



UNIVERSITÉ ABDOU MOUMOUNI



Integrated Master Program Sustainable Rural Transformation (IMP-SRT)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Science de
Transformation Rurale Durable

MASTER II

Option : Stratégie et Politique de Développement Rural Durable

Gestion des risques d'inondation et développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au NIGER : Approche Télédétection

Réalisé par :

OTEKPO Lémonla Armel

Superviseurs

Directeur : Mr ADAMOU Rabani, Professeur Titulaire, Faculté de Sciences et
Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger).

Co-Directrice : M^{me} KIARI FOUGOU Hadiza, Maître de Conférences, Institut
Supérieur en Environnement et Écologie, Université Diffa (Niger).

Membres du Jurys

Pr. BAKASSO YACOUBOU

Professeur Titulaire, Université Abdou Moumouni de Niamey

Dr. ABDOUL-AZIZ SEYNI

IUCN

Pr. RABANI ADAMOU

Professeur Titulaire, Université Abdou Moumouni de Niamey

Dr. KIARI FOUGOU HADIZA

Maître de Conférences, Université de Diffa

Président

Examineur

Directeur de Mémoire

Co-Directrice de Mémoire

Soutenu Publiquement à Niamey, le Samedi 22 Octobre 2022 à 14h



Table des matières

| | |
|--|------|
| Liste des tableaux | iv |
| Liste des planches..... | v |
| Liste des photos | vi |
| Liste des Figures..... | vii |
| DECLARATION | x |
| DEDICACE..... | xi |
| REMERCIEMENTS | xii |
| SIGLES ET ACCRONYMES..... | xiii |
| RESUME..... | xv |
| ABSTRACTS..... | xvi |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET PRESENTATIONS DU MILIEU D'ETUDE | 3 |
| 1.1 Cadre théorique..... | 3 |
| 1.1.1 Problématique | 3 |
| 1.1.2. Objectif général..... | 5 |
| 1.1.3 Objectifs spécifiques :..... | 5 |
| 1.1.4. Hypothèses | 6 |
| 1.2. Justification de la zone d'étude..... | 6 |
| 1.3. Revue de littérature | 7 |
| 1.4. Présentation du milieu d'étude | 11 |
| CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE..... | 12 |
| 2.1 Approche méthodologique de l'étude..... | 12 |
| 2.1.1 Recherche documentaire | 12 |
| 2.1.2 Nature et sources des données à utiliser..... | 13 |
| 2.1.3 Outils de collectes des données..... | 14 |
| 2.1.4 Techniques de collecte de données | 14 |
| 2.1.4.1 Enquêtes de terrain..... | 14 |
| 2.1.4.2 Échantillonnage..... | 15 |
| 2.2. Méthodes de traitement des données | 15 |
| 2.2.1. Approche télédétection, traitement et interprétation des images satellitaires | 16 |
| 2.2.2. Occupation du sol | 16 |
| 2.3. Analyse des zones à risque d'inondation | 18 |
| 2.3.1. Cartographie de l'aléa | 20 |
| 2.3.2. Cartographie de la vulnérabilité de l'enjeu | 21 |
| 2.3.3. Cartographie du risque d'inondation..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4. Analyse des résultats..... | 23 |
| CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS | 24 |
| 3.1 Résultats..... | 24 |
| 3.1.1 Facteurs de risque d'inondation | 24 |
| 3.1.1.1 Développement des activités socio-économiques dans le passage du fleuve Niger | 24 |
| 3.1.1.2 Ensablement..... | 25 |
| 3.1.1.3 Construction des habitations dans le lit du cours du fleuve..... | 28 |
| 3.1.1.4 Géomorphologie de la zone d'étude | 31 |
| 3.1.1.5 Nature du sol..... | 33 |
| 3.1.1.6 Indice d'humidité [NDWI] | 33 |
| 3.1.1.7 Pente..... | 34 |
| 3.1.1.8 Pluviométrie ou régime pluviométrique | 34 |
| 3.1.1.9 Dynamique de l'occupation du sol..... | 56 |
| 3.1.2 Cartographie des risques d'inondations (Dyonkoto - Boubon) | 58 |
| 3.1.2.1 Cartographie de l'aléa lié aux drainages | 58 |
| 3.1.2.2 Cartographie de l'aléa lié à la pente..... | 60 |
| 3.1.2.3 Cartographie de l'aléa lié aux zones humides..... | 62 |
| 3.1.2.4 Cartographie de l'aléa lié aux inondations dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon..... | 64 |
| 3.1.2.5 Cartographie des enjeux liés aux inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon..... | 65 |
| 3.1.2.5.1 Cartographie de l'enjeu lié aux activités agricoles | 66 |
| 3.1.2.5.2 Cartographie de l'enjeu lié aux habitats et équipements..... | 68 |
| 3.1.2.5.3 Cartographie de l'enjeu lié aux routes | 69 |
| 3.1.2.5.4 Cartographie de l'enjeu face aux risques d'inondations | 72 |
| 3.1.2.6 Cartographie des Risques d'inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon..... | 73 |
| 3.1.2.6.1 Cartographie du risque lié aux activités agricoles | 74 |
| 3.1.2.6.2 Cartographie du risque lié aux routes | 75 |
| 3.1.2.6.3 Cartographie du risque lié aux équipements et habitats..... | 77 |
| 3.1.2.6.4 Cartographie des risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto -Boubon | 79 |
| 3.1.2.6.5 Gestion de la crise alimentaire et des inondations | 82 |
| 3.1.2.6.5.1 Insécurité alimentaire dans le secteur d'étude | 82 |
| 3.1.2.6.5.2 Perceptions endogènes des populations face aux inondations | 83 |
| 3.1.3 Stratégie de gestion des risques d'inondation | 88 |
| 3.1.3.1 Aperçus des mesures entreprises par les communes pour faire face aux inondations dans la bande d'étude. | 88 |

| | |
|--|-----|
| a) Cas de l'inondation 2013 | 88 |
| b) Situation des inondations de 2015 | 88 |
| c) Situation des inondations 2019..... | 89 |
| d) Situation des inondations 2020..... | 89 |
| e) Données sanitaires enregistrées au CSI de Boubon..... | 91 |
| 3.1.3.2 Intervention de l'État dans la gestion des risques d'inondation..... | 91 |
| 3.1.3.3 Modèle d'analyse dans la gestion des risques d'inondations dans la bande Dyonkoto-Boubon..... | 93 |
| 3.1.3.3.1 Modèle d'analyse FPEIR | 93 |
| 3.1.3.3.2 Analyse de simulation par télédétection | 94 |
| 3.2 Discussions | 98 |
| 3.3. Recommandations | 101 |
| CONCLUSION | 103 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 105 |
| WEBOGRAPHIE | 107 |
| ANNEXES | I |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Synthèse de la documentation..... | 12 |
| Tableau 2: Caractéristiques des images satellitaires de l'étude | 13 |
| Tableau 3: Répartition de populations enquêtes..... | 15 |
| Tableau 4: Natures des dons et organisations internationales impliquées. | 83 |
| Tableau 5: Présentation des effets de l'inondation de 2013. | 88 |
| Tableau 6: Nature des dégâts enregistrés au cours de l'inondation de 2015 dans la bande d'étude.. | 89 |
| Tableau 7: Nature, type et nombre des destructions de l'inondation en 2019..... | 89 |
| Tableau 8: Cas des localités situées dans notre bande d'étude..... | 89 |
| Tableau 9: Types de dommages au cours de l'inondation 2020..... | 90 |
| Tableau 10: Synthèse des différentes maladies récurrentes enregistrées | 91 |

Liste des planches

| | |
|---|----|
| Planche 1: (a) riziculture, (b) Fabrication de brique | 25 |
| Planche 2: Ensablement dans le lit du fleuve Niger, fond occupé par des bancs de sable et une végétation à Gontonglo | 26 |
| Planche 3: Ensablement dans le lit du fleuve Niger, fond occupé par des bancs de sable et une végétation à Sarando (Planche 3a et 3b) et à Kanazi (planche 3c)..... | 27 |
| Planche 4 : (a) Véhicule de la Mairie en route pour la carrière (b) Carrière de Sable de Boubon | 29 |
| Planche 5: Fabrication de brique dans le village de Boubon | 30 |
| Planche 6: Niveau de la hauteur d'eau estimée par la population à Dyonkoto | 80 |

Liste des photos

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Femmes du village de Tagabi faisant les activités domestiques au bord du fleuve.. | 28 |
| Photo 2: Image aérienne du village de Kanazi | 30 |
| Photo 3: Quelques artisans interviewés du village de Sagafondo..... | 31 |
| Photo 4: Niveau de la hauteur d'eau à Namaro | 81 |

Liste des Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Situation géographique de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon..... | 11 |
| Figure 2: Échelle de mesure de la probabilité des risques d'inondations | 19 |
| Figure 3: Schéma de cartographie des risques d'inondations. | 22 |
| Figure 4: Modèle d'analyse FPEIR..... | 23 |
| Figure 5: Différentes communautés présentes dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon. . | 28 |
| Figure 6: Modèle numérique de Terrain [MNT] de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon... | 32 |
| Figure 7: Zones humides du secteur d'étude allant de Dyonkoto à Boubon. | 33 |
| Figure 8: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 35 |
| Figure 9: Évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Bamako sur la période de 1990-2020..... | 35 |
| Figure 10: : Régime pluviométrique de Bamako | 36 |
| Figure 11: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 37 |
| Figure 12: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Faraba sur la période de 1990 à 2020..... | 37 |
| Figure 13: : Régime pluviométrique de Faraba..... | 38 |
| Figure 14: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 39 |
| Figure 15: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Faranah sur la période de 1990 à 2020..... | 39 |
| Figure 16: Régime pluviométrique de Faranah..... | 40 |
| Figure 17: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 41 |
| Figure 18: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Gao sur la période de à Gao sur la période de 1990 à 2020..... | 41 |
| Figure 19: Régime pluviométrique de Gao | 42 |
| Figure 20: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 43 |
| Figure 21: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Liabidinnkoro sur la période de 1990 à 2020..... | 43 |
| Figure 22: Régime pluviométrique de Liabidinnkoro..... | 44 |
| Figure 23: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 45 |
| Figure 24: Évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Ségou sur la période de 1990 à 2020..... | 46 |
| Figure 25: Régime pluviométrique de Ségou..... | 47 |
| Figure 26: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 48 |

| | |
|--|----|
| Figure 27: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Siguiri sur la période de 1990 à 2020..... | 48 |
| Figure 28: Régime pluviométrique moyen mensuel Siguiri | 50 |
| Figure 29: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 50 |
| Figure 30: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées à Tombouctou sur la période de 1990 à 2020..... | 51 |
| Figure 31: Régime pluviométrique de Tombouctou | 52 |
| Figure 32: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques | 53 |
| Figure 33: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Niamey sur la période de 1990 à 2020. | 53 |
| Figure 34: Régime pluviométrique de Niamey | 55 |
| Figure 35: Dynamique de l'occupation du sol en 2022. | 56 |
| Figure 36: Statistiques des unités de l'occupation du sol dans la bande Dionkoto - Boubon en 2022. | 57 |
| Figure 37: Aléa lié au drainage. | 58 |
| Figure 38: Taux de couverture des sensibilités lié aux drainages. | 59 |
| Figure 39: : Aléa lié à la pente | 60 |
| Figure 40: Taux de couverture des sensibilités lié à la pente..... | 61 |
| Figure 41: Aléa lié aux zones humide..... | 62 |
| Figure 42: Taux de couvertures des zones potentiellement humides et sensibles dans la bande Dyonkoto-Boubon | 63 |
| Figure 43: Aléa lié aux inondations dans la bande Dyonkoto-Boubon | 64 |
| Figure 44: Taux de couvertures de chaque sensibilité liée à l'aléa d'inondation dans la bande Dyonkoto-Boubon..... | 65 |
| Figure 45: Enjeux liés aux activités agricoles dans la bande Dyonkoto -Boubon..... | 66 |
| Figure 46: Taux de couverture de l'enjeu liés aux activités agricoles | 67 |
| Figure 47: Enjeux liés aux habitats et équipements. | 68 |
| Figure 48: Taux de couverture de l'enjeu lié à habitats et équipement..... | 69 |
| Figure 49: Enjeu lié aux routes | 70 |
| Figure 50: Taux de vulnérabilité des sensibilités lié aux routes | 71 |
| Figure 51: Enjeux lié inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon | 72 |
| Figure 52: Taux de couverture des enjeux liés aux inondations. | 73 |
| Figure 53: Risques liés aux activités agricoles | 74 |
| Figure 54: Proportion des risques d'inondations liés à la production agricole. | 74 |

| | |
|--|----|
| Figure 55: Risques liés aux routes | 75 |
| Figure 56: Proportions de risques face aux vulnérabilités de route | 76 |
| Figure 57: Risque lié à l'installation des populations dans le secteur d'étude..... | 77 |
| Figure 58: Taux de couverture des types de risques d'inondation face aux équipements, infrastructures d'habitation | 78 |
| Figure 59: Risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon | 79 |
| Figure 60: Proportion des types de risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon | 80 |
| Figure 61: : Choix du lieu de travail des populations enquêtent dans la bande d'étude. | 84 |
| Figure 62: Estimation (m) de la distance entre les habitations et le fleuve Niger..... | 85 |
| Figure 63: Moyens de déplacement des populations vivant dans la bande d'étude..... | 86 |
| Figure 64: Autres impacts recensés..... | 87 |
| Figure 65: Organigramme des différents acteurs intervenant dans la gestion du risque d'inondation Niamey. Source : Abdou Alou A. 2015 | 92 |
| Figure 66: Modèle d'analyse FPEIR appliqué à l'étude. | 94 |
| Figure 67: Modèle d'analyse de simulation des risques d'inondation après relogement (sans risque)..... | 95 |
| Figure 68: Modèle 3D d'analyse de simulation des risques d'inondation par identification des zones de relogement..... | 96 |

DECLARATION

Je déclare par la présente que les recherches rapportées dans ce mémoire, sauf indication contraire, sont mes travaux originaux. Ce mémoire n'a pas été soumis pour un diplôme ou un examen dans une autre université. Ce mémoire ne contient pas de données, d'images, de graphiques ou d'autres informations provenant d'autres personnes, sauf s'il est expressément reconnu qu'elles proviennent d'autres personnes.

OTEKPO Lémonla Armel

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A ma famille OTEKPO en particulier mes parents pour leurs amours, leurs soutiens, leurs prières et les énormes efforts consentis pour mon éducation ; à mes frères et sœurs pour les prières et soutien matériel, financier et moral ; à mes oncles et leurs femmes pour leurs soutien et encouragements.

A tous les autres membres de ma famille : OTEKPO, ADJE CHABI.

A tous les victimes des inondations au Niger.

A tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce document, qu'ils trouvent ici les fruits de leurs efforts.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail d'étude et de recherche, nous rendons grâce à Dieu, le Tout Puissant, par la volonté de qui ce travail a pu être accompli.

Le fruit de ce travail n'a été possible que grâce à l'aide et à la collaboration permanente de plusieurs personnes.

- ❖ Je tiens à remercier l'Office Allemand d'Echanges Universitaires (DAAD), le Ministère Fédéral Allemand des Affaires Etrangères, pour ma sélection à la bourse internationale et le soutien financier dont j'ai bénéficié, par l'intermédiaire du Centre Ouest-Africain pour la Transformation Rurale Durable (WAC-SRT) basé au sein de la Faculté des Sciences Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (NIGER).
- ❖ Je tiens à remercier du fond de cœur le Directeur du Programme, Prof Rabani ADAMOU et tous les membres du personnel de WAC-SRT pour leur soutien et leur implication dans le succès de ce programme.
- ❖ Mes profonds et sincères remerciements vont à mes superviseurs, Prof Rabani ADAMOU, directeur du mémoire pour sa bienveillance, son appui, l'intérêt qu'il a accordé à ce travail malgré son calendrier chargé. Aussi mes remerciements à Dr Kiari Fougou Hadiza, co-directrice de mémoire (Université de Diffa), pour leurs orientations, leurs conseils pratiques, l'efficacité scientifique, leurs conseils, leurs critiques et leurs corrections tout au long de ce travail. Trouvez ici ma profonde gratitude, chers Maitres.
- ❖ A tout le corps enseignant du Centre WAC-SRT pour la qualité de la formation reçue pendant les deux (02) ans.
- ❖ Mes sincères remerciements vont à l'endroit de toute l'Equipe de l'Association Africaine de l'Eau (AAE) pour ma sélection au Programme Africain de la Bourse de Recherche pour les Jeunes Professionnels de l'Eau et de l'Assainissement (AfriCap). Mes gratitudes vont à Madame Djalia UMUTANGAMPUNDU pour son appui aux côtés des jeunes lauréats que nous sommes, et à toute l'Equipe de Coordination. Excellences, Chers: Mr Gilles DJAGOUN, Mr Valentin YAO, Mr Siméon KENFACK, Mr Sylvain USHER, recevez mes sincères remerciements.
- ❖ Mes remerciements particuliers à Dr Boubacar IBRAHIM, Dr Abdoul-Aziz SEYNI (Country Director UICN Niger), Dr Karimoun Massalatchi Illyassou.
- ❖ A tout le personnel des Mairies de la Commune de Namaro et de la Commune de Karma pour leur accueil chaleureux lors de la collecte des données. Mes remerciements à tous ceux dont les noms ne sont pas cités, qui me soutienne énormément. Je tiens à leur exprimer ma profonde gratitude. **A tous, infiniment merci.**

SIGLES ET ACCRONYMES

| | |
|----------------|---|
| ABN | : Autorité du Bassin du Niger |
| ArcGIS | : Logiciels d'information géographique |
| AT | : Afrique Tropicale |
| BAD | : Banque Africaine de Développement |
| CAH | : Cadre d'Action Hyogo |
| CC/SAP | : Cellule de Coordination du Système d'Alerte Précoce |
| CNEDD | : Conseil National de l'Environnement pour le Développement Durable |
| COP 21 | : 21 ^{ème} Conférence des Parties |
| COO | : Classification Orientée par Objet |
| CRED | : Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Désastres |
| CSI | : Centre de Santé Intégré |
| DCE | : Directive Cadre sur l'Eau (U.E) |
| DEM | : Digital Elevation Model |
| DMN | : Domaine et de l'Habitat, de la direction de la Météorologie Nationale |
| DNPGCCA | : Dispositif National de Prévention et de Gestion des Catastrophes et Crise Alimentaire |
| ENVI | : Logiciel d'analyse d'images intégré à la plate-forme ArcGIS d'Esri |
| FAO | : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation |
| FPEIR | : Force pression Etat Impact Réponse |
| GIRE | : Gestion Intégrée des Ressources en Eau |
| GPS | : Global Positioning System |
| HIMO | : Haute Intensité de Mains d'Œuvre |
| HIEQ | : Haute Intensité d'Équipement |
| IGNN | : Institut Géographique National du Niger |
| INS | : Institut National de la Statistique du Niger |
| MAHGC | : Ministère de l'Action Humanitaire et de la Gestion des Catastrophes |
| MEDD | : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable |
| MNT | : Modèles Numériques de Terrain |
| NASA | : National Aeronautics and Space Administration |
| NDWI | : Normalized Difference Water Index |
| PC | : service Protection Civile |

| | |
|----------------|---|
| PGRC-DU | : Projet de Gestion du Risque des Catastrophes et du Développement Urbain |
| PNUD | : Programme des Nations Unies pour le Développement |
| ONAHA | : Office National des Aménagements Hydro-Agricole |
| ONU | : Organisation des Nations Unies |
| RGPH | : Recensement Général de la Population et de l'Habitat |
| OCHA | : Bureau de la Coordination des Affaires Humanitaires des Nations Unies |
| UE | : Union Européenne |
| UNDRR | : Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes |
| SIG | : Système d'Information Géographique |
| SRTM | : Shuttle Radar Topography Mission |

RESUME

Le fleuve Niger est le plus grand système fluvial d'Afrique de l'Ouest et le troisième plus long fleuve du continent africain (4 200 km). Son bassin hydrographique s'étend sur neuf pays (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad). La présente étude qui porte sur la gestion des risques d'inondation et le développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au NIGER par approche Télédétection, s'intéresse à la portion Nigérienne du fleuve, situé en amont de la capitale de Niamey et riveraines du fleuve Niger. Elle s'étend sur 15 km et à une servitude de 2 km par rapport au lit majeur du fleuve, avec une superficie de 10 955,124 274 ha, et partagée entre deux Communes rurales Namaro et Karma. Les différentes méthodes et outils de collectes utilisées, ont permis de déterminer les facteurs à risques d'inondations, de cartographier les aléas et enjeux dominants dans cette zone d'étude. Un coefficient de sensibilité allant de 1 à 5 représentée sur des cartes par des codes de couleurs ont permis de connaître le degré de sensibilité face au risque. Les images satellitaires ont permis la réalisation de carte d'occupation du sol à travers la classification orientée par objet (COO), de réaliser les Modèles numériques de Terrain (MNT) et le calcul de l'Indice d'humidité (NDWI). 08 localités ont été parcourues avec 110 personnes interviewées, en fonction de l'accessibilité aux sites d'enquête et des risques d'insécurité dans certaines zones dans le lit du fleuve. Des résultats des enquêtes, il ressort que l'ensablement du fleuve prend l'allure d'une menace extrêmement préoccupante se référant aux crues enregistrées sur toute la bande d'étude (2010, 2012, 2013, 2015, 2019 et 2020), où 100 % des personnes enquêtées témoignent du niveau de plus en plus élevé du sable qu'apporte le fleuve. Ce qui confirme l'analyse des enregistrements météorologiques en amont de la bande d'étude, de 9 stations piézométriques de la Guinée, Mali, Burkina-Faso : l'inondation peut surgir en aval du fleuve Niger, sans qu'il n'y soit pas pluie locale. Dominé par une communauté autochtones et étrangers avec un niveau d'instruction faible, 80% des enquêtées n'ont aucun autre endroit où aller en cas d'inondations, et préfèrent reconstruire avec les mêmes matériaux précaire. Les différentes aides et appuis des organismes internationaux et du gouvernement n'ont rien changé dans la décision de relogement. L'apport des systèmes d'informations géographiques dans cette étude facilite l'élaboration des politiques gouvernementales, en particulier pour la planification et la gestion de l'environnement, et reste un outil de prise de décision pour un développement local durable des milieux enclavés et en proie aux inondations.

Mots clés : Inondation, risques, aléas, vulnérabilité, rural, cartographie, stratégie, Niger.

ABSTRACTS

The Niger river is the largest fluvial system in West Africa and the third longest river in the African continent (4,200 km). The river basin covers nine countries (Benin, Burkina Faso, Cameroon, Chad, Côte d'Ivoire, Guinea, Mali, Niger and Nigeria). This study on flood risk management and local development in the Dyonkoto - Boubon strip in Niger, by remote sensing approach, focuses on the portion of the Niger River, located upstream of the capital Niamey and bordering the Niger river. It extends over 15 km and has an easement of 2 km in relation to the major bed of the river, with an area of 10,955.124,274 ha, and is shared between two rural Communes, Namaro and Karma. The different methods and tools used to collect data have permitted the determination of flood risk factors and the mapping of the dominant hazards and stakes in this study area. A sensitivity coefficient ranging from 1 to 5, represented on maps by colour codes, made it possible to determine the degree of sensitivity to the risk. Satellite images were used to produce land use maps using object-oriented classification (OOC), to produce digital terrain models (DTMs) and to calculate the Normalized Difference Water index (NDWI). 08 localities were visited and 110 people were interviewed, on the basis of accessibility to the survey sites and the risk of insecurity in certain areas in the riverbed. The results of the surveys show that the silting up of the river is an extremely alarming threat, based on the floods recorded throughout the study area (2010, 2012, 2013, 2015, 2019 and 2020), where 100% of the people interviewed testified to the increasingly high level of sand brought by the river. This confirms the analysis of meteorological records upstream of the study strip, from 9 piezometric stations in Guinea, Mali and Burkina-Faso: flooding can arise downstream of the Niger River, without there being any local rain. Dominated by a community of indigenous and foreigners with a low level of education, 80% of the respondents have no other place to go in case of floods, and prefer to rebuild with the same precarious materials. The various assistance and support provided by international organisations and the government have not changed the decision to relocate. The contribution of geographic information systems in this study is useful for the planning of government policies, especially for environmental management and planning, and constitutes a decision-making tool for the sustainable local development of flood-prone and landlocked areas.

Key words: Flooding, risks, hazards, vulnerability, rural, mapping, strategy, Niger.

INTRODUCTION

Inondations, sécheresses, vents violents, tempêtes de sable et vagues de chaleur sont les événements météorologiques extrêmes les plus tangibles qui affectent de plus en plus les populations d'Afrique Tropicale (Dara, 2013). Ces aléas naturels induisent sur le plan spatio-temporel de graves conséquences humanitaires pour la plupart amplifiées par les problèmes de développement. Ils constituent des contraintes qui ralentissent le développement, empêchent la croissance économique et la réduction de la pauvreté (PNUD, 2011).

Les pays d'Afrique de l'Ouest sont exposés à de nombreuses catastrophes. La fréquence et la gravité de ces calamités induites par le changement climatique ces trente (30) dernières années se sont intensifiées (FAO, 2013). De tels phénomènes ne manquent pas d'intérêts, lorsqu'on connaît leurs conséquences : pertes de vies, affaiblissement des moyens d'existence des populations (FAO, 2014).

Certaines inondations représentent un risque majeur au Niger, en Afrique et dans le monde entier. Au troisième rang des catastrophes naturelles après les séismes et cyclones, les inondations engendrées par des catastrophes météorologiques ont pris plus de 606.0000 vies, en moyenne 30 000 par an, avec en plus 4,1 milliards de personnes blessées, devenues sans-abri ou ayant eu besoin d'une aide d'urgence (Rapport ONU, 2015). Face à ces catastrophes naturelles, toujours plus fréquentes, l'ONU a souligné « l'importance de trouver un accord lors de la conférence COP21 à Paris sur le changement climatique dans un rapport publié le lundi 23 novembre 2015.

D'après le rapport, qui se penche uniquement sur ces vingt dernières années, « les catastrophes climatiques sont de plus en plus fréquentes, du fait surtout de l'augmentation soutenue du nombre d'inondations et de tempêtes ». L'ONU prévient : cette progression devrait se poursuivre « dans les décennies à venir » bien que les scientifiques ne parviennent pas encore à déterminer dans quelle mesure l'augmentation de ces phénomènes est due au changement climatique. La problématique de gestion des risques naturels se présente donc comme un enjeu majeur, notamment pour les extrêmes climatiques (Perrin, 2002 cités par Kodja, 2011).

La République du Niger détient le plus grand système fluvial d'Afrique de l'Ouest et le troisième plus long fleuve du continent africain (4 200 km). Son bassin hydrographique s'étend sur neuf pays (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Niger, Nigeria et Tchad) et compte une population de plus de 160 millions d'habitants (Rapport ABN, 2020). La forte croissance démographique conjuguée aux effets négatifs du changement climatique ainsi

que les mutations dans l'utilisation des sols augmente la pression sur les ressources en eau déjà inégalement réparties. À l'instar du fleuve Niger, les études antérieures menées par plusieurs auteurs ont révélé que le bassin du Niger dans certains pays en aval a connu un déficit pluviométrique qui s'est largement répercuté dans les écoulements et dans les recharges au cours des années 1970 (Vissin, 2001 ; Amoussou, 2005, 2010 ; Totin *et al*, 2007).

Dans le bassin versant du Niger, la survenance des crues liée aux événements pluvieux extrêmes cause d'énormes dégâts à leur passage, dont la destruction des champs de cultures, des habitations, des infrastructures routières, la dégradation précoce de l'environnement comme le ravinement des versants et des maladies liées à l'eau (Kodja, 2011). Cette situation suscite beaucoup la curiosité scientifique et de manière efficiente se propose de mettre en place des stratégies d'atténuation et d'adaptation pour les risques afin de réduire les peines des populations.

C'est dans ce contexte que le choix du présent thème est porté sur la « Gestion des risques d'inondation et développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger par approche Télédétection ». Il vise à identifier les facteurs de risques d'inondation dans la bande d'étude, de cartographier les risques d'inondations et évaluer les impacts sur le développement local. Cette recherche est structurée en trois chapitres :

- ❖ le premier chapitre présente le cadre théorique et la présentation du milieu d'étude ;
- ❖ le deuxième chapitre est consacré à la démarche méthodologique utilisée ;
- ❖ le troisième chapitre présente les résultats issus de nos enquêtes, la discussion, les stratégies de gestion des risques d'inondation et le modèle d'analyse.

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET PRESENTATIONS DU MILIEU D'ETUDE

Ce chapitre est consacré à la présentation du cadre théorique et du milieu d'étude. Il prend en compte.

1.1 Cadre théorique

1.1.1 Problématique

Les cours d'eau représentent pour les riverains, à la fois une richesse et une menace (Bravard et Petit, 1997). Cette dualité a longtemps été considérée comme globalement bénéfique, mais aujourd'hui il semble que cet équilibre se soit rompu. D'après les informations de International Disaster Database du Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Désastres (CRED), les inondations sont au cours des deux dernières décennies au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde. Elles représentent 34 % des catastrophes enregistrées à l'échelle mondiale entre 1990 et 2007 (CRED, 2007).

Le sahel est une région très sensible aux variations climatiques marquées par une période humide de 1950 à 1969, suivie d'une période de fortes sécheresses de 1970-1989 (Lebel *et al.*, 2003 ; Lebel et Ali, 2009 ; Nicholson, 2011 ; Descroix *et al.*, 2015). En 1990, les tendances pluviométriques montrent globalement une reprise des précipitations au sahel (De Longueville *et al.*, 2016 ; Biasutti, 2019 ; Bodian *et al.*, 2020). Les pluies sont devenues relativement meilleures sans atteindre le niveau des années 1950 - 1969. Cependant, les incertitudes demeurent et des pluies extrêmes sont devenues récurrentes (Lebel et Ali, 2009 ; Donat *et al.*, 2016 ; Ozer *et al.*, 2017 ; Panthou *et al.*, 2018 ; Vischel *et al.*, 2019). L'amélioration globale des précipitations s'est traduite par une augmentation sensible du nombre d'inondations (Sene et Ozer, 2002 ; Sighomnou *et al.*, 2013 ; Descroix *et al.*, 2013 ; Hangnon *et al.*, 2015 ; Engel *et al.*, 2017).

Les inondations au sahel sont ainsi devenues annuelles et les conséquences énormes (OCHA, 2013). De 2010 à 2017, les inondations ont fait plusieurs dizaines de victimes au Burkina Faso, au Tchad, au Mali, en Mauritanie et au Sénégal (Sarr, 2011 ; Tazen *et al.*, 2019 ; Nouaceur, 2020). En effet, les inondations d'origine hydroclimatique demeurent aujourd'hui une préoccupation planétaire du fait de la fréquence de leur occurrence et l'importance des dommages qu'elles engendrent (Harou *et al.*, 2016). La prédisposition aux dommages varie en fonction du niveau de vie et du niveau d'intégration de l'aléa dans le plan du développement spatial (DI Baldassarre *et al.*, 2010).

À l'instar des nombreux pays sahéliens, le Niger est soumis aux inondations observées généralement pendant les mois de juillet, août et septembre avec des pluies brèves et fortes, qui

occasionnent d'importants sinistres (Ouséini, 2013 ; Mamadou, 2014 ; M. Guiara, 2019). Par ailleurs, la planification des risques climatiques et de leurs impacts n'a pas évolué en même temps que le processus de décentralisation politique et administrative (Tarchiani et Tiepolo, 2016a).

En conséquence, UNDRR (DesInventar Sendai) rapporte par exemple qu'on dénombre au Niger dix (10) principaux types de catastrophes au cours de son évolution, au nombre desquels nous pouvons citer : l'inondation, la sécheresse, les épidémies, les incendies, les feux de brousse, les épizooties, les conflits sociaux, les ravageurs et criquets pèlerins, les accidents. Ces catastrophes naturelles ne sont pas un phénomène récent. Elles sévissent en de nombreux endroits de la planète. Les risques naturels sont actuellement mieux connus étudiés et cartographiés aussi bien à l'échelle locale que mondiaux (A. Feretti, 2015).

Ces risques sont de différentes natures, à celle-ci s'ajoute une forte modification de l'espace urbain porté par une forte croissance démographique qui est de l'ordre de 3,8 % au Niger (Guengant et Maga, 2015 ; Michel *et al.*, 2016). C'est le cas du Niamey où la population estimée à 2 24 973 habitants en 1977 est passée à 1 203 766 habitants en 2017 (Guengant *et al.*, 2003 ; INS, 2017). Cet accroissement démographique se traduit par une extension urbaine. Cette croissance urbaine a pour conséquence l'étalement de la ville vers les zones rurales et les villages périphériques (Ezin, 2008).

L'urbanisation induit donc l'occupation des zones potentiellement inondables telles que les lits majeurs des cours d'eau, les zones dépressionnaires, axes servant d'exutoire naturel des eaux (O. S. Cheikh *et al.*, 2007 ; Issaka, 2013 ; Ozer, 2014). Une des conséquences de l'urbanisation est l'anthropisation des milieux naturels. La récurrence des pluies extrêmes combinée aux facteurs anthropiques conduit à un accroissement du ruissellement et à une accélération des écoulements de surface, favorisant ainsi l'inondation pluviale (Chocat, 1997 ; Jacobson, 2011 ; Jankowfsky *et al.*, 2012 ; Descroix *et al.*, 2015).

Les inondations qui ont affecté les villes Nigériennes en générales particulièrement entre les années 1970 et 2000 résultent principalement de six (6) facteurs (génétiques ou aggravants) que sont l'inondation fluviale, les pluies extrêmes, l'occupation des zones inondables, la défaillance des systèmes de drainage urbain et l'inadaptabilité des matériaux de construction (Tarhule, 2005).

Quant au milieu rural, selon le rapport de la FAO (2020), les ravages que provoquent les inondations en milieu rural sont souvent étendus, en termes de pertes de vies, de biens et d'infrastructure et en termes d'insécurité alimentaire et de maladies. Les inondations sont

particulièrement désastreuses pour les populations les plus pauvres du monde, dont la majorité vit en milieu rural et dépend de l'agriculture pour leur alimentation et leurs revenus. Beaucoup peinent à remplacer ce qui a été perdu ou endommagé, tels que semences, outils, bétail, aliments pour animaux ou engins de pêche. Les eaux stagnantes rendent souvent les terres incultivables, et il est difficile de préserver le bétail, qui, sans abri, sans soins vétérinaires et alimentation adéquate, devient la proie des maladies et de la faim. Les eaux de crue représentent également une menace pour la sécurité alimentaire et la santé publique associée aux stocks alimentaires avariés et eaux contaminées.

Cependant, la bande de Dyonkoto - Boubon au Niger n'est pas à l'abri des affres des inondations enregistrer au Niger, elle est vu sa position géographique de Niamey au premier plan. Par ailleurs, des conséquences désastreuses sont toujours enregistrer occasionnant des pertes de biens et matérielles, équipements, infrastructures socioéconomiques, des déplacés ainsi que des pertes en vie humaine.

C'est à travers les multiples constats que le thème intitulé « Gestion des risques d'inondation et développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger par approche Télédétection » a été proposé afin de proposer un outil de prise décision pour un développement local durable des milieux enclavés et en proie aux inondations.

Cette étude tentera d'apporter des réponses aux interrogations suivantes :

- Quels sont les facteurs de risques d'inondation dans la bande de Dyonkoto - Boubon ?
- Quels sont les risques liés aux inondations et impacts dans le processus de développement local de la bande Dyonkoto - Boubon ?
- Quelles stratégies mettre en place pour réduire ces risques d'inondation ?

Ces constats et interrogations amènent à réfléchir sur le sujet auquel la problématique circonscrit.

1.1.2. Objectif général

Contribuer à une meilleure gestion des risques d'inondations pour un développement local durable par approche télédétection dans la bande Dyonkoto - Boubon.

1.1.3 Objectifs spécifiques :

- 1- Identifier les facteurs de risque d'inondation dans la bande Dyonkoto - Boubon ;
- 2- Faire une cartographie des risques d'inondations et évaluer l'impact sur le développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon ;

- 3- Proposer un outil de prise de décision et de gestion des risques liés aux inondations pour un développement local durable.

1.1.4. Hypothèses

- 1- Plusieurs facteurs (le développement des activités socio-économiques dans le passage du fleuve Niger, l'ensablement du fleuve Niger, la construction des habitations dans le passage du fleuve Niger, la morphologie de la zone d'étude, la présence des zones humides, la pente et le réseau hydrographique) favorisent les inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger ;
- 2- La télédétection permet d'identifier et de cartographier les zones à risque aux inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger ;
- 3- La mise en place des stratégies de gestion des crises d'inondations permet la réduction des risques inondation dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger.

1.2. Justification de la zone d'étude

Les inondations, les sécheresses, les avalanches, les éruptions volcaniques, les incendies de forêt... constituent tous des géorisques susceptibles de causer des dommages multiples (Blanchi, 2001). Bien que les inondations fassent partie des risques naturels majeurs, leur déclenchement et leur arrêt sont très dépendants de l'action de l'humain. De nombreuses études en relation avec les inondations et leur impact sur l'environnement ont été réalisées (Fourcade, 2001).

Il est donc devenu nécessaire de mieux connaître le phénomène, ses aléas et ses enjeux. Ainsi, il existe à l'heure actuelle une forte demande en matière de cartographie du risque (Missoumi *et al*, 2003) pour être en mesure de lutter convenablement contre ce fléau.

Dans ce contexte, pour aider à la cartographie du risque d'inondation, l'étude s'est intéressée aux zones et localités situées en amont de la capitale de Niamey d'une part et riveraines du fleuve Niger. En effet, la présence du fleuve Niger dans cette partie du Sahel, où ce cours d'eau permanent est une source de stabilité, peut aussi avoir des conséquences sur les hommes et leurs biens.

Cette vulnérabilité est accentuée par une situation socio-économique précaire, une situation géopolitique et une insécurité grandissante, l'absence d'aménagement préalable des sites destinés à l'habitat et une installation anarchique des habitants dans le lit du fleuve, etc.

En effet, l'accès à une information opportune et précise est indispensable à la logique décisionnelle pour mieux analyser la problématique sur cette bande. Ainsi, à l'aide des

Systèmes d'Information Géographique (SIG), l'information est de plus en plus utilisée dans l'élaboration des politiques gouvernementales, en particulier pour la planification et la gestion de l'environnement.

Depuis une dizaine d'années, les organismes d'aide au développement s'attachent à aider les pays en voie de développement, en particulier en Afrique, à adopter le SIG comme outil de renforcement de l'efficacité dans l'élaboration des politiques environnementales. C'est ainsi que des satellites sont utilisés couramment pour suivre l'évolution des phénomènes naturels et faciliter les secours en cas de crise ou de sinistre.

C'est au vu de tout ceci que le secteur d'étude qui est une bande de servitude de 2 km du fleuve Niger et d'une longueur de 15 km environ a été identifié pour l'élaboration d'un outil de prise de décision face aux risques d'inondation à travers une intelligence artificielle.

1.3. Revue de littérature

Les inondations sont le principal risque naturel dans le monde. Elles affectent toutes les régions du monde, mais les pays en développement sont les plus vulnérables aux risques hydro climatiques selon le Cadre d'Action de Hyogo (CAH - 2005, 2015). Du fait des conditions socioéconomiques plus faibles que dans les pays développés, les impacts des événements extrêmes y sont 20 à 30 fois plus importants selon le dernier rapport du GIEC. En Afrique de l'Ouest, les inondations successives des étés 2009 et 2010 ont affecté plus de 2,1 millions de personnes (United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs, 2009 - F. GEMENNE *et al.*, 2017).

Les zones urbaines d'Afrique sont particulièrement affectées par les phénomènes d'inondation lors de la saison des pluies (M. DIONGUE, 2014), comme en attestent les nombreux événements ces dernières années : Cotonou en octobre 2010, Dakar et Niamey en août 2012, 2020, Nairobi en avril 2016, Douala en juillet 2018, etc. Dans les différentes zones urbaines d'Afrique, une tendance à l'augmentation de la fréquence des inondations est observée, alors que l'intensité des précipitations n'est généralement pas marquée (S. SENE et P. OZER, 2002 ; L. DESCROIX *et al.*, 2013 ; H. HANGNON *et al.*, 2015 ; G.J. GRACIUS et P. OZER, 2016).

La vulnérabilité des villes des pays en développement s'explique par une combinaison de facteurs, le principal étant l'accroissement de la population urbaine par la conjonction de la natalité et de l'émigration rurale. L'Afrique est ainsi le continent avec le plus fort taux de croissance urbaine : environ 3,5 % par an d'après les données de la Banque Africaine de Développement (BAD). Cette urbanisation s'opère souvent sans l'accompagnement d'une planification, d'où un développement urbain mal maîtrisé, générateur de risque (D. SERRE, 2011).

Cette situation engendre généralement une extension du bâti en zones inondables, ce qui favorise une stagnation ou un écoulement des eaux plus important pour des aléas de même amplitude (W. MENAD *et al.*, 2012 ; H. HANGNON *et al.*, 2015).

D'autres facteurs liés à la gestion urbaine augmentent également le risque d'inondation dans les villes africaines : l'absence d'outils de planification, l'insuffisance des réseaux d'évacuation des eaux pluviales ou l'inefficacité des systèmes de collecte des déchets solides (M.B.D. Ahouangan *et al.*, 2014 ; G. T. Yengoh *et al.*, 2016).

Les zones inondables urbaines affectent également des populations marginalisées, installées de manière irrégulière dans des zones périphériques exposées au risque, contrairement à ce qu'il en est le plus souvent de la ville originelle (H. Issaka et D. Badariotti, 2013 ; M. Diongue, 2014). Dans certains de ces quartiers, c'est la fragilité des matériaux utilisés pour les constructions qui crée une vulnérabilité des enjeux face à l'excès d'eau (Razafindrakoto, 2014).

Les retours d'expérience ont montré que la combinaison de facteurs humains et physiques peut accroître le risque, comme dans le cas de certains milieux où se combinent les effets de l'urbanisation, de la mauvaise gestion et de la montée du niveau de la mer (J.M. Zaninetti *et al.*, 2014).

Le Programme Associé de Gestion des Crues (APFM, 2004) utilise une définition de la gestion intégrée des crues centrée sur le développement économique qui stipule que : la gestion intégrée des crues intègre la mise en valeur des ressources terrestres et hydriques dans un bassin fluvial, s'inscrit dans le cadre de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) et vise à donner son ampleur maximale à l'exploitation rationnelle des plaines d'inondation tout en réduisant autant que possible les pertes en vies humaines. Ainsi, des pertes occasionnelles causées par des inondations sont acceptables dans la mesure où elles se justifient par une exploitation de plus en plus rationnelle des terres inondables dans une perspective à long terme.

Quant' à (Kundzewicz Z.W., 1999), il n'est pas toujours possible d'empêcher toute activité en zone inondable, ne serait-ce qu'à cause du bâti existant. De plus, malgré que plusieurs définitions différentes soient en usage.

Pour l'APFM (2007), un développement est durable s'il « répond aux besoins actuels sans nuire à la capacité des générations futures de répondre aux leurs. » En corollaire, les choix présents de gestion ne doivent pas contraindre le développement futur, même si par nature il est difficile à prévoir. La réversibilité implique de prendre en compte les incidences des techniques employées sur l'environnement, dont les modifications sont rarement aisément réversibles.

Ainsi donc, la directive européenne en 2007 invite d'ailleurs à tenir compte des objectifs environnementaux définis dans la Directive Cadre sur l'Eau (U.E. - Union Européenne, 2000) : l'équité, l'évaluation objective du risque - en prenant en compte également des événements extrêmes, et le consensus : le programme d'action doit être négocié avec les parties prenantes et accepté par tous. On peut réduire les effets des crues, mais il n'est pas raisonnable de prétendre les éradiquer. Il faut « vivre avec » l'aléa et recourir aussi à des méthodes non structurelles pour réduire le risque.

En effet, « vivre avec les inondations » implique de réduire l'aléa de manière raisonnée, et réduire la vulnérabilité par des mesures non structurelles : relocalisations, dispositions constructives et protections amovibles, communication et maintien d'une culture des crues suffisante, plan de gestion de crise pour les autorités et pour les individus... (Kundzewicz Z.W., 1999) ; Hayes B.D. (2004) ; Petrow T. *et al.*, (2006).

Pour Krasovskaia I. (2001), le défaut de répartition claire des responsabilités entre les acteurs est un sérieux problème ; elle recommande en particulier la formation continue des personnes chargées de gérer la crise. Kundzewicz Z.W. ; Szamalek K. ; Kowalczak P. (1999) et soulignent que l'absence de crues significatives durant une période peut amener un certain relâchement dans la maintenance des ouvrages et le niveau de préparation, ce qui pourrait contribuer à aggraver les conséquences des inondations, dans les années à venir.

En sommes, les stratégies de gestion de l'eau durables à l'échelle du bassin versant supposent une évaluation objective du risque d'inondation, et doivent intégrer les aspects écologiques, économiques et sociaux. Cependant, la gestion intégrée reste difficile à mettre en œuvre, pour deux raisons de natures différentes :

- La première tient à la difficulté de l'analyse économique. L'évaluation économique apparaît indispensable pour garantir la pertinence d'un projet. Les méthodes connues en France (Erdlenbruch K. *et al.*, 2008), article de Grelot et al.), mais moins répandues que dans les pays anglo-saxons. Les études de (Freebairn J., 2006), (Förster S. *et al.*, 2005) soulignent la difficulté de collecter les données nécessaires à l'évaluation des dommages directs et indirects, morcelés sur le domaine privé. (Lekuthai A. ; Vongvisessomjai S. (2001) sont parmi les premiers à chercher à quantifier des dommages intangibles, en l'espèce les effets du stress induit par les inondations.

Le calcul est compliqué par le fait que les coûts et les bénéfices sont partagés entre des acteurs différents-privé, État, collectivités et (Freebairn J. (2006) et (Loucks D.P. ; Stedinger J.R. ; Stakhiv E.Z., 2006) soulignent que le bénéfice des activités en zone inondable est privé alors que le coût de la protection revient à la collectivité.

Enfin (Point, P. (1999) ; Juliano, K., Simonovic, S. P (1999) ; (Brouwer R. ; Van Ek R. (2004); (Gamper C.D. ; Thoni M. ; Weck-Hannemann H. (2006); (Loucks D. P. (2006)) ont travaillé sur l'évaluation des coûts ou bénéfiques environnementaux ; c'est une tâche difficile, et les résultats quantitatifs dépendent encore fortement des hypothèses prises pour évaluer la valeur des écosystèmes et des services rendus.

- La seconde difficulté dans la gestion intégrée tient à la conciliation des objectifs. Malgré la volonté de trouver des synergies entre protection contre les crues et protection ou restauration environnementales (Pithart D. ; Prach K. ; Francirkova T. (2002) ; U.E. (2007), en pratique il existe souvent des contradictions (Plate E.J. 2002).

Il faut intégrer dans l'évaluation globale du projet des effets aussi différents que la réduction de l'aléa et une modification des écosystèmes. Il faut également reconnaître que des spécialistes de plusieurs domaines, ayant une culture et des objectifs différents, doivent au début faire un effort d'écoute et d'explication de la population victime pour ensuite travailler efficacement ensemble. (Geilen N. *et al.*, 2004) proposent par exemple de définir un « minimum écologique » en milieu fortement modifié, auquel les futurs aménagements doivent se plier.

Par ailleurs, l'évaluation préliminaire des risques d'inondation inclut la description des inondations survenues par le passé et des processus associés, ainsi que les probabilités d'inondations futures (U.E., 2007). L'analyse des informations sur les crues passées permet de comprendre les mécanismes, de repérer les chemins de l'eau, de repérer les points faibles dans les structures ou l'organisation de la gestion de crise et de suggérer des actions à entreprendre (Pitt M. 2007) ; Rapports Parlementaires U.E ; Huet, P. *et al.*, (2002) et Huet, P. *et al.*, (2003).

Ces mesures de terrain sont indispensables pour caler par la suite d'éventuels modèles. L'observation fournit donc des informations précieuses, mais qui dépendent fortement des spécificités de l'événement et du contexte. En effet, les crues sont un phénomène aléatoire, qui dépend de multiples facteurs : intensité et durée bien sûr, mais aussi répartition spatiale de la pluie (rapport IrmaSponge, 2001 (IRMA : Programme d'activités Rhin-Meuse) ; Poulard C. et al. (2009, accepté pour publication), ou encore des conditions d'humidité initiale (Merz R. ; Bloschl G. (2009a) et b).

(Plate E.J. (2002) et (Petrow T. et al. (2006) insistant sur la nécessité de connaître précisément l'aléa suggère de dresser des cartes de submersion pour plusieurs périodes de retour. En effet, des cartes synthétiques et lisibles sont d'excellents instruments de communication, et aident les populations riveraines à prendre conscience de la probabilité d'inondation à laquelle ils sont exposés.

Quand chacun - autorités locales, services de secours et particuliers - connaît le risque, s'y est préparé et sait comment réagir, les dommages et les inconvénients lors d'une inondation peuvent être significativement réduits.

1.4. Présentation du milieu d'étude

La zone d'étude Dyonkoto - Boubon est longue de 15 km et à une servitude de 2 km par rapport au lit majeur du fleuve Niger. Elle a une superficie de 10 955,124 274 ha, et est limitée au nord-ouest par Dyonkoto (Commune rurale de Namaro) et au sud-est par Boubon (Commune rurale de Karma). Par ailleurs, la zone d'étude est comprise entre 1°51'00'' ; 2° 00'47 '' de longitude Est et 13°32'41'' ; 13° 39 '' 05 de latitude Nord.

La figure 1 présente la situation géographique de la bande d'étude Dionkoto - Boubon.

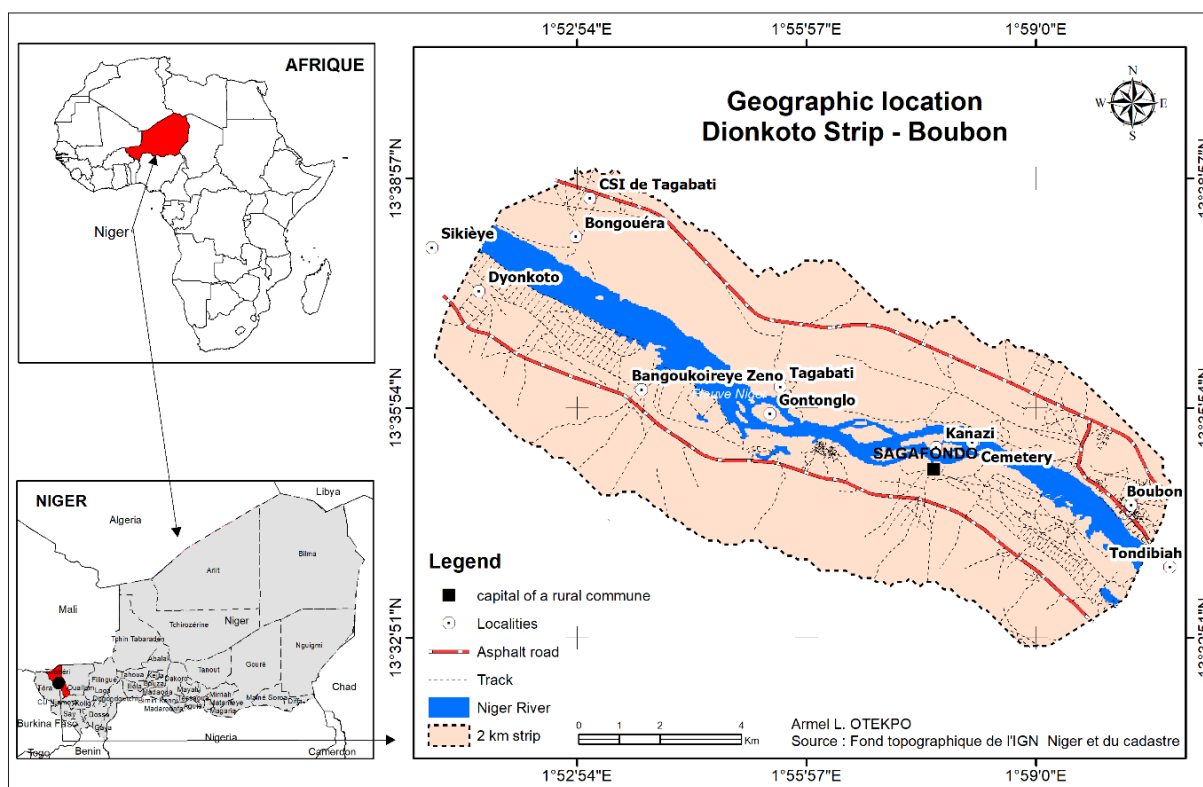


Figure 1: Situation géographique de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon.

La Commune Rurale de Karma est composée de 60 villages administratifs et 63 hameaux, subdivisés en neuf (09) zones, dont la **zone N° 3 Tagabati** (Sallé koira, Tagabati, Tondi banda, Banikane, Tagabati Kourtey, Tinzaou, Donou Dibi) et la **zone N° 4 Boubon** (Boubon, Kanazi, Soudouré peulh, Bongoula, Tondibia peulh, Kolonga, Danbougotongolo Bagou) font partie de notre zone d'étude.

CHAPITRE II : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Le présent travail consiste à utiliser l'approche télédétection pour gérer les risques d'inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger. Cette approche se base sur un ensemble de cartographie numérique détaillée des risques. Ainsi la prise en charge de cette thématique nécessite un certain nombre d'outils et une méthodologie spécifique.

2.1 Approche méthodologique de l'étude

L'approche méthodologique adoptée est multivariée. Elle prendra en compte plusieurs phases telles que : la recherche documentaire, le pré étude, l'étude proprement dite et l'interprétation des données et l'analyse des résultats.

2.1.1 Recherche documentaire

La recherche documentaire est une étape importante qui permet de faire le point des connaissances sur les risques d'inondation et son impact sur le développement local. Elle a été conduite dans les différents centres de recherches, services et institutions dont les activités ont un rapport avec l'objet de notre étude.

Le tableau I présente une synthèse de la documentation utilisée.

Tableau 1: Synthèse de la documentation

| Centre de documentation | Nature du document | Type d'informations |
|---|--------------------------------------|---|
| Mairie de Niamey Mairie de Karma Mairie de Namaro | PDC, rapports | Informations relatives aux fonctionnements de la Commune en considérant la démographie, activités des populations et leur relation par rapport à l'eau, fleuve |
| Médiathèques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey | Mémoire de master et thèse, articles | Informations relatives aux inondations au NIGER, les études sur les phénomènes d'inondations du fleuve Niger à Niamey, les Systèmes d'Information Géographiques et la cartographie des risques de pénurie en eau. |
| Bibliothèque de l'Université de Parakou (Bénin) | Mémoire de Master | Informations générales et à caractère méthodologique sur les différents thèmes liés à la télédétection, aux systèmes d'informations géographiques, aux |

| | | |
|--|--|---|
| | | représentations cartographiques des risques et leurs gestions. |
| Centre de documentation et d'information en ligne du ZIE | Mémoire de Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement | Informations générales et à caractère sur l'hydrologie, l'indice d'humidité, etc. |
| Centre de documentation du LASDEL-Niamey | Rapports, Articles et mémoires | Informations relatives à la problématique des inondations au Niger, perceptions socioculturelles des populations face aux risques d'inondations, etc. |

De plus, des recherches ont été complétées en ligne où une pluralité de documents est disponible. Ces données et informations recueillies sont complétées par celles des enquêtes de terrain.

2.1.2 Nature et sources des données à utiliser

Elles concernent les données satellitaires, socioéconomiques et démographiques.

- ✓ **La télédétection** : les données satellitaires, leurs traitements permettront la réalisation des cartes d'occupations de sols, Indices d'humidité (NDWI). Les images DEM serviront à la réalisation des cartes de reliefs et morphologiques. Par ailleurs, dans cette étude, différentes images satellitaires sont utilisées pour atteindre les objectifs fixés.

Dans ce cadre, seulement les bandes de 10, 20 et 30 m ont été utilisées.

Tableau 2: Caractéristiques des images satellitaires de l'étude

| ID image | Capteur | Date d'acquisition | Résolution | Nombre de bandes | Taille de l'image (km) |
|----------|---------------------------|--------------------|------------|------------------|------------------------|
| | Sentinel-2B | 1er Janvier 2021 | 10 m | 13 | 192*054 |
| | Image de haute résolution | 1er Janvier 2021 | | | 192*054 |
| DEM | SRTM | | 10 – 30 m | - | 192*054 |

Source : Prétude, Image satellite Sentinel 2.

✓ **Données quantitatives**

Les données démographiques sont utilisées dans les bases statistiques de l'INS à travers les données du RGPH de 2012. En effet, les investigations socio anthropologiques ont permis d'appréhender les perceptions des populations sur les facteurs des risques d'inondations et leurs raisons :

- les risques d'inondations face aux équipements et services sociaux (écoles, mosquées, marchés, etc.) ;
- les risques d'inondations face aux ouvrages hydrauliques et aménagement hydroagricole ;
- les risques d'inondations face aux tissus ou espaces rurales ;
- les risques d'inondations face aux routes, etc.

Ces derniers influencent le développement local et l'érosion des berges fluviales.

2.1.3 Outils de collectes des données

Les outils utilisés concernent la grille d'observation, un formulaire de KoboCollect et les guides d'entretien. Ces outils ont permis de collecter des informations sur la perception des populations sur les risques. De plus, l'utilisation de la carte topographique de l'IGNN a permis de représenter certains éléments administratifs. Un appareil photo numérique a été pour les prises de vue sur le terrain, un GPS (Global Positioning System) pour le géoréférencement et pour la prise des coordonnées géographiques.

En plus des outils de collecte, cette étude a nécessité l'utilisation des techniques de collecte appropriées.

2.1.4 Techniques de collecte de données

Les techniques de collecte utilisées concernent essentiellement la recherche documentaire et les investigations en milieu réel afin de recueillir toutes les données et informations nécessaires à la réalisation de cette étude.

2.1.4.1 Enquêtes de terrain

Elles visent à compléter les informations collectées afin de mieux cerner non seulement les réalités du terrain, mais aussi de recueillir la perception des populations relative aux manifestations des facteurs d'inondation. Sur la base d'un échantillonnage prédéfini, les investigations en milieu réel prendront en compte les populations situées le long du fleuve Niger (secteur d'étude).

Les localités riveraines dans la bande définie seront choisies en tenant compte d'une servitude de 2 km par rapport au fleuve Niger. De plus, des observations directes et entretiens ont été réalisés pendant cette phase de terrain qui a été d'une grande utilité.

2.1.4.2 Échantillonnage

Déterminer la population cible située dans la bande d'étude n'a pas été chose aisée, à cause de la mobilité et le manque d'information sur le nombre de ménages et même des populations des localités visitées. L'échantillon a été choisi de façon aléatoire en fonction de l'accessibilité aux sites d'enquête et des risques d'insécurité dans certaines zones.

Cependant, les sites d'enquêtes de façon aléatoire sont : Boubon, Dyonkoto, Bongouéra, Sagafondo, Gontonglo, Kanazi, Tagabati. Bongougouéra Zénon. Au total, **110** personnes ont été enquêtées. La plupart des personnes enquêtées proviennent des milieux ruraux et constitués d'agriculteurs, d'éleveurs, pêcheurs, etc.

Situés à une servitude de 2 km du fleuve Niger, l'agriculture, l'élevage, la pêche constituent la source importante de revenu dans la bande d'étude. Ces activités contribuent à l'amélioration de la vie de ces ruraux à travers la satisfaction des besoins vitaux.

Ainsi, des questionnaires ont été conçus et administrés à ces populations. Les résultats issus de cette enquête sont présentés dans le tableau III.

Tableau 3: Répartition de populations enquêtes

| Localités | Populations enquête | Taux (%) |
|-----------------|---------------------|---------------|
| Boubon | 20,00 | 18,18 |
| Kanazi | 10,00 | 9,09 |
| Bongouera | 10,00 | 9,09 |
| Sagafondo | 15,00 | 13,64 |
| Dyonkoto | 20,00 | 18,18 |
| Gontonglo | 4,00 | 3,64 |
| Bongouera Zenon | 15,00 | 13,64 |
| Tagabati | 16,00 | 14,55 |
| Total | 110,00 | 100,00 |

Source : Enquête du terrain, 2022.

2.2. Méthodes de traitement des données

Pour une meilleure compréhension de l'approche utilisée, les méthodes de traitements sont présentées en fonction des objectifs spécifiques pour ce travail.

Elles concernent le dépouillement du guide d'entretien et le traitement des données. Le dépouillement consiste à faire le point des réponses reçues du formulaire d'enquête de

Kobocollect et guides d'entretien suivant un canevas de tableau conçu dans un logiciel Excel et pouvant permettre de faire des graphiques ou des analyses nécessaires. Le traitement des données quant à lui a permis d'harmoniser les réponses et a élaboré des tableaux et graphiques pour les analyses et interprétations.

Les images satellitaires quant à elle, on permet la réalisation de carte d'occupation du sol à travers la classification orientée par objet (COO), de réaliser les Modèles numériques de Terrain (MNT) et le calcul de l'Indice d'humidité (NDWI).

2.2.1. Approche télédétection, traitement et interprétation des images satellitaires

Les systèmes de télédétection satellitaire fournissent tous des données numériques. Pour effectuer cette étude, les méthodes de traitement numérique ont permis d'utiliser au mieux des données de capteurs disposant de nombreux canaux. Ainsi, les techniques de correction géométrique des images les rendent superposables à des cartes ou superposables entre elles, permettent l'analyse multi dates. À partir de là, trois grandes approches se distinguent :

- Le premier type permet de préparer à partir des données brutes et des restitutions, pour faciliter ensuite une interprétation visuelle privilégiant tel ou tel type de phénomènes. Les procédés de filtrage d'atténuer, de rehausser, ou d'extraire certains aspects de l'information contenue dans l'image et de synthétiser l'information multi spectrale en vue de faciliter son interprétation.
- Le second type de démarche a servi à l'identification et à la classification des pixels composant l'image, en vue de transformer celle-ci en une carte thématique de la bande d'étude. En géographie, la classification est souvent dirigée ou supervisée et qui part d'une connaissance du terrain et du choix d'un certain nombre de sites-test bien identifiés, qui fournit des échantillons statistiques en vue de la classification.
- Le troisième qui concerne le traitement physique en télédétection a permis de comparer les grandeurs physiques extraites de l'image à des mesures de terrain.

2.2.2. Occupation du sol

La méthodologie générale retenue pour cette étude est basée sur le traitement par Classification Orientée Objet (COO) des images de haute résolution.

a- Classification orientée objet (COO)

La Classification Orientée Objet (COO) est une étape qui comprend le prétraitement des images satellitaires.

b- Prétraitement dans le logiciel ArcGIS

Pour couvrir la totalité de la bande d'étude, une mosaïque a été réalisée à partir du logiciel ArcGIS 10.8. Les résultats de la composition colorée (bande 4, 3, 2) des images sentinelles 2B ont permis de discriminer les différents objets au sol. De plus, une amélioration de contrastes a été nécessaire pour faire ressortir les différents types de surface sur les images multispectrales pour mettre en évidence certains phénomènes environnementaux.

c- Traitement des images satellites dans ENVI 5.3

La classification des images issue de la télédétection, a été faite à travers le logiciel ENVI 5.3 dont les étapes partielles sont décrites comme suit :

- Lancez ENVI 5.3 à partir du bureau de l'ordinateur
- Ouvrir l'« image Sentinelle 2B à partir du menu ENVI : File puis open
- Dans Toolbox cliquez sur Feature Extraction
 1. Example based feature extraction
 2. Data selection: Input raster: image Sentinelle 2 puis Next
 3. Object creation
 - 4.

❖ Segmentation

La segmentation est la description ou la représentation de l'image en termes de contours et régions. Le but de la segmentation est de décomposer l'image en un ensemble de régions chacune d'entre elles étant homogène au sens d'attributs préalablement définis tels que la luminosité, la texture et la couleur..., etc. Ces régions correspondent idéalement à des objets du monde réel. ENVI 5,3 utilise un algorithme de segmentation rapide et ne nécessite qu'un seul paramètre d'entrée qu'est le niveau d'échelle (Merge Level: ML).

Le choix d'une valeur appropriée pour le ML est considéré comme l'étape la plus importante dans l'approche orientée objet. La valeur du niveau d'échelle (ML) permet de bien affiner la segmentation des objets de l'image satellite et elle a un impact direct sur la précision de la classification. Il s'agit de Full Lambda Schedule dont le niveau de Merge Level doit être compris entre 75 et 95.

d- Post-traitements

ArcGIS permet de faire la correction des polygones et polygones, l'extraction des données quantitative, l'élaboration de la carte d'occupation du sol puis leur mise en page.

Par ailleurs, les résultats primaires obtenus sont utilisés pour produire des cartes qui peuvent en cas d'erreur sembler bruitée du fait du changement de modes d'usages des terres d'un pixel à l'autre, très fréquent sur les images à Haute Résolution Spatiale. Le filtrage post-classification permet de nettoyer l'image de classification brute et réduire les erreurs tout en éliminant les pixels isolés.

e- Validation de la classification

L'évaluation de la validation de la classification se fait à travers la visualisation de la matrice de confusion.

Cette étape consiste en une confrontation statistique du résultat de la classification précédente avec le résultat de la mission de validation de terrain et l'observation d'images satellite. Les fenêtres d'observation de référence (3 fenêtres au total) sont d'environ 05 km de long en suivant le fleuve Niger. Ainsi, la classe majoritaire sur la fenêtre considérée est gradée comme résultat de la photo-interprétation afin de valider la carte.

➤ Comparaison de la variation des échantillons

Il s'agit d'évaluer et de comparer deux échantillons de la variation entre les échantillons suivant deux sous-périodes.

Le calcul statistique permet de comprendre la dynamique des événements d'une année à l'autre ou d'une période à l'autre. Il est noté déficit (De) en % et est calculé par la formule suivante :

$$De = \frac{x_2 - x_1}{x_1} \times 100$$

Avec : x_1 , la superficie des différentes unités paysagiques de l'année x

x_2 , la superficie des différentes unités paysagiques de l'année y

Si $De < 0$, la superficie de l'unité concernée est dite en régression ;

Si $De > 0$, la superficie de l'unité concernée est dite en progression ;

Si $De = 0$ superficie de l'unité concernée est stable dans le temps et dans l'espace.

2.3. Analyse des zones à risque d'inondation

En général, il est attribué aux facteurs de risque d'inondation un coefficient de sensibilité allant de 1 à 5 représentée sur une carte par un code de couleur illustré dans la figure ci-dessous. Cette méthode a été adoptée par Thyamou F. (2020, pp. 27)

Les palettes de couleur identifiées sont remplacées par la couleur initiale des pixels thématiques représentés sur les cartes par couleurs correspondant à la sensibilité pour obtenir une carte de

synthèse traduisant la sensibilité recherchée. Cependant, cette codification ou pondération est généralement réalisée à la discrétion des experts avec, toutefois, une validation effectuée auprès des décideurs. Ici, le risque est perçu comme une éventuelle occurrence d'un Aléa sur les enjeux potentiellement vulnérables. L'étude de ces risques se base sur deux (2) principaux points :

- 1- L'analyse et la cartographie des aléas portant sur la connaissance des phénomènes naturels à l'origine des dommages, leurs processus et leurs fonctionnements. Il a été question d'analyser les caractéristiques morphologiques, topologiques, pédologiques et hydrologiques contrôlant le phénomène.
- 2- La cartographie et évolution des vulnérabilités des enjeux. Il s'agit d'intégrer les données sur les activités anthropiques et socio-économiques dans l'évolution du risque des inondations, tout en sachant que ce risque est de prime à bord un objet social. C'est donc la carte des aléas combinés à la carte de vulnérabilité qui permet d'obtenir la carte des risques (E. Dutrieux et *al.*, [2000]. La figure 2 présente l'échelle de mesure de la probabilité des risques d'inondations, d'après Thyamou Fabrice [2020].






| Codes | Intensités | Descriptions | Couleurs |
|-------|-------------|--|---|
| 1 | Très faible | Il est quasi impossible que le risque se produise |  |
| 2 | Faible | Il y a peu de chance que le risque se produise |  |
| 3 | Moyenne | Il est possible que le risque se produise |  |
| 4 | Forte | Il y a une très forte chance que le risque se produise |  |
| 5 | Très forte | Il y a une quasi-certitude que le risque se produit. |  |

Figure 2: Échelle de mesure de la probabilité des risques d'inondations

Source : Thyamou F. [page 25, 2020]

Pour élaborer les cartes des différents aléas, une pondération basée sur la superposition de plusieurs rasters des facteurs d'inondations caractérisant l'aléa, en utilisant une échelle de mesure commune comprise entre 1 à 10.

Après cette pondération, les éléments de même valeur sont regroupés et transformés en pixel. Les pixels obtenus sont classifiés, reclassifiés et le résultat de cette opération donne un aléa des facteurs composés de 5 degrés de sensibilité.

Il s'agit : sensibilité très faible, faible, moyenne, forte et très forte.

L'établissement de la carte de vulnérabilité suit le même processus que la carte de l'aléa. L'obtention de la carte de vulnérabilité provient de la rastérisation de ces données codifiées dans la couche vectorielle de l'enjeu.

Enfin, la carte des risques issue de la combinaison de l'aléa lié aux inondations et la vulnérabilité. Pour cette combinaison, la fonction *Somme pondérée* [Analyse Spatial] de l'outil Toolbox du logiciel ArcGIS 10.8. Pour chaque carte de risque, les pixels ayant la même valeur portent la même couleur afin de faciliter la lecture des niveaux de risque.

2.3.1. Cartographie de l'aléa

L'aléa pour cette étude prend en compte différents facteurs agissant directement ou indirectement sur la zone d'étude. Ces facteurs sont : la pente [relief], la densité de drainage, la présence des zones humides, la pluviométrie... Ces facteurs ont permis la réalisation de la carte des aléas liés à l'inondation.

- **Zone de dépressions**

Plus le relief de la bande d'étude est bas plus, il est susceptible d'être inondé, car les zones basses constituent les points de convergence des différents cours d'eau. Cette zone des dépressions est obtenue en procédant à une reclassification de MNT de la zone d'étude [voir carte MNT Chapitre 3].

- **Types de sols**

Les types de sol constituent un élément très important pour la détermination des facteurs favorisant l'inondation.

Sur l'ensemble de la bande d'étude, le type de sol dominant est ARWL [Automated Reservoir Water Level].

- **Indice d'humidité des sols**

L'acquisition des images satellites est la première étape de ce travail, le second est la prélocalisation des zones humides potentielles à travers ces images par la méthode de NDWI [Indice d'Eau par Différence Normalisé ou Normalised Difference Water Index]. La méthodologie NDWI comporte des étapes successives conduisant à la détection des zones humides. Elle combine des informations de différents néo-canaux, de seuillages, de classifications non dirigées, dont le cadre est contraint par l'indice topographique de K. BENVEN et M. J. KIRKBY [1979]. En cela la méthode peut être qualifiée d'hybride [S.A. SADER *et al.*, 1995, p. 16]. Elle consiste à l'identification des surfaces d'eau libre par un indice spécifique NDWI qui se calcule comme suit :

NDWI = $[\text{PIR}-\text{MIR}]/[\text{PIR}+\text{MIR}]$; Avec :

PIR : la réflectance correspondante au spectre du proche infrarouge et

MIR : celle correspondant au spectre du moyen infrarouge.

Pour ce calcul, les bandes utilisées proviennent de l'image satellite Sentinelle 2 B. Il s'agit des bandes B3 et B8A.

NDWI = $[\text{B3}-\text{B8}]/[\text{B3}+\text{B8A}]$

- **Densité de drainage du fleuve**

La densité de drainage est un des indicateurs morpho métriques d'analyse d'un réseau hydrographique. En effet, elle permet dans le cas de notre étude à catégoriser l'aptitude d'un drain à laisser écouler plus ou moins facilement et rapidement l'eau gravitaire qu'il contient et cela de façon naturelle [Konaté, 2011]. Cette densité de drainage est générée par l'outil "Spatial Analyst Tools" de ArcGis et reclassée en cinq classes.

- **Pentes**

La vitesse de circulation de l'eau dépend des pentes. Ces pentes sont générées automatiquement dans ArcGis 10.8 à l'aide de l'opération "Slope" avec SRTM comme donnée d'entrée.

2.3.2. Cartographie de la vulnérabilité de l'enjeu

La vulnérabilité des enjeux et des personnes, biens et environnements pouvant être affectés par l'aléa. Elle transcrit la sensibilité des enjeux [l'occupation du sol et humaine] au phénomène [Pottier, 1988 ; Maurel et al, 2003]. Elle est obtenue par le croisement de l'occupation du sol et la densité de la population.

- **Élément d'occupations du sol**

Les éléments d'occupation du sol sont obtenus par le traitement des images satellites de hautes résolutions. Ils sont composés de plusieurs entités, à savoir :

- Agglomération : [bâti, infrastructures, équipements et services sociaux] ;
- Mosaïque de champ et jachère [périmètres aménagés, surface de production agricole],
- Routes et déserte [voies bitumées, pistes rurales...] ;
- Végétation ;
- Ilots de sable ;
- Carrière de sable ;
- Sols nus ;
- Plans d'eau [fleuve Niger, marre, étrange...]

- Galeries ;
- Surface rocheuse.

2.3.3. Cartographie du risque d'inondation

Pour cette étude, la méthode utilisée pour la cartographie des risques d'inondations est la combinaison ou le croisement entre l'aléa et l'enjeu. La formule se présente comme suit :

$$R = A \times E \text{ Avec : } R : \text{Risque ; } A : \text{Aléa ; } E : \text{Enjeu}$$

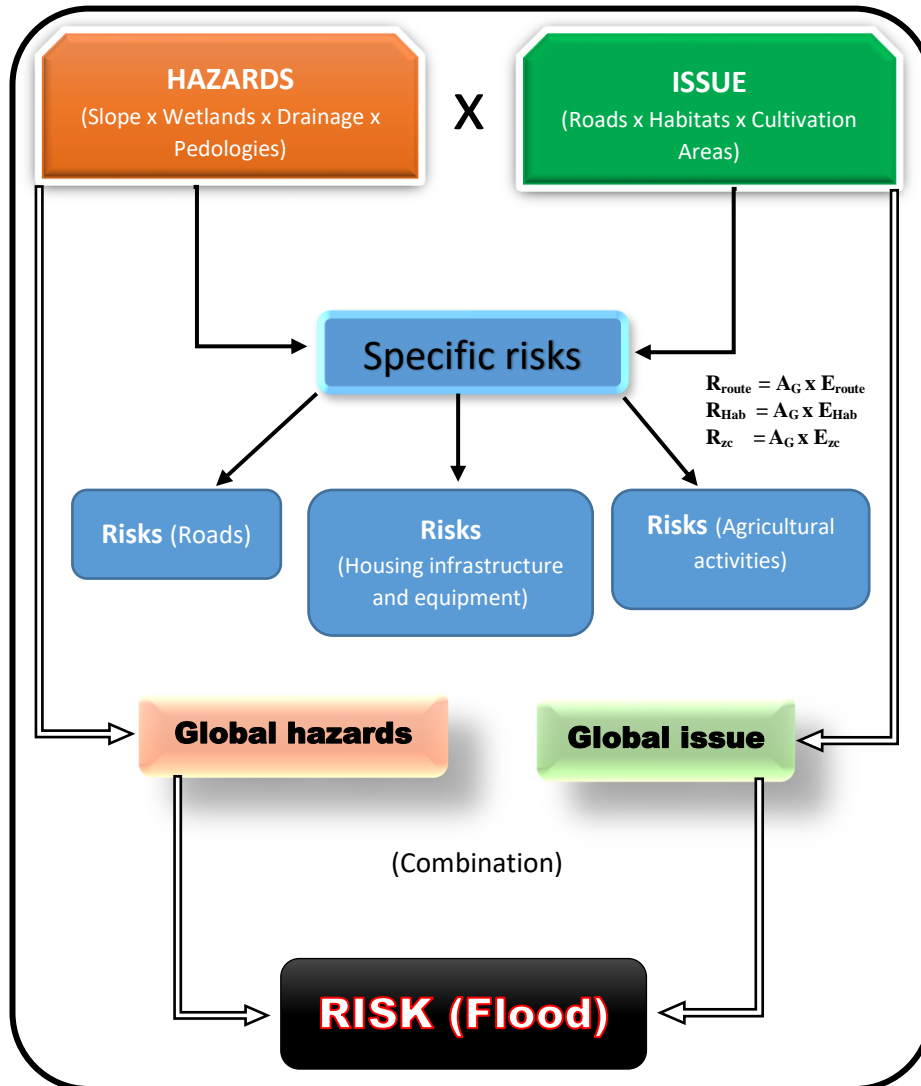


Figure 3: Schéma de cartographie des risques d'inondations.

Source : OTEKPO L. Armel

2.3.4. Analyse des résultats

Le modèle d'analyse FPEIR (Force Pression État Impact Réponse) permet d'aborder l'objectif spécifique 3 : Stratégie de gestion de risque d'inondation pour un développement local durable.

La figure 4 présente le schéma d'analyse.

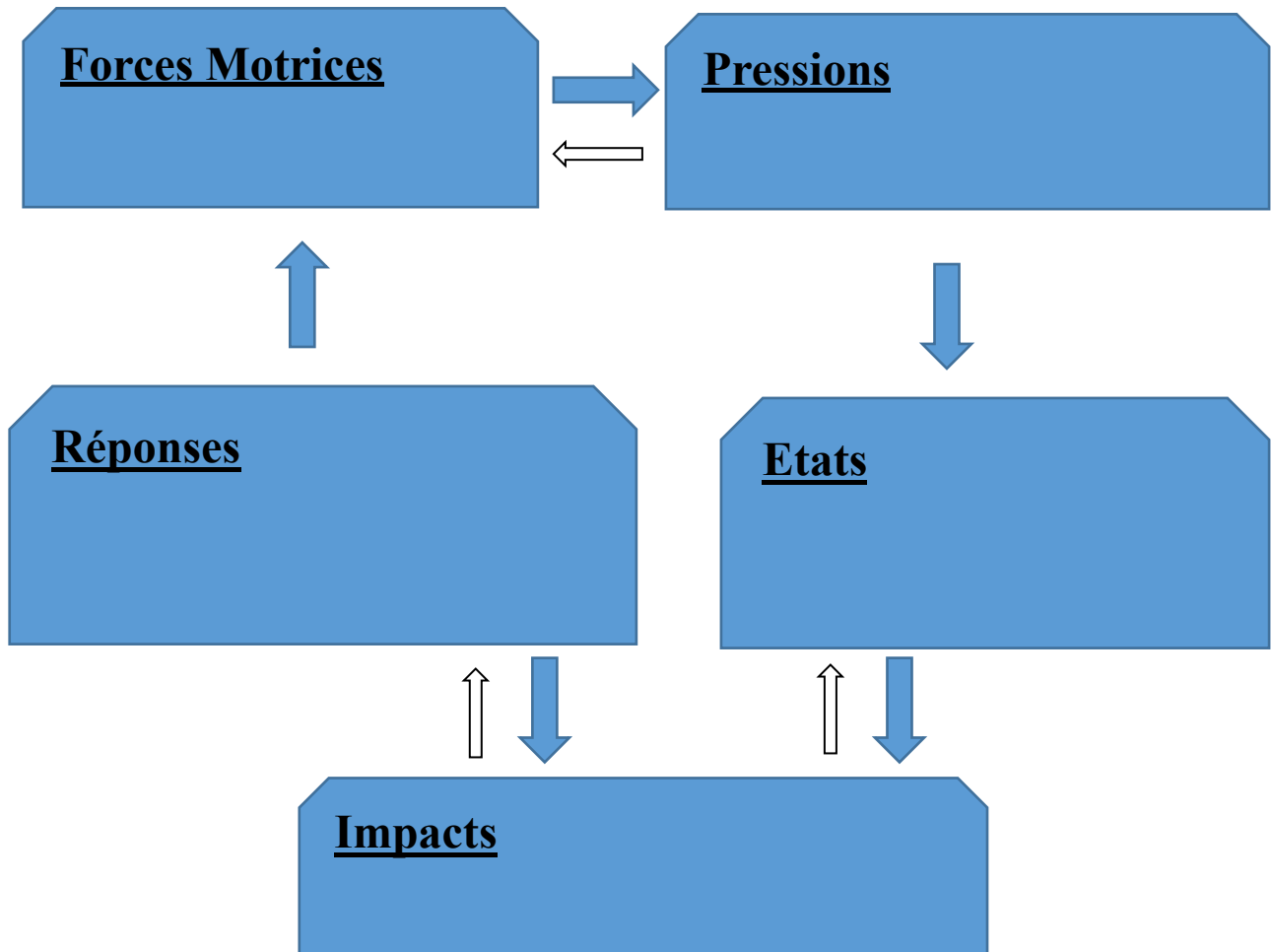


Figure 4:: Modèle d'analyse FPEIR.

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le Chapitre III présente les résultats issus de la collecte des données, identification et cartographie des facteurs d'aléas liés aux inondations ; identification et la cartographie des vulnérabilités (enjeux) face à la montée des eaux ; et la cartographie du risque d'inondation dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger.

3.1 Résultats

La mise en œuvre de la méthodologie décrite précédemment a conduit à des résultats présentés dans cette première partie.

Ainsi, du traitement des images satellites et des données de terrain ont permis d'une part, à l'identification des facteurs favorables aux inondations, et d'autre part, à la cartographie des aléas, des enjeux, et des risques d'inondations dans la bande d'étude, Dyonkoto - Boubon.

3.1.1 Facteurs de risque d'inondation

Plusieurs facteurs sont à la base des risques d'inondation observée au niveau de la bande Dyonkoto - Boubon situé le long du fleuve Niger. Il s'agit de :

- Le développement des activités socio-économiques dans le passage du fleuve Niger,
- L'ensablement du fleuve Niger,
- La construction des habitations dans le passage du fleuve Niger
- La morphologie de la zone d'étude,
- La présence des zones humides,
- La pente et le réseau hydrographique.

3.1.1.1 Développement des activités socio-économiques dans le passage du fleuve Niger

Les différentes activités surtout agricoles et minières fragilisent le sol et facilitent l'érosion grâce aux drainages du sable. Ce dernier s'installe dans le lit des cours d'eaux et fleuves en formant des îlots et dunes de sable.

La planche 1 respectivement un lieu d'activité agricole (riziculture) et la fabrication de brique, une source économique pour la population dans la bande d'étude.

Planche 1 : Activité agricole (riziculture) et la fabrication de brique



Planche 1a : Riziculture

Planche 1b : Fabrication de brique

Planche 1 : (a) riziculture, (b) Fabrication de brique

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022

Cependant, les activités liées à la fabrication des briques induisent la dégradation des berges, provoquant l'avancé des eaux pendant les montées.

3.1.1.2 Ensablement

L'ensablement du fleuve Niger est un facteur qui constitue aujourd'hui une menace pour les populations situées sur la bande Dyonkoto - Boubon du fleuve Niger et pour la vie aquatique. En effet, le processus d'ensablement s'effectue au travers des affluents qui charrient une énorme quantité de sable pendant la saison pluvieuse et la dépose dans le lit. Ce processus est très important que le phénomène est visible en période d'étiage (avril-mai), et même avant la période d'étiage. Le cas de la zone d'étude est tellement visible et le niveau de hauteur du sable dans le lit laisse à désirer. Les planches 2 suivantes présentent le phénomène d'ensablement du fleuve Niger.



Planche 2: Ensablement dans le lit du fleuve Niger, fond occupé par des bancs de sable et une végétation à Gontonglo

Clichés : Lémonla Armel Otekpo, Gontonglo mars 2022



Cliché : Lémonla Armel Otekpo, Sarando et Kanazi mars 2022.

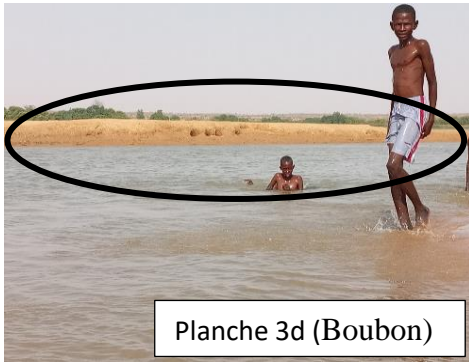


Planche 3d (Boubon)



Planche 3e (Sagafondo)



Planche 3f (Tagabati)

Planche 3: Ensablement dans le lit du fleuve Niger, fond occupé par des bancs de sable et une végétation à Sarando (Planche 3a et 3b) et à Kanazi (planche 3c).

Clichés : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022

Les photographies de la planche 3 montrent que le phénomène d'ensablement du fleuve Niger prend l'allure d'une menace extrêmement préoccupante aussi bien pour les habitants si l'on se réfère aux dernières crues enregistrées sur toute la bande (2010, 2012, 2013, 2015, 2019 et 2020), où les personnes enquêtées (100 %) témoignent du niveau de plus en plus élevé du sable qu'apporte le fleuve.

On note aussi la présence d'un long banc de sable avec une habitation de fortune sur une dune de sable à Boubon (planche 3d) qui constitue un poste de surveillance contre les animaux dévastateurs dans les champs, en priorité les hippopotames. Les populations rizicoles font des habitations au milieu de ces tas de sable afin de monter la garde la nuit pour chasser les animaux. Ces habitations précaires servent aussi de tente de repos en journée pour les mêmes populations pêcheuses et maraîchères faisant de la culture de contre-saison.

Les villages de Sagafondo et Tagabadi présentent des berges fluviales peu profondes (planche 3e et 3f) qui constituent des lieux de jeux et d'entraînement à la natation des enfants.

Ces berges sont également exploitées par les femmes pour la vaisselle, la lessive, etc.



Photo 1 : Femmes du village de Tagabi faisant les activités domestiques au bord du fleuve.

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022.

3.1.1.3 Construction des habitations dans le lit du cours du fleuve

Les populations qui se sont installées en zones inondables sont plutôt pauvres et construisent le plus souvent en matériaux précaires, très peu résistants en cas d'inondation. Elles subissent de plein fouet les dommages importants dus aux inondations.

Selon les enquêtes de terrain, la bande d'étude est dominée par les communautés Zarma et Sonrai. L'ethnie Kourté venue du Mali et des pays voisins est présente aussi dans la bande. Ces dernières sont donc des colons agricoles à la recherche de terre fertile pour l'agriculture, la pêche et l'élevage. La figure 5 présente les communautés dans la zone d'étude.

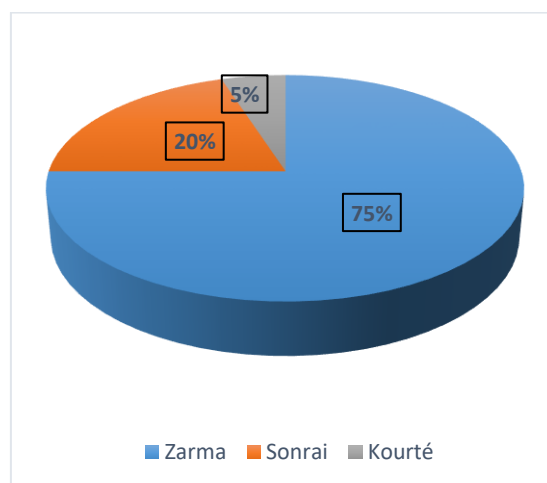


Figure 5: Différentes communautés présentes dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon.

Il ressort des résultats d'enquêtes, que les activités dominantes sont l'agriculture et la pêche. L'élevage associé à l'agriculture reste une activité complémentaire pour les populations. Par ailleurs, le maraîchage et le petit commerce viennent en second lieu comme activité. La porterie, l'exploitation des carrières de sable, et la couture viennent en troisième lieu comme activités pratiquées par la population de la zone d'étude. Le nombre d'années d'expérience dans la pratique de ses activités par la population varie de 8 ans et 50 ans.

C'est de cette exploitation des carrières de sable que la Mairie de la Commune Rurale de Karma tire une partie de ses recettes pour la gestion communale. La planche 4 présente une carrière de sable à Boubon et le véhicule de transport.

Planche 4 : Carrière de sable à Boubon et le véhicule de transport.



Planche 4a : Véhicule de la Mairie en route pour la carrière Planche 4b : Carrière de Sable de Boubon

Planche 4 : (a) Véhicule de la Mairie en route pour la carrière (b) Carrière de Sable de Boubon

Cliché : Lémonla Armel Otekpó, mars 2022.

Cependant, le chargement de sable varie entre 35 000 F CFA et 60 000 F CFA. Cette variation est due à la distance qui sépare la carrière et le lieu de livraison du client.

En outre, les cas spécifiques des localités de Sarando, Gontonglo et Kanazi montrent que ces populations vivent sur des îles plates formés à partir du transport des sédiments. La photographie aérienne de la photo 2 présente le cas du village de Kanazi, localité située sur un îlot.



Photo 2: Image aérienne du village de Kanazi

Source : Google Earth, 2022.

Face à tous ces dangers liés aux cas d'inondations, les populations s'entêtent dans la reconstruction des mêmes types d'habitats. La majorité de personnes enquêtés (80 %) affirme n'ayant aucun autre endroit où aller, ainsi préfèrent reconstruire leurs maisons avec les mêmes matériaux, espérant que les futures inondations n'aient pas d'effet fort, que ceux précédentes violentes.

Les résultats issus des enquêtes de terrain, montre que 75 % des personnes enquêtés ont un niveau d'instruction primaire, ce niveau de connaissance éducative, limite leur compréhension des effets des inondations. Les observations faites sur le terrain ont montré un manque ou une précarité des infrastructures scolaires ce qui engendre une baisse du niveau de la scolarisation. Les enfants non scolarisés accompagnent leurs parents dans les activités génératrices de revenus. Le cas des villages de Namaro et Gontonglo en est des preuves, où ils sont obligés d'aller à l'école sur un autre îlot à Kanazi ou Boubon. Ces jeunes enfants participent à la construction des habitats de leurs parents et amis, et s'adonnent à la recherche d'argent, par la fabrication de briques en argile.



Planche 5a



Planche 5b

Planche 5: Fabrication de brique dans le village de Boubon

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022.

Très tôt, ces enfants désertent l'école à la recherche d'argent et contribuent aux charges de leur famille. La matière première de fabrication (l'argile, l'eau du fleuve, le soleil pour sécher la brique) est gratuite. Selon les données d'enquêtes de terrain, en moyenne un enfant peut gagner entre 1 500 F CFA à 4 000 F CFA / jour.

Le mercredi jour de marché de Boubon, le rendement peut monter jusqu'à 9 000 F CFA (car le marché de Boubon à une grande berge fluviale, et le marché s'anime au bord du fleuve.

Les jeunes enfants peuvent fabriquer des briques et les exposent comme marchandises. Les populations de villages environnantes en quête de briques pour la construction viennent s'en procurer, en les chargeant soit sur les charrettes tirées par des ânes, ou remplissent leur pirogue de briques. Les conséquences directes de ces activités laissent entrevoir des absences et abandons dans le rang des écoliers surtout garçon.

La photo 03 présente quelques artisans interviewés durant l'enquête de terrain à Sagafondo sur l'intention d'être relogé sur un nouveau site ou leur intention de retourner dans leurs habitations (des anciens lieux inondés).



Photo 3: Quelques artisans interviewés du village de Sagafondo

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022.

La photo 03 prise derrière cette nouvelle maison en banco est un exemple déjà de l'intention pour le retour dans son ancienne habitation détruite par la réparation de celle-ci, toujours en terre battue.

3.1.1.4 Géomorphologie de la zone d'étude

La morphologie ou la topographie du terrain influence la zone d'étude. Cette morphologie du

fleuve Niger dont fait partie le secteur d'étude a une forme naturelle de lit et des berges qui déterminent le processus d'écoulement et la qualité de l'eau.

De plus en plus, l'homme par ses actions diverses accélère le processus le transport et le dépôt des sédiments dans les lits des cours d'eau, formant ainsi des îles et dunes de sable. C'est le cas de la petite île de Kanazi, de Sarando et Gontonglo qui occupent le lieu d'écoulement des eaux l'obligeant à changer de direction.

La figure 6 présente la morphologie du Modèle Numérique de Terrain [MNT] de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon.

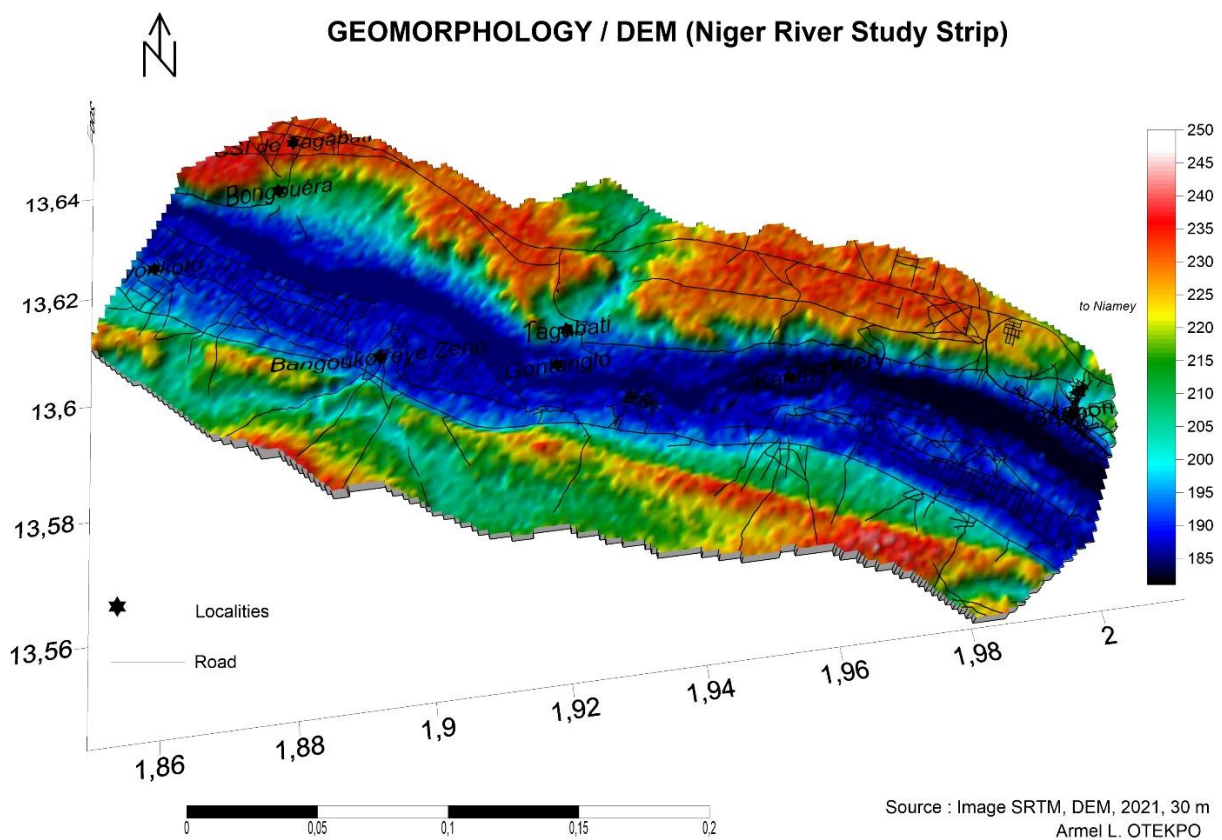


Figure 6:: Modèle numérique de Terrain [MNT] de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon.

Source : Image SRTM, DEM, 2021

Précision : 30 m

D'après la figure 6, le point le plus bas [181 m d'altitude] de la bande d'étude correspond au niveau du lit mineur du fleuve Niger qui présente la ligne d'écoulement des eaux en temps normal. Elle se caractérise par une couleur bleu foncé, et les points les plus élevés de la bande d'étude [250 m d'altitude] se situent hors du lit majeur du fleuve Niger, qui se trouve à l'extrémité des berges, caractérisées par la couleur rouge.

Les populations se trouvant dans le lit mineur, ainsi que dans le lit majeur ont une forte probabilité d'être touchées pendant les périodes de crue. Au-delà des facteurs climatiques,

topographiques et environnementaux qui agissent également sur le processus de ruissellement qui modifie la morphologie et les propriétés physico-chimiques de la surface du sol, nous avons les facteurs pédologiques.

3.1.1.5 Nature du sol

Le sol un est facteur qui influence la survenue des inondations. En effet, les inondations résultent d'apports hydriques en excès, qui ne peuvent pas être évacués normalement par gravité, avec des extensions territoriales et des durées variables. Le sol va jouer un rôle prépondérant par sa nature, sa distribution spatiale et son utilisation anthropique.

La faible capacité de rétention en eau de sol est une des principales causes de la genèse des inondations. Lorsque l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration de la surface du sol, on parlera de ruissellement « hortonien ». En revanche, un sol, partiellement ou totalement saturé en eau par une nappe souterraine superficielle, génèrera du ruissellement « par saturation ». Dans des cas bien particuliers, ces deux types de ruissellement peuvent se produire en même temps et produire subitement des inondations catastrophiques.

3.1.1.6 Indice d'humidité [NDWI]

Les facteurs zones humides sont déterminants dans la cartographie des risques d'inondation. La figure 7 montre les zones humides du secteur d'étude allant de Dyonkoto à Boubon.

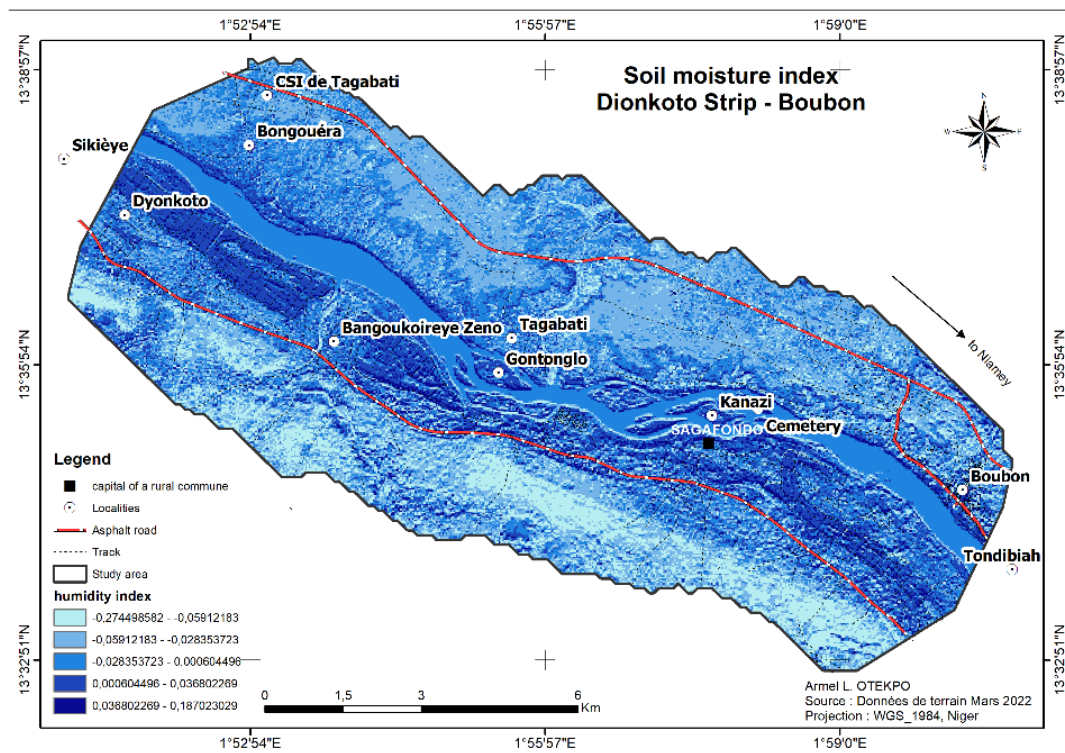


Figure 7:: Zones humides du secteur d'étude allant de Dyonkoto à Boubon.

Il ressort de la figure 7 que lorsque l'indice d'humidité est compris entre -0,274 et 0,187. Au voisinage de 1, le sol est humide [supérieur à 1, le sol tend vers la saturation]. Inversement, lorsqu'il tend vers 0, le sol est en état de stress hydrique [inférieur à 0, il indique que le sol est très sec]. L'analyse NDWI de la carte montre que la méthode d'extraction des zones humides du secteur d'étude n'a pas réussi à éliminer la plupart des informations trompeuses dans les cas de saturation et de stress hydrique. Dans le secteur d'étude, certaines parties ont été classées comme des zones potentiellement sèches, à cause de l'étendue du sable en présence, et l'absence de la végétation. Il s'agit surtout des zones de forte réflectance de la lumière [voir, figure image satellite].

Les zones trompeuses potentiellement sèches identifiées sur la carte montrant l'indice d'humidité sont représentées par les couleurs bleu clair, avec pour indice [-0,274 à -0,059].

3.1.1.7 Pente

L'inclinaison de la pente des versants du bassin hydrographique du fleuve Niger agit sur la vitesse d'écoulement de l'eau tandis que sa longueur favorise des débits importants et la concentration des eaux.

3.1.1.8 Pluviométrie ou régime pluviométrique

Le régime pluviométrique enregistré dans la bande d'étude Dyonkoto-Boubon, n'est pas local. Il est la résultante de plusieurs variabilités pluviométriques et la modification du régime des bassins versants afflue du fleuve Niger en amont du delta intérieur qui engendre de grandes crues en aval.

L'analyse des enregistrements météorologiques en amont de la bande d'étude Dyonkoto-Boubon, précisément de neuf [9] stations piézométriques des trois [3] pays : Guinée, Mali, Burkina permet de mieux comprendre l'impact du régime pluviométrique sur les risques d'inondation dans les pays situés en aval.

Cas de la Station de Bamako

Les figures 7 et 8 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries et l'évolution interannuelle sur 30 ans à la station de Bamako au Mali.

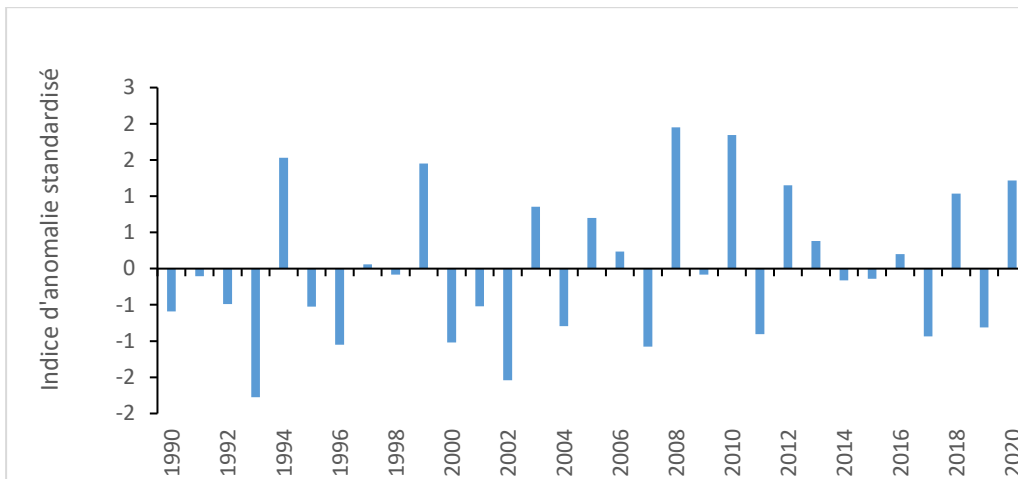


Figure 8: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

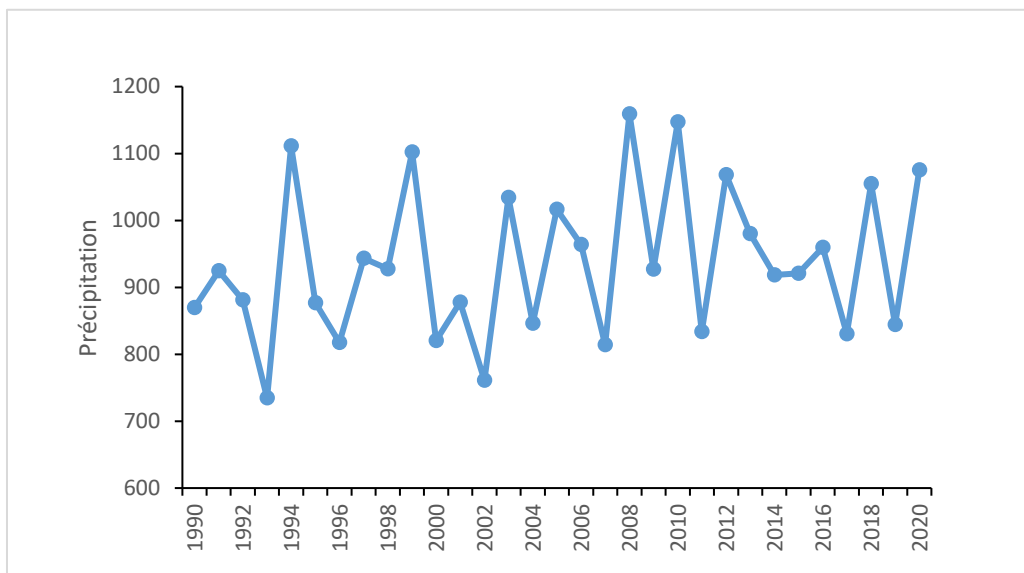


Figure 9: Évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Bamako sur la période de 1990-2020.

L'analyse des figures 8 et 9 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années à pluviométrie déficitaire, caractérisées par les indices standardisés négatifs.

L'étude des tendances montre une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

Les plus fortes précipitations sont enregistrées en 1994, 1999, 2008, 2010, 2012, 2018 et 2020. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 1993. La moyenne annuelle de pluie totale est de 936,9 mm. L'écart type est de 113,9 mm. Les années excédentaires sont obtenues

par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se trouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [734,6 mm ; 1159,2 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace. Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 936,9 mm. Les périodes ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 936,9 mm, elles sont déficitaires.

La figure 10 montre le régime pluviométrique de Bamako

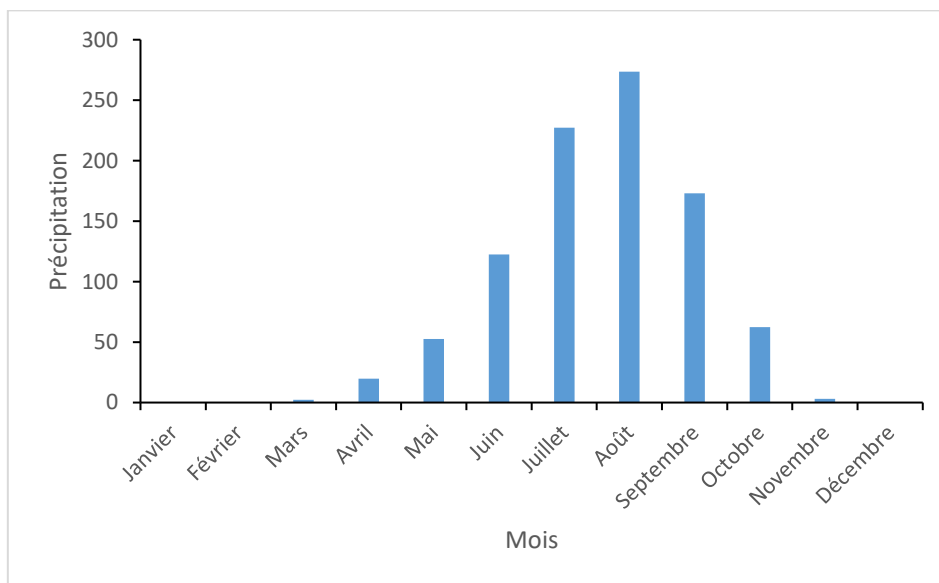


Figure 10: Régime pluviométrique de Bamako

La saison sèche commence à partir de la fin du mois d'octobre et s'étend jusqu'au mois d'avril. Les périodes de mai à octobre sont bien arrosées. Le mois de mai marque souvent un début aléatoire de l'installation de la saison pluvieuse, mais il est cependant capital sur le plan agricole. Les mois de juillet, août, et septembre sont les mois les plus pluvieux avec notamment un pic en août. À partir du mois d'octobre, les moyennes de pluie baissent considérablement jusqu'en avril.

Cas de la Station de Faraba

Les figures 11 et 12 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Faraba.

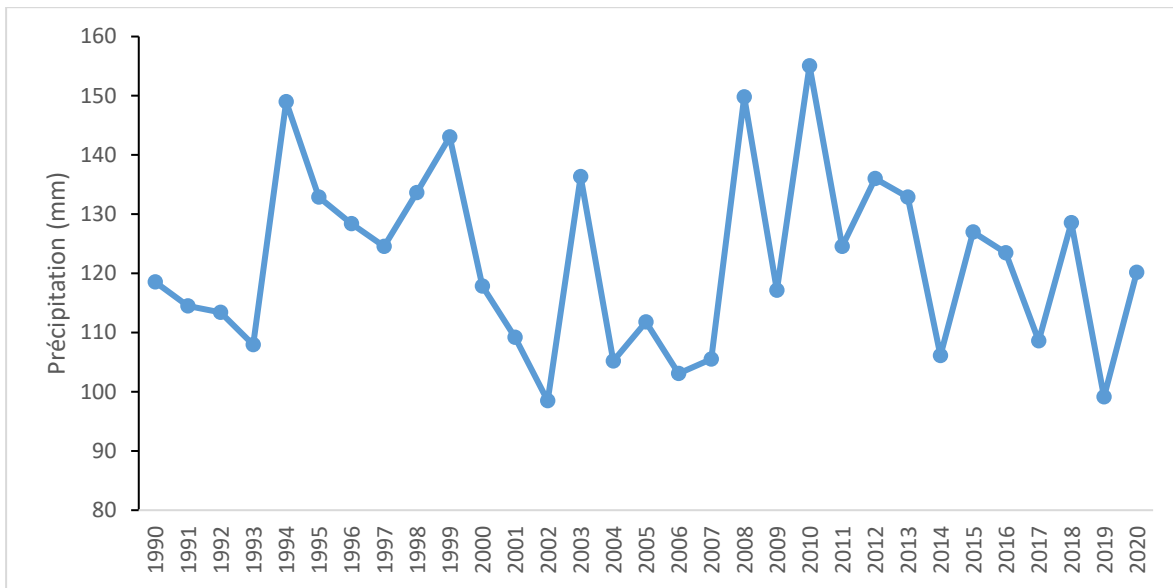


Figure 11: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

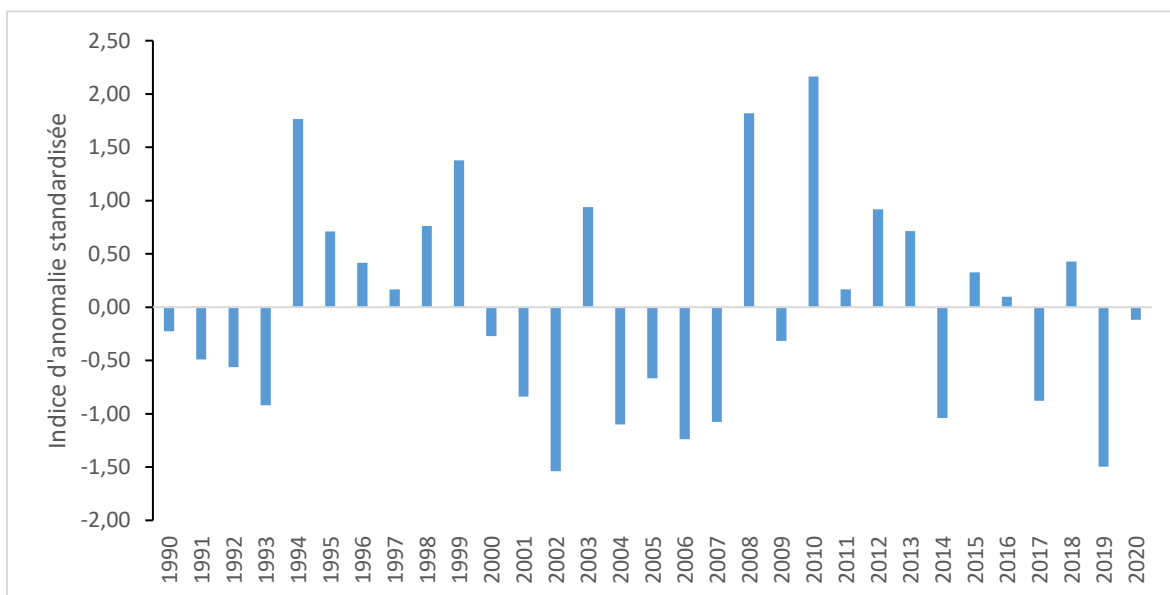


Figure 12: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Faraba sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 11 et 12 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années déficitaires, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1994, 1999, 2003, 2008 et 2010. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2002. La moyenne annuelle de pluie totale est de 121,9 mm. L'écart type est de 15,2 mm.

Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type. Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [98,4 mm ; 155,06 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, pour la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 121,9 mm. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 98,4 mm, elles sont déficitaires.

La figure 13 montre le régime pluviométrique de Faraba.

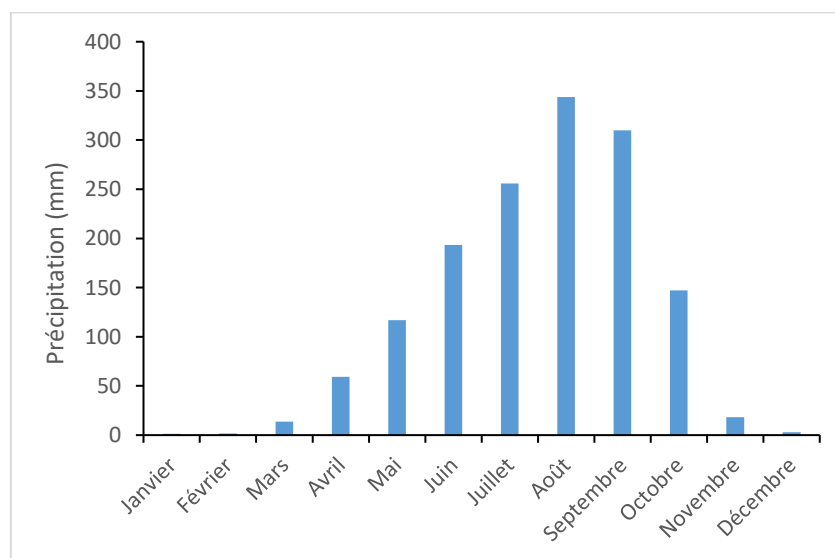


Figure 13: Régime pluviométrique de Faraba

Il ressort de figure 13 que le régime pluviométrique de Faraba est un modal caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. On note ainsi que les mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre sont les plus arrosés avec un pic au mois d'août, tandis que les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril sont les mois les moins arrosés à Faraba.

Cas de la Station de Faranah

Les figures 14 et 15 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Faranah.

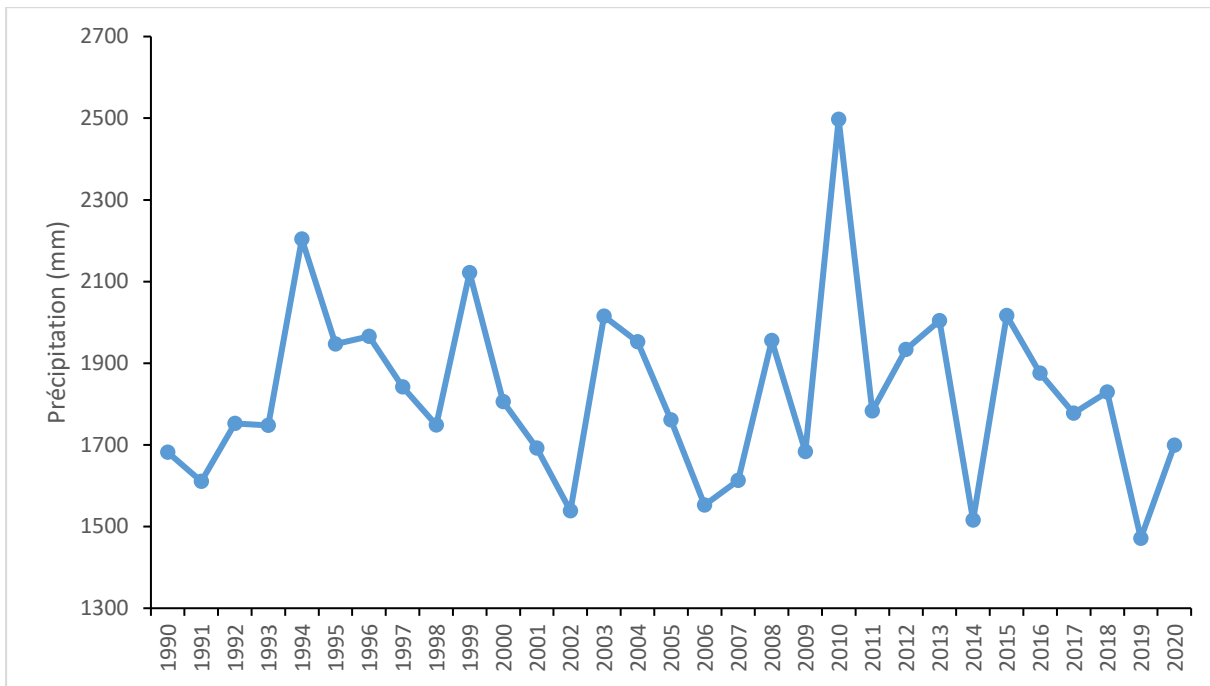


Figure 14: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

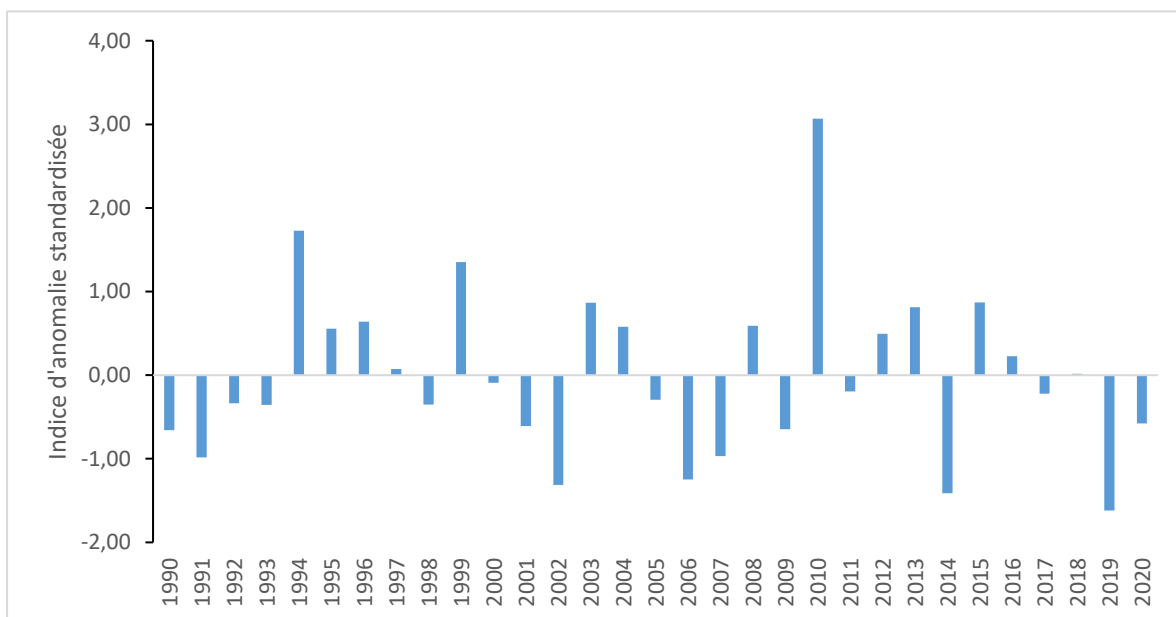


Figure 15: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Faranah sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 14 et 15 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années à pluviométrie déficitaire, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020.

On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1994, 1999, et 2010. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2019. La moyenne annuelle de pluie totale est de 1825,6 mm. L'écart type est de 208,9 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [1471,2 mm ; 2497,2 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles cultureux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace. Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 1825,6 mm.

Il s'agit des années 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2003, 2004, 2008, 2010, 2012, 2013 et 2015. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 1825,6 mm, elles sont déficitaires.

La figure 16 montre le régime pluviométrique de Faranah.

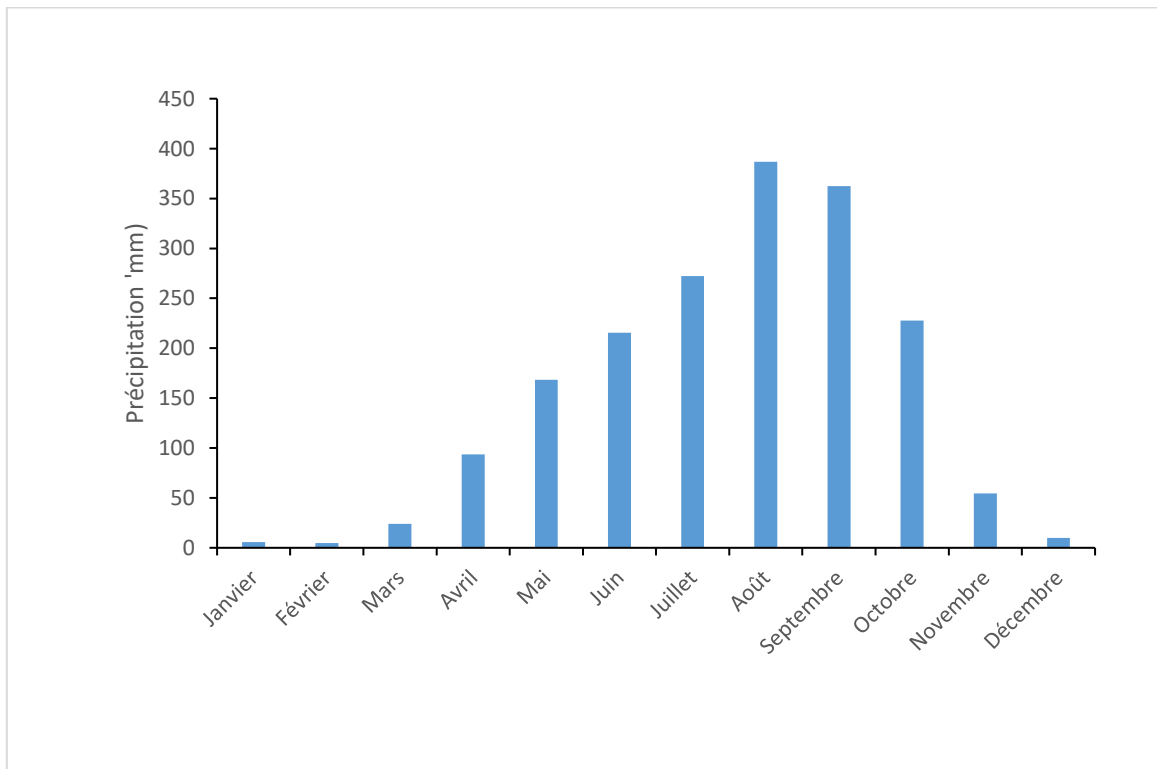


Figure 16: Régime pluviométrique de Faranah

Il ressort de cette figure 15 que le régime pluviométrique de Faranah est uni modal caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. On note ainsi que les mois de mai, juin, juillet, août,

septembre et octobre sont les plus arrosés avec un pic au mois d'août, tandis que les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril sont les mois les plus secs à Faranah.

Cas de la Station de Gao

Les figures 17 et 18 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Gao au Mali.

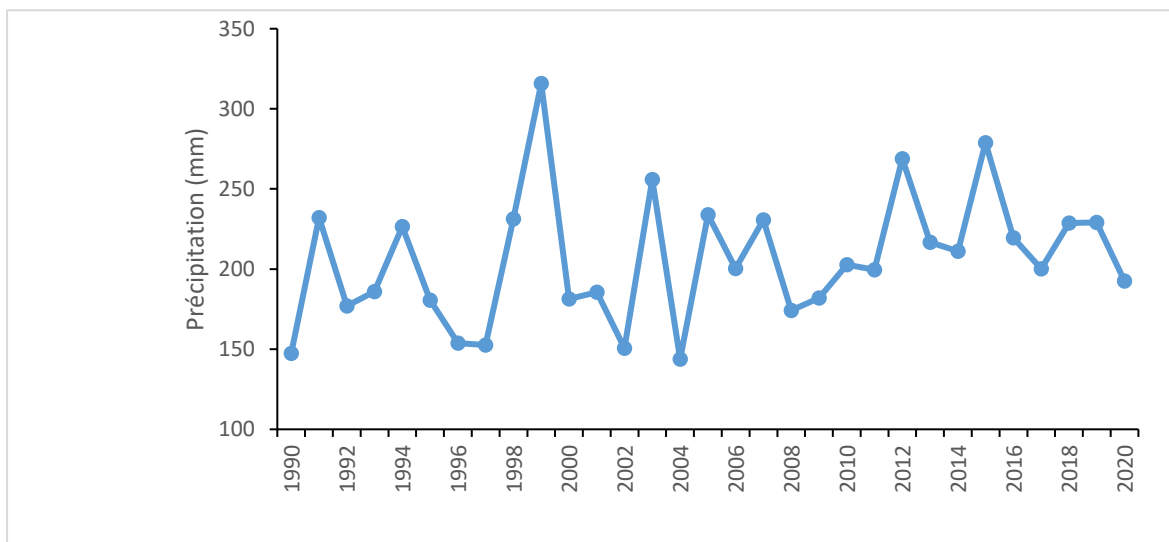


Figure 17: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

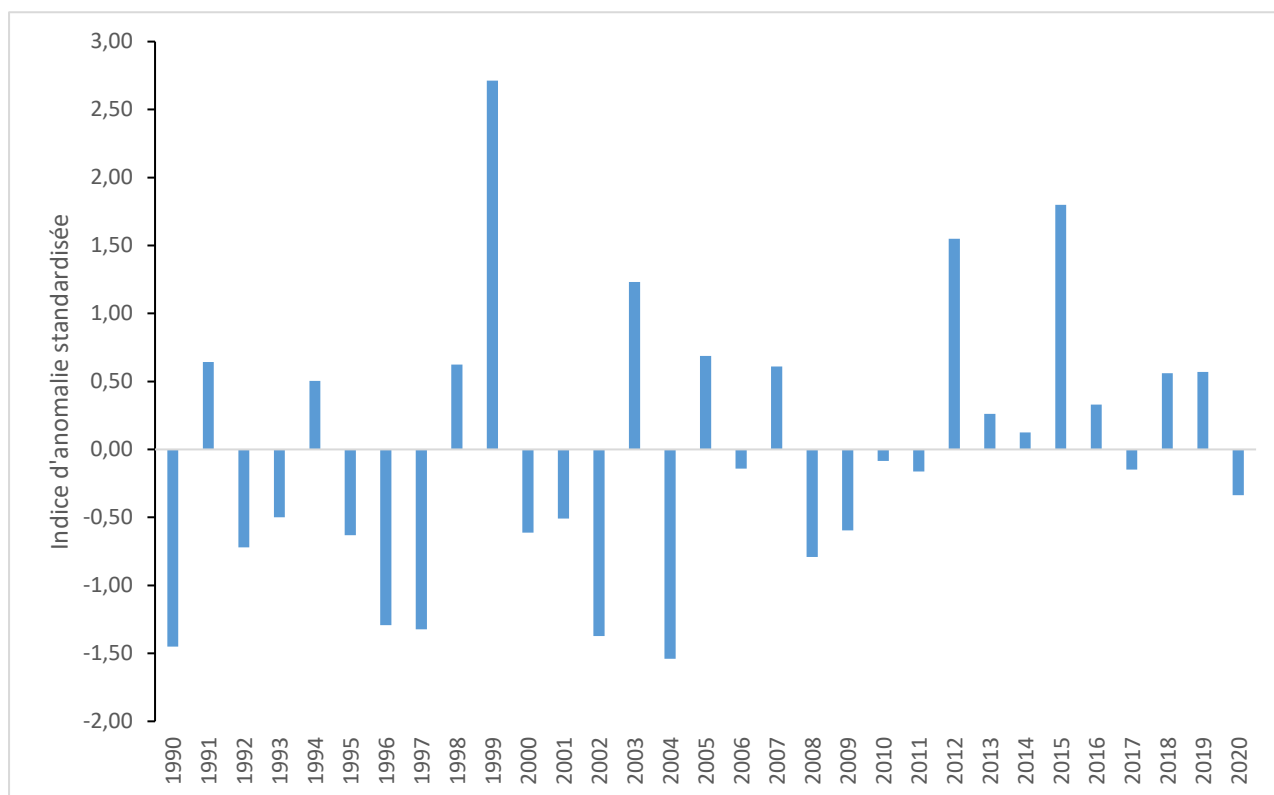


Figure 18: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Gao sur la période de 1990 à 2020

L'analyse des figures 17 et 18 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années déficitaires, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1999, 2012, et 2015. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2004. La moyenne annuelle de pluie totale est de 206,11 mm. L'écart type est de 40,4 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [143,8 mm ; 315,8 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 206,11 mm. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 206,11 mm, elles sont déficitaires.

La figure 19 montre le régime pluviométrique de Gao.

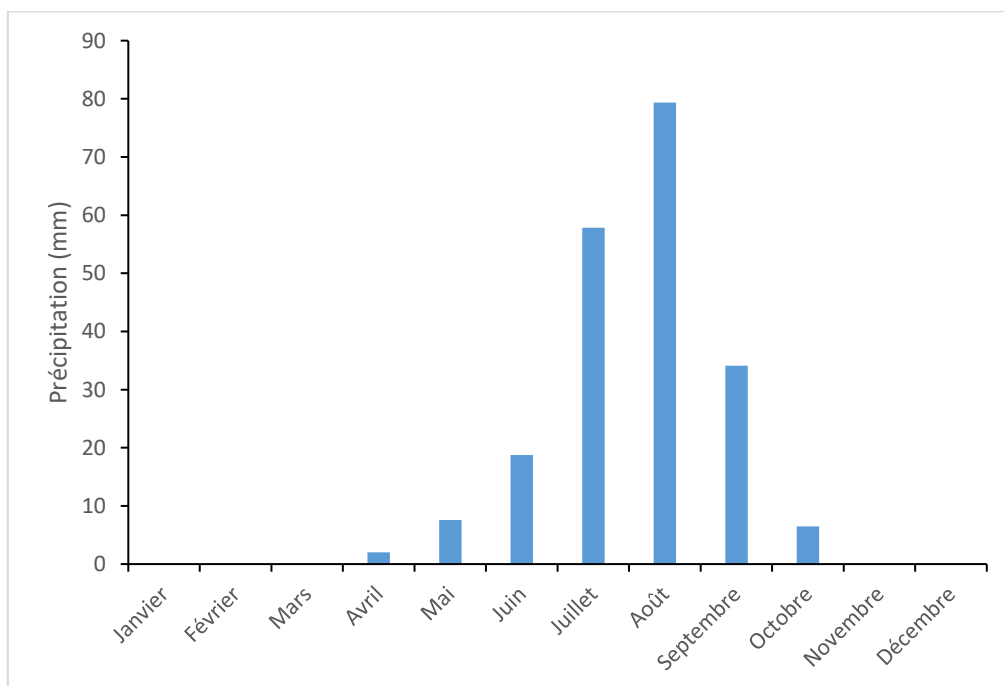


Figure 19: Régime pluviométrique de Gao

La saison sèche commence à partir de la fin du mois d'octobre et s'étend jusqu'au mois de mai. Les périodes de juin à septembre sont bien arrosées. Le mois de juin ici marque un début aléatoire de l'installation de la saison pluvieuse. Les mois de juillet, août, et septembre sont les mois les plus pluvieux avec notamment un pic en août. À partir du mois d'octobre, les moyennes de pluie baissent considérablement jusqu'en mai.

Cas de la Station de Liabidinnkoro

Les figures 20 et 21 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Liabidinnkoro.

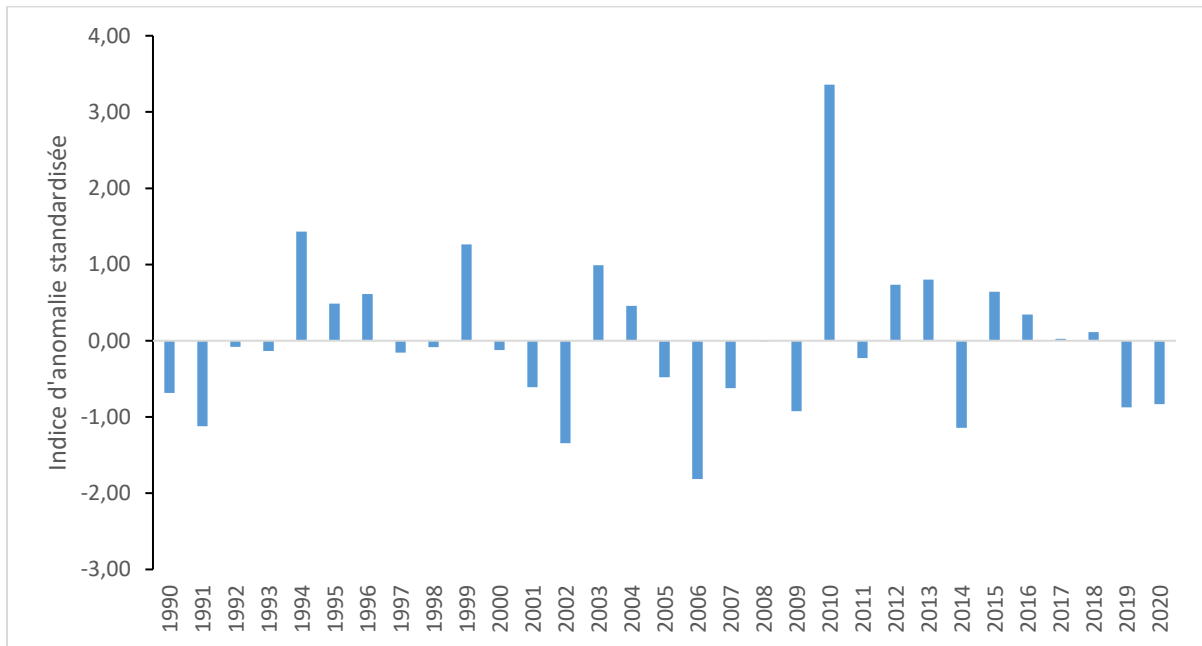


Figure 20: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

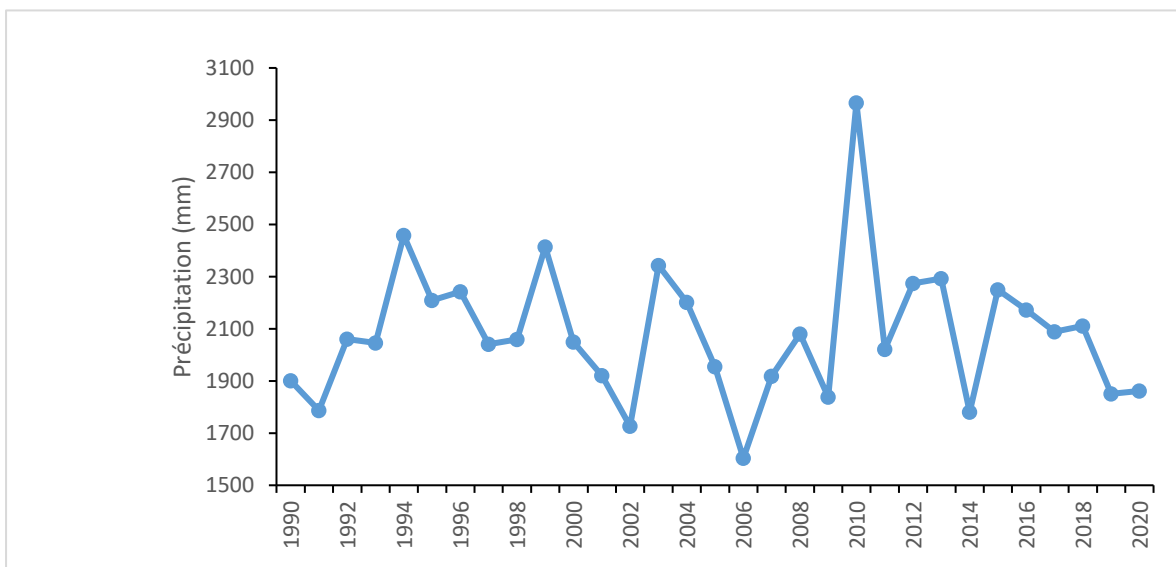


Figure 21: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Liabidinnkoro sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 20 et 21 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années déficitaires, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1994, 1999, 2003, et 2010. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2006. La moyenne annuelle de pluie totale est de 2081,3 mm. L'écart type est de 263,3 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [1603,8 mm ; 2965,8 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 2081,3 mm. Il s'agit des années 1994, 1995, 1996, 1999, 2003, 2004, 2010, 2012, 2013, 2015 et 2018. Quant aux années restantes, elles sont déficitaires, car ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 2081,3 mm.

La figure 21.1 montre le régime pluviométrique de Liabidinnkoro.

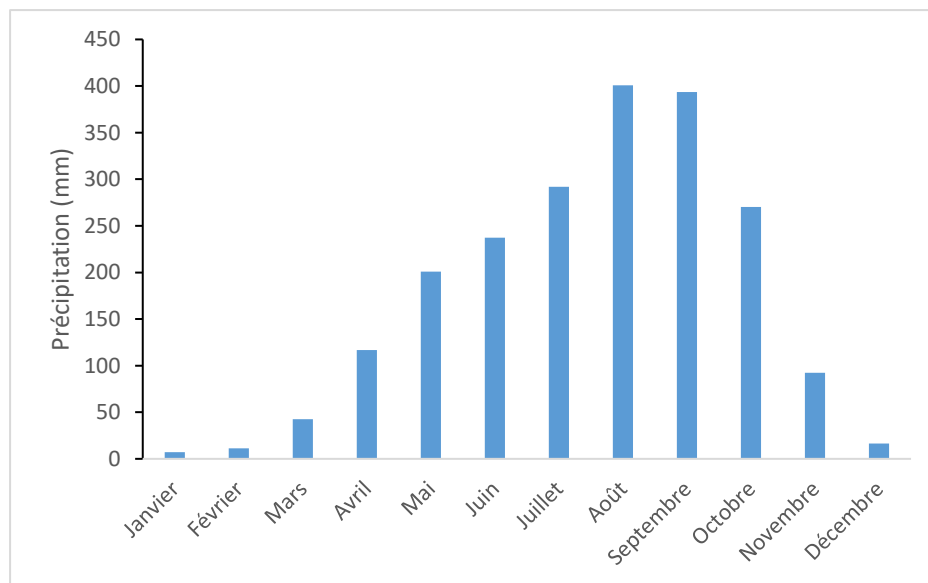


Figure 22: Régime pluviométrique de Liabidinnkoro.

La saison sèche commence à partir de la fin du mois de novembre et s'étend jusqu'au mois de mars (environ cinq mois). Quant à la saison des pluies, elle commence par des bourrasques et des orages. Les périodes d'avril à octobre sont bien arrosées (environ sept mois). Le mois d'avril marque souvent un début aléatoire de l'installation de la saison pluvieuse, mais il est cependant capital sur le plan agricole. Les mois de juin, juillet, août, septembre et octobre sont les mois les plus pluvieux avec notamment un pic en août.

À partir du mois de novembre, les moyennes de pluie baissent considérablement jusqu'en mars. Avec une saison sèche durant environ 05 mois comparés à une saison pluvieuse d'environ sept mois, le risque d'inondation se révèle être imminent.

Cas de la Station de Ségou

Les figures 22 et 23 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Ségou.

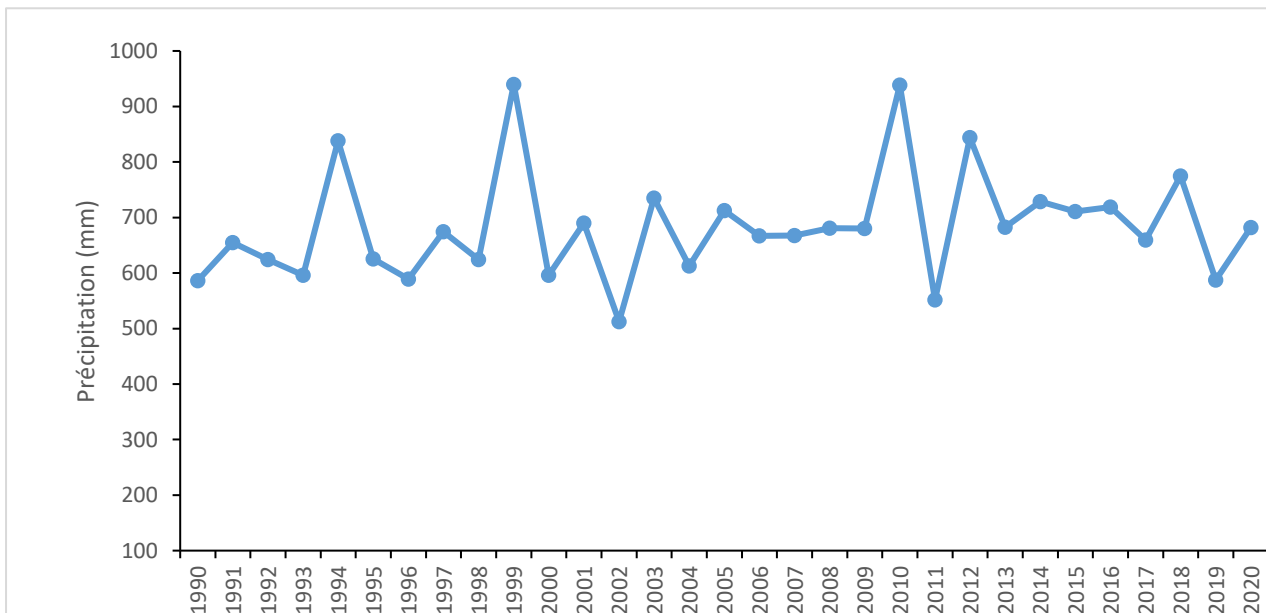


Figure 23: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

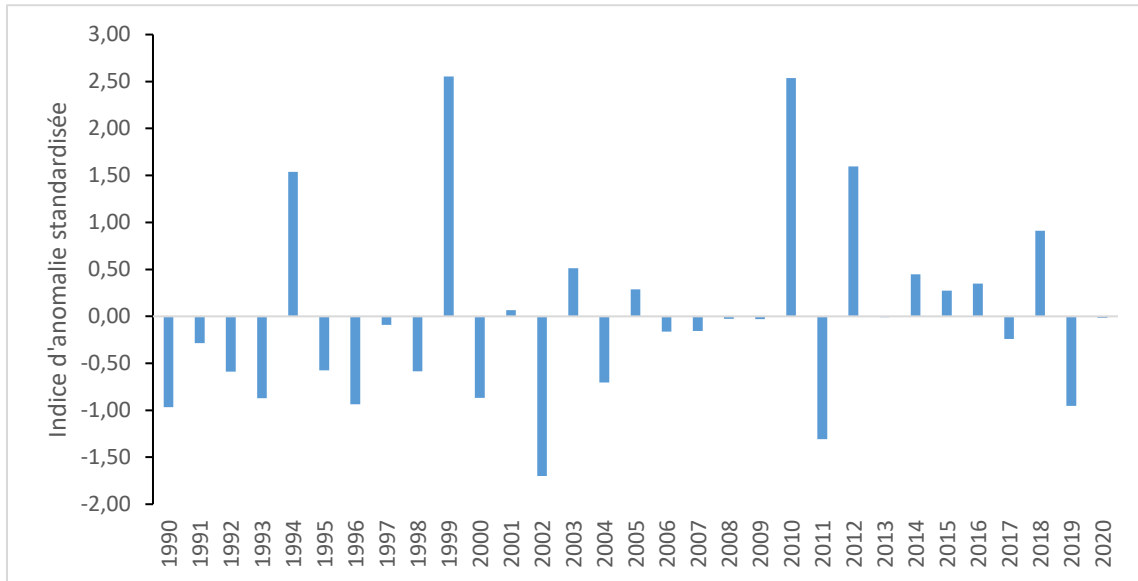


Figure 24: Évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Ségou sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 22 et 23 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années à pluviométrie déficitaire, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une hausse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces hausses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1994, 1999, et 2010. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2002. La moyenne annuelle de pluie totale est de 683,4 mm. L'écart type est de 100,5 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [512,6 mm ; 939,9 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles cultureux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 683,4 mm. Il s'agit des années, 1994, 1999, 2001, 2003, 2005, 2010, 2012, 2014 à 2016 et 2018. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 683,4 mm, elles sont déficitaires.

Ainsi, un tel nombre d'années excédentaires de pluie risque d'occasionner une inondation. Les cultures souffrent d'un déficit hydrique lors du déroulement des stades végétatifs et durant les années excédentaires les plantes pourraient être inondées.

La figure 24 montre le régime pluviométrique de Ségou.

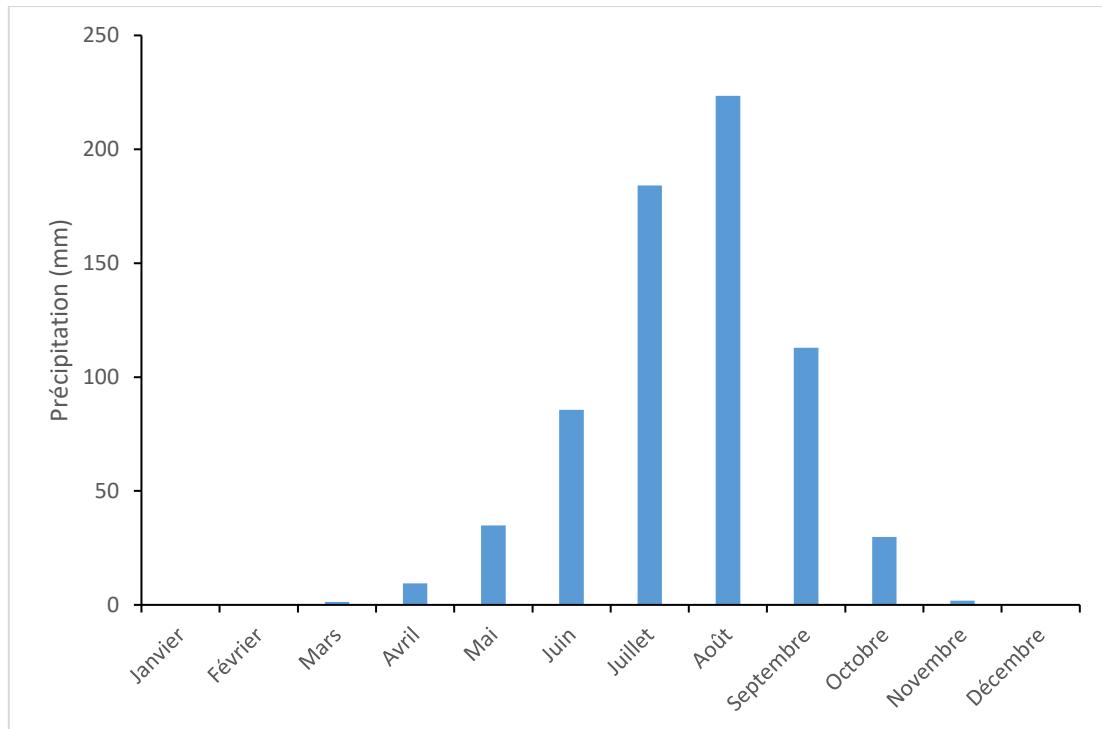


Figure 25: Régime pluviométrique de Ségou

La saison sèche commence à partir de la fin du mois d'octobre et s'étend jusqu'au mois d'avril. Les périodes de mai à octobre sont bien arrosées. Le mois de mai marque souvent un début aléatoire de l'installation de la saison pluvieuse, mais il est cependant capital sur le plan agricole. Les mois de juillet, août, et septembre sont les mois les plus pluvieux avec notamment un pic en août.

À partir du mois d'octobre, les moyennes de pluie baissent considérablement jusqu'en avril.

Cas de la Station de Siguri

Les figures 25 et 26 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Siguri.

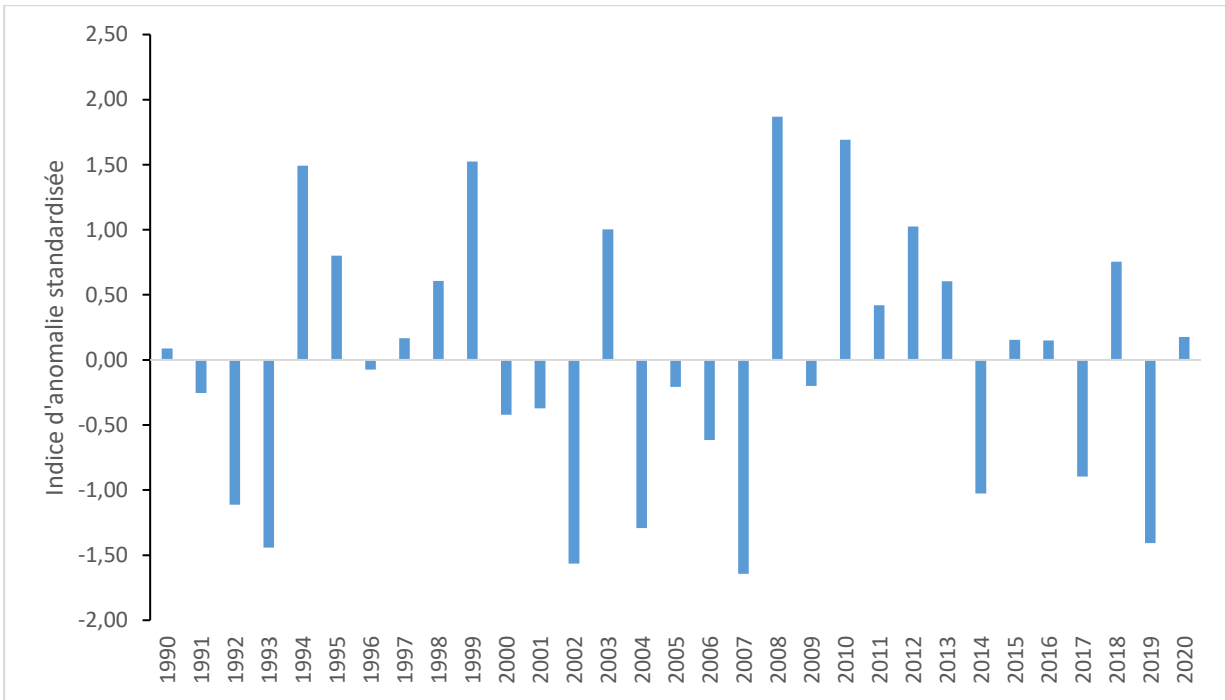


Figure 26: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

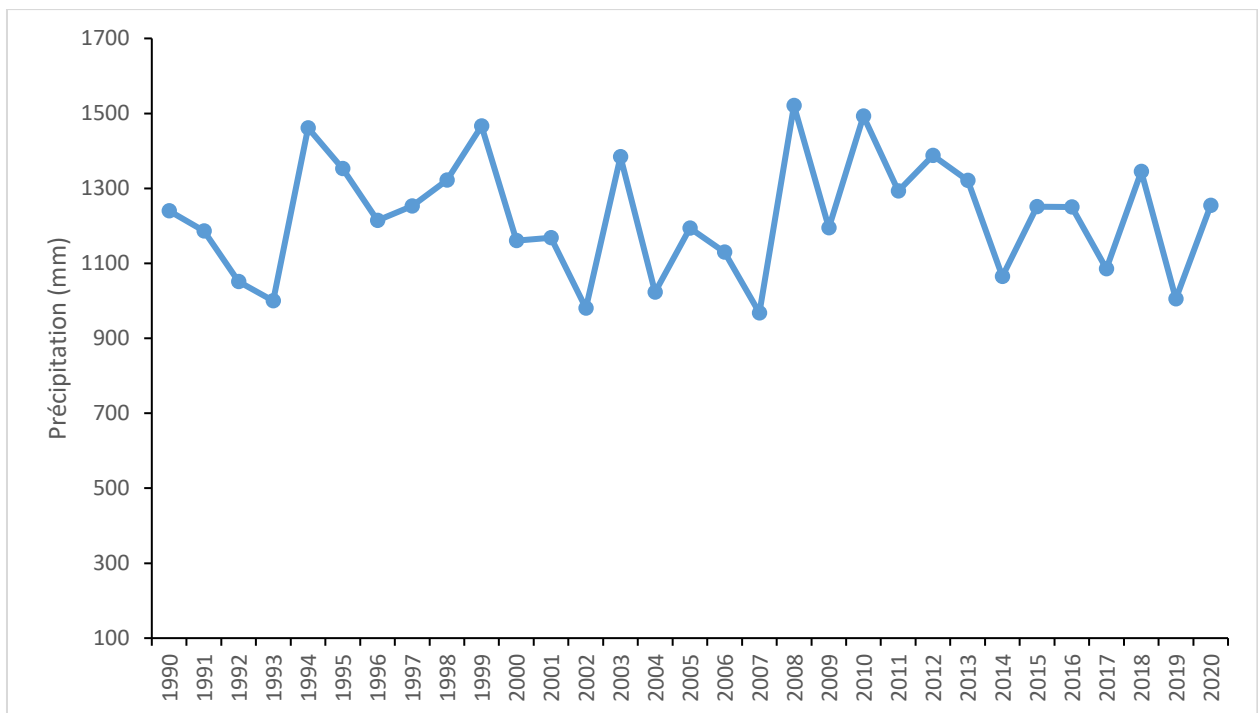


Figure 27: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Siguiri sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 25 et 26 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années à pluviométrie déficitaire, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une hausse des précipitations des années 1990 à 2020.

On remarque en général que ces hausses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

La valeur des plus fortes précipitations est enregistrée en 1994, 1999, 2008, et 2010. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 2007. La moyenne annuelle de pluie totale est de 1226,4 mm. L'écart type est de 157,4 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [967,8 mm ; 1520,7 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace. Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 1226,4 mm.

Il s'agit des années 1990, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2003, 2008, 2010 à 2013, 2015, 2016, 2018 et 2020. Quant aux années 1992, 1993, 1996, 2000, 2001, 2002, 2004 à 2007, 2009, 2014 et 2017 elle est déficitaire, car ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 1226,4 mm. Par ailleurs, les périodes incluant les années restantes (excepté les années excédentaires et déficitaires ci-dessus cités) sont des années à pluviométrie moyenne.

Ainsi, un tel nombre d'années excédentaires de pluie risque d'occasionner une inondation. Les cultures souffrent d'un déficit hydrique lors du déroulement des stades végétatifs et durant les années excédentaires les plantes pourraient être inondées. La figure 27 montre le régime pluviométrique de Siguri.

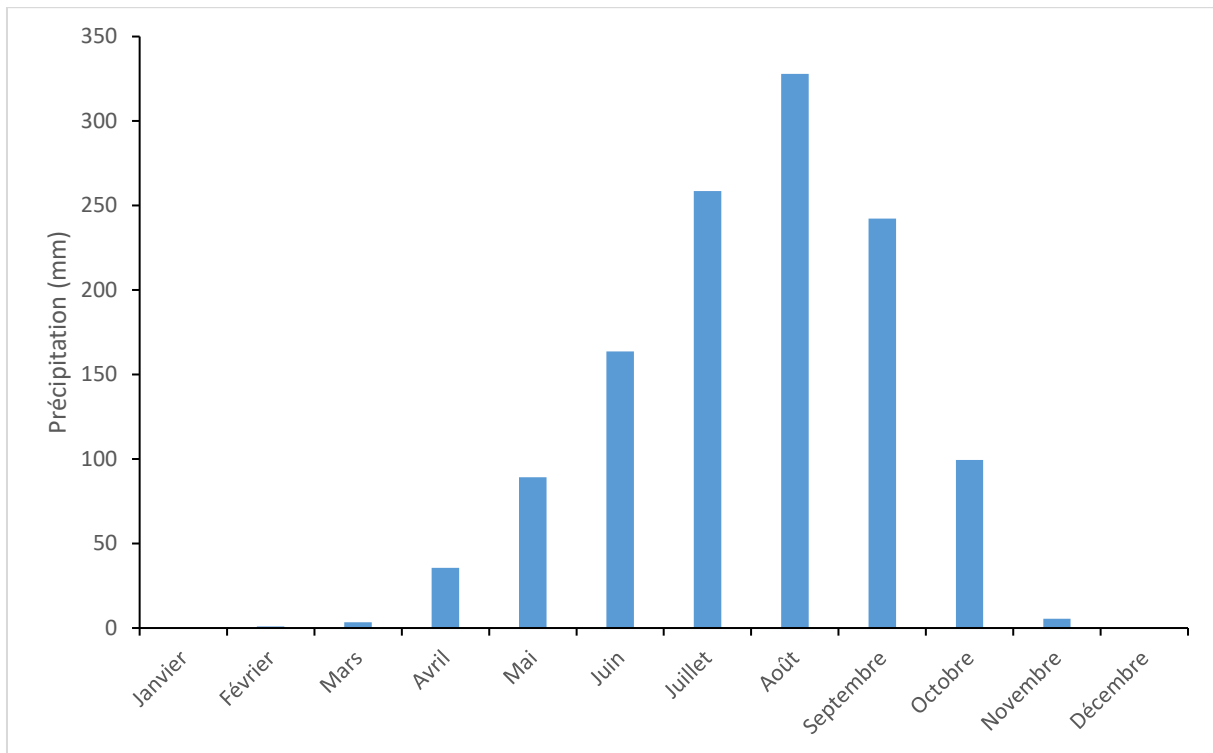


Figure 28: Régime pluviométrique moyen mensuel Siguiri

Il ressort de cette figure que le régime pluviométrique de Siguiri est un modal caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. On note ainsi que les mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre sont les plus arrosés avec un pic au mois d'août, tandis que les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril sont les mois les plus secs à Siguiri.

Cas de la Station de Tombouctou

Les figures 28 et 29 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Tombouctou.

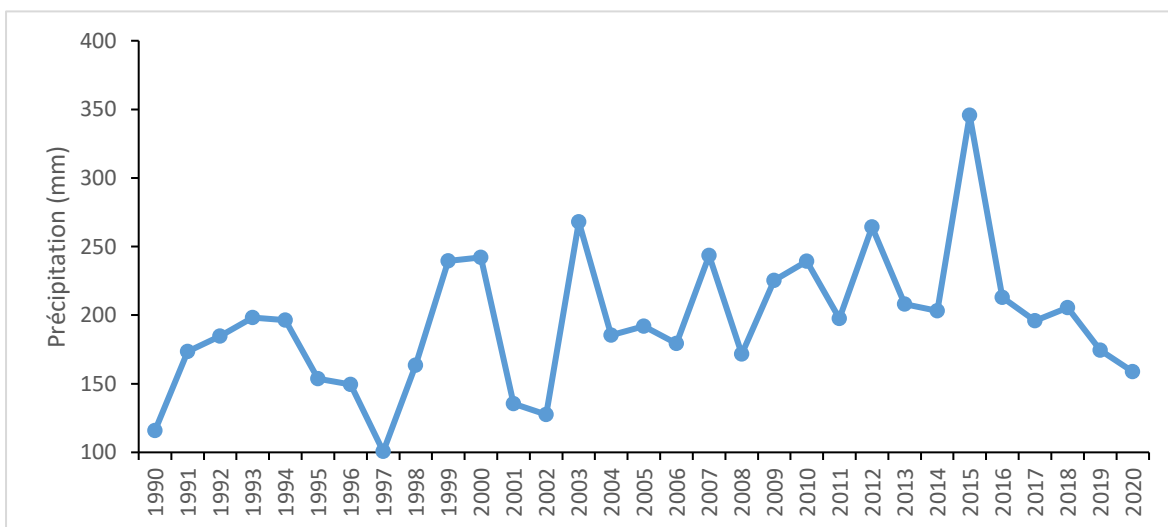


Figure 29: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

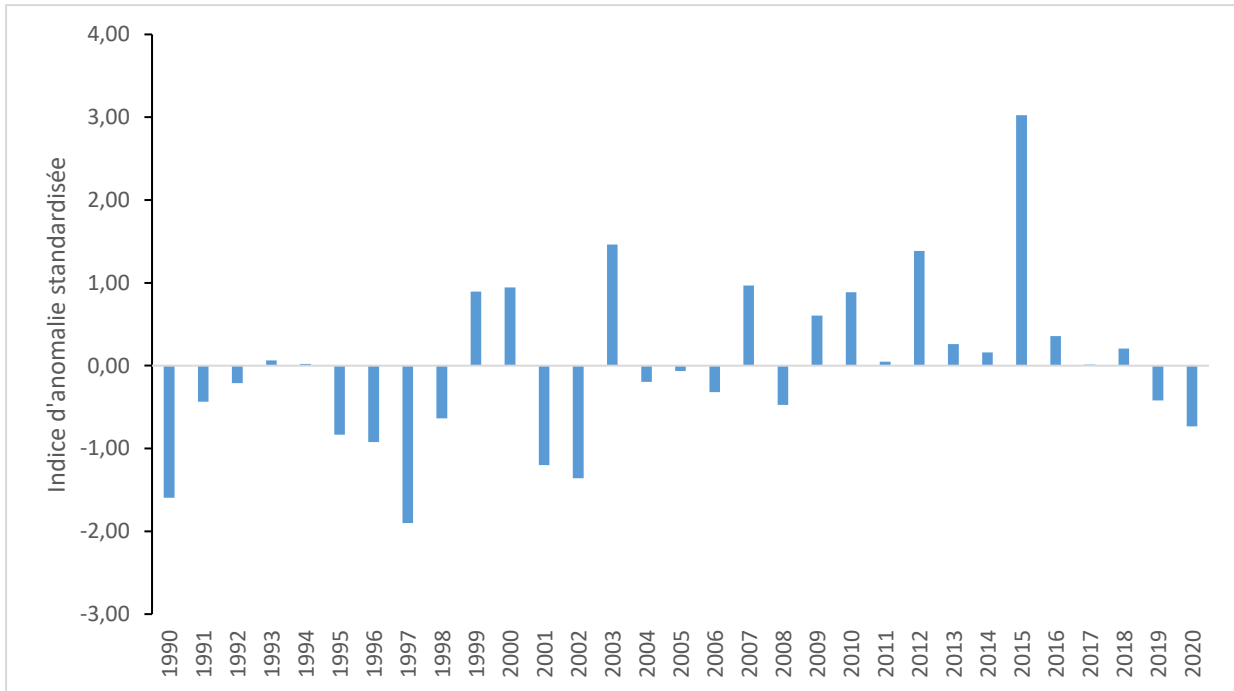


Figure 30: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées à Tombouctou sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 28 et 29 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années à pluviométrie déficitaire, caractérisées par les indices standardisés négatifs.

L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

Les plus fortes précipitations sont enregistrées en 2003, 2012, et 2015. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 1997. La moyenne annuelle de pluie totale est de 195,2 mm. L'écart type est de 49,7 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [100,6 mm ; 345,7 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace. Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de

pluies sont supérieures à 195,2 mm. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 195,2 mm, elles sont déficitaires.

La figure 30 montre le régime pluviométrique de Tombouctou.

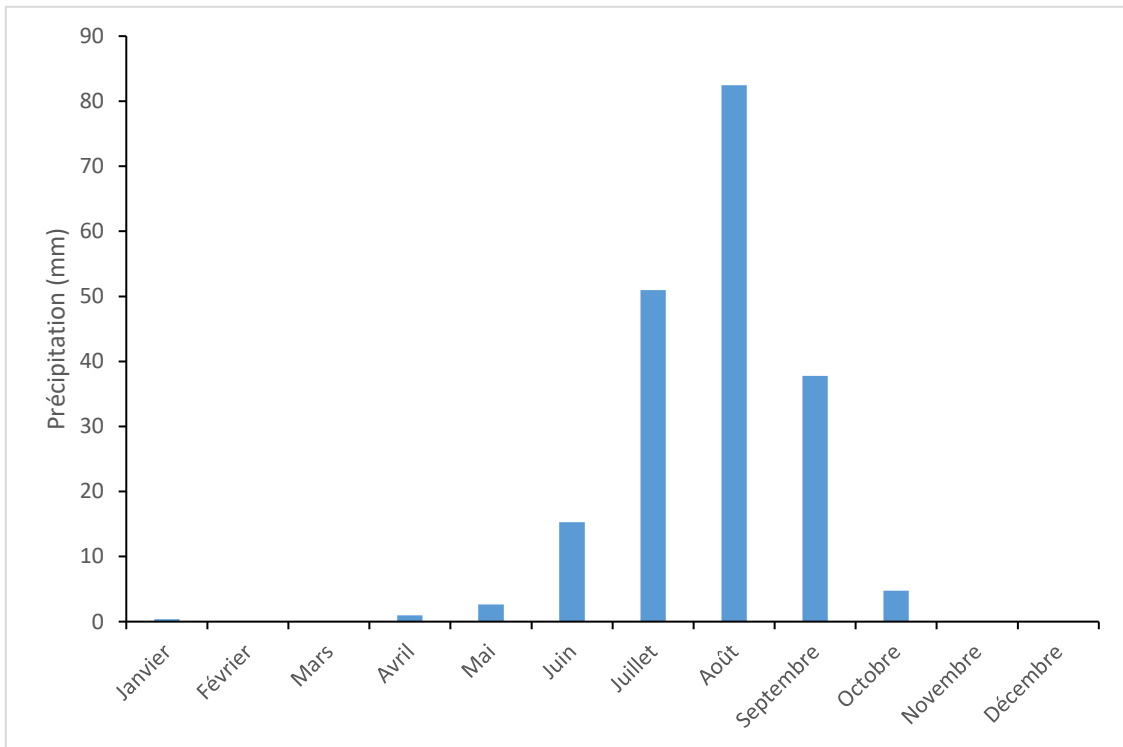


Figure 31: Régime pluviométrique de Tombouctou

Il ressort de cette figure 30 que le régime pluviométrique de Tombouctou est un modal caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. On note ainsi que les mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre sont les plus arrosés avec un pic au mois d'août, tandis que les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril sont les mois les moins arrosés à Tombouctou.

Cas de la Station de Niamey

Les figures 31 et 32 présentent les différentes variabilités interannuelles des pluviométries sur 30 ans à la station de Niamey.

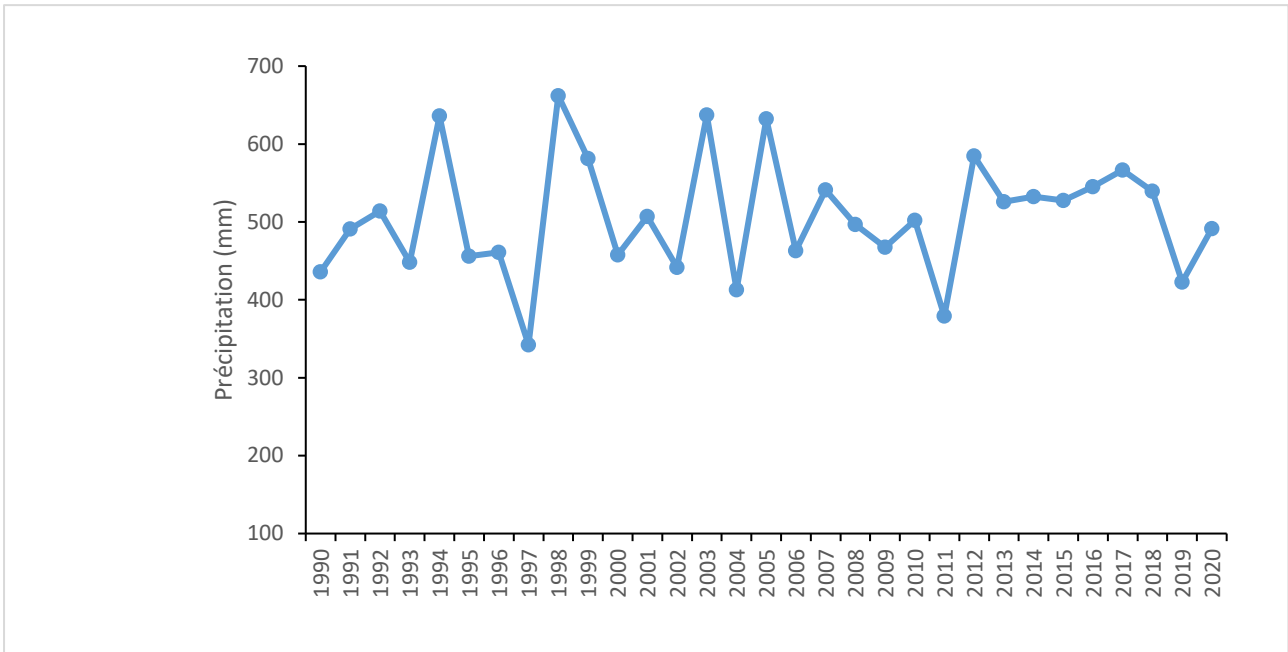


Figure 32: Variabilité interannuelle des totaux pluviométriques

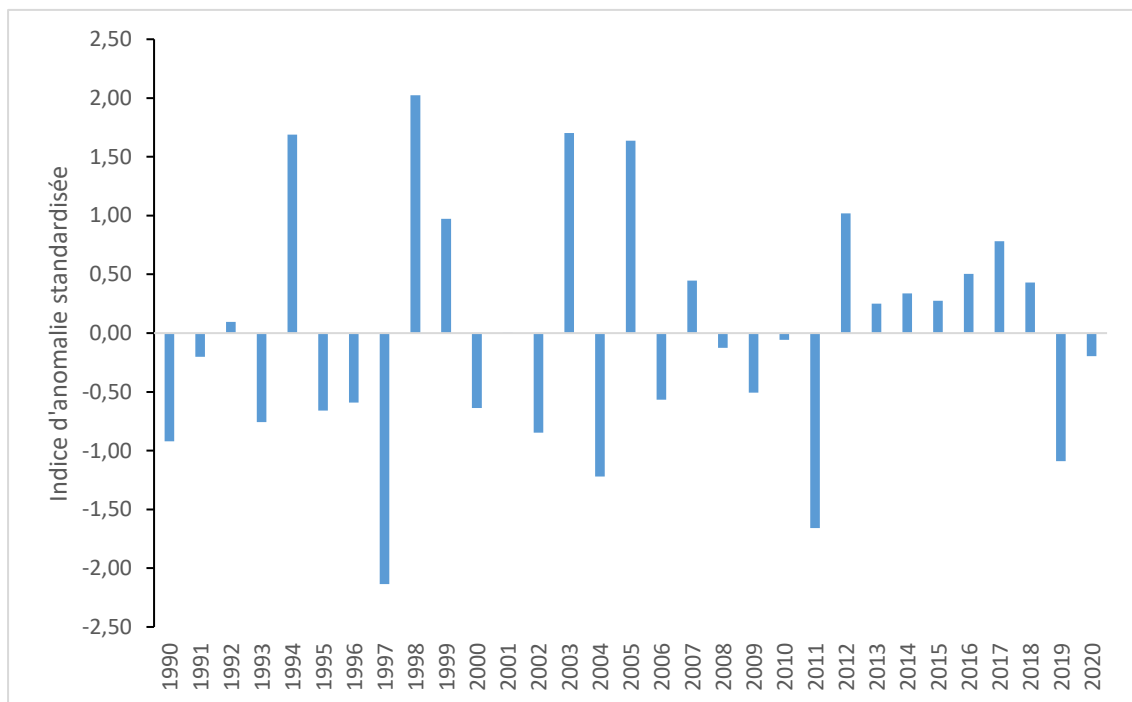


Figure 33: évolution interannuelle de la pluviométrie en anomalies centrées réduites à Niamey sur la période de 1990 à 2020.

L'analyse des figures 31 et 32 permet de distinguer les années à pluviométrie excédentaire caractérisées par les indices standardisés positifs et les années déficitaires, caractérisées par les indices standardisés négatifs. L'étude des tendances indique une baisse des précipitations des années 1990 à 2020. On remarque en général que ces baisses se sont poursuivies, même si elles ont varié en intensité et en étendue suivant les années. L'allure de la courbe de l'évolution interannuelle des hauteurs de pluies en est une illustration.

Les plus fortes précipitations sont enregistrées en 1994, 1998, 2003 et 2005. La plus faible valeur de la précipitation s'est observée en 1997. La moyenne annuelle de pluie totale est de 506,5 mm. L'écart type est de 76,8 mm. Les années excédentaires sont obtenues par la moyenne augmentée de l'écart type et les années déficitaires par la valeur moyenne de pluie totale diminuée de l'écart type.

Les valeurs des relevés pluviométriques qui se retrouvent entre ces deux paliers sont alors considérées comme années à pluviométrie moyenne. Les précipitations annuelles normales se trouvant ainsi entre l'intervalle [342,3 mm ; 662,1 mm] n'auront pas assez d'influence sur les cycles culturaux à condition qu'elles soient bien réparties dans le temps et dans l'espace. Ainsi, sur la période 1990-2020, les années excédentaires sont celles dont les hauteurs annuelles de pluies sont supérieures à 506,5 mm. Il s'agit des années, 1992, 1994, 1998, 1999 2001, 2003, 2005, 2007, et 2012 à 2018. Quant aux années ayant cumulé une hauteur d'eau de moins de 506,5 mm, elles sont déficitaires. Ainsi, un tel nombre d'années excédentaires de pluie risque d'occasionner une inondation. Les cultures souffrent d'un déficit hydrique lors du déroulement des stades végétatifs et durant les années excédentaires les plantes pourraient être inondées.

La figure 33 montre le régime pluviométrique de Niamey.

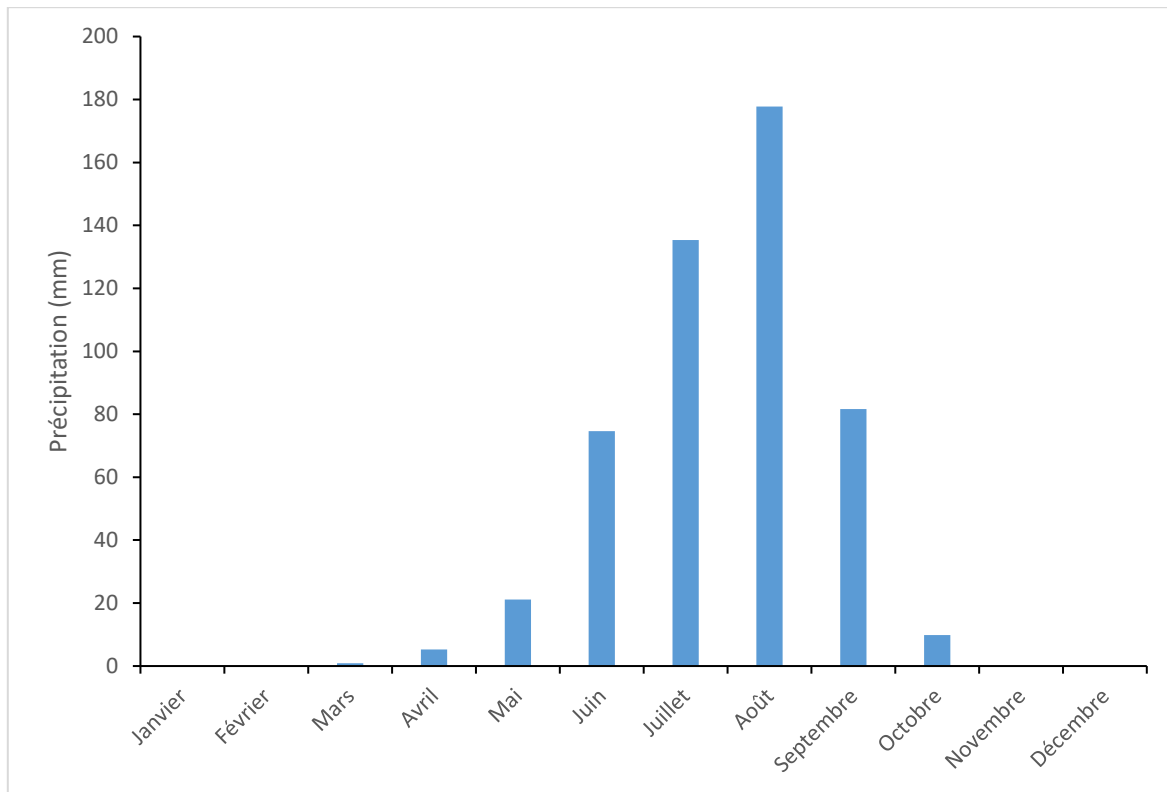


Figure 34: Régime pluviométrique de Niamey

Il ressort de cette figure 33 que le régime pluviométrique de Niamey est un modal caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. On note ainsi que les mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre sont les plus arrosés avec un pic au mois d'août, tandis que les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril sont les mois les moins arrosés à Niamey.

De l'analyse des 9 stations météorologiques situées en amont de la bande d'étude, et selon les résultats de nos enquêtes, les décalages d'épisodes ou saison orageux enregistrés au niveau des stations piézométriques météorologiques des différents pays situés en amont, confirment également que l'inondation peut surgir en aval du fleuve Niger.

Alors dans la bande Dyokonto - Boubon, sans qu'il n'y soit pas pluie locale, ce qui fera monter le niveau de l'eau et causer des dégâts au sein de la population, en fonction de la vitesse du drainage de l'eau et de son sens d'écoulement. De plus, l'interview auprès de la population confirme cet état de fait dans les réponses de nos questionnaires :

Chef de village de Gontonglo : « *Il peut arriver qu'il n'y ait pas de pluie et que nous ne soyons pas en saison pluvieuse, mais le niveau de l'eau augmente, sans qu'on ne sache d'où ça vient... en novembre dernier, l'eau a emporté quelques ustensiles de cuisine de ma femme qui faisait la vaisselle au bord de l'eau.* »

Président de l'Association des Jeunes pour le Développement de Dyonkoto : « *Nous constatons dans certaines périodes de l'année, en nous référant au niveau de la digue, que le niveau de l'eau du fleuve peut augmenter (même si ça ne cause de dégât bien sûr) sans que nous n'enregistrions pas de pluie, on se dit alors qu'il pleut ailleurs et l'eau coule pour continuer son chemin...* ».

3.1.1.9 Dynamique de l'occupation du sol

La carte d'occupation du sol permet de caractériser l'évolution des activités anthropiques dans la bande Dyonkoto-Boubon. La figure 34 présente la dynamique d'occupation du sol dans la bande Dyonkoto-Boubon.

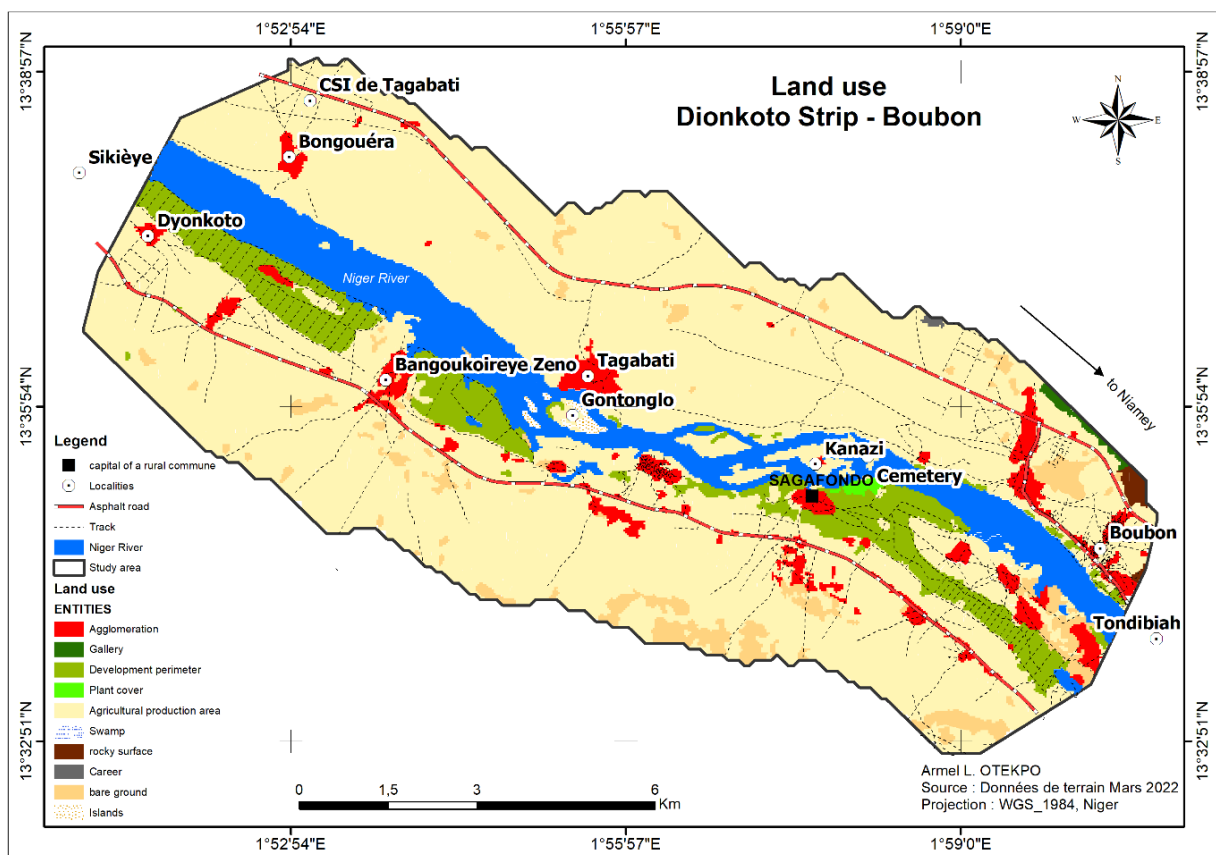


Figure 35: Dynamique de l'occupation du sol en 2022.

À travers la figure 34, on constate une prédominance des zones de cultures ce qui atteste le caractère rural de la bande d'une part, et la principale activité économique développée dans la zone.

La figure 34 présente les proportions des unités d'occupation identifiées dans la bande d'étude.

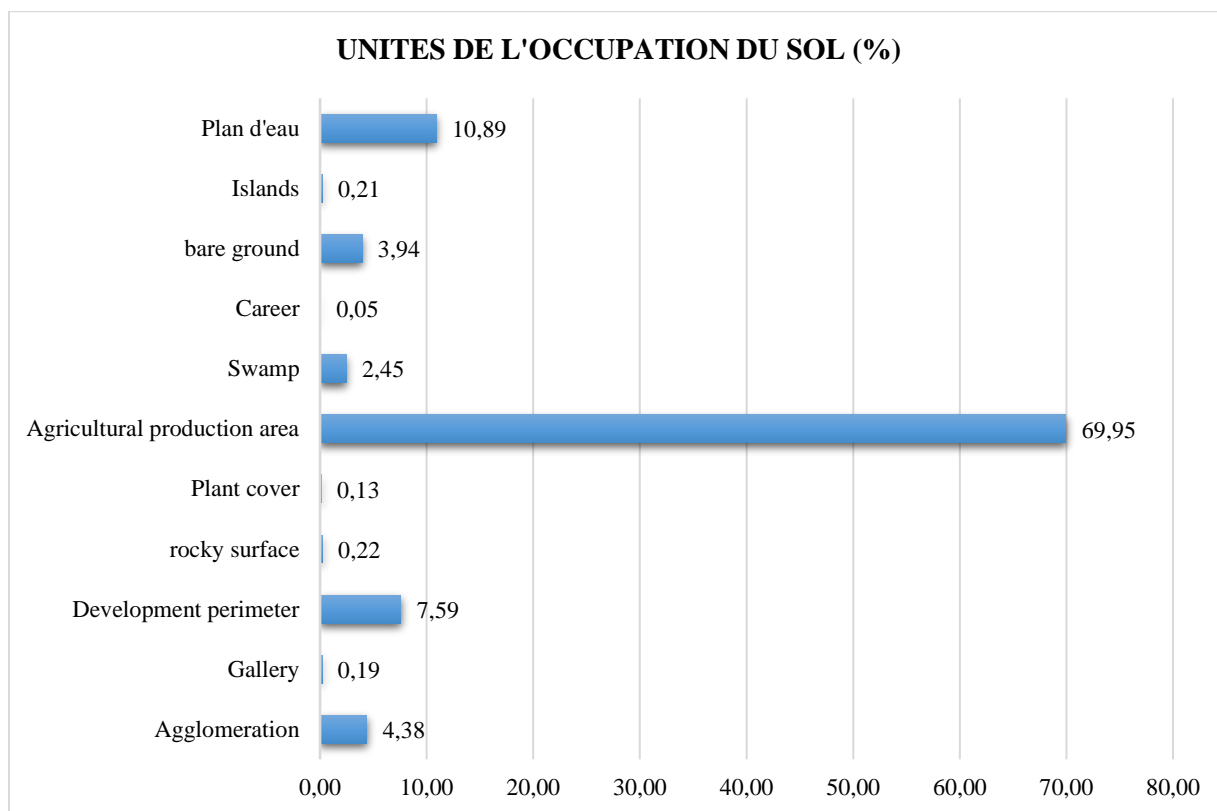


Figure 36: Statistiques des unités de l'occupation du sol dans la bande Dionkoto - Boubon en 2022.

De cette figure 35, l'unité d'occupation « zone de production agricole » domine largement les autres entités avec un taux de couverture de 69,95 %. Par ailleurs, les entités « Agglomérations » ; « périmètres d'aménagement » ; « les sols nus » ; « marécages » et « plans d'eau » occupent respectivement : 4,38 % ; 7,59 % ; 3,94 % ; 2,45 % et 10,89 %.

La plupart de ses unités d'occupation subissent les effets des inondations liés à la montée des eaux occasionnant de multiples pertes (économiques, humaines, matériels et environnementales).

Dans cette première partie de l'objectif spécifique 1, deux (2) principaux facteurs sont favorables aux inondations. Entre autres, nous avons les facteurs naturels qui sont liés à la morphologie du terrain, la pente, l'écoulement ou le réseau hydrographique, la pluviométrie et l'ensablement, et les facteurs anthropiques qui sont liés aux activités agroéconomiques, la construction des habitations dans le lit du cours d'eau du fleuve, l'occupation du sol. Ces deux grands facteurs influencent les risques d'inondations dans la bande d'étude Dyonkoto-Boubon.

3.1.2 Cartographie des risques d'inondations (Dyonkoto - Boubon)

3.1.2.1 Cartographie de l'aléa lié aux drainages

La figure 36 présente la carte d'aléa lié aux drainages dans la bande Dyonkoto - Boubon.

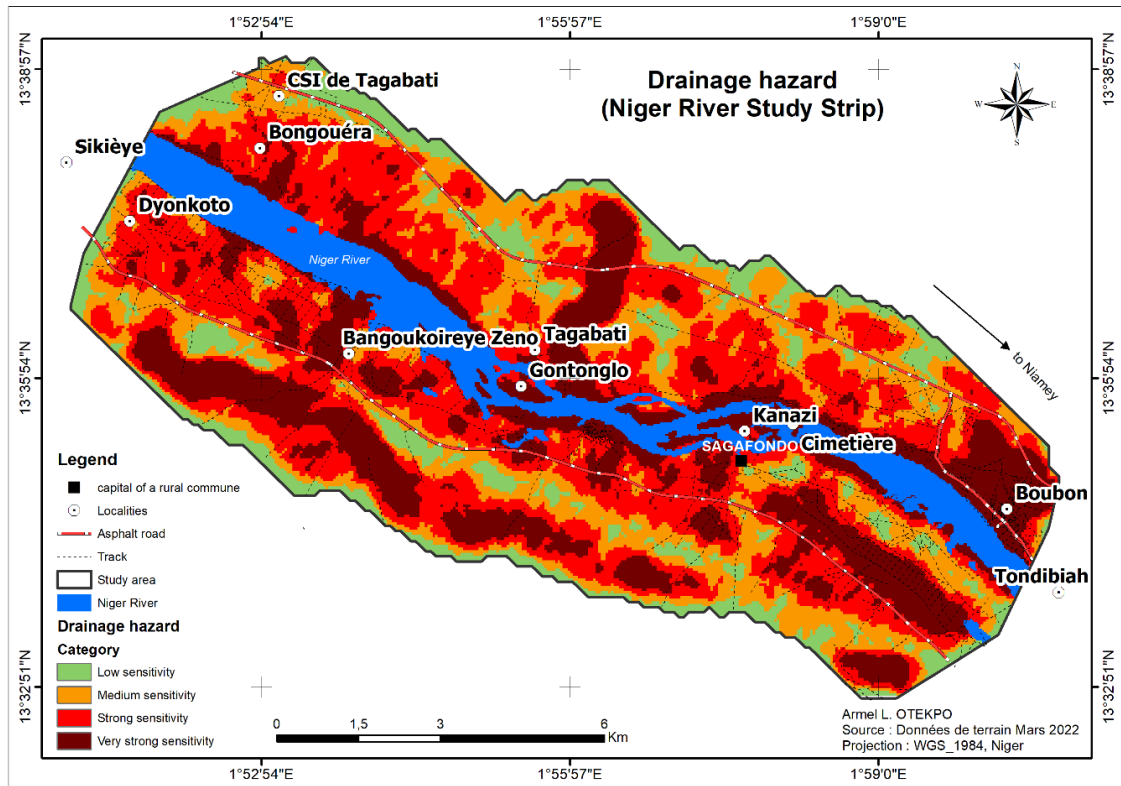


Figure 37: Aléa lié au drainage.

D'après la figure 36 lié à la densité de drainage, on constate les sensibilités les plus dominantes sont : Sensibilité forte et très forte sensibilité. Cela implique que le réseau hydrographique dans le secteur d'étude est un facteur potentiel dans la survenance des inondations. Ainsi, la figure 37 montre le taux de couverture des sensibilités lié aux drainages.

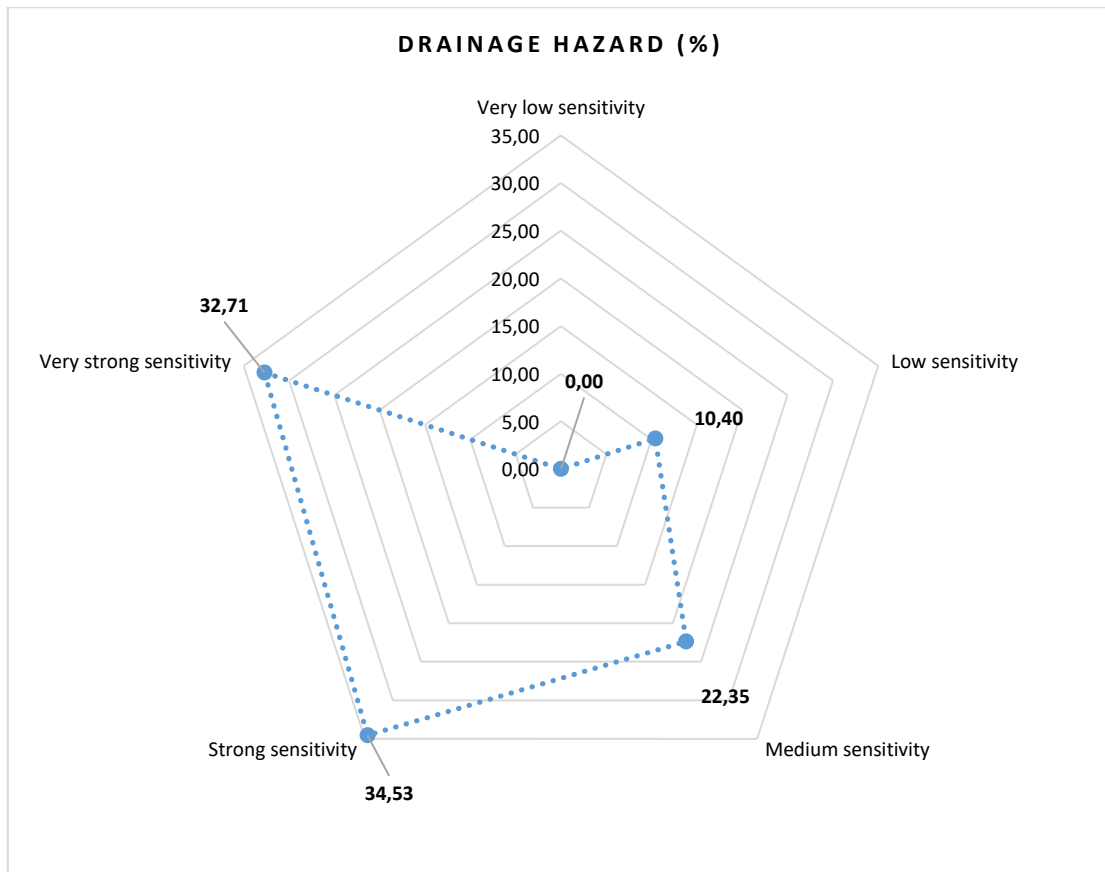


Figure 38: Taux de couverture des sensibilités lié aux drainages.

À partir de cette figure, on constate que les sensibilités faibles et moyennes représentent 50 % de la superficie totale, alors que les sensibilités fortes et très fortes occupent respectivement 34,53 % et 32,71 % la majorité de la bande d'étude.

3.1.2.2 Cartographie de l'aléa lié à la pente

La figure 38 présente la carte de l'aléa lié à la pente dans la bande Dyonkoto - Boubon.

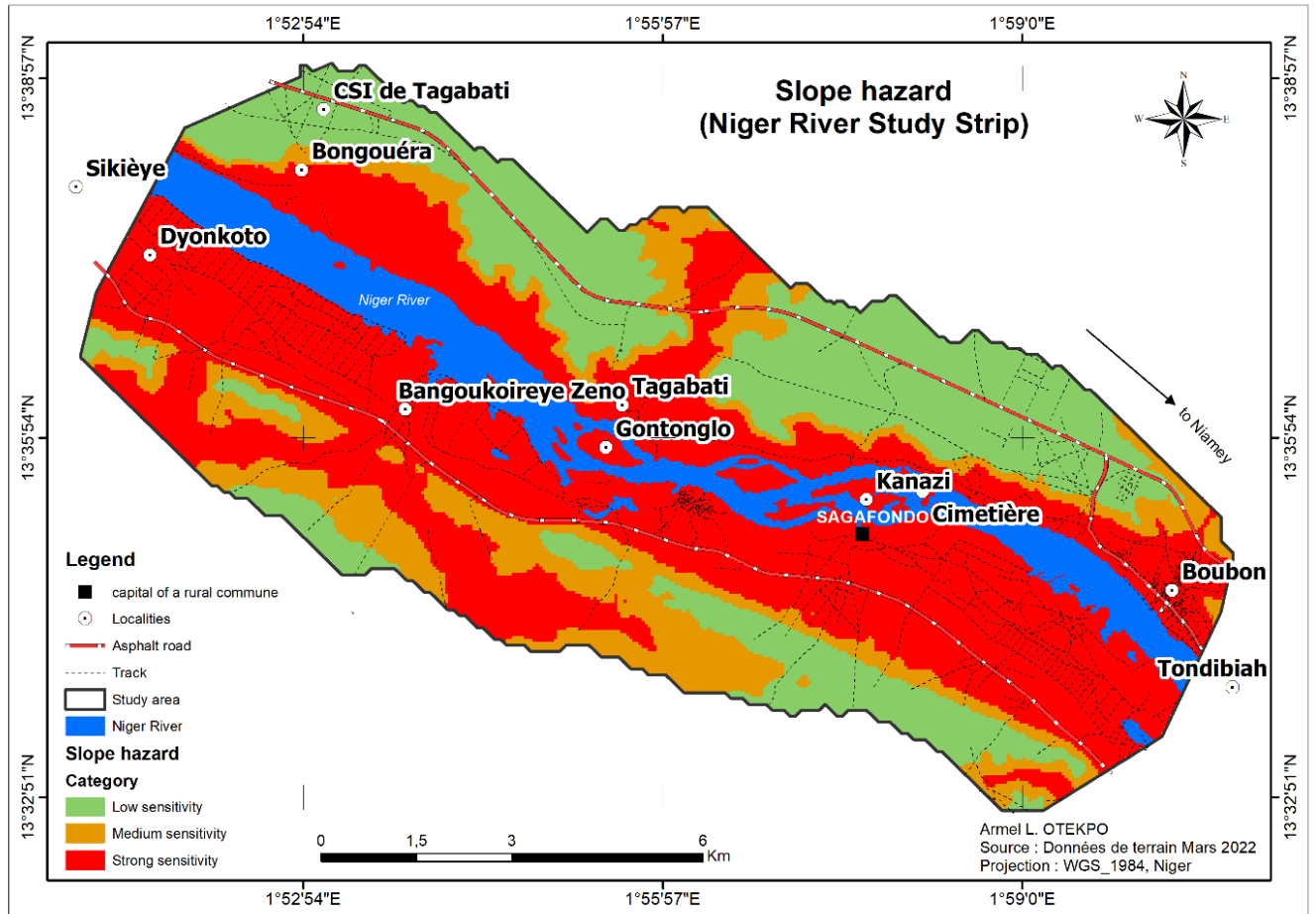


Figure 39: : Aléa lié à la pente

D'après la figure 38 liée à la pente, on constate trois (3) types de sensibilités : la sensibilité faible, la sensibilité moyenne et la sensibilité forte. Cela implique que la pente dans le secteur d'étude est un facteur potentiel dans la survenance des inondations. Au fur et à mesure qu'on s'approche du fleuve Niger, l'altitude diminue (sensibilité forte), alors que l'inverse la sensibilité devient moyenne, lorsqu'on est au milieu de la pente, et la sensibilité devient faible, lorsqu'on est en haute altitude. Ainsi, le dénivellement influence la vitesse de l'écoulement.

La figure 39 montre la répartition spatiale liée à la pente dans la bande Dyonkoto-Boubon

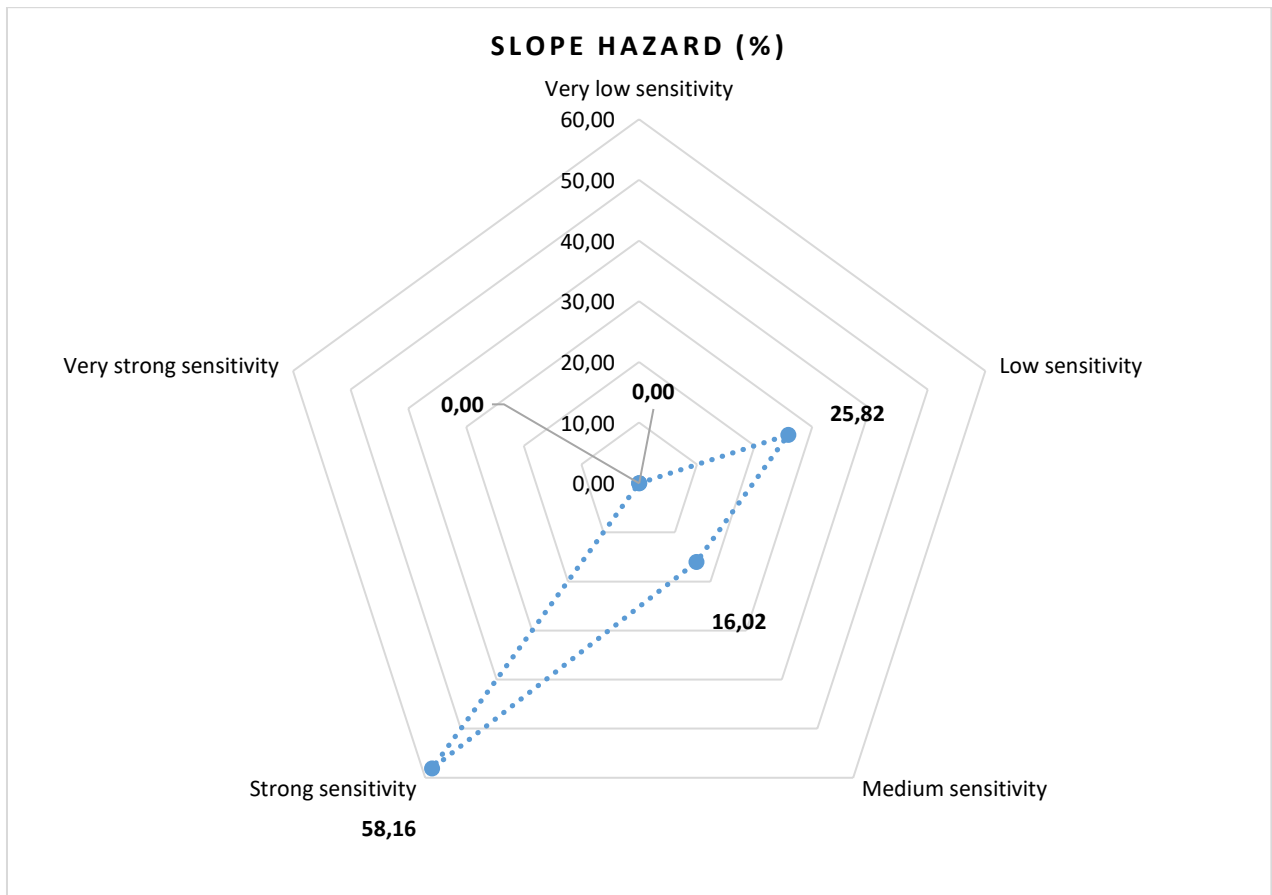


Figure 40: Taux de couverture des sensibilités lié à la pente

De cette figure 39, on constate que les sensibilités faibles et moyennes occupent moins de 50 % des zones sensibles, soient 25,82 % et 16,02 %. Tandis que la sensibilité forte représente 58,16 % de la superficie totale.

3.1.2.3 Cartographie de l'aléa lié aux zones humides

La carte 40 présente la carte de l'aléa lié aux zones humides dans la bande Dyonkoto - Boubon.

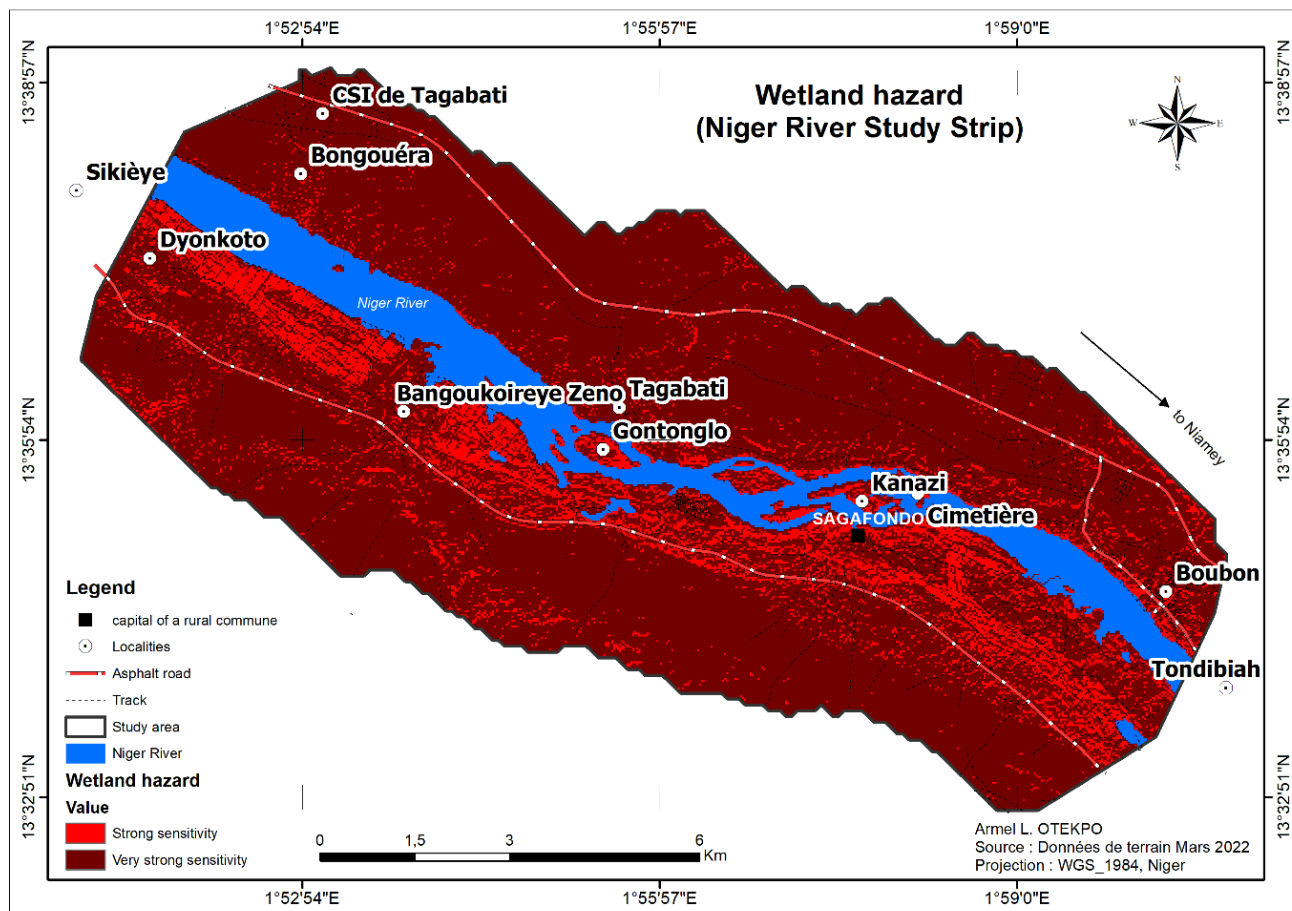


Figure 41: Aléa lié aux zones humide

D'après la figure 40 liée aux zones humides, on constate deux (2) types de sensibilités : la sensibilité forte et la sensibilité très forte. Cela implique que le secteur d'étude est dominé par de zones potentiellement et franchement humides, et étant naturellement permanentes, les inondations viennent les amplifiés causant plus de dégâts.

Par illustration, la figure 41 montre le taux de couvertures des zones potentiellement humides et sensibles dans la bande Dyonkoto-Boubon.

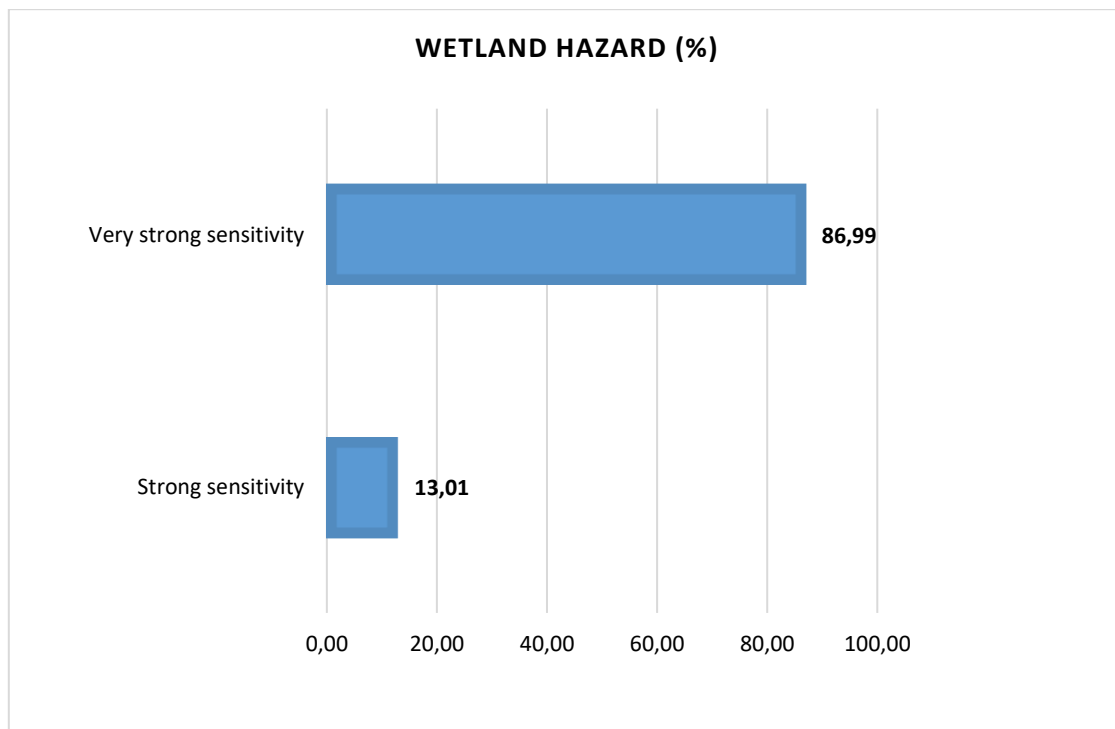


Figure 42: Taux de couvertures des zones potentiellement humides et sensibles dans la bande Dyonkoto-Boubon

D'après l'analyse de cette figure 41, la sensibilité très forte occupe 86,99 % comparativement à la sensibilité forte qui occupe 13,01 %. Cela implique que la saturation du sol en eaux peut être rapide en occasionnant toutefois des remontées d'eau.

3.1.2.4 Cartographie de l'aléa lié aux inondations dans la bande d'étude Dyonkoto -Boubon

La Figure 42 présente la carte des aléas auxquels sont confrontées les populations dans la bande Dyonkoto - Boubon. Elle est issue de la combinaison des aléas zones humides, pente, drainage, pédologie.

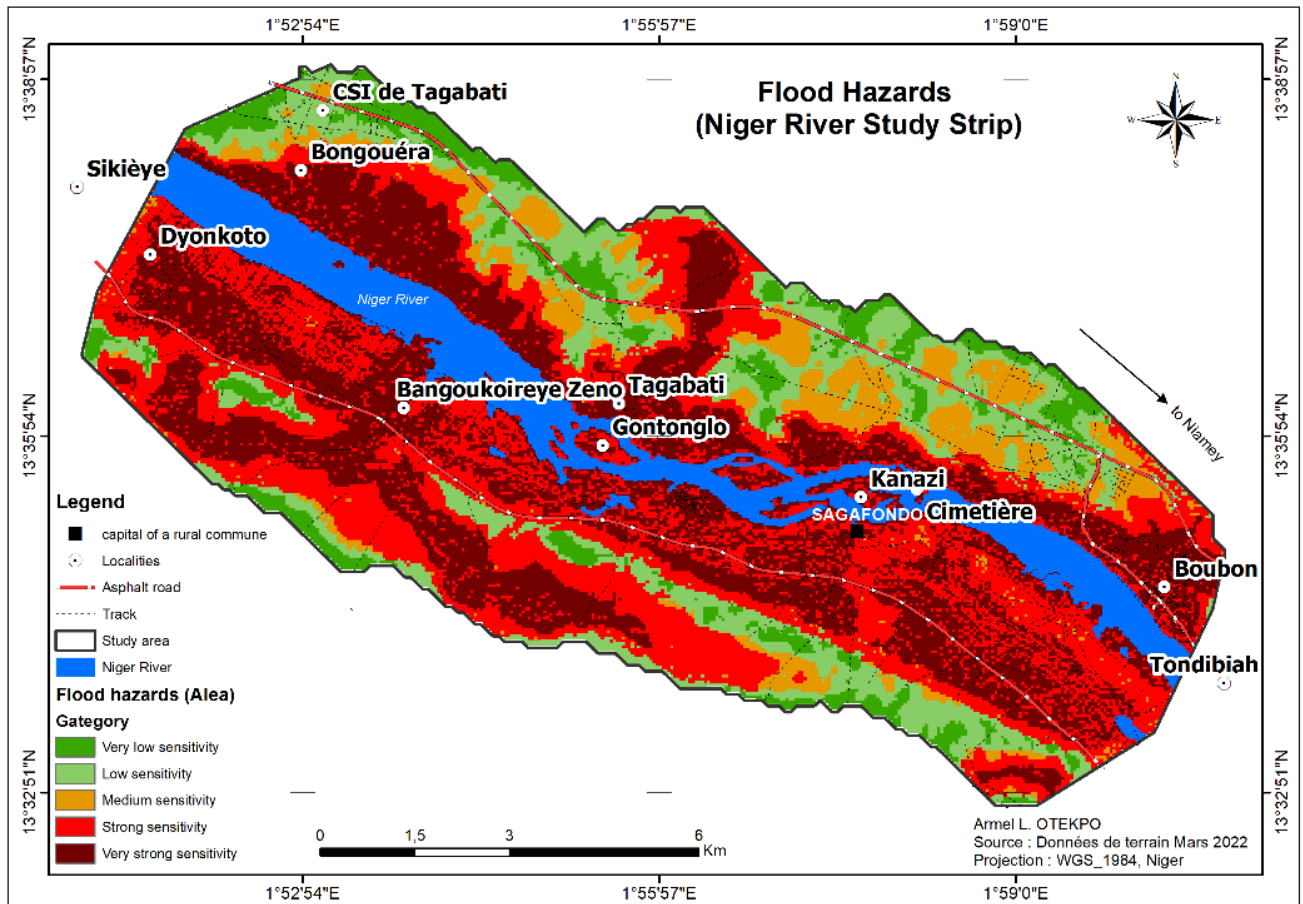


Figure 43: Aléa lié aux inondations dans la bande Dyonkoto-Boubon

La figure 42 présente la carte des aléas en accentuant les différents paramètres naturels non maîtrisables qui sont à l'origine des dommages, processus et fonctionnements. Ainsi, suivant la légende, on constate cinq (5) niveaux de sensibilité : Sensibilité très faible, sensibilité faible, sensibilité moyenne, sensibilité forte et sensibilité très forte.

La combinaison des aléas impliqués dans les risques d'inondation montre une dominance des sensibilités : forte et très forte.

Ainsi la figure 43 montre les taux de couvertures de chaque sensibilité liée à l'aléa d'inondation dans la bande Dyonkoto-Boubon.

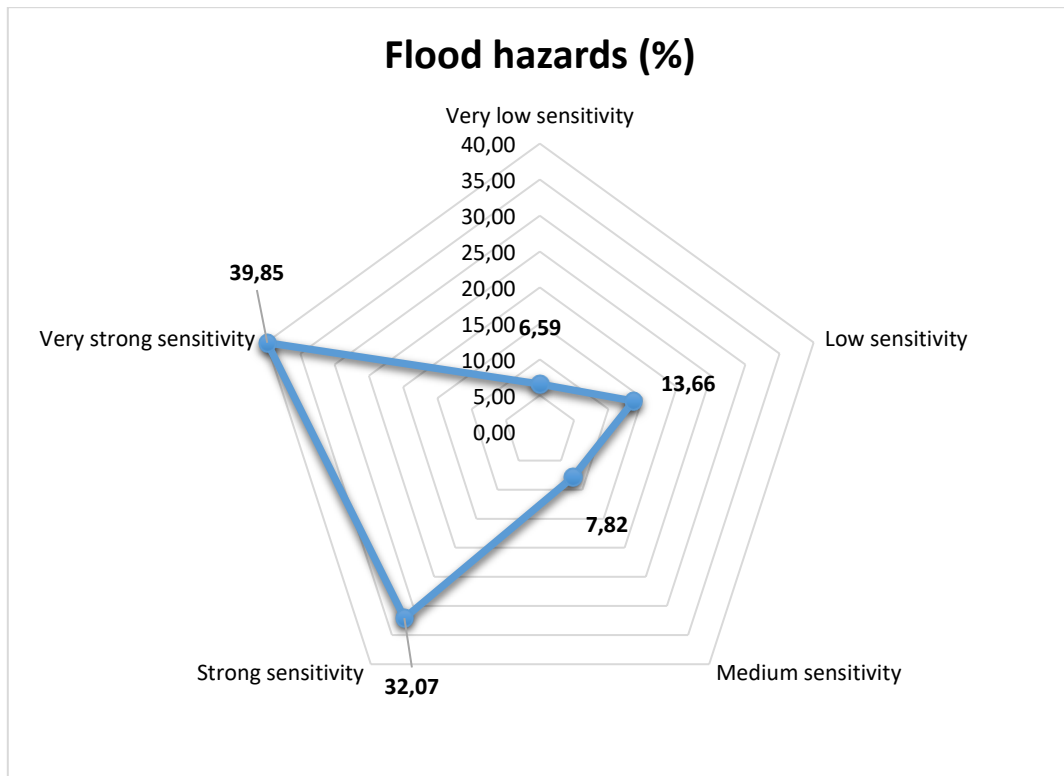


Figure 44: Taux de couvertures de chaque sensibilité liée à l'aléa d'inondation dans la bande Dyonkoto-Boubon.

D'après cette figure 43, les sensibilités très fortes dominent avec un taux de couverture de 32,07 % et 39,85 %.

3.1.2.5 Cartographie des enjeux liés aux inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon

Les résultats de différents traitements des données satellitaires ont permis de dresser les cartes thématiques, parmi lesquelles, celle des enjeux. Dans cette partie, trois (3) enjeux mis en avant permettent de comprendre les risques auxquels ils font face.

3.1.2.5.1 Cartographie de l'enjeu lié aux activités agricoles

La figure 44 présente les enjeux liés aux activités agricoles dans la bande Dyonkoto -Boubon.

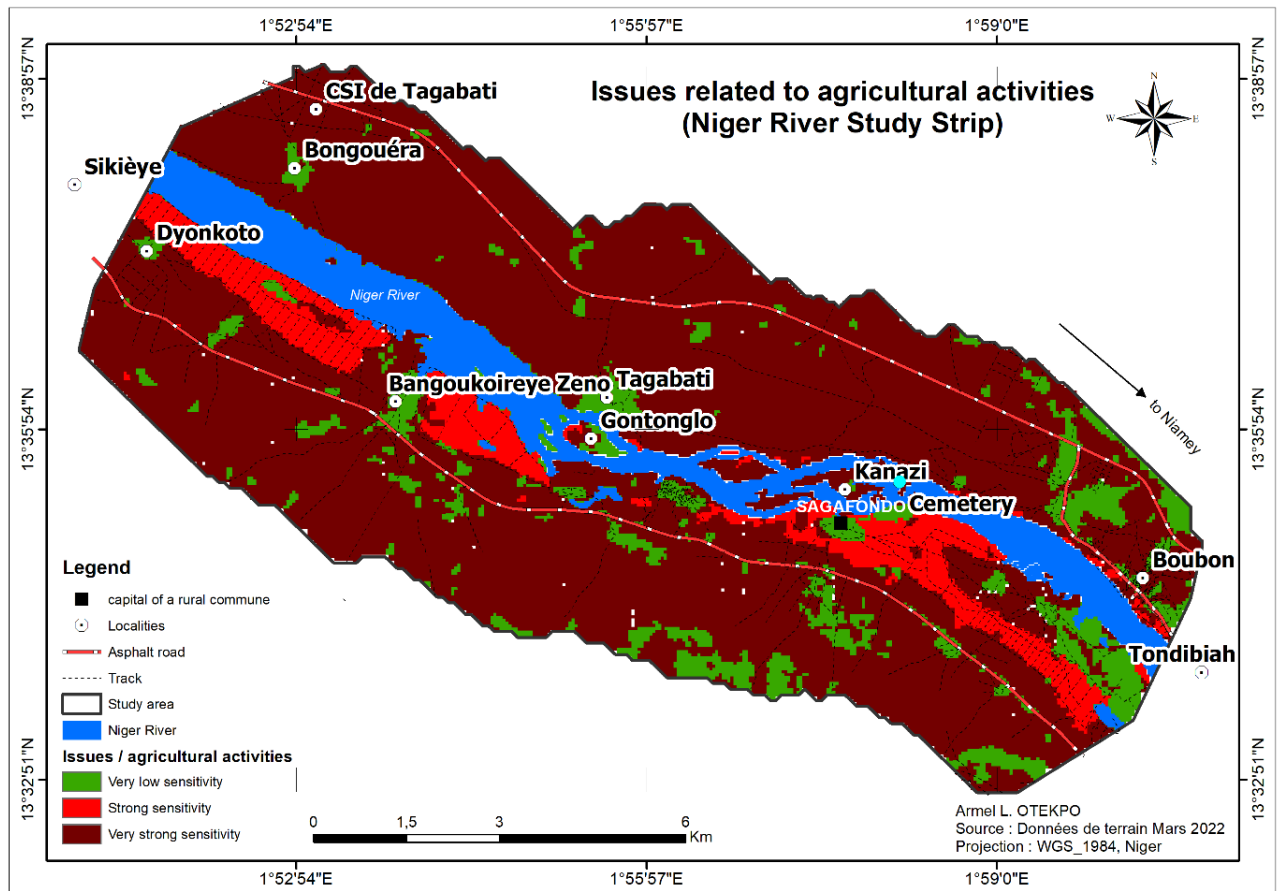


Figure 45: Enjeux liés aux activités agricoles dans la bande Dyonkoto -Boubon

La figure 44 présente la carte des enjeux relatifs aux zones de productions agricoles susceptibles de subir des désagréments lors du passage des affres d'inondation.

Trois classes de sensibilité sont définies : Sensibilité très faible, sensibilité forte et très forte sensibilité.

En effet, les zones prédisposées à l'inondation sont celles situées dans les secteurs de faible perméabilité et à pente faible, en contrebas des reliefs, où le réseau de drainage est dense (infiltration faible, concentration rapide des eaux). De plus, le risque à l'inondation est aussi élevé aux abords immédiats des cours d'eau où se pratiquent les activités agricoles.

La figure 45 présente les taux de couverture de l'enjeu liés aux activités agricoles dans la bande Dyonkoto -Boubon.

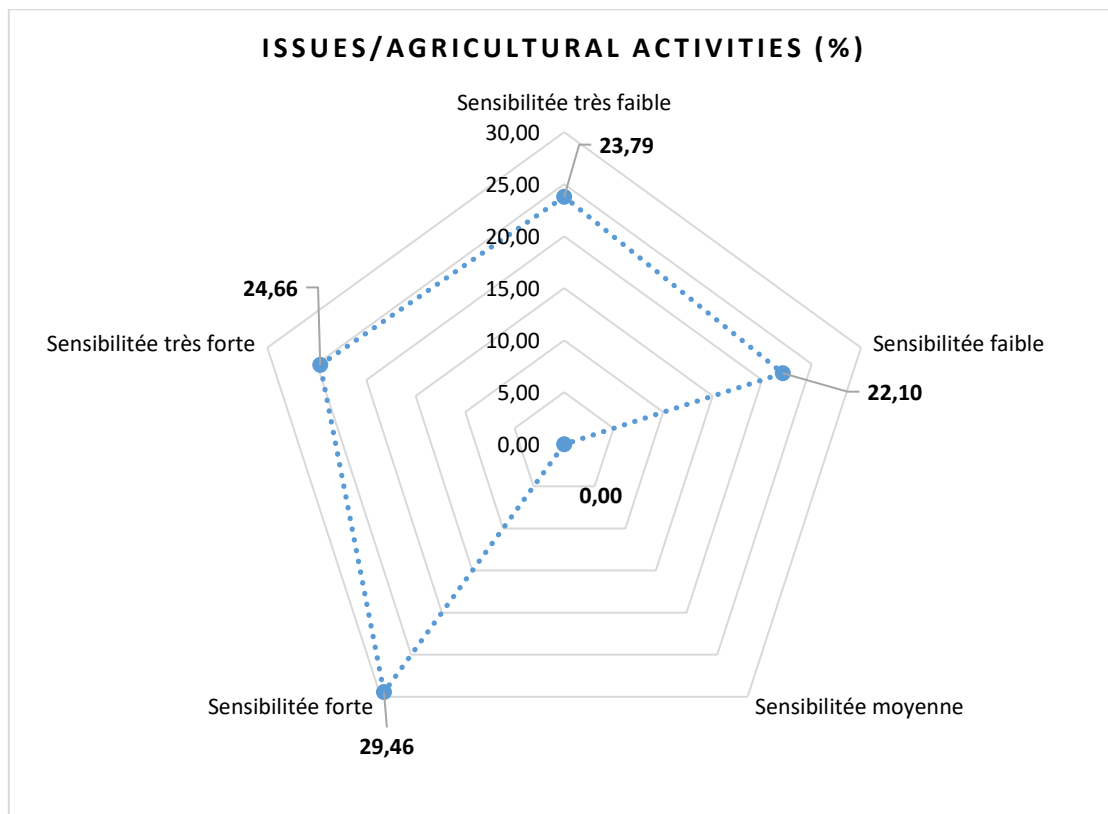


Figure 46: Taux de couverture de l'enjeu liés aux activités agricoles

D'après l'analyse de cette figure 45, la sensibilité très forte, forte, faible et très faible occupe respectivement : 29,46 % ; 24,66 % ; 23,79 % et 22,10 %. Cela implique que la saturation du sol en eaux peut inonder les zones de champs et de cultures agroéconomiques.

3.1.2.5.2 Cartographie de l'enjeu lié aux habitats et équipements

Les maisons, les infrastructures (CSI, écoles, marchés...) sont les éléments retenus pour la cartographie de l'enjeu lié aux habitations et aux équipements.

La figure 46 présente les enjeux liés aux habitats et équipements dans la bande Dyonkoto - Boubon.

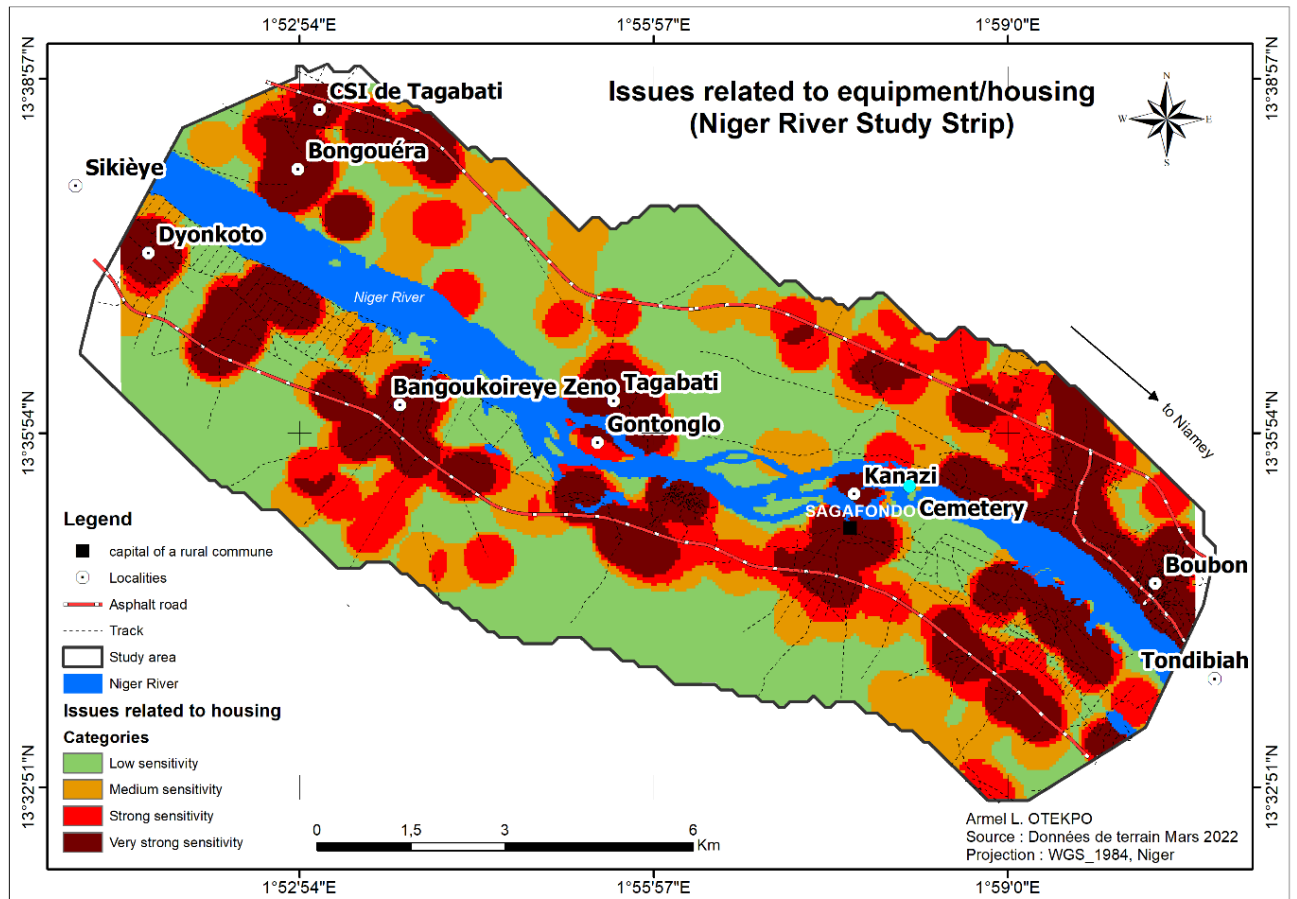


Figure 47: Enjeux liés aux habitats et équipements.

De cette figure 46 présente, les zones sensibles s'identifient dans les agglomérations et les parties habitées sur l'ensemble du secteur d'étude. Suivant la figure, les quatre (4) sensibilités sont représentatives dans le secteur d'étude. Il s'agit des sensibilités faibles, des sensibilités moyennes, des sensibilités fortes et des sensibilités très fortes.

Les travaux de terrain effectués ont montré la vulnérabilité des habitats pour la plupart en bancos, face aux inondations. D'une part, les infrastructures scolaires, les logements, marchés, l'abattoir et quelques ouvrages hydrologiques sont construits en matériaux précaires et situés dans le lit du cours d'eau.

La figure 47 présente les taux de couverture des vulnérabilités des habitats et équipements pendant la montée des eaux dans le secteur d'étude.

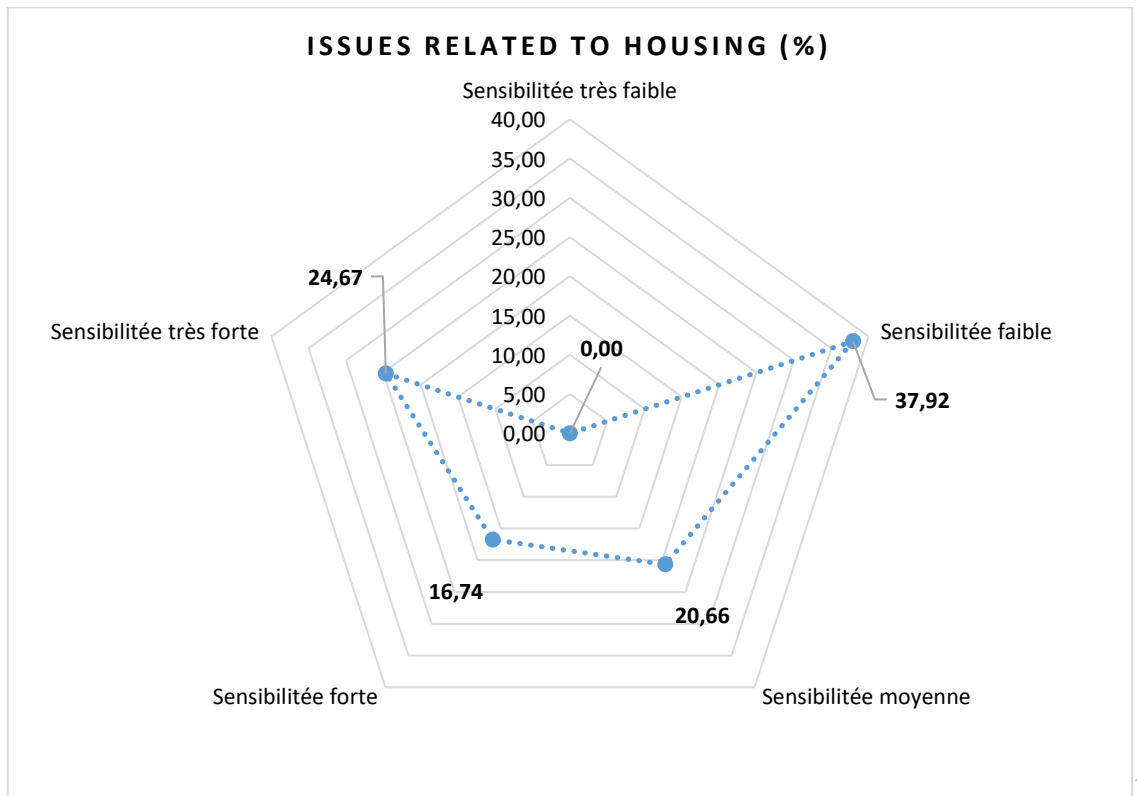


Figure 48: Taux de couverture de l'enjeu lié à habitats et équipement

L'analyse de la figure 48 montre que les sensibilités faibles et moyennes représentent respectivement 37,92 % et 20,66 %, tandis que les sensibilités fortes et très fortes représentent 16,74 % et 24,67 % du taux de couverture des vulnérabilités liées aux habitats et équipement. Ceci implique une forte exposition des zones d'habitation dans les zones à risque d'inondation.

3.1.2.5.3 Cartographie de l'enjeu lié aux routes

Les routes et voies terrestres sont les principaux moyens d'évacuation des biens et matériels dans la zone d'étude et vers les autres localités du Niger. Ces infrastructures jouent un rôle primordial pour les communautés à travers le développement économique locales. Cependant, situé dans la bande Dyonkoto - Boubon, elles sont exposées à des phénomènes d'inondations causant parfois leurs destructions et en bravant la libre circulation des personnes et des biens.

Plusieurs types de routes sont identifiés dans le secteur d'étude. Il s'agit des routes bitumées, des routes secondaires, des pistes rurales et désertes.

La figure 49 présente les zones de vulnérabilité liée aux routes dans le secteur d'étude, face aux inondations.

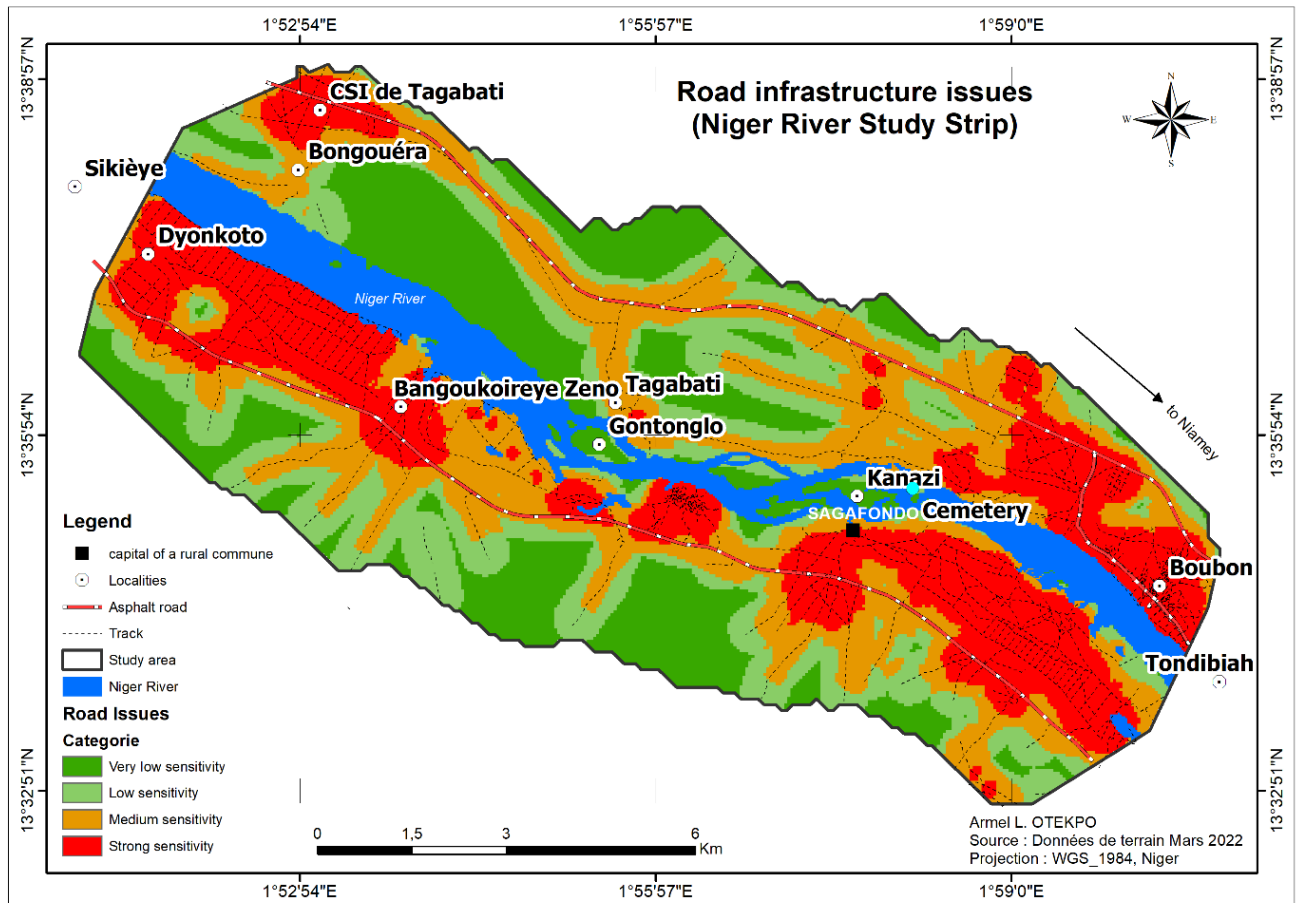


Figure 49: Enjeu lié aux routes

L'analyse de la figure 49 montre que deux grandes routes bitumées traversent la zone d'étude de part et d'autre, ayant le fleuve Niger à l'intérieur (la rive gauche et la rive droite). La présence d'autres types de routes a permis la cartographie des zones vulnérables aux inondations. On constate sur cette figure que les infrastructures routières vulnérables situées soient à proximité des cours d'eau ou soit dans des dépressions.

La figure 50 présente le taux de vulnérabilité des sensibilités lié aux routes face aux inondations.

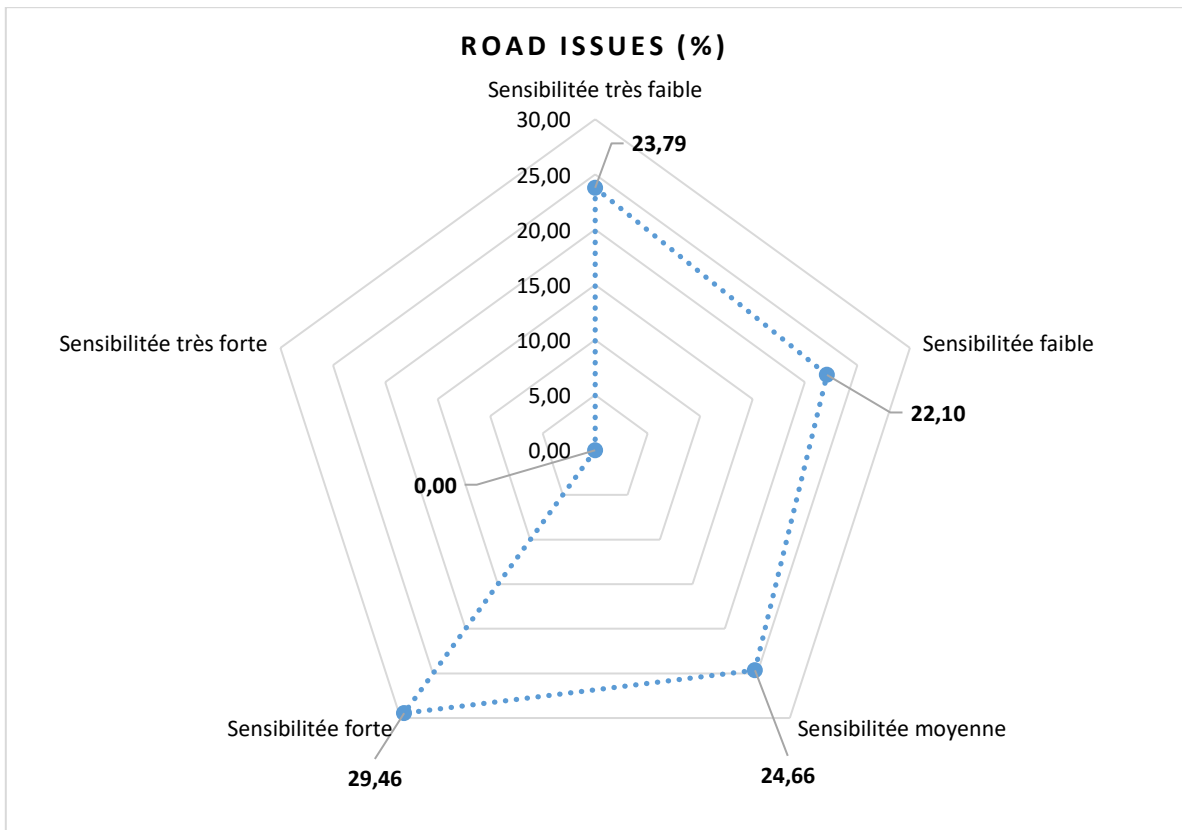


Figure 50: Taux de vulnérabilité des sensibilités lié aux routes

Les infrastructures sont identifiées comme vulnérables dans les zones moyenne et forte respectivement : 24,66 % et 29,46 %.

3.1.2.5.4 Cartographie de l'enjeu face aux risques d'inondations

La figure 51 présente la carte des enjeux dans la bande Dyonkoto - Boubon. Elle est issue de la combinaison des enjeux routes, habitations et zones de cultures. Ces différents éléments ou facteurs constituent les principaux éléments vulnérables aux phénomènes d'inondations.

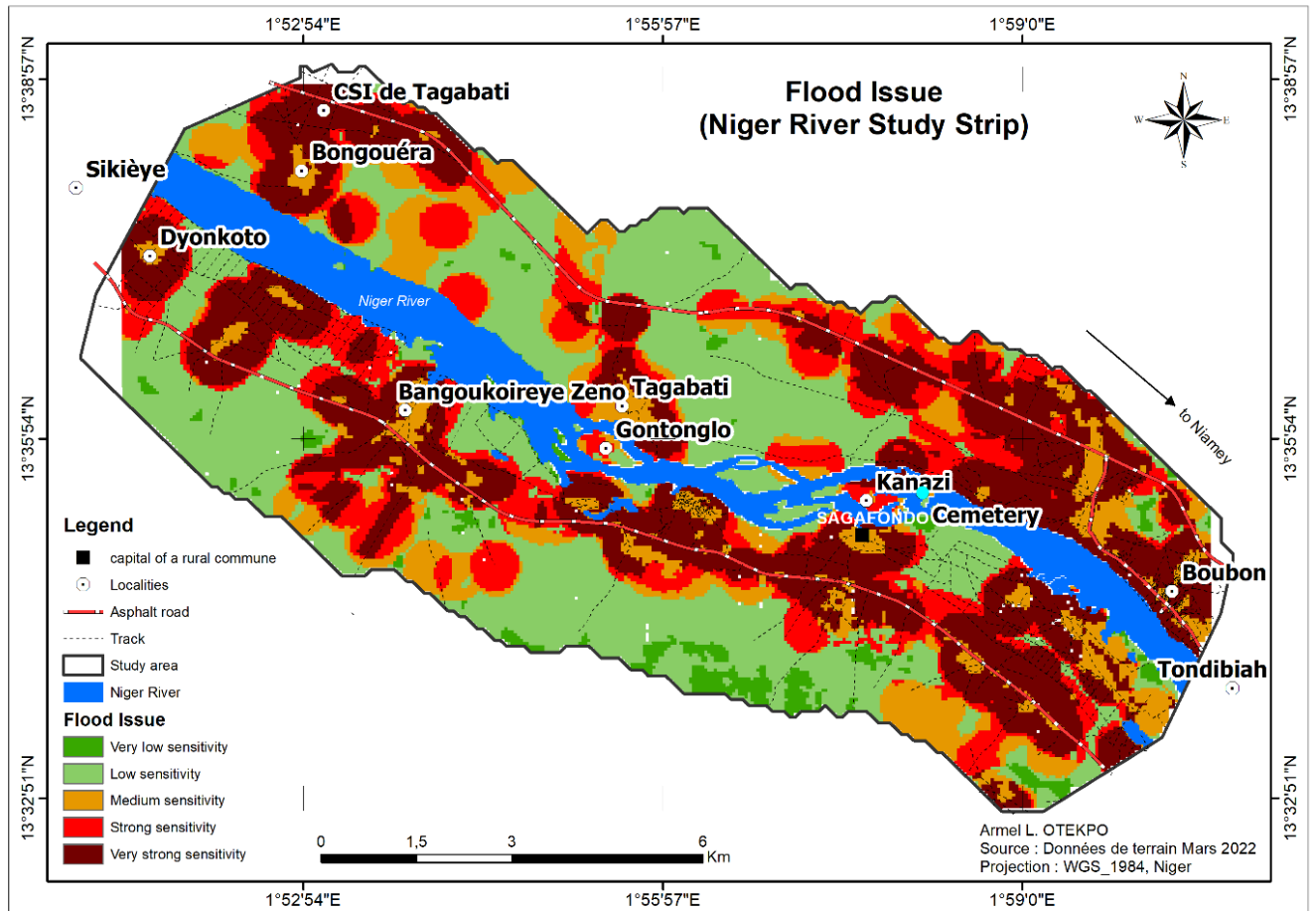


Figure 51: Enjeu lié inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon

De l'analyse de la figure 51 la carte des enjeux est issue de la combinaison des trois (3) cartes thématiques liée aux enjeux route, habitation et zones de cultures (figure 44 ; 46 et 49.)

La combinaison des différents enjeux a permis la réalisation de la carte des enjeux ou de vulnérabilité.

De cette figure 51, cinq (5) types de sensibilités s'identifient aisément : les sensibilités très faibles, les sensibilités faibles, les sensibilités moyennes, les fortes et sensibilités très fortes.

L'interprétation des données quantitatives issues de la cartographie des zones vulnérables a permis la réalisation de la figure 46.

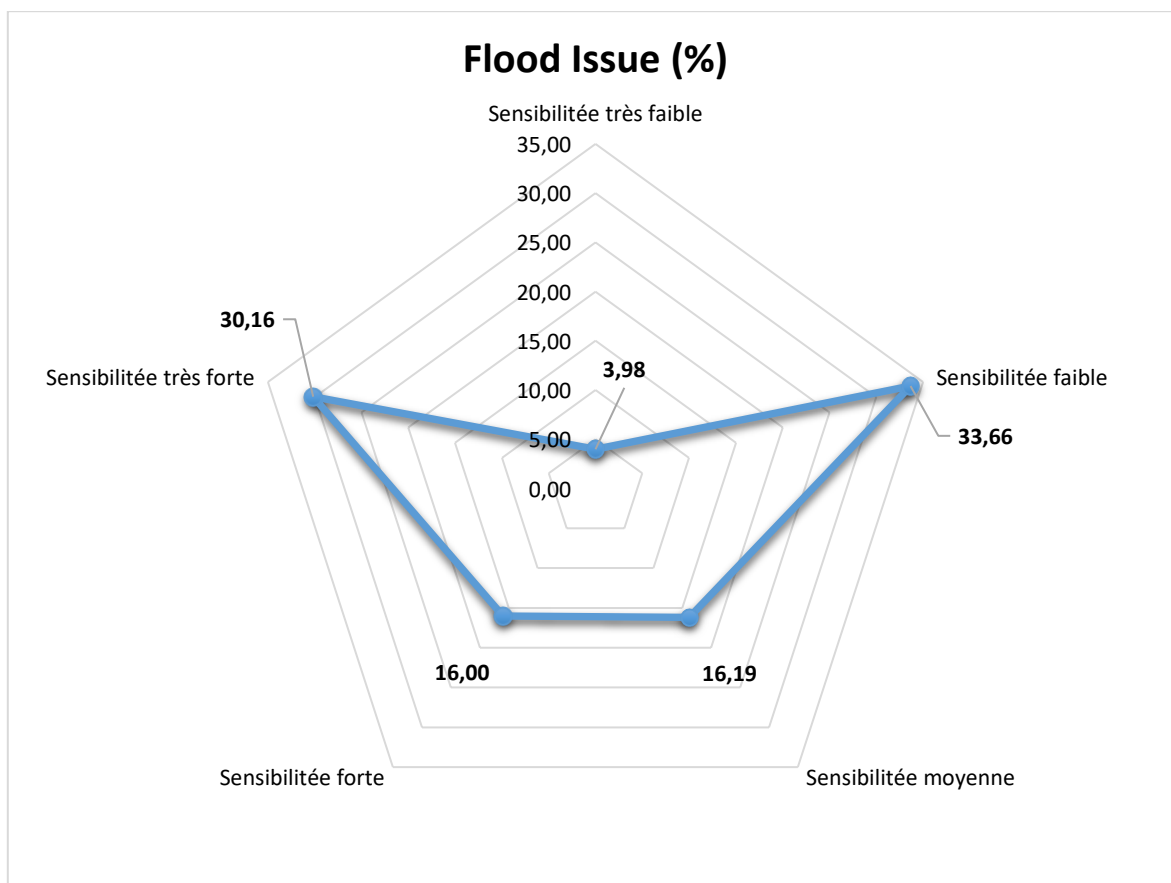


Figure 52: Taux de couverture des enjeux liés aux inondations.

D'après cette figure 52, les sensibilités très fortes et fortes dominent avec un taux de couverture de 33,16 % et 33,66 %.

3.1.2.6 Cartographie des Risques d'inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon

Les résultats des différents traitements des données satellitaires d'une part et de terrain ont permis de dresser les cartes thématiques des risques.

Du moment où quand il n'y a pas d'enjeux, il n'y a pas de risque ; cette partie va mettre en avant, les risques qu'encourent les populations en vivant dans ce secteur d'étude. En effet, la combinaison de l'aléa global par la vulnérabilité de l'activité spécifique nous a permis d'obtenir la carte des risques liés à cette activité.

3.1.2.6.1 Cartographie du risque lié aux activités agricoles

La figure 53 présente les risques liés aux activités agricoles dans la bande Dyonkoto - Boubon.

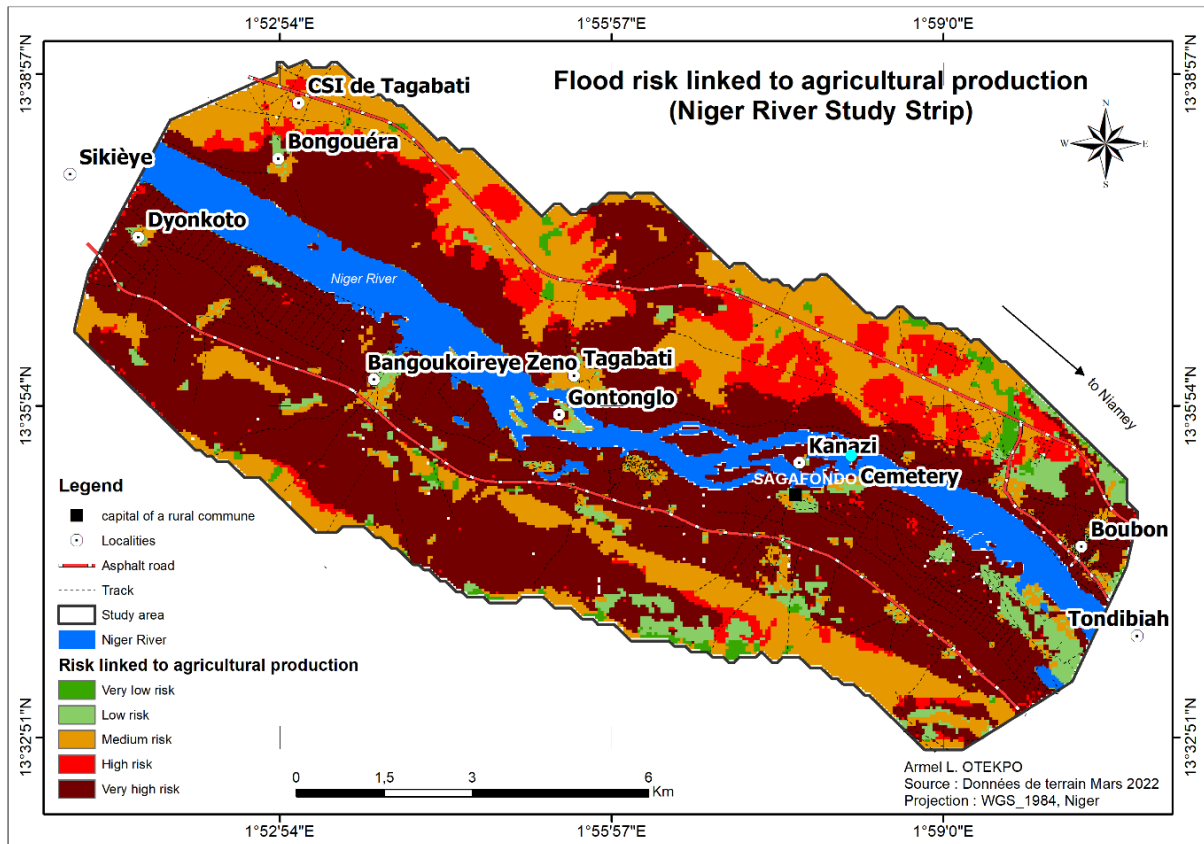


Figure 53: Risques liés aux activités agricoles

D'après la figure 53, cinq (5) grandes classes de risques ont été cartographiées. Il s'agit des risques très faibles, faibles et forts qui sont minoritaires, et des risques moyens et très élevés qui sont majoritaires. De l'analyse de cette figure 53, il ressort la figure 54

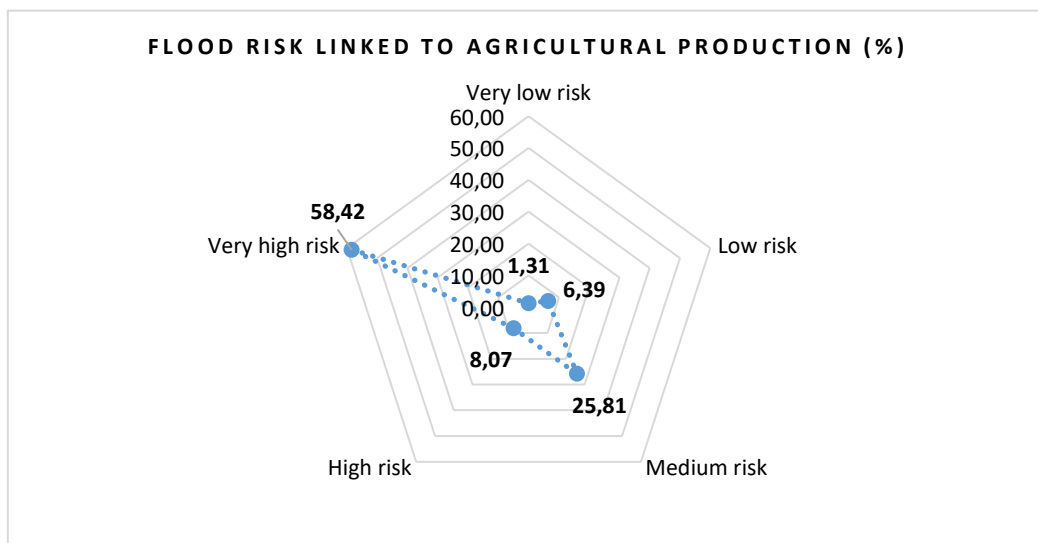


Figure 54: Proportion des risques d'inondations liés à la production agricole.

Les risques minoritaires occupent respectivement : 1,31 % ; 6,39 % et 8,07 % alors que les risques majoritaires occupent respectivement : 25,81 % et 58, 42 %. De l'analyse de ce graphique, les zones à risque occupent une grande proportion de l'ensemble du secteur d'étude.

3.1.2.6.2 Cartographie du risque lié aux routes

La figure 55 présente les risques liés aux routes dans la bande Dyonkoto - Boubon.

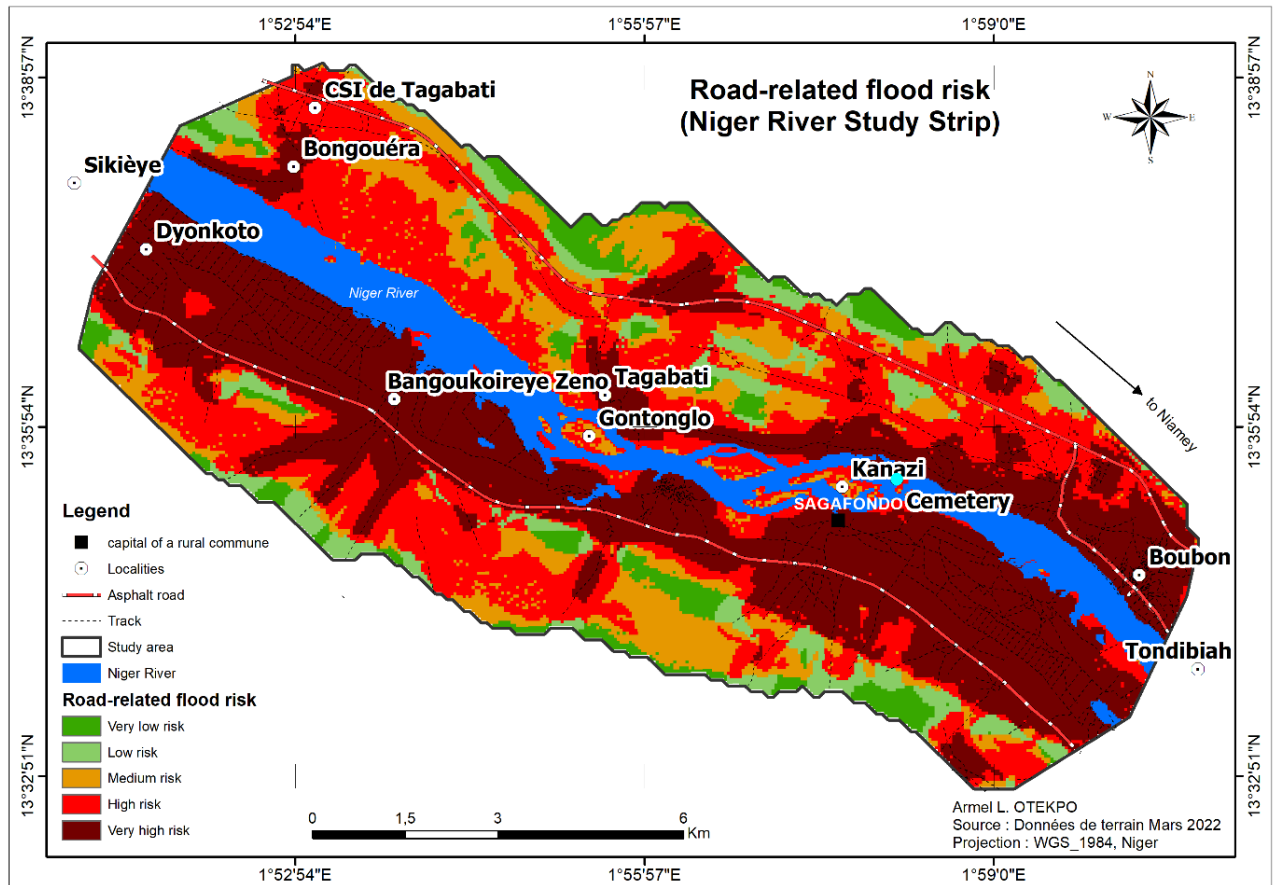


Figure 55: Risques liés aux routes

Comme l'indique la figure 55, les infrastructures routières de la rive gauche du fleuve sont plus exposées aux risques d'inondation que les infrastructures routières de la rive droite. Cela se traduit par une dominance des risques très forts dans la rive gauche, que la rive droite. L'observation de cette figure montre également que les risques forts et très forts dominent l'ensemble du territoire d'étude.

La figure 56 présente les proportions de risques face aux vulnérabilités de route.

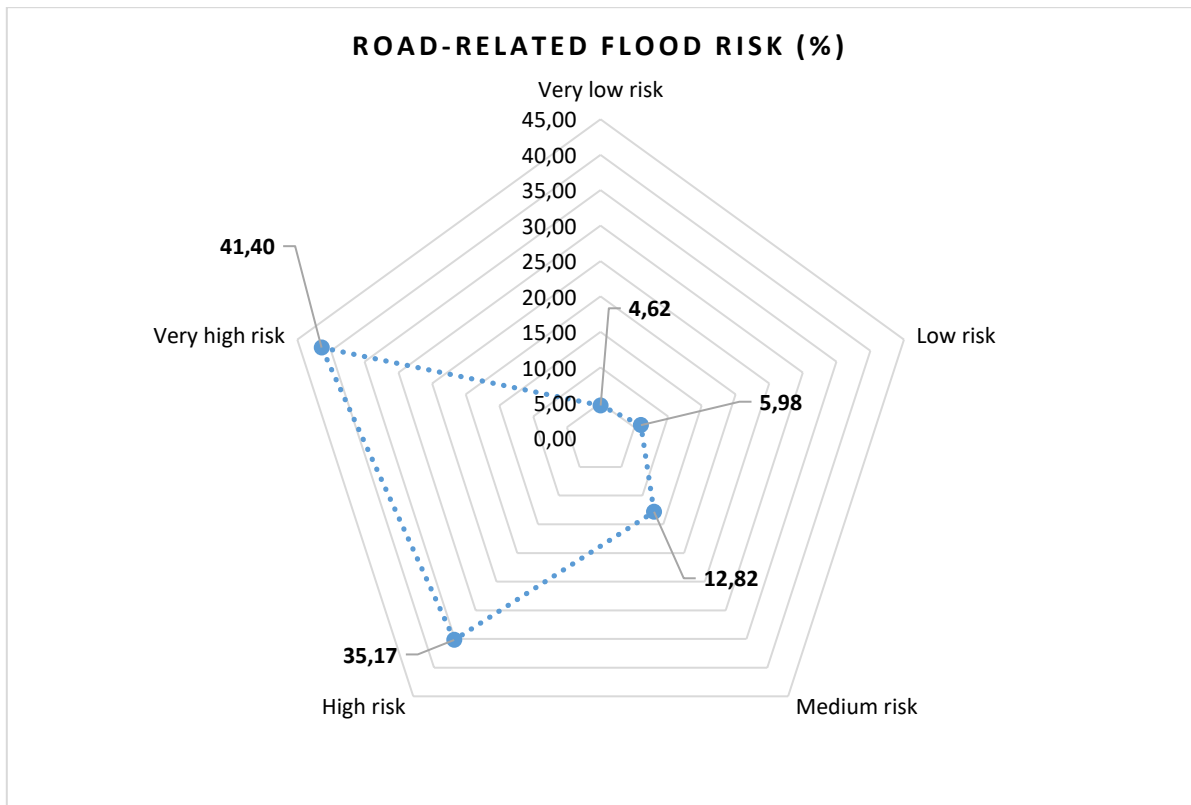


Figure 56: Proportions de risques face aux vulnérabilités de route

L'analyse de la figure 56 montre que les sensibilités fortes et très fort respectivement 35,17 % et 41,40 % dominent l'ensemble du secteur d'étude. Ceci conduit à affirmer qu'en cas d'inondation, beaucoup de routes seront inaccessibles, voire détruites, avec des conséquences sur les activités économiques.

3.1.2.6.3 Cartographie du risque lié aux équipements et habitats

La figure 57 présente les risques qu'encourent les populations installées dans ce secteur d'étude.

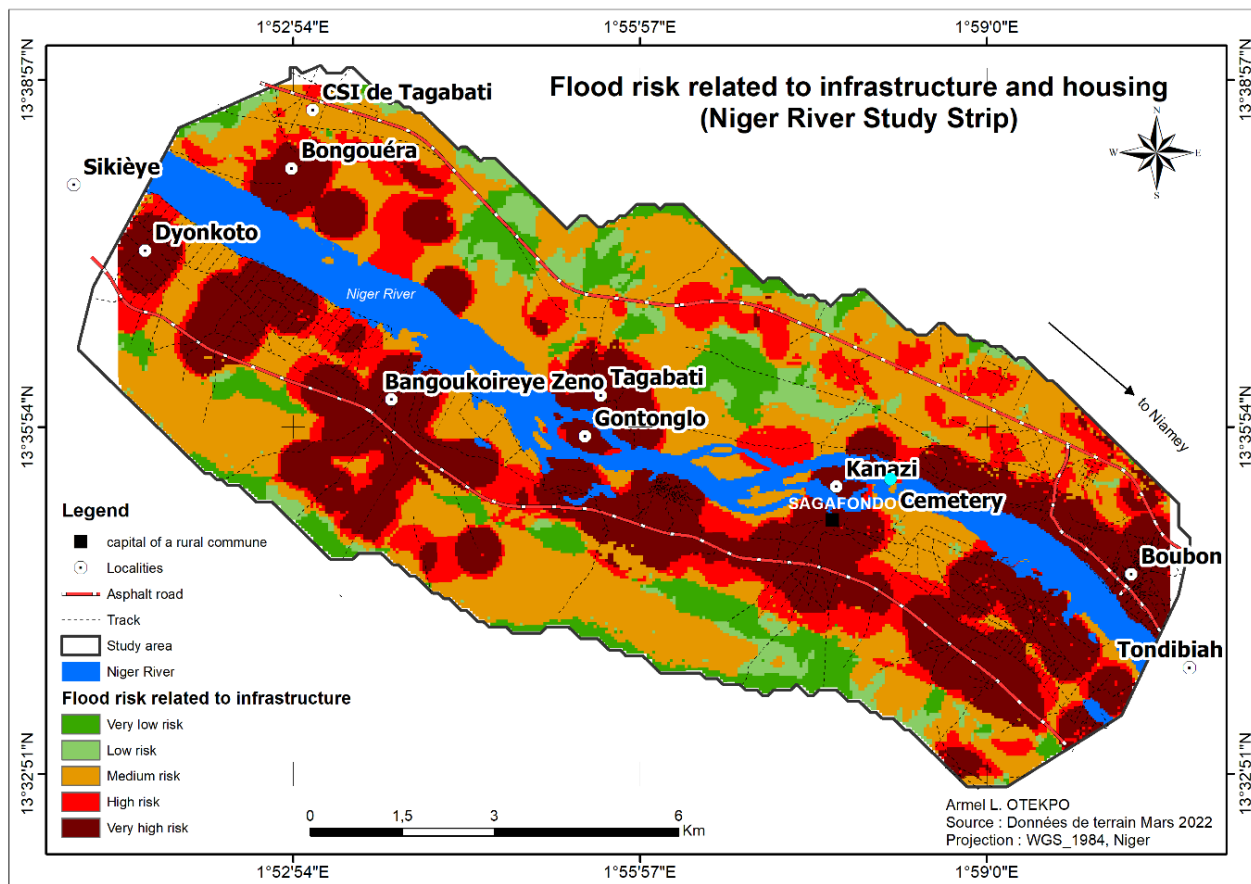


Figure 57: Risque lié à l'installation des populations dans le secteur d'étude

À très la figure liée aux équipements, infrastructures d'habitation (logement, les greniers et magasins de stocks des produits agricoles, les maisons de fortunes, également des populations installées, à bord, dans le lit des cours d'eau et même sur les îlots courent des risques d'inondation. Les infrastructures publiques, administratives, sanitaires et marché, présentent également des risques d'inondations dans le secteur d'étude, qui peuvent être très dévastatrices.

De l'analyse de la figure, on constate que les zones d'habitation se situent à proximité du fleuve Niger et parfois dans le lit majeur, où des îlots formés par le phénomène d'ensablement des fleuves. Ces zones sont caractérisées par des risques très forts.

La figure 59 présente les taux de couverture des types de risques d'inondation face aux équipements, infrastructures d'habitation dans le secteur d'étude.

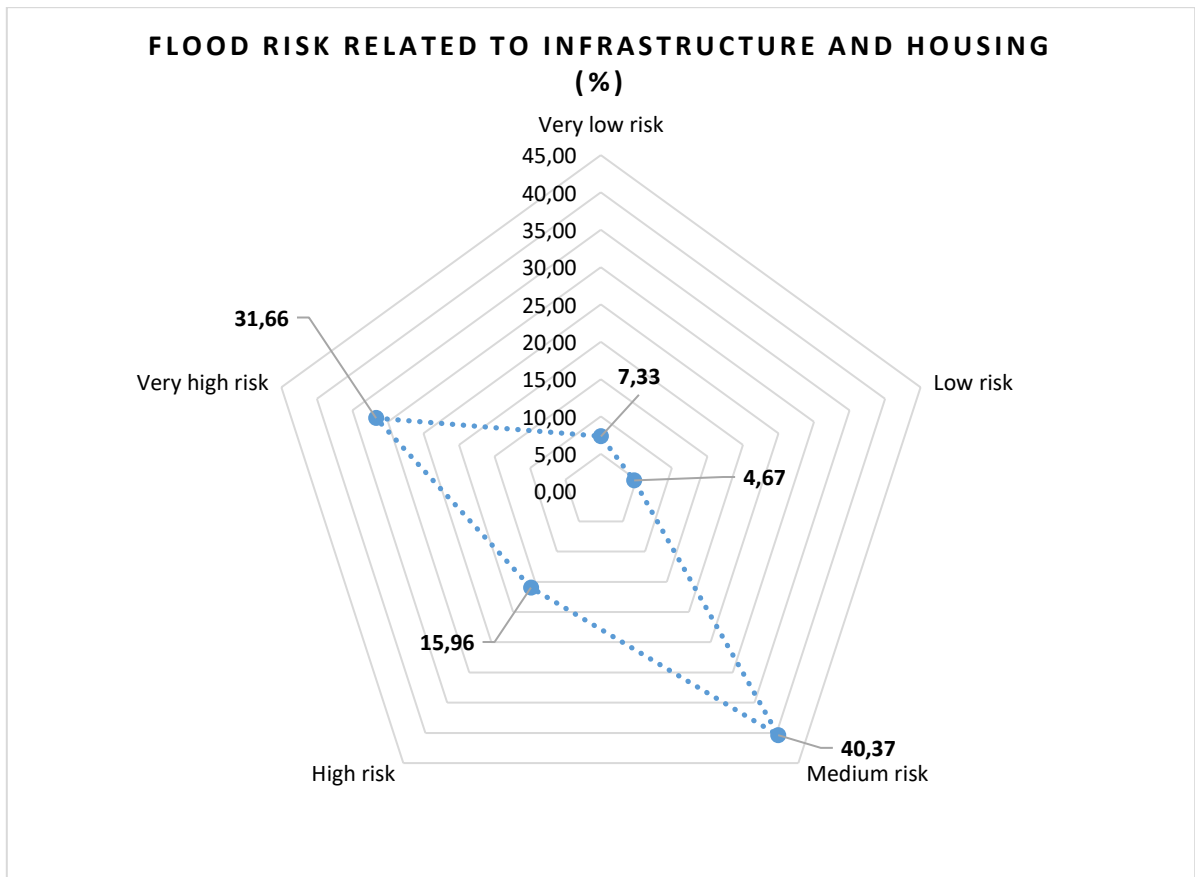


Figure 58: Taux de couverture des types de risques d'inondation face aux équipements, infrastructures d'habitation

L'analyse de cette figure 59 indique que 40,37 % de la superficie totale du secteur d'étude présente un risque moyen, et 31,66 % concernent le risque très fort. De la même manière, le risque faible et très faible représente respectivement 7,33 % et % ; et 7,67 %.

3.1.2.6.4 Cartographie des risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto -Boubon

La figure 60 présente les risques d'inondation le secteur d'étude Dyonkoto - Boubon au Niger.

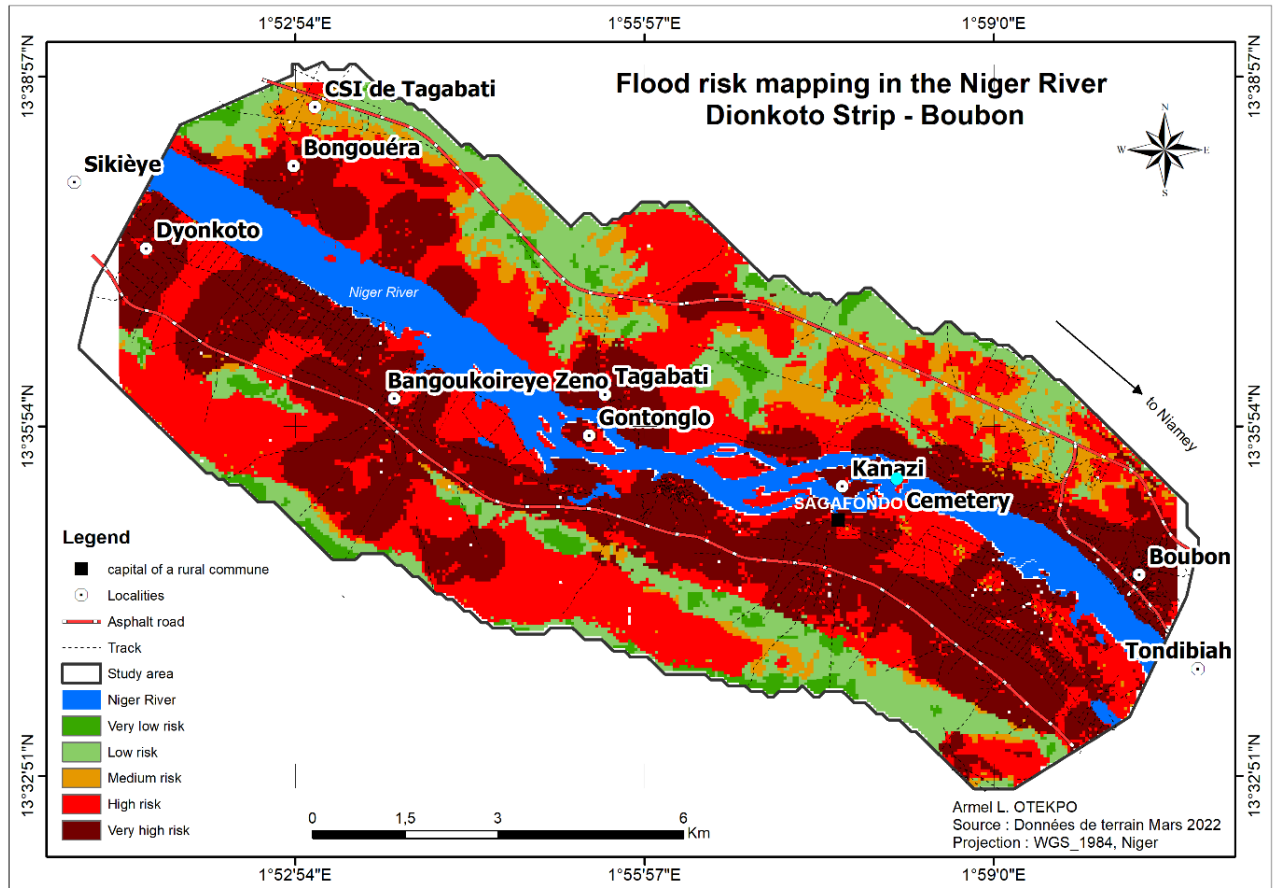


Figure 59: Risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon

L'analyse de la figure 60 révèle des secteurs à risque très faible, faible, moyen, élevé et très élevé dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon. Ces données confirment les résultats de nos enquêtes : 100 % des personnes interrogées affirment avoir subi l'inondation. De plus, ces risques d'inondations sont dus soit par débordement de crue ou de type fluvial.

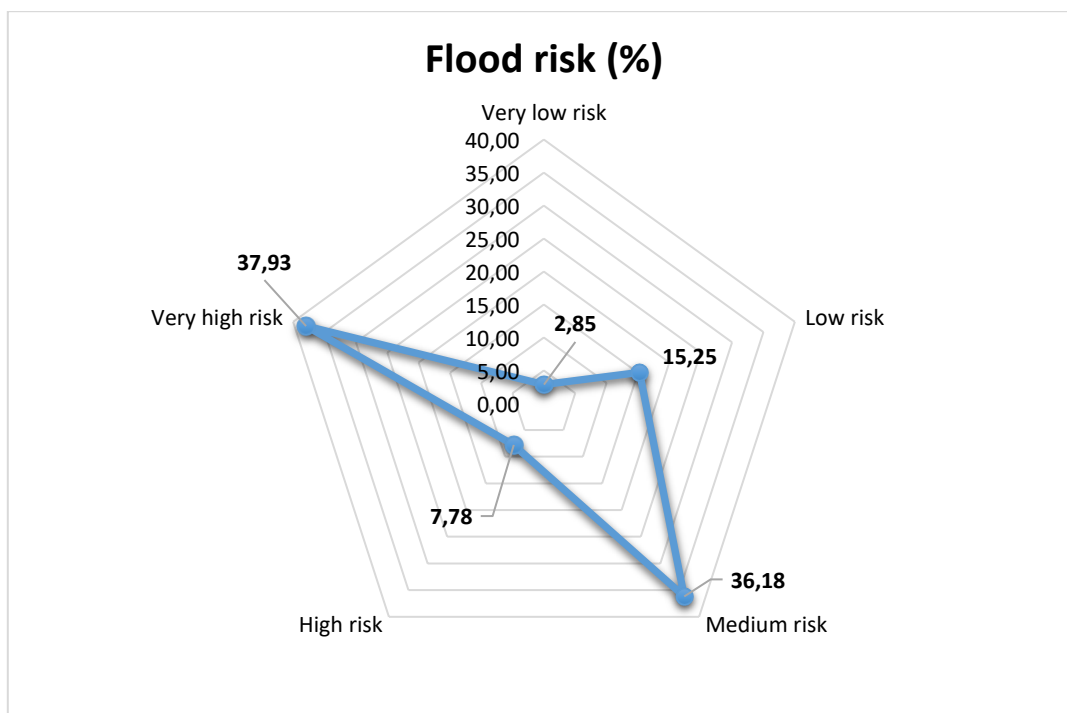


Figure 60: Proportion des types de risques d'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon

Il faut retenir de cette figure 61 que les zones à risques très faibles, faibles et forts représentent respectivement 2,85 %, 15,25 % et 7,78 %. Alors que les zones à risques très forts occupent 37,93 % du secteur d'étude. Selon les enquêtes de terrain pendant les inondations les hauteurs d'eau varient d'une localité à une autre. Ces hauteurs d'eau sont mesurées à travers différents indicateurs par les populations.

Dans la localité de Dyonkoto et celle de Namaro, ces hauteurs d'eau peuvent atteindre la poitrine d'une personne debout ayant au moins une taille de 1m70. Cette hauteur d'eau à certains endroits dépasse la partie supérieure d'un tronc d'arbre, ayant environ une hauteur de 10 m.

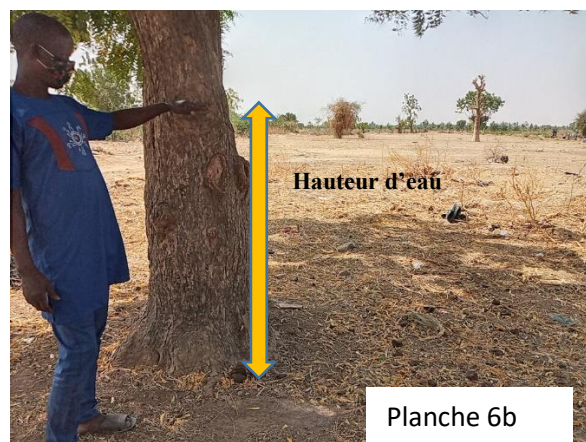
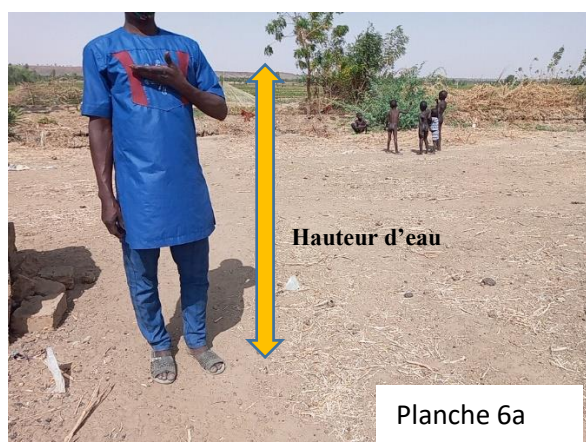


Planche 6: Niveau de la hauteur d'eau estimée par la population à Dyonkoto

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022.

Dans le village de Namaro, à certains endroits, les hauteurs d'eaux dépassent les membres inférieurs d'une personne debout, ayant au moins une taille de 1m70 comme le montre la photo 04.



Photo 4: Niveau de la hauteur d'eau à Namaro

Cliché : Lémonla Armel Otekpo, mars 2022.

Cependant, la montée des eaux menace les vies humaines, elle représente également un risque important pour les biens matériels que ce soit les habitations, les bâtiments publics, les entreprises et l'ensemble des infrastructures essentielles au bon fonctionnement des localités situées dans la bande d'étude (hôpitaux, marchés, infrastructures d'électricité, réseaux d'approvisionnement et de distribution en eau potable, etc.). Le développement économique rural subit les affres des inondations, avec une menace sur les incidences économiques.

Par ailleurs, les conséquences de ses risques d'inondation se mesurent aussi par la période d'inactivité des populations dans la bande d'étude. Selon les résultats des enquêtes de terrain, la variation de la période d'inactivité varie entre 06 à 28 mois. Ceci démontre du niveau d'envahissement de l'eau dans les champs et des dégâts qu'elles occasionnent sur son passage. 75 % des personnes enquêtes affirment avoir changé d'activité. Entre autres comme nouvelles activités exercées par les populations, nous avons : colporteur, réparateur ambulant de portable, maraîchage, vulcanisateur.

15 % affirment ayant essayé l'exode rural, en quittant totalement le village pour se rendre respectivement à la capitale Niamey et dans la ville de Tillabery à la recherche de travail : vendeur ambulant de fruits de pastèque à Niamey, badaud au grand marché de Niamey, Garoua (livreur d'eau en charrette) et la mendicité dans les carrefours à Niamey.

Le risque obtenu à partir du croisement de l'aléa et de l'enjeu a permis d'identifier dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon, les zones potentiellement à risque aux phénomènes d'inondations. Ces phénomènes d'inondations ont des répercussions sur l'urbanisation.

Ainsi, la concentration des habitants, des bâtiments, des infrastructures routières, des zones d'activités d'agricoles aménagé ou non, dans des zones potentiellement exposées à la montée des eaux peuvent faire objet de nombreux désagréments, soit en perte de bien matériels, en perte de production, en perte de vie humaine et animale, sans oublier les risques sanitaires et une insécurité alimentaire grandissante.

3.1.2.6.5 Gestion de la crise alimentaire et des inondations

3.1.2.6.5.1 Insécurité alimentaire dans le secteur d'étude

Les inondations ont causé des dégâts importants au niveau des logements, écoles, centres de santé, routes, places de marché, lieux de cultes, réseaux d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement, et sur d'autres biens et services publics. La collecte des données détaillées sur les dégâts et les pertes occasionnées par le sinistre dans la bande d'étude ont permis d'identifier l'insécurité alimentaire et la perte des biens comme l'une des conséquences aux effets de l'inondation.

Les manifestations de cette insécurité alimentaire observée dans la zone d'étude se traduisent d'abord par la destruction des cultures des champs, des greniers, des périmètres d'aménagement agricoles. Ensuite au niveau des ménages la destruction totale ou partielle des stocks alimentaires et des provisions. Les conséquences qu'engendrent ces inondations sur la santé sont entre autres, la malnutrition des enfants, la cherté des vivres restants, le grand problème d'importation et la fermeture des boutiques locale d'approvisionnement en nourriture. Par ailleurs, en cas d'inondations, certaines latrines remontent les germes et excréments qui causent les infections, les maladies respiratoires, pas uniquement sur les enfants, mais aussi sur les adultes. La prolifération des germes ou ni de moustique avec pour effet la prolifération du paludisme.

La saturation des eaux par les remontées des déchets des puisards, les latrines, des douches et l'étalement des ordures sur la couverture d'eau, entraînent d'énormes dégâts sur les populations vivant dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon. En témoigne les différents cas de maladies enregistrées fréquemment dans les CSI (Centre de Santé Intégré de Boubon, Dyonkoto et Kanazi), entres autres : Paludisme, Grippe (Rhume), la diarrhée, le richissime, les maladies respiratoires, etc.

Gestion de l'insécurité alimentaire après inondation : cas de 2013

La commune rurale de Karma a bénéficié dans le cadre de la crise alimentaire de la part de l'État, des quantités importantes de céréales pour la vente à prix modérés. Un total de 835 tonnes, composé comme suit :

- 1^{re} phase : 105 tonnes
- 2^e phase : 130 tonnes
- 3^e phase : 130 tonnes
- 4^e phase : 130 tonnes
- 5^e phase : 165 tonnes
- 6^e phase : 175 tonnes

Ces différentes tonnes de céréales ont été distribuées aux populations des localités affectées. Le tableau IV présente, la nature des dons reçus des organisations internationales dans le cadre de la gestion des crises d'inondation.

Tableau 4: Natures des dons et organisations internationales impliquées.

| Organisations intervenantes dans la gestion des inondations | Nature des dons reçus |
|--|--|
| Orange Niger | 110 sacs (60 sacs de maïs et 50 sacs de mil) |
| ONG AICM | Réalisation des banquettes « cash for work » |
| ONG CAPE | 483 tonnes de céréales aux ménages vulnérables En partenariat avec PAM et Cash Transfer avec 4 640 F CFA/personnes |
| ONG Islamic Relief | Distribution des aliments nutritionnels et huile Sac de farine de maïs, Cartons d'huile de soja. |
| Croix rouge | 9 moustiquaires, 30 pièces de pagnes, 4 bâches, 12 couvertures, 4 cartons d'huiles, 20 slips, 21 nattes en plastique, 4 seaux en plastique, 15 tonnes de maïs. |
| ONG UMMAH Welfare Trust | 181 sacs de maïs |
| ONG Turque | 66 tonnes composées de mil, d'huile et macaroni |

Sources : Fiches de collecte des données au niveau des chefs de villages/représentant concernés.

3.1.2.6.5.2 Perceptions endogènes des populations face aux inondations

Comprendre l'interaction entre la culture et les facteurs à risque d'inondations permettent de ressortir les aspects du comportement humain et des conduites qui influencent les comportements, les valeurs, les croyances et les perceptions du risque. Ainsi, les pratiques et perceptions culturelles dépendent des spécificités socioculturelles et des connaissances qu'ont les individus.

Dans ce sens, de personnes enquêtes et précisément du village de Sarando affirment que l'inondation est une concrétisation des faits énoncés par les saintes Écritures : *« Il arrivera un moment où, Dieu purgera la terre de ses péchés et malfaisances par des vagues d'inondation, des crues, voilà pourquoi ces inondations sont fréquentes de nos jours et répétitives ces dernières années à de différents endroits de la terre ».*

De plus, « Si une année nous constatons qu'il y a inondation, c'est sûr qu'avant ne viennent ces vagues de crues, un péché grave aurait sûrement été commis par l'un d'entre nous..., et nous faisons une libation d'animaux en signe de sacrifice et de pardon pour conjurer le sort et prier encore pour le pardon de nos péchés ».

Il ressort de ces perceptions socioculturelles que les inondations malgré qu'elles soient des phénomènes naturels ou humains, certaines populations ignorent les causes réelles de l'inondation et les attribuent à une colère divine. Les conséquences de cette ignorance ont de nombreuses répercussions sur la population, la dégradation des infrastructures publiques, la destruction des champs et périmètres agricoles, ce qui entrave le développement local. Des facteurs sous-tendent cette perception socioculturelle de la population. La figure 62 présente le choix du lieu de travail au domicile.

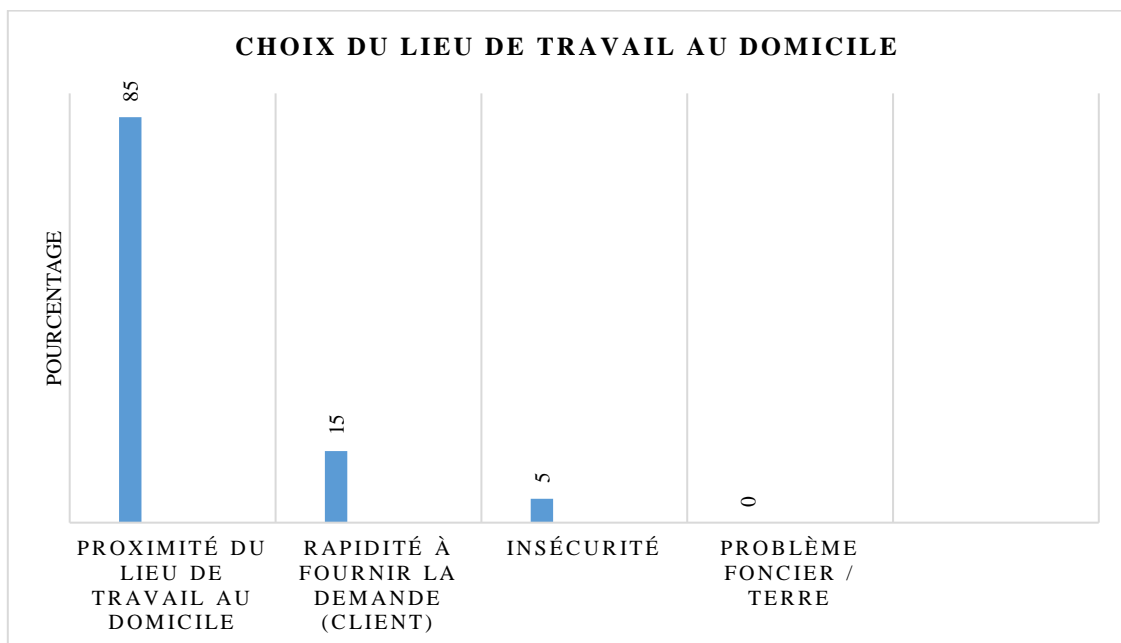


Figure 61: : Choix du lieu de travail des populations enquêtées dans la bande d'étude.

De l'analyse de cette figure 56, il ressort que le lien qui lie les populations à la ressource en eau est fort, 85 % des personnes enquêtées affirment vivre à proximité du lieu du travail, donc non loin du fleuve, 15 % affirment que c'est dû à la rapidité à fournir le client dans sa demande (poisson frais, les produits du maraîchage...) et 05 % affirment que c'est à cause de l'insécurité.

Vivant « sur leur terre », le foncier n'est pas du tout un problème dans la sécurisation de leur terre. Par ailleurs, cette proximité avec le fleuve confirme l'utilisation des berges fluviales par les femmes pour les activités domestiques (vaisselles...).

À cela s'ajoute l'estimation de la distance des habitations au bord du fleuve. La figure 63 présente l'estimation en mètre (m) de la distance entre les habitations et le fleuve Niger.

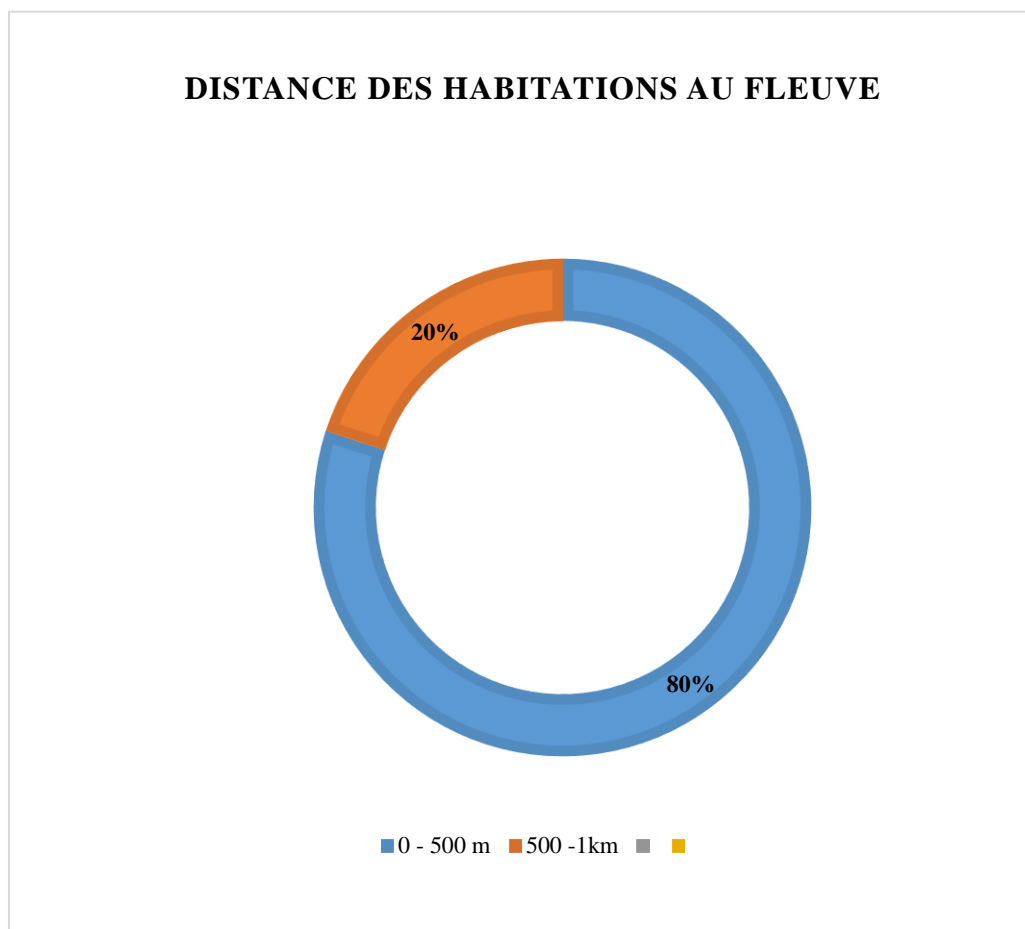


Figure 62: Estimation (m) de la distance entre les habitations et le fleuve Niger.

Il ressort de la figure 63 que 80% de la population vivent entre 0 et 500 m de distance, ce qui confirme la cartographie des risques d'inondation, plus la population est proche du fleuve, plus le risque d'inondation est élevé et le dégât est plus fort contre 20% entre 500 m et 1km. Le moyen de transport des populations vivant dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon, varie d'une personne à une autre. La figure 64 présente les moyens de déplacement des populations vivant dans la bande d'étude.

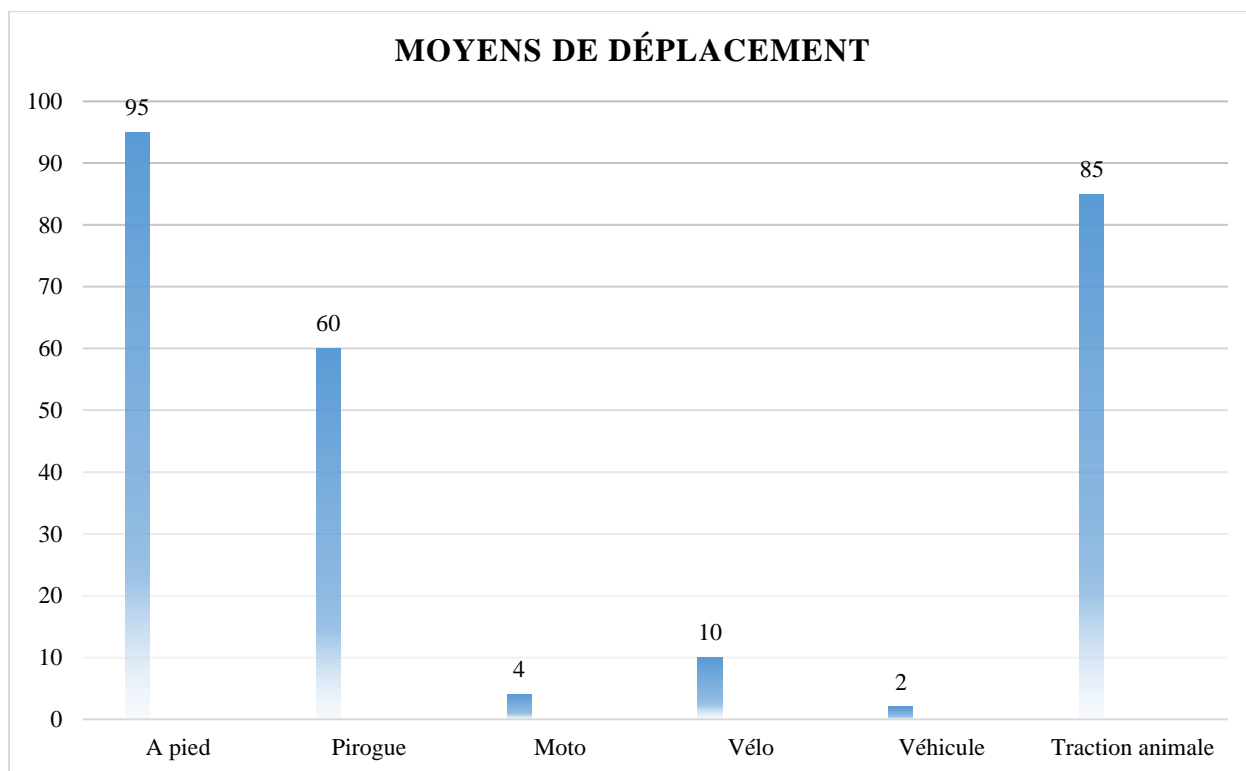


Figure 63: Moyens de déplacement des populations vivant dans la bande d'étude.

La figure 64, montre les résultats de l'enquête de terrain et résume les moyens de déplacement de la population interviewée peuvent. Ainsi, plus de 95 % se déplace à pied, 60 % détiennent de pirogue, 85 % détiennent de bœufs, chameaux ou ânes pour le déplacement, 10 % se servent de vélo dans leur déplacement, 04 % des enquêtes ont une moto et 02 % de véhicule. Ces derniers sont le Chef de village de Boubon et Tagabati.

Il est important de souligner que les revenus des populations enquêtes varient d'une période à une autre (avant les inondations, pendant les inondations et après les inondations). Aussi, la figure 65 présente les autres impacts de l'inondation recensés par la population.

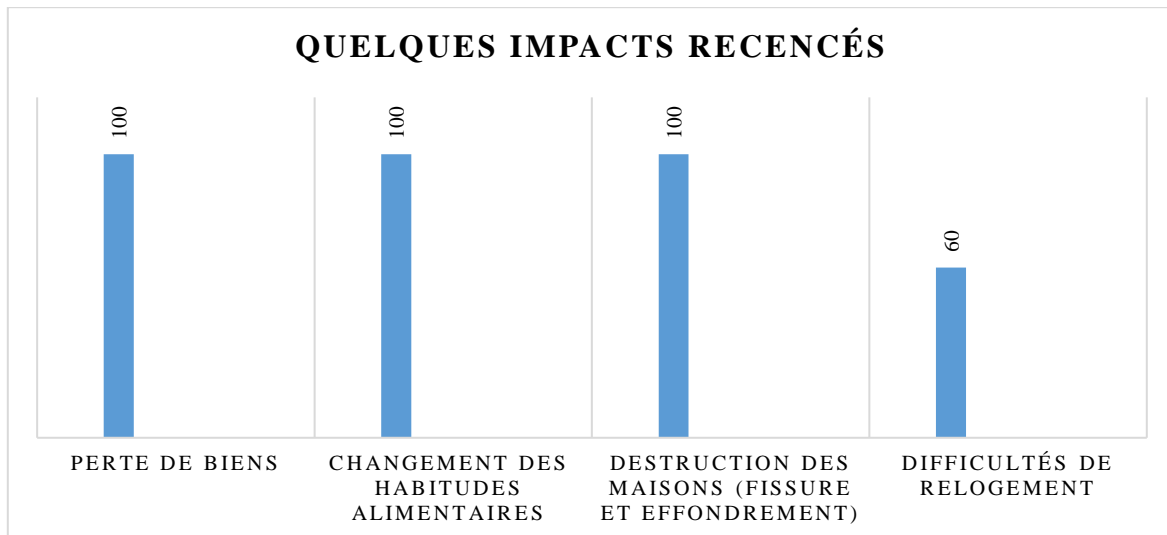


Figure 64: Autres impacts recensés

De la figure 65, les populations (100 %) ont subies des pertes de biens et ont connu des destructions de maisons avec un changement dans la variation de la prise des repas.

De trois (3) repas journaliers en temps normal ; avant les inondations, la variation des repas est allée à 1 voire 2 prises de repas/jour pendant et après l'inondation. Dans ce même contexte, 60 % des personnes enquêtées, affirment avoir des difficultés dans le relogement, car n'ayant où aller.

Ces difficultés dans le relogement confirment les données collectées à la mairie de la commune rurale de Karma, où il y a une grande difficulté à reloger les populations sinistrées du moment où certaines populations refusent de céder leur terre, à la mairie pour construire des tentes temporaires pour les sinistrés.

La terre étant devenue rare, presque aucune terre n'est libre sans propriétaire, beaucoup de double jeu de la part de la population s'observe. Par ailleurs la mauvaise foi des mêmes populations refusant de quitter leur domaine inondé. Ces comportements, confirment la mairie a créé un découragement auprès des organisations internationales, telles que Islamique Relief Services qui a dû reprendre ses parcelles, cédées à la mairie pour le relogement, car les mêmes populations relogées, retournent dans leurs anciennes maisons détruites au bord du fleuve et jouant chaque aux sinistrés à chaque inondation.

Dans cette seconde partie, la cartographie des aléas, enjeux et les risques d'inondations ont été présentés afin de mesurer les effets de l'inondation dans la bande d'étude Dyonkoto - Boubon. À cette cartographie, s'ajoutent les résultats d'observations qui ont permis de connaître la hauteur de l'eau dans certaines localités de la bande d'étude, les différentes perceptions socioculturelles des populations vivant dans la bande d'étude.

3.1.3 Stratégie de gestion des risques d'inondation

3.1.3.1 Aperçus des mesures entreprises par les communes pour faire face aux inondations dans la bande d'étude.

a) Cas de l'inondation 2013

La Commune Rurale de Karma, à l'instar de plusieurs Communes du Niger, a été victime des inondations causées par les fortes précipitations tombées les 29 et 30 août 2013. Ainsi, dans la bande sud de la commune comprenant les villages de Kondo Tondi à Boubon, les eaux du fleuve Niger ont débordé pour inonder tous les champs de riz fluvial, les aménagements hydroagricoles et certains champs de cultures pluviales.

À l'amont du secteur d'étude (Dyonkoto-Boubon), les inondations sont liées au débordement des eaux de ruissellement du lit de leur kori initial en plusieurs endroits. Plusieurs superficies cultivables, des habitations ont été gravement endommagées, laissant ainsi des familles entières dans une très grande désolation. La situation des inondations 2013 dans la commune rurale de Karma se présente dans le tableau V comme suit :

Tableau 5: Présentation des effets de l'inondation de 2013.

| Localité de la bande d'étude | Nature des dégâts | Superficies endommagées | Nombre de ménages | Population en amont |
|------------------------------|--|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Village de Karma | Périmètre rizicole entièrement inondé | 122 ha | 602 | 12 235 |
| | Champs de gombo et de sorgho inondés | 45 | 45 | |
| | Quartier Karma Goungou entièrement inondé | 35 maisons | 43 | |
| Gorou Goussa | Village divisé en deux par un kori très puissant et menace d'emporter les maisons des deux côtés des rives | | 40 | 1034 |

Plusieurs localités ont subi l'inondation, mais ceux présentés sont en amont uniquement dans la bande d'étude.

b) Situation des inondations de 2015

Dans la nuit du 29 au 30 juillet 2015, la commune de Karma a enregistré d'importantes précipitations qui ont occasionné des dégâts énormes au niveau de certaines localités.

- 1- L'aménagement hydroagricole entièrement inondé mettant en situation l'insécurité alimentaire de plus 350 ménages.
- 2- Quelques natures de dégâts enregistrés dans notre bande d'étude en 2015.

Tableau 6: Nature des dégâts enregistrés au cours de l'inondation de 2015 dans la bande d'étude.

| Localités | Nature des dégâts |
|-----------|---|
| Sagafondo | Maison fissurée et effondrée, grenier effondré, animaux domestiques emportés, |
| Namaro | Pirogue emportée, maison fissurée et effondrée, |
| Sarando | Maison fissurée et effondrée, Grenier effondré |
| Dyonkoto | Grenier effondré, parcelle de riz inondée, maison fissurée et effondrée |
| Kanazi | Maison effondrée et effondrée, grenier effondré, verger inondé, |
| Boubon | Destruction des écoles et Makaranta, Maison effondrée, grenier effondré, maison fissurée |
| Tagabati | Parcelles de riz inondées, champ de mil inondé, animaux domestiques emportés, Maison fissurée et effondrée, grenier effondré. |

Sources : Fiches de collecte des données au niveau des chefs de villages/représentant concernés.

c) Situation des inondations 2019

Estimations de septembre 2019

Tableau 7: Nature, type et nombre des destructions de l'inondation en 2019

| Localités | Effectif des personnes sinistrées | Nombre de ménages | Maisons effondrées | Greniers effondrés | Mosquées effondrées | Station d'alevinage endommagée | Estimations des hectares endommagés |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Boubon | 04 | 03 | 03 | 00 | 01 | 01 | 25 ha |
| Tagabati | 179 | 40 | 00 | 00 | 00 | 00 | 35,5 ha |
| Kanazi | 40 | 06 | 00 | 00 | 00 | 00 | 4,5 ha |
| Karma | 311 | 63 | 00 | 00 | 00 | 00 | 44,5 ha |

Sources : Fiches de collecte des données au niveau des chefs de villages/représentant concernés.

d) Situation des inondations 2020

Estimation de septembre 2020 à la sortie des eaux du fleuve Niger

Tableau 8: Cas des localités situées dans notre bande d'étude

| Nom des villages inondés | Nombre de chefs de ménage | Nombre de personnes sinistrées | Types de dégâts |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| Karma | 61 | 399 | Maisons, greniers et murs effondrés |
| Boubon | 46 | 168 | |
| Tagabati | 68 | 340 | |
| Gontonglo | 30 | 75 | |
| Dyonkoto | Pas d'information | Pas d'information | |

Source : Mairie de Karma et Mairie de Namaro.

❖ **Situation des dommages causés par les inondations sur les installations hydrauliques dans notre bande d'étude**

✚ **Estimation d'août 2020**

Tableau 9: Types de dommages au cours de l'inondation 2020

| Nom du village | Types de dommages |
|----------------|--|
| Boubon | - Pompe immergée du forage alimentant le village grillé (cour circuit) - Latrines publiques sous les eaux |
| Kanazi | Latrines de l'école sous les eaux |
| Dyonkoto | Installations hydrauliques sous les eaux |

Source : Mairie de Karma et Mairie de Namaro.

En général la situation liée aux inondations du fleuve Niger est similaire au niveau de tous les villages : Inondations des champs de mil, de sorgho, de jardins, de rizières, de gombo, grenier effondré. Les menaces imminentes sont : l'écroulement des digues, les noyades, l'inondation des champs et des aménagements hydroagricoles (perte de récolte). À cela s'ajoute la sortie régulière des hippopotames dans les champs de mil à cause du manque d'herbe dans le fleuve et de ses abords.

Afin de trouver un espace habitable et vivable, de nouveaux villages ont été créés non loin des anciens villages inondés. C'est le cas de Gontonglo, et d'autres en cours de création dont les noms ne sont pas encore précis.

Ces nouvelles localités ne sont pas encore enregistrées dans la base de données de la mairie et bloque par moment le partage équitable des ressources lors d'envois des biens et matérielles dans la gestion des crises liées à l'insécurité alimentaire. De plus, ces habitants vivent actuellement dans leur champ. Mais font face à l'insécurité et aux sorties d'hippopotames, car les terres (champs) entourées d'eau deviennent les aires pour brouter aux animaux.

e) **Données sanitaires enregistrées au CSI de Boubon**

 **Cas de l'année 2019**

Tableau 10: Synthèse des différentes maladies récurrentes enregistrées

| CSI | Population | ENFANTS MOINS DE 05 ANS | | ÂGÉS > 05 ANS Sans les femmes enceintes | | Femmes enceintes | | TOTAL | |
|-----------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés | Nombre total de malades consultés |
| Janvier | 13 268 | 138 | 138 | 200 | 52 | 10 | 3 | 367 | |
| Février | | 122 | 122 | 221 | 94 | 4 | 3 | | |
| Mars | | 144 | 144 | 228 | 187 | 2 | 2 | | |
| Avril | | 152 | 152 | 174 | 72 | 1 | 1 | | |
| Mai | | 256 | 256 | 180 | 35 | 8 | 1 | | |
| Juin | | | | | | | | | |
| Juillet | | 100 | 100 | 169 | 103 | 2 | 2 | | |
| Août | | 233 | 233 | | 441 | 19 | 11 | | |
| Septembre | | 233 | 233 | 494 | 485 | 6 | 6 | | |
| Octobre | | 190 | 190 | 299 | 299 | 2 | 2 | | |
| Novembre | | 107 | 107 | 140 | 79 | 13 | 6 | | |
| Décembre | | | | | | | | | |

Source : CSI de Boubon.

L'inondation cause d'énormes dégâts tant sur la santé que sur les biens matériels (vivres, habits, ustensiles de cuisine...). Les différents cas de maladies enregistrées fréquemment dans la zone d'étude et l'ampleur des dégâts prouvent que l'inondation ne doit pas être un phénomène à prendre à la légère.

3.1.3.2 Intervention de l'État dans la gestion des risques d'inondation

À Niamey, les services déconcentrés de l'État, les chefs de quartier, les populations, les institutions et associations internationales sont les principaux acteurs intervenant dans la gestion du risque d'inondation (Issaka, 2010).

Selon les travaux de Abdou Alou (2018), les différents acteurs ont été résumés en quatre niveaux :

- ✓ **Au niveau international :** Les institutions et associations appuient l'État dans la prévision hydrométéorologique et la réalisation des travaux lourds et coûteux comme les digues pour se protéger contre les inondations. Ces acteurs aident aussi l'État à gérer les situations d'urgence au moment de l'inondation.

Au niveau national : l'État assure la sécurité des personnes et de leurs biens. Il définit les politiques en matière de prévention et de gestion des catastrophes, sensibilise et

informe les populations par l'intermédiaire du Ministère de l'Action Humanitaire et de la Gestion des Catastrophes, du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, du Ministère du Domaine et de l'Habitat, de la direction de la Météorologie Nationale (DMN), de la Cellule de Coordination du Système d'Alerte Précoce (CC/SAP), du Dispositif national de Prévention et de Gestion des Catastrophes et Crise Alimentaire (DNPGCCA), du Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), et du Projet de Gestion du Risque des Catastrophes et du Développement Urbain (PGRC-DU).

La figure 66 présente l'organigramme des différents acteurs intervenant dans la gestion du risque d'inondation Niamey.

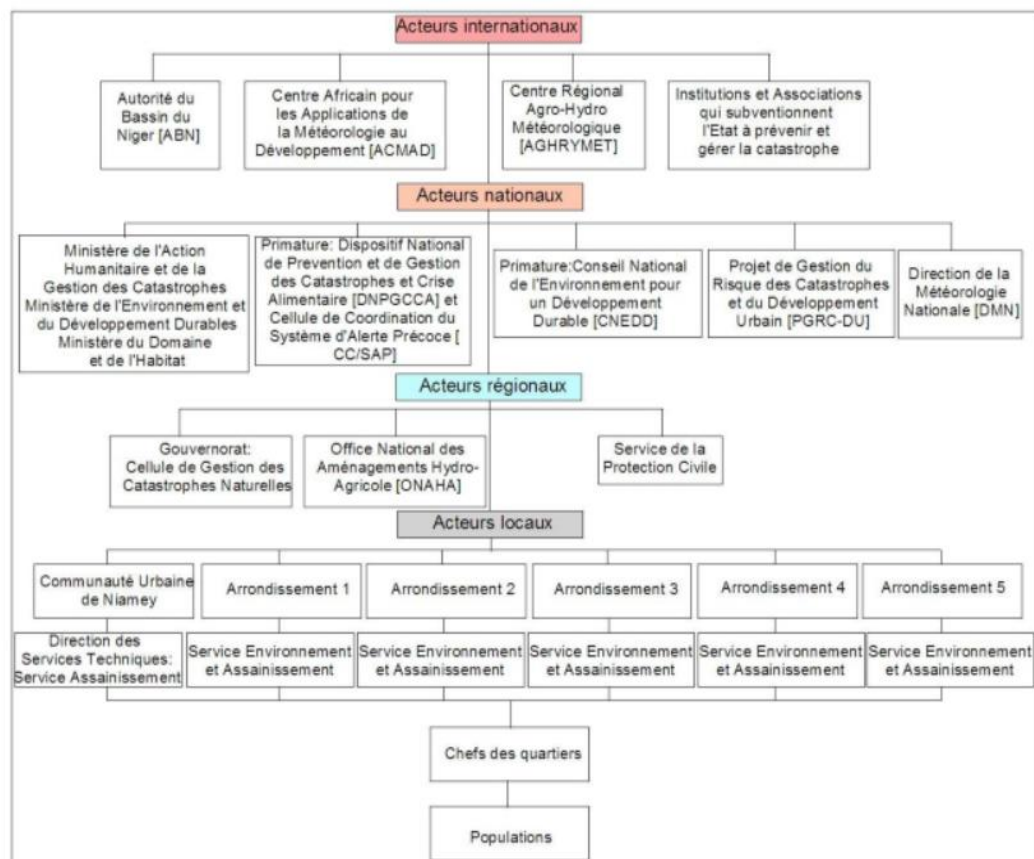


Figure 65: Organigramme des différents acteurs intervenant dans la gestion du risque d'inondation Niamey.

Source : Abdou Alou A. 2015

- ✓ **Au niveau régional :** le Gouvernorat et le service de Protection Civile (PC) soutiennent les municipalités dans l'organisation des secours et la mise en œuvre des mesures de réduction de l'exposition et de la vulnérabilité des populations face au risque d'inondation. À ce niveau, l'Office National des Aménagements Hydro - Agricole (ONAHA), intervient aussi dans la construction des digues.

- ✓ **Au niveau local** : se trouvent d'une part, les populations qui subissent et tentent de se protéger contre les inondations et d'autre part, les municipalités qui sont sous la coupe des réglementations nationales et régionales, et doivent protéger les populations contre les inondations et proposer des mesures de réduction de l'exposition et de la vulnérabilité sociale. Les municipalités sont aidées par les chefs de quartier pour recenser, assister et reloger les populations sinistrées d'inondation.

3.1.3.3 Modèle d'analyse dans la gestion des risques d'inondations dans la bande Dyonkoto-Boubon.

Le modèle d'analyse appliqué à cette recherche se divise en deux (02) parties.

- L'analyse par le modèle Force Pression Etat Impact Réponse (FPEIR) et
- L'analyse de simulation par télédétection.

3.1.3.3.1 Modèle d'analyse FPEIR

L'analyse des risques liés aux inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon concerne l'évaluation à travers le modèle FPEIR (figure 67).

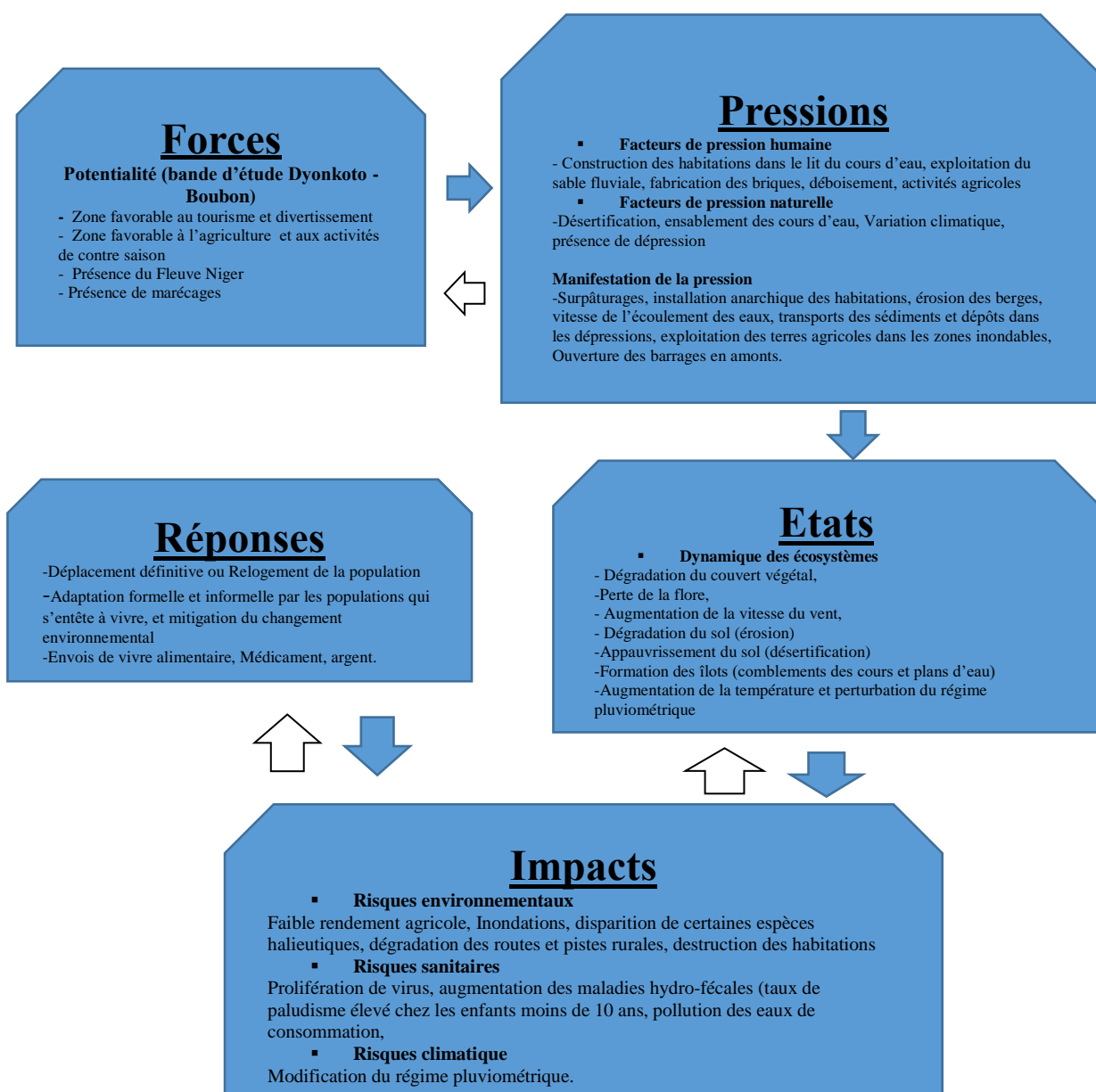


Figure 66: Modèle d'analyse FPEIR appliqué à l'étude.

3.1.3.3.2 Analyse de simulation par télédétection

La simulation permet de projeter le fait réel dans un scénario très proche de la réalité physique, un évènement vraisemblable à l'aide d'outil cartographique. L'analyse de simulation par télédétection des risques liés aux inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon, se présente comme suit :

La figure 68 présente une première carte de simulation de la bande Dyonkoto - Boubon.

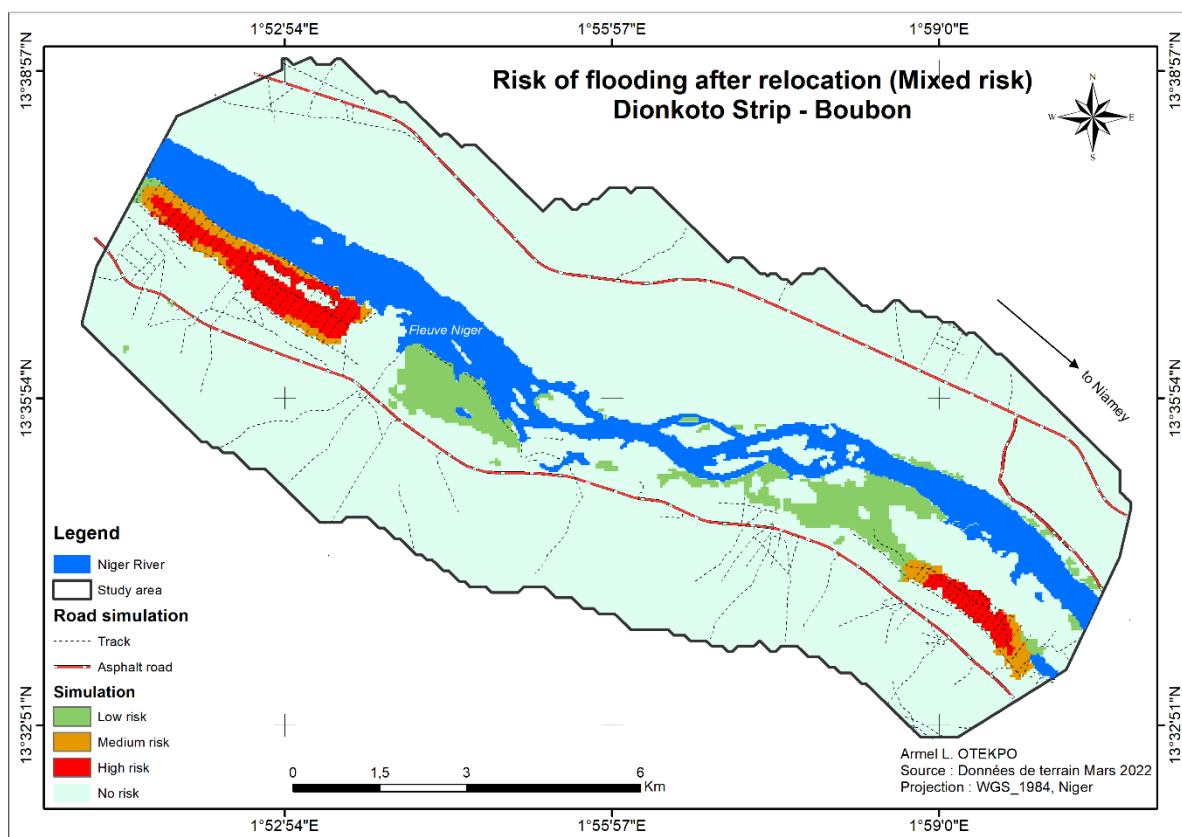


Figure 67: Modèle d'analyse de simulation des risques d'inondation après relogement (sans risque).

Par ce modèle de simulation, toutes les localités situées dans la bande d'étude ont été retiré afin d'analyser le comportement de l'eau sur la bande d'étude. Ainsi, quatre (04) classes ont été cartographiées pour cette analyse : Risque faible, moyen, élevé et pas de risque. A l'observation, la classe (pas de risque) domine l'ensemble du territoire de la zone d'étude, suivit d'un risque faible et du grand risque.

Il ressort de cette analyse, que si aucune population n'était autorisée, donc interdit de vivre dans cette bande d'étude, aucun risque de destruction d'habitat, de champs, ni d'infrastructure publique, ne serait observée et les quelques risques qui pourraient subvenir, seront plus élevé dans l'aire d'étalement de l'eau dans son lit majeur normale. Le fleuve n'étant pas perturbé par des installations et activités humaines, elle aurait un écoulement naturel sans perturbation avec une végétation abondante aux abords et pourvue en ressource aquatique suffisante.

La modélisation par simulation constitue une voie pour évaluer les impacts de pratiques agricoles et humaines, les risques d'inondation à l'échelle de bassins versants. Elle offre ainsi un support d'aide à la décision face à une multiplicité d'actions alternatives et permet de rationaliser les choix en termes d'efficacité environnementale.

La figure 69 présente un modèle d'analyse 3D des endroits de relogement de la population.

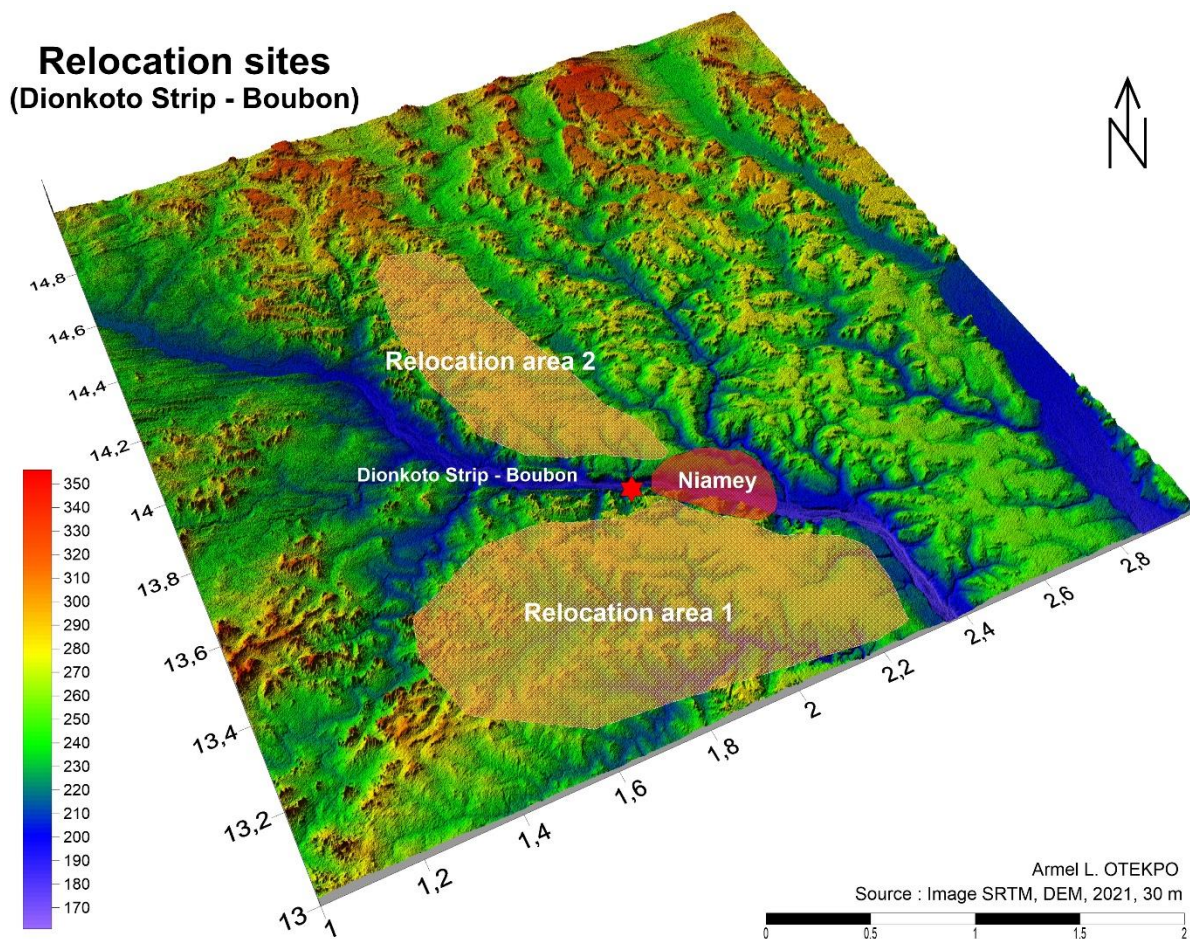


Figure 68: Modèle 3D d'analyse de simulation des risques d'inondation par identification des zones de relogement

La figure 69 présente le modèle de simulation 3D des risques d'inondation, par identification de deux (02) zones de relogement. En effet, vivre heureux sans aucune perturbation est le vœu et le souhait de tous, ainsi des territoires situés en hauteur et loin de tout dérangement de l'inondation existent pour reloger la population. C'est le cas de deux (02) zones identifiées sur la carte, situées respectivement sur la rive droite et la rive gauche du fleuve Niger. Ces deux zones après analyses, ne présentent aucun risque de dégradation ni d'endommagement liés aux eaux.

D'après la figure 69, le point le plus bas correspond au niveau du lit mineur du fleuve Niger qui présente le couloir de passage de l'eau en temps normal par la couleur bleue, et les points les plus élevés se situent hors du lit majeur du fleuve Niger, qui se trouve à l'extrémité des berges, caractérisées par la couleur Verte.

Malgré que la prise de bonnes décisions en matière de protection du territoire et de l'environnement se situe à l'échelle de territoires, ces territoires correspondent aux entités de

gestion et de négociation entre différents acteurs (population locale, autorité municipale, gouvernement....) notamment dans le cadre de plans de gestion intégrée de l'espace viable. Les problématiques de gestion de l'espace impliquent donc de connaître à ces échelles les facteurs déterminants qui sont du ressort de la vulnérabilité du milieu génératrices de risques pour le bien de tous. Choisir où se loger et bien vivre, sans risque d'inondation est important.

3.2 Discussions

Avant de conclure la présente recherche, certains résultats obtenus méritent d'être discutés. Les différents discours des ménages et les données de terrain ont permis d'identifier les contraintes pédoclimatiques dans la bande d'étude, l'existence des facteurs climatiques comme les inondations et les crues, des facteurs pédologiques qui contribuent à la dégradation des pistes rurales. La présente discussion s'intéresse aux résultats d'autres travaux ayant abordé des travaux en lien avec la thématique d'étude.

Le développement et l'utilisation de l'informatique ouvrent une nouvelle voie à la cartographie. Au moyen de ces machines et des logiciels adéquats, il est possible de cartographier des espaces aussi vastes que possible sans même parfois effectuer des visites de terrains et suivre l'évolution de tel ou tel phénomène (rapport de la NASA sur l'évolution de la technologie, 2015).

M. M. Mourima (2006) a montré même que les SIG et la télédétection sont pertinentes dans la prévention des conflits causés par la gestion des ressources naturelles, car ils permettent d'analyser, de prévoir et de planifier. C'est ainsi que toutes les cartes produites dans notre étude ont résulté de la spatialisation des phénomènes et des facteurs de dégradation liés aux risques.

Cette approche télédétection et SIG de par toutes les opportunités qu'elle offre a permis d'avoir la localisation des phénomènes responsables liés à l'inondation dans notre secteur d'étude, et ce, à travers leur spatialisation. Elle a aussi permis la mise en évidence de la dynamique de changements au niveau du fleuve Niger.

Selon Sighomnou *et al.*, (2012), sur la base d'une analyse statistique de la chronique des débits maximums de la station de Niamey, la période de retour de cet événement exceptionnel est estimée à 125 ans. Mais l'année 2020 a été spéciale, démontrant ainsi le caractère aléatoire des changements climatiques.

Les résultats des travaux de Houndagba *et al.* (2011), sur la cartographie des risques naturels du département du Zou au Bénin, insistent sur la considération des fondements pédoclimatiques naturels à prendre en compte avant la réalisation de tout projet de développement. Ils énoncent les contraintes pédoclimatiques comme faisant obstacle aux aménagements du territoire. En effet, les travaux effectués par B.I.Mahamadou et F. M. Oumarou (2020) au Niger sur « les dynamiques et formes fluviales actuelles du fleuve Niger sur le secteur Tillabéri-Kollo », confirment les résultats de l'hypothèse de notre travail, qui souligne, que plusieurs facteurs favorisent les inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon au Niger, entre autres la problématique de l'ensablement du fleuve Niger. Ces auteurs soulignent l'effet de cette problématique liée à l'ensablement en confirmant que la dynamique hydroérosive accélérée des

tributaires et l'agressivité du climat dans son bassin versant sont les plus citées. Ainsi, l'ensablement a été appréhendé sous l'angle de ses impacts sur les risques hydrologiques et l'écologie du fleuve Niger, tout en omettant la dynamique fluviale que ce phénomène a engendrée sur le fonctionnement du cours d'eau. En se basant sur le calcul des paramètres géomorphologiques, la cartographie diachronique sur une période pluri décennale (1986-2018) du lit mineur du fleuve sur des parcours remarquables (Tillabéri, Niamey, Kollo) et des observations du terrain, l'analyse de la dynamique fluviale actuelle du fleuve Niger sur ce secteur. Les résultats indiquent que les facteurs hydrogéomorphologiques (pente du lit mineur, largeur de la plaine, sinuosité) du secteur étudié ont concouru aux profondes mutations des styles fluviaux identifiés. L'extension et l'apparition de nouvelles formes fluviales (îles de sables, bandes alluviales et îles rocheuses) dues à l'ensablement progressif du lit mineur d'une part et à l'érosion des berges d'autres part, ont tendance à modifier le style méandrique et rectiligne du secteur de Niamey à Kollo à un style en « tresse ». Par ailleurs, cette nouvelle dynamique renforce : la précocité des inondations, le reflux des écoulements du fleuve sur les terrasses anciennes lors des périodes de crue, des étiages sévères et des changements de direction des écoulements.

Ces résultats issus des analyses de B. I. Mahamadou et F. M. Oumarou (2020), confirment également les travaux antérieurs de A. A. Alou (2018) qui porte sur « la ville de Niamey face aux inondations fluviales. Vulnérabilité et résilience des modes d'adaptation individuels et collectifs » en soulignant également l'effet de l'endoréisme sur les risques d'inondations. Ce dernier s'appuyant sur les effets de la dégradation de la végétation et des sols, qui accroît les ruissellements et à la reprise des écoulements des anciennes vallées fossiles (koris) jusqu'au fleuve qui contribue à expliquer la précocité des crues rouges sévères.

Les travaux de Dogblé (2016) sur la vulnérabilité et l'adaptation de l'agriculture aux risques climatiques dans la Commune de Dogbo au Bénin, révèlent que les variabilités climatiques sont à l'heure actuelle parmi les plus grands défis auxquels sont confrontées les Communes rurales. Les risques climatiques issus de ces variabilités, affectent le développement de toutes les activités socioéconomiques et sanitaires, conduisant ainsi, la grande majorité des populations rurales dans une précarité. Ces résultats corroborent bien avec les nôtres, qui stipulent que, l'impraticabilité des pistes rurales dans la bande d'étude a des impacts sur les activités socioéconomiques et sanitaires des populations.

Dans le même ordre d'idée, les infrastructures de transport rural offrent d'énormes avantages aux populations lorsqu'elles sont bien entretenues. D'ailleurs, les travaux de Bérion *et al.*

(2007) affirment l'évidence des retombées positives des grandes infrastructures routières sur le développement économique local. Ce qui rejoint Nassihoundé (2012), dans son travail sur les aménagements et le développement de la Commune de Lalo au Bénin. L'auteur pense que les nombreuses potentialités agricoles sont pleinement exploitées, lorsqu'il existe un réseau routier rural abondant et en bon état. Selon Ouédraogo (2010) au Burkina-Faso, l'existence ou non d'une bonne infrastructure routière détermine généralement le nombre et la qualité des opérateurs de transports dans un milieu rural. Vues sous cet angle, les régions, quel que soit leur niveau de production, lorsqu'elles ne disposent pas de piste praticable en toute saison, seront desservies faiblement par les transporteurs. De manière particulière, Ntomba (2010) au Congo, montre que les routes de desserte agricole agissent en amont et en aval sur le secteur agricole et participent pour beaucoup au développement économique de la localité rurale.

Des comparaisons et vérifications avec ces différents résultats des auteurs, il ressort que toutes nos hypothèses sont confirmées. Le développement local et la gestion des risques d'inondations en lien avec les réalités du milieu physique de la bande d'étude. Toute chose qui explique l'originalité de cette recherche et des conclusions a tiré en valorisant les outils de gestion sans occulter la géomatique.

3.3. Recommandations

❖ À l'endroit des mairies

- Faire l'ouverture des voies pour que les communes environnantes dépêchent des vivres et les produits de nécessité (nourriture, santé, habits...) en cas d'inondations ;
- Initier le programme d'entretien périodique des pistes communales en se basant sur la méthode HIMO (employer un maximum de main-d'œuvre locale pour réaliser les travaux d'infrastructure, au lieu d'utiliser les méthodes HIEQ importées des pays développés et qui utilisent des machines pour la plupart des tâches) ;
- Recruter de bons prestataires dans l'acquisition des marchés de revêtement de piste rurale, afin que les routes soient durables et résistantes ;
- Renforcer les séances de sensibilisation des populations pour le paiement des taxes communales qui aidera la mairie dans l'initiation d'activité d'aménagement ;
- Ne pas hésiter à demander l'appui humanitaire des organisations internationales par l'envoi des provisions ;

❖ À l'endroit du gouvernement du Niger

Le rôle de l'état est capital dans le processus d'amélioration de gestion des risques d'inondation en milieu. Il est donc nécessaire pour l'État central de veiller :

- À l'assistance des Communes dans le cadre de la recherche de financement pour la réalisation des projets structurants ;
- Malgré que le Ministère de l'Agriculture du Niger se soit doté en 2021 d'une cellule spéciale de géomatique et digitalisation dans le secteur agricole, **il faut que le gouvernement Nigérien se dote à son tour du Plan national de Géomatique**, ce qui permettra d'utiliser les avantages de la géomatique pour faire une réorganisation des acteurs et surtout sur les données, au lieu de la création des Structures ou services. Car il arrive de voir, des services ministériels qui sont voisines, qui font les mêmes travaux, sur le même budget de l'État. De là, le gouvernement pourra attribuer des tâches et définir ses attentes, afin d'harmoniser et limiter les pertes. Aussi de bien faire une planification et rationalisation des ressources.
- Continuer à faciliter l'accès à l'information au citoyen par les bulletins météorologiques à la télé comme à la radio sur l'état des saisons et du climat.

En effet, les inondations étant des catastrophes imprévisibles, sur le long terme, il faut :

- Renforcer les infrastructures dans les communes qui se situent dans les zones à risque,

- Surélever le niveau des digues pour protéger les cultures contre la montée du niveau de l'eau, afin de réduire ou d'amoindrir les dégâts
- Faire les banques de stockages en sable ou des gravillons pour réduire la vitesse de l'eau au niveau des berges fluviales

Ces différentes approches recommandations vont impacter positivement la mobilité des personnes, des biens et des services dans la bande Dyonkoto - Boubon.

Débouchée la présente recherche sur la gestion des risques d'inondation et le développement local en lien avec ses réalités pédoclimatiques par la classification et l'analyse des différents aléas et enjeux est une solution pour un développement local durable.

CONCLUSION

Le présent travail conduit dans deux communes rurales (Karma et Namaro) au Niger a porté sur la gestion des risques d'inondation et développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au NIGER par approche Télédétection.

La télédétection est une partie de la géomatique qui est l'un des meilleurs outils qui servent à acquérir, analyser et diffuser une information géographique. C'est un outil pour répondre à tous les enjeux qu'il soit physique, chimique ou biologique, en commençant par l'acquisition des informations relatives aux phénomènes à analyser. Il associe la géographie et l'informatique pour résoudre les solutions. Il est donc important de connaître la topographie, afin de faire ressortir de meilleurs modèles possibles et savoir le comportement des phénomènes naturels dans leur milieu.

Appliquée aux inondations, la télédétection permet de connaître toutes les zones à risque d'inondations et les différentes étendues de dégâts, afin d'anticiper sur l'installation des populations dans ces zones, ou interdire la mise en place d'une infrastructure publique qui sera détruit par la suite, déjà construit à coût de millions. Ainsi, l'évolution de la technologie est une opportunité à saisir en valorisant la géomatique comme outil de prise décision.

Dans le contexte de cette recherche qui associe développement rural et gestion des risques d'inondation, il a permis tout au long de cette étude, de cartographier les différents aléas, enjeux et risques liés à l'inondation, d'analyser le comportement de l'eau dans cette topographie, en faisant appel aux lasers et données satellitaires enregistrées par bande, pour reproduire des faits, qui se rapproche de très possible à la réalité réelle du terrain. Avec la géomatique, il est possible de savoir si un terrain est en zone inondable, et qu'elle est la quantité d'eau qu'il y a dans cette zone au cours de son évolution. Il s'applique pour les mesures d'urgence, afin de planifier le risque dans les zones rurales comme urbaines.

Rappelons dans le cadre de cette étude, la cause principale des inondations dans la bande Dyonkoto - Boubon est l'ensablement, et la fréquence des fortes intensités des pluies en amont, qui se sont transformées en débits exceptionnels. Ce dernier est aggravé par les facteurs anthropiques. Notons ainsi l'installation humaine qui se traduit par l'occupation des zones inondables, des îlots, le manque d'assainissement, la densification humaine qui est aussi un facteur d'aggravation, l'insécurité, l'ignorance et l'analphabétisme de certaines populations de la zone constitue des causes humaines très favorables qui aggravent les inondations dans la zone d'étude.

Cette recherche a permis d'étudier aussi la dynamique de l'occupation du sol de la zone inondable dans la bande Dyonkoto - Boubon. La cartographie et les images satellitaires ont permis de mieux étudier le terrain, les observations directes sur le terrain (enquêtes) ont permis de confirmer et infirmer les phénomènes cartographiés afin de faire une analyse approfondie à travers les différentes unités identifiées. En effet, les surfaces occupées par les eaux ont connu une progression accélérée. Les zones d'habitations ont connu une dynamique plus accélérée avec des installations nouvelles très anarchiques au bord du fleuve et les zones des cultures ont connu un accroissement de leurs superficies. Quant à la végétation, elle a connu une régression très significative. L'accroissement des activités socio-économiques dans les zones inondables a aggravé les impacts des inondations. Ainsi, les différents facteurs de risques d'inondations observés sur le terrain, comparés aux hypothèses sont confirmés.

Des différents impacts que subit la population, et des stratégies de gestion de cette crise (appui gouvernemental, organisations internationales, l'appui de la diaspora, etc.) il est urgent que les lois sévères soient prises et appliquées en faveur de la population, qui revienne dans leurs anciennes habitations, malgré que la municipalité par l'aide des partenaires ait pu trouver des espaces de relogement à la population.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Biasutti, M. (2019): Rainfall trends in the African Sahel: Characteristics, processes, and causes. Wiley interdisciplinary reviews. *Climate Change*, vol 10, n° 4, article e591, 22 p.
- Blanchi, R. (2001) Contribution méthodologique à la conception d'une politique publique en matière de prévention des risques naturels. Application au plan de prévention des risques incendie de forêt. Thèse de doctorat, École des Mines de Paris, 200 p.
- Bodian, A., Diop, L., Panthou, G., Dacosta, H., Deme, A., Dzetter, A., Ndiaye, P.M., Diouf, I. & Vischel, T. (2020) : Recent trend in hydroclimatic conditions in the Sénégal river basin. *Water*, vol. 12, n° 2, article 436, 12 p.
- Bravard J.P. et F. PETIT (1997) : Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial, *Armand Colin, Paris, 213 p.*
- CRED (2007): Bilan des catastrophes naturelles dans le monde de 1975 à 2004, « *The OFDA/CRED International Disaster Database* », Université Catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique.
- Chocat, B. (1997) : Le rôle possible de l'urbanisation dans l'aggravation du risque d'inondation : l'exemple de l'Yseron à Lyon/The potential role of urbanization in increasing the risk of flooding: the example of the Yzeron in Lyon. *Géocarrefour*, 72 (4), 273-280
- De Longueville, F., Hountondji, Y.C., Kindo, I., Gemenne, F. & Ozer, P (2016) : Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950–2013): *International Journal of Climatology*, Vol. 36, n° 13, p. 4393 -
- Descroix, L., Mahé, G., Olivry, J. C. Albergel, J., Tanimoun, B., Amadou, I.,... & Souley Yero, K. (2015) : Facteurs anthropique et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel. 153-170p.
- Descroix, L., Niang, A., Panthou, G., Bodian, A., Sané, Y., Dacosta, H., ... & Senghor S. (2015) : Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le bassin du Niger moyen. *Climatologie*, vol. 12. 25 - 43 p.
- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O'gorman, P.A. & Maher, N. (2016) : More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nature Climate Change*, vol. 6, n° 5, p. 508 – 513.
- Fourcade, J. (2001) : Caractérisation de l'impact de l'incendie de forêt sur le cycle hydrologique et les processus associés. Cas du bassin versant du Rimbaud — Réal

Collobrier. Rapport de thèse, École doctorale Terre, Eau et Espace de Montpellier, France.

- Hamadou Issaka., Dominique Badariotti. (2013) : Les inondations à Niamey, enjeux autour d'un phénomène complexe, Floods in Niamey, issues around a complex phenomenon. *Les Cahiers d'Outre-Mer, Dynamiques Urbaines*. 263 Juillet — septembre 2013. <https://doi.org/10.4000/com.6897> ; p. 295-310.
- Lebel, T., Diedhiou, A., & Laurent, H (2003) : Seasonal cycle and interannual variability of the Sahelian rainfall at hydrological scales. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108 (D8).
- Lebel, T., & Ali, A. (2009): Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, 375 (1-2), 52-64.
- Nicholson, S. E. (2011) : Dryland climatology. Cambridge University Press, New York, 516p.
- Ousseini, M. (2013) : Plan national de contingence multi risque Niger (PNC_MP). Rapport d'activité. *Version finale, dernière mise à jour 22/03/2013*, 27 p.
- Ousseini, I. S. S.A., & Morel, A. L. A. I. N. (1989) : Utilisation de formation alluviales azoïques pour l'étude des paléoenvironnements du Pléistocène supérieur et de l'Holocène au sud du Sahara ; l'exemple de la vallée du fleuve Niger dans le Liptako nigérien. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (1), 85-90.
- Ozer, P., Hountondji, Y. C., Gassani, J., Djaby, B. & De Longueville, F. (2014) : Évolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010). In: CAMBERLIN P. & RICHARD Y. (Eds.), Actes du 27^e Colloque international de l'Association Internationale de Climatologie, Dijon, France : Université de Bourgogne, 394-400.
- Ozer, P., Manzo, L., Tidjani, A. D., Djaby, B., & De Longueville, F. (2017) : Évolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). *Geo-Eco-Trip: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Ecologie Tropicales*, 41 (3), 375-384.
- Panthou, G., Vischel, T., & Lebel, T. (2014): Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel, *International Journal of Climatology*, 34(15), 3998-4006.
- Sene, S., & Ozer, P. (2002) : Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 42, 27, — 33.

- Sighomnou D, Tanimoun B., Alio A., Zomodo., Olomada I., Koné S., Zinsou D. & Dessouasi R. (2012) : Crue exceptionnelle et inondations au cours des mois d'août et septembre 2012 dans le Niger moyen et inférieur, 11 p.
- Sighomnou, D., Descroix, L., Genthon, P., Mahe, G., Bouzou Moussa, I., Gautier, E., Mamadou, L., Vandervaere, J. P., Bachir T., Coulibaly, B., Rajot J.L., Malam Issa, O ;, Malam Abdou, M., Dessay, N., Delaitre, E., Maiga Faran, O., Diedhiou, A., Panthou, G., Vischel, T., Yacouba, H., Karambiri, H., Paturel, J. E., Diello, P., Mougine, E., Kergaot, L. & Hiermaux, P. (2013) : La crue de 2012 à Niamey : un paroxysme du Sahel. *Sècheresse*, vol 24.
- Tarhule, A., (2005) : Damaging rainfall and flooding: The Other Sahel Hazards. *Clim. Change*, 72 (3), 355 -377 p.
- Tarchiani, V., & Tiepolo, M., (2016 a) : Risque et adaptation climatique dans la région de Tillabéri, *Niger, Harmattan*.

WEBOGRAPHIE

- UNDRR (UN Office for Disaster Risk Reduction) : https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=ner&continue=y#more_info consulté de 1er novembre 2021
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <https://www.fao.org/emergencies/emergency-types/floods/en/> consulté de 1^{er} novembre 2021

ANNEXES



UNIVERSITÉ ABDOU MOUMOUNI
West African Center for Sustainable Rural Transformation
Master program in Sustainable Rural Transformation
B.P.: 10 662 NIAMEY (NIGER)
Tel.: +227 20 31 50 14



LETTRE D'AUTORISATION

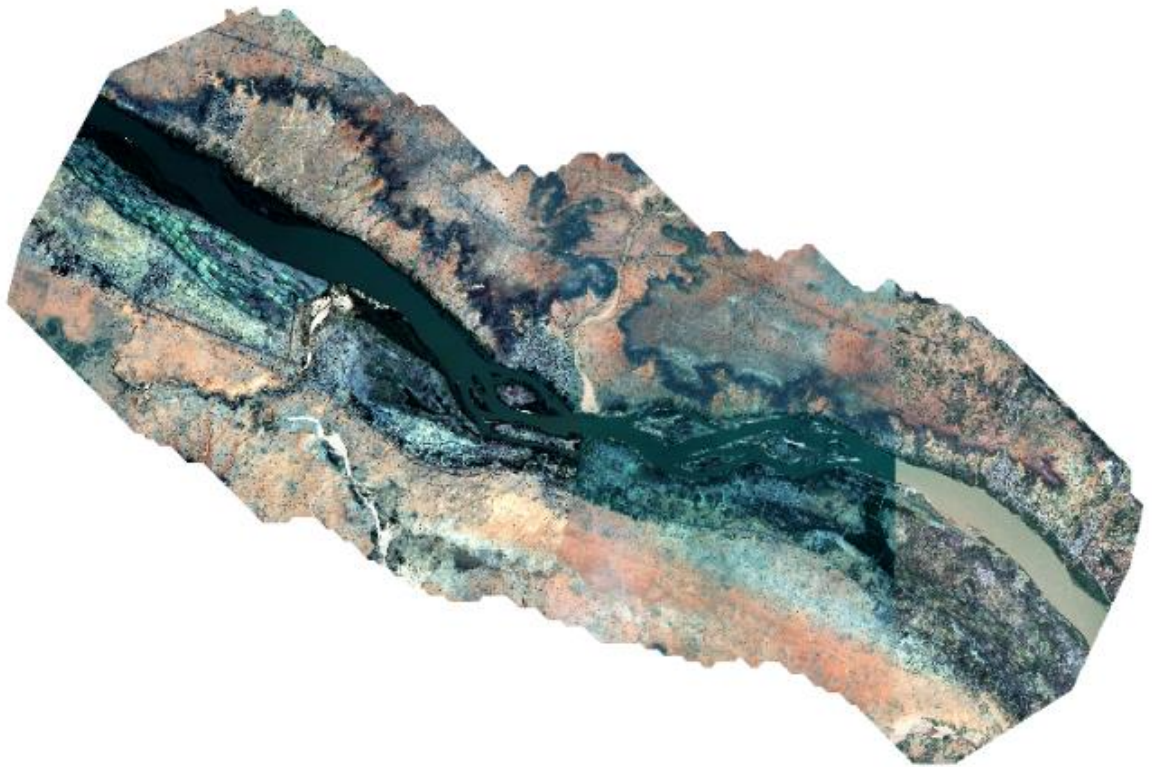
Dans le cadre de ses travaux de fin d'étude du programme de Master en Transformation Durable du Milieu Rural (IMP-SRT) à l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Mr **OTEKPO LEMONLA ARMEL** élabore un mémoire de fin d'étude ayant pour thème : « *Flood risk management and local development in the Dyonkoto - Boubon strip in NIGER by remote sensing approach.* »

La Direction du programme WAC-SRT autorise cette étude et sollicite auprès de votre bienveillance de bien vouloir autoriser cet étudiant à recueillir les données et informations nécessaires pour l'élaboration de son mémoire.

Comptant sur votre bonne compréhension, veuillez recevoir mes salutations distinguées.



Vu satellite de la bande d'étude Dyonkoto - Boubon



Liens des photos prises durant la collecte des données / Kobotoolbox

https://kc.kobotoolbox.org/media/original?media_file=armelotekpo%2Fattachements%2F5f67100e5c914728803ba61eb9021080%2F7b6e1612-221d-4f02-a18d-d59173775420%2F1646662435840.jpg

https://kc.kobotoolbox.org/media/original?media_file=armelotekpo%2Fattachements%2F5f67100e5c914728803ba61eb9021080%2F1b4dbd26-6beb-490a-8a5b-fe6ae3a98f47%2F1646662282944.jpg

https://kc.kobotoolbox.org/media/original?media_file=armelotekpo%2Fattachements%2F5f67100e5c914728803ba61eb9021080%2F3ff40f30-6802-4f97-b9d2-02fe025ea1e7%2F1646662339744.jpg

Université Abdou Moumouni de Niamey — NIGER
Faculté des Sciences Techniques
West African Center for Sustainable Rural Transformation

Questionnaires d'enquête

Dans le cadre de la collecte des informations entrant en ligne de compte pour la recherche portant sur le thème : **Gestion des risques d'inondation et développement local dans la bande Dyonkoto - Boubon au NIGER par approche Télédétection.**

Nous vous prions de bien vouloir répondre aux questions ci-dessous. Nous vous rassurons que vos informations sont couvertes par le secret statistique, conformément à la loi statistique en vigueur dans notre pays.

QUESTIONNAIRE A L'ENDROIT PÊCHEUR, MARAICHER, AGRICULTEUR

I- GÉNÉRALITÉS

Fiche d'enquête

FICHE n°/___/

Date de l'enquête : ___/___/___/.

Nom de l'enquêteur :

Nom de l'enquête(e) :

Village ;

Commune :

Département :

Région :

II— IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

| Rubriques | Code | Réponses |
|--|--|----------|
| Sexe | 0 = Féminin, 1 = masculin | |
| Âge | Inscrire l'âge en année | |
| Niveau d'instruction | 0 = Nul, 1 = Primaire, 2 = Secondaire | |
| Situation matrimoniale | 0 = Célibataire, 1= Marié, 2 = Veuf (veuve), 4 = Divorcé | |
| Taille du ménage (Nombre de personnes dans votre ménage) | | |
| Ethnie | 0 = Haussa, 1 = Zarma, 2 = Peulh, 3 Kanouri, 4 = autres à préciser | |
| Activité principale | 0 = pêcheur, 1 = Association Pêche - agriculture, 2 = Maraichers, 3 = autres | |
| Quels autres activités pratiquez-vous ? | 0= Petit commerce, métiers spécialisés (menuisier, forgeron, tailleur, coiffeur, blanchisseur, etc.), 1= Travail journalier (maçon) 2= Agriculture, Élevage, Pêche, Maraichage, etc.. | |

III- EFFET DE L'INONDATION SUR L'ACTIVITÉ PRATIQUÉE

| Rubriques | Code |
|---|--|
| Depuis combien d'années pratiquez-vous l'activité ? | Inscrire l'année |
| Avez — vous une fois subit l'inondation vous empêchant de ne pas menez votre activité ? | 0 = Oui, 1 = Non |
| Si 0 (oui), quel type d'inondation avez — vous subit ? | 0 = Inondation fluviale 1 = Inondation débordement de crue |
| Durant combien de temps, êtes — vous resté sans menée votre activité ? | Inscrire la durée d'inactivité en mois |
| Avez — vous changé de profession durant la période d'inactivité due à l'inondation ? | 0 = Oui, 1 = Non |
| Si 0 (oui), que faisiez — vous comme activité ? | 0 = Migration, 1 = autre activité exercée à préciser |
| Connaissez-vous les causes de cette inondation que vous avez subie ? | 0 = Oui, 1 = Non |
| Si 0 (oui), précisez | 0 = Activité menée dans le lit du cours d'eau ; Installation d'habitation dans le lit de cours d'eau 1 = autres à préciser |
| Pourquoi aviez — vous choisit mener votre activité à cet endroit ? | 0 = Proximité du lieu de travail au domicile 1= Rapidité à fournir le service (la demande du client) Insécurité Problème du foncier ou de terre Conflit 2 = Autres à préciser |
| Quelle est la distance du marché le plus proche ? | Inscrire en mètre (m) – Dans le lit du cours d'eau Au bord du cours d'eau Sur terre ferme |
| À combien évaluez-vous votre revenu mensuel ? | Avant les inondations FCFA |
| | Pendant les inondations FCFA |
| | Après les inondations FCFA |
| À quelle distance se trouvent vos habitations ? | Inscrire en mètre (m) Moins de 1 km 1 à 2 km Dans le lit du cours d'eau = 0 km |
| Quels sont les moyens de déplacement utilisez-vous ? | Moto Vélo Voiture Pirogue Traction animale |
| Avez-vous connaissance des pertes en vie humaine causée par l'inondation ? | Oui Non |
| Si oui, | Membres de famille Amis Étranger |

| | Rubriques | Code | Réponses |
|----------------------------------|---|--|-----------------|
| Impact des inondations recensées | Perte de biens | Mobilier, ustensiles de cuisine, stocks alimentaires, habits. | |
| | Habitude alimentaire | 0 = Augmentation du Nombre de ménages sinistrés prenant 1 seul repas/jour 1= Augmentation du Nombre de ménages sinistrés prenant 3 repas/jour | |
| | Infrastructures | 0 = Destruction d'école 1 = Destruction des lieux de culte (mosquées, Makaranta) 2= Dégradation des routes | |
| Besoins prioritaires | | 0 = Abri, 1 = nourriture, 2 = accès aux soins médicaux | |
| Besoin en eau | Consommez-vous l'eau du fleuve ? | Oui Non | |
| | Si oui, pourquoi ? | | |
| | Si oui, filtrez-vous cette eau avant consommation ? | Oui Non | |
| | Si non, pourquoi ? | | |
| | Où faites-vous la lessive et la vaisselle ? | Au bord du fleuve Niger Au bord des affluents du fleuve Autre à préciser. | |
| | Quelle eau utilisez-vous pour la consommation ? | Avant les inondations Eau de puits Forage Eau de Robinet Eau de pluie Eau de rivière | |
| | Quelle eau utilisez-vous pour la consommation ? | Pendant les inondations Eau de puits Forage Eau de Robinet Eau de pluie Eau de rivière | |
| | Quelle eau utilisez-vous pour la consommation ? | Après les inondations Eau de puits Forage Eau de Robinet Eau de pluie Eau de rivière | |
| | Quelles sont les maladies liées à la consommation de ces eaux ? | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | Quels sont les types maladie les plus récurrents observés ? | | |
| | Quelles sont les personnes les plus touchées par ces maladies ? | Enfant de à 5 ans De 5 à 10 ans Jeunes Adultes Personnes âgées | |
| | Avez-vous autre endroit où allez en cas d'inondation ? | Oui ou non | |
| | Si oui, où ? | | |
| | Avez-vous besoin d'être relogé dans un nouveau site ? | Oui ou non | |
| | Intention de retourner dans sa maison (ancien lieu inondé) | Oui ou non | |
| | 2 = Intention de réparation des dégâts | Oui ou non | |

IV- MESURE OU PRÉCAUTION

| Rubriques | Code | Réponses |
|--|--|-------------|
| Avez-vous des stratégies endogènes pour lutter contre les inondations ? | 0 = Oui, 1 = Non | |
| Si 0 (oui), lesquelles ? Si 1 (non), pourquoi ? | Inscrire la réponse de l'enquête(e) Inscrire la réponse de l'enquête(e) | Commentaire |
| Avez-vous le soutien des autorités pour lutter contre les inondations ? | 0 = Oui, 1 = Non | |
| Si oui, | Mairie État | |
| Si oui, | 0 = Vivres, 1 = Don d'équipement, 2 = Appui financier, 3 = autres | |
| Avez — vous bénéficié de l'appui des ONG pendant les inondations passées ? | 0 = Oui, 1 = Non | |
| Si (0) Oui, quel type d'appui, avez — vous reçu de leur part ? | 0 = Vivres, 1 = Don d'équipement, 2 = Appui financier, 3 = autres | |

QUESTIONNAIRE À L'ENDROIT DE L'AUTORITÉ COMMUNALE

I- INFORMATIONS SUR LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION

| Rubriques | Code | Réponses |
|---|--|----------|
| Combien d'inondations la commune a-t-elle enregistrées au cours de ses dernières années ? | Inscrire le nombre de fois et l'année Année/..... /Nombre/..... Année/..... /Nombre/..... Année/..... /Nombre/..... | |
| Avez-vous connaissance des villages ou hameaux touchés par les inondations ? | Citer : Tous les villages de la bande (citer les villages) | |

II- Démarche entreprise par l'autorité communale pour gérer efficacement l'inondation

| | Rubriques | Code | Réponses |
|--|--|--|----------|
| Caractéristiques des ménages | Quelle est la taille moyenne d'un ménage habitant de votre village ? | Nombre de personnes en moyenne dans un ménage | |
| | Combien de ménages sinistrés sont propriétaire de maison ? | | |
| | Quelles sont les sources principales de revenu | 0= Petit commerce, métiers spécialisés (menuisier, forgeron, tailleur, coiffeur, blanchisseur, etc.), 1= Travail journalier (maçon) 2= Agriculture, Élevage, Pêche, Maraichage, etc.. | |
| | Quel est le revenu moyen des ménages sinistré avant l'inondation ? | FCFA | |
| Impact des inondations recensées | Perte de biens | Mobilier, ustensiles de cuisine, stocks alimentaires, habits. | |
| | Habitude alimentaire | 0 = Augmentation du Nombre de ménages sinistrés prenant 1 seul repas/jour 1= Augmentation du Nombre de ménages sinistrés prenant 3 repas/jour | |
| | Infrastructures | 0 = Destruction d'école 1 = Destruction des lieux de culte (mosquées, Makaranta) 2= Dégradation des routes | |
| Besoins prioritaires | | 0 = Abri, 1 = nourriture, 2 = accès aux soins médicaux | |
| Stratégies de relèvement et perspectives | Reconstruction | 0 = Intention de retourner dans sa maison (ancien lieu inondé) 1 = Intention de relocation par l'État (nouveau site) 2 = Intention de réparation 2 = Refuge/maison d'accueil | |