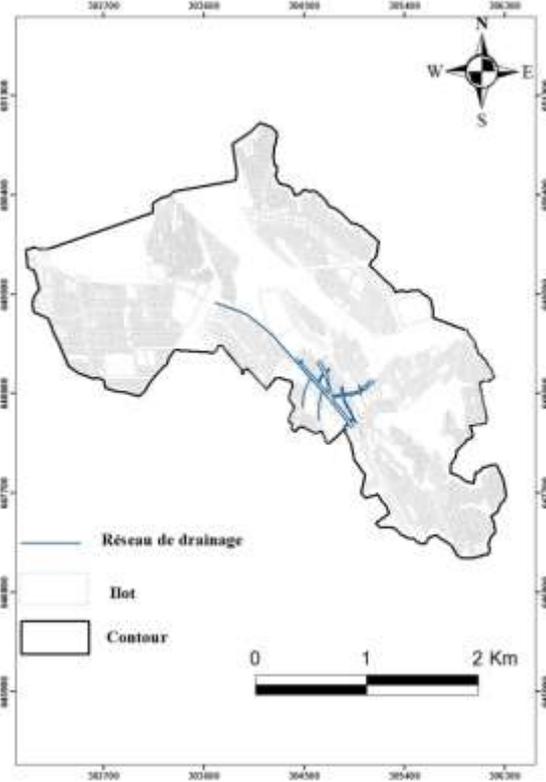
A N'douci, les ouvrages se situent le long des importantes artères desservant la ville. Il s'agit de l'ancienne route de Bouaké-Abidjan et l'actuelle voie de N'douci menant à Tiassalé. Les quartiers concernés sont Abbeykro, commerce et Régional. N'douci ne dispose pas d'ouvrage à l'intérieur des quartiers, du coup, cela amplifie plus les inondations et le déchaussement du pied des maisons. La couverture de N'douci en ouvrage d'assainissement est inquiétante par rapport à Tiassalé. Elle n'a seulement que 5 km (Figure 11). Les ouvrages d'assainissement sont visibles aux quartiers Régional et Abbeykro.

Figure 10: Couverture spatiale de Tiassalé en réseau de drainage



Source : service technique de la mairie, 2016
Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

Figure 11: Couverture spatiale de N'douci en réseau de drainage



Source : service technique de la mairie, 2016
Conception et réalisation : Kouakou. E, 2020

Le problème de drainage est d'autant plus important et persistant qu'actuellement, les villes de Tiassalé et N'douci ne possèdent qu'un faible linéaire de canalisation qui est loin de répondre à la demande urbaine en matière de drainage des eaux de pluie.

3. Discussion

L'analyse des facteurs d'aléas qui favorisant la présence de risques naturels dans les villes de Tiassalé et N'douci pose l'épineux problème des principales causes de ces phénomènes dans les villes d'Afrique subsaharienne. En effet, les résultats de cette étude montrent que les conditions physiques prédisposent les sites aux aléas naturels qui, exacerbées par l'action de l'homme, amplifient leur occurrence. Les facteurs d'aléas favorisant la présence de risques naturels à Tiassalé et N'douci se situent à deux niveaux : les facteurs physiques et les facteurs humains. Au niveau des facteurs physiques, il y a la pente topographique. C'est l'une des conditions de base de la manifestation des phénomènes naturels. Plus la pente est raide, plus l'érosion est forte. Dans le cas contraire l'érosion est faible. Dans les centres urbains de Tiassalé et N'douci, les pentes sont généralement modestes. Cependant, les pentes sont plus fortes à N'douci qu'à Tiassalé. En effet, à N'douci, les pentes inférieures à 6% occupent environ 40% de l'espace et s'étendent sur l'ensemble du territoire sauf la

partie centrale. A Tiassalé, ces pentes sont essentiellement circonscrites dans la partie septentrionale. Ces pentes constituent des déterminants non négligeables de l'aléa inondation. Ce résultat conforte l'étude antérieure, menée à Yaoundé par M Zogning *et al* (2017, p 42) qui ont mis en évidence le facteur passif des pentes face aux inondations. L'étude a montré que les fortes pluies reçues par les centres urbains de Tiassalé et N'douci en 2017 et 2018 sont dû au retour des pluies décennales qui demeurent un agent déclencheur de l'érosion et l'inondation, car les populations et autorités ne sont pas préparées à ces fortes précipitations. Ces résultats corroborent à l'analyse faite par M. Tchotsoua *et al*, (1997 p 5). Pour eux, les précipitations, que ce soient de par leur intensité ou leur durée plus ou moins longue en milieu tropical humide ou sec, sont le principal facteur naturel de l'érosion. L'étude montre que l'insuffisance, la vétusté du réseau de canalisation des eaux de ruissellement et le mauvais usage par la population amplifient l'aléa érosion et inondation à Tiassalé et N'douci. Abordant dans le même sens, S Frédéric, (2014, p 46) affirme que l'une des causes des inondations au Cameroun dans la ville de Bamenda, est la mauvaise exécution des infrastructures comme la construction des ponts et de la pose des buses pour évacuer les eaux de ruissellement. En plus des facteurs physiques, la forte emprise de l'homme sur les sites de Tiassalé et N'douci à travers leur installation, leurs activités dénudent les versants, accentuent le ruissellement enfin favorise l'érosion et l'inondation. C'est ce qui ressort des travaux de Issiaka Hamadou, (2010, P 32) qui souligne que l'inondation qui a touché les populations de Niamey est due au fait qu'elles ont occupé les zones inondables. En effet, les populations rurales fascinées par les possibilités que la ville peut leur offrir en termes d'amélioration des conditions de vie. Cette fascination et cet attrait irrésistible ont fini à faire de l'eldorado, un territoire de désillusion où se mêlent désarroi et mélancolie. De ce fait, ces citadins de type nouveau occupent les espaces inconstructibles par ce que déclarés inondable.

Les résultats de cette étude revêtent un intérêt scientifique et pratique indéniable pour les différents acteurs de développement du milieu étudié, notamment les aménagistes. Ils vont se servir de premières bases de données permettant d'agir durablement sur les facteurs qui engendrent l'aléa érosion et inondation dans les centres urbains de Tiassalé et N'douci.

Conclusion

Les principaux facteurs d'aléas d'inondation et d'érosion de Tiassalé et N'douci sont multiples. Ils se subdivisent en deux catégories. On a les facteurs physiques et les facteurs humains. Au niveau des facteurs physiques, les sites topographiques des centres urbains de Tiassalé et N'douci sont fortement disséqués par des bassins hydrologiques. A Tiassalé et N'douci, la grande saison de pluies s'étend du mois d'Avril jusqu'au mois de Juin. Au cours de cette période, 554 mm de pluie tombent

sur ces deux villes. Cette quantité d'eau qui tombe sur des terrains où les pentes importantes se situent à 6% avec des sols hydromorphes et ferrallitiques ont des propriétés physiques plus propices à l'inondation et l'érosion. Cet état des lieux va dégénérer sous l'effet des actions humaines. La dynamique démographique à Tiassalé et N'douci, associée à des populations de faible revenu mensuel, les contraint à occuper de façon anarchique les zones non *aédificandies* où foisonnent l'aléa érosion et inondation. Cette population déverse les ordures ménagères à l'intérieur des ouvrages d'assainissement qui les obstruent. Ces actes posés rendent difficile l'écoulement des eaux de ruissellement puis les détournent dans les habitations en les inondant. Les autorités municipales œuvrent moins pour la couverture de Tiassalé et N'douci en infrastructure pour canaliser les eaux de ruissellement. Si les ouvrages existent, soit ils sont en nombre insuffisant où bien défectueux et inadaptés. Au vu des aspects qui viennent développés, on note que Tiassalé est moins vulnérable que N'douci. Elle dispose un site moins hostile à l'urbanisation et un nombre important de réseau d'ouvrage d'assainissement existe pour réduire l'impacte de l'inondation, cependant des efforts sont faits à N'douci. La résurgence de l'érosion et l'inondation y va de la responsabilité des élus locaux. Ils font fi des caractéristiques intrinsèques de la topographie des sites, exposant les occupants à de graves risques d'érosion et d'inondation.

Références bibliographiques

Alla Della André. (2013), Risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire), p 386.

Frédéric Saha. (2014), La vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: cas de la ville de bamenda, p 157.

Gbéassor Messanvi M. Oladokoun Wonou, Kpatcha Essohana. (2006), Etude sur la vulnérabilité du Togo aux situations d'urgence, p 80.

Gbocho Yapo. Antoine. (2018), Dynamique démographique, spatiale et dégradation de l'environnement urbain à Vavoua (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), p 13.

Hamadou Issaka. (2010), Mise en carte et gestion territoriale des risques en milieu urbain sahelien à travers l'exemple de Niamey (Niger), p347.

Lionel Arnaud N'CHO (2020), Rupture des barrages hydroélectriques d'Ayamé et impacts potentiels en aval : cas de la ville d'Aboisso en Côte d'Ivoire, p 22.

Maurice Olivier.(2016), Contribution des systèmes d'information géographique pour la cartographie des zones à risques d'inondation à Yaoundé : Application au bassin versant de Mfoundi, Zogning, Moffo, p 71.

Michel Tchotsoua (1994), Dynamique informelle de l'espace urbain et érosion accélérée en milieu tropical humide : le cas de la ville de Yaoundé. In : Cahier d'outre-mer. N°185-47^e année, Janvier-mars 1994. pp 15.

Michel Tchotsoua et Jacques Bonvallot, L'érosion urbaine au Cameroun : processus, causes et stratégies de lutte, 1997 p 9.

Nations Unis (2017), Perspectives d'urbanisation du monde, Visité le 10/05/2018, En ligne: <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.URB.TOTL.IN.ZS>.

René-Joly Assako Assako (1998), Apport des systèmes d'information géographique dans l'analyse des risques d'inondation et de glissement de terrain à Yaoundé, p17.

Saïdou Bani Samari, Implication des facteurs physiques dans les risques d'inondation à Ouagadougou : cartographie des zones à risques et mesures de préventions, 2011, p 74.

Tabutin D., Schoumaker B. (2004), «La démographie de l'Afrique au sud du Sahara des années 1950 aux années 2000: Synthèse des changements et bilan statistique», in *Population*, n°59 (3-4), pp.521-622.

Yvio Georges, Evaluation de l'érosion dans le bassin versant de la rivière Grise (Haïti), 2008, p 30.