

VULNERABILITE DE L'AGRICULTURE FAMILIALE AUX RISQUES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE DE TOUCOUNTOUNA AU NORD-OUEST DU BENIN

VULNERABILITY OF FAMILY FARMING TO CLIMATE RICK IN THE MUNICIPALITY OF TOUCOUNTOUNA, NORTHWESTERN BENIN.

Auteur 1 : SEBO VIFAN Eric Laurent Sèvimi Coffi,

Auteur 2 : N'TCHA Comlan,

Auteur 3 : BLALOGOE Parfait,

Auteur 4 : VISSIN Expedit Wilfrid,

SEBO VIFAN Eric Laurent Sèvimi Coffi, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP/UNSTIM), Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et Application (LaGEA)

N'TCHA Comlan, Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA - Chaire UNESCO - UAC)

BLALOGOE Parfait, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP/UNSTIM), Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et Application (LaGEA)

VISSIN Expedit Wilfrid, Master Intégration Régionale et Développement (MIRD/UAC), Laboratoire Pierre PAGNEY « Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement »

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : SEBO VIFAN .E L S C, N'TCHA .C, BLALOGOE .P & VISSIN .E (2026) « VULNERABILITE DE L'AGRICULTURE FAMILIALE AUX RISQUES CLIMATIQUES DANS LA COMMUNE DE TOUCOUNTOUNA AU NORD-OUEST DU BENIN », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 2019 – 2045.



DOI : 10.5281/zenodo.22044348

Copyright © 2026 – ASJ



Résumé

La dépendance de l'Afrique de l'ouest aux incidences accrues des aléas climatiques augmente la vulnérabilité de la production agricole face aux risques qui en découlent. Cette recherche contribue à étudier la vulnérabilité de l'agriculture familiale aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna.

L'approche méthodologique a consisté en la détermination des aléas liés à la variabilité hydro-climatique à travers les données climatologiques (pluies et températures) de 1965 à 2017, l'étude des indices de précipitations standardisées appuyés par les observations de terrain et les investigations socio-anthropologiques. Les méthodes de traitement utilisées pour l'étude de la variabilité pluviométrique en rapport avec la dynamique hydrologique dans le cadre de ce travail sont essentiellement statistiques.

L'étude de la variabilité saisonnière des hauteurs pluviométriques sur la période 1965-2017 et les données socio-anthropiques recueillies, montre que la Commune de Toucountouna est sous la menace des phénomènes climatiques extrêmes. Les principaux risques climatiques auxquelles l'agriculture familiale est vulnérable selon les producteurs sont : les inondations (76,56 %), les poches de sécheresse (68,42 %), la sécheresse (63,32 %), la mauvaise répartition des pluies (19 %), les pluies tardives (23,12 %) et la fin précoce des pluies (15 %). Ces risques rendent vulnérables les activités agricoles et le maïs 83,33 % et l'igname 70 % sont les cultures les plus exposées. Pour réduire leur vulnérabilité les producteurs de la Commune de Toucountouna développent plusieurs stratégies de préventions des risques et de gestion des catastrophes. Il s'agit entre autres du repiquage des cultures notamment le sorgho par 100 % des producteurs rencontrés, de la disposition des billons, de la mise en valeur des bas-fonds etc. Cependant, quelques mesures ont été proposées pour rendre efficace les mesures d'adaptation déjà prises par les producteurs.

Mots clés : Toucountouna, risques climatiques, production familiale, vulnérabilité, stratégies d'adaptation

Abstract

West Africa's exposure to intensifying climate hazards heightens the vulnerability of agricultural production to the risks generate. The research examines the vulnerability of family farming to climate risks in the Toucountouna Commune.

The methodological approach involved identifying hazards linked to hydro-climatic variability using climatological data (rainfall and temperature) from 1965 to 2017, analyzing standardized precipitation indices, and conducting field observations and socio-anthropological surveys. The methods used to analyze rainfall variability in relation to hydrological dynamics were primarily statistical.

The analysis of seasonal rainfall variability over the 1965-2017 period, combined with that Toucountouna Commune is exposed to significant climate-related risks. According to producers, the main climate risks threatening family farming are: floods (76,56%), pockets of drought (68,42%) poor rainfall distribution (19%), late onset of (23,12%), and early cessation of rains (15%). These risks make agricultural activities highly vulnerable, with maize (83,33%) and yam (70%) identified as the most exposed crops. To reduce their vulnerability, producers in Toucountouna Commune have developed several risks-prevention and disaster-management of crops, particularly sorghum, practiced by 100% of the producers surveyed, the construction of ridges, and the enhancement of lowland areas (bas-fonds), among others. Additional measures are proposed here to strengthen the effectiveness of the adaptation strategies already adopted by producers.

Keywords: Toucountouna, climate risks, family farming, vulnerability, adaptation strategies.

INTRODUCTION

Les variations climatiques et leurs impacts constituent aujourd'hui l'un des sujets les plus préoccupants pour la communauté scientifique internationale. La croissance incontrôlée des émissions de gaz à effet de serre est en train de réchauffer la planète, avec pour conséquences la fonte des glaciers, l'augmentation des précipitations, la multiplication de phénomènes météorologiques extrêmes, et le décalage des saisons (Nelson *et al.*, 2009). La variabilité climatique se traduit par une amplification des phénomènes extrêmes dans les régions intertropicales. Cette amplification aura des impacts sur les écosystèmes (GIEC, 2001 ; FAO, 2002 et Ogouwalé, 2006) et sans doute les sur activités agricoles.

Selon le GIEC (2014), de nombreux risques représentent des problèmes particuliers pour les pays les moins développés et les collectivités vulnérables, vu leur capacité limitée d'y faire face. Les personnes marginalisées sur les plans social, économique, culturel, politique, institutionnel ou autres sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques. Les indicateurs sont l'augmentation et la multiplication d'événements météorologiques extrêmes : sécheresses, précipitations intenses, vents violents etc. (PNUD, 2008). Ces événements météorologiques extrêmes s'avèrent désastreux pour les communautés rurales dépourvues de solutions durables de lutte contre ces phénomènes. Les populations pauvres ou affaiblies sont les victimes de ces catastrophes (Koumassi, 2014).

L'Afrique subsaharienne au cours de ces dernières décennies est confrontée à la variabilité climatique et au défi de la gestion des risques climatiques en constante augmentation qui en découlent (Houndénou, *et al.*, 2008). Ainsi, l'Afrique subsaharienne pourrait connaître des pertes de production céréalière allant jusqu'à 33 % d'ici 2060 (FAO, 2009). En effet, l'agriculture est extrêmement sensible au changement climatique. Des températures plus élevées diminuent les rendements des cultures utiles tout en entraînant une prolifération des mauvaises herbes et des parasites. De même, la modification des régimes de précipitations augmente la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et d'une baisse de la production à long terme (Nelson, *et al.*, 2009).

Au Bénin, la plupart des systèmes de production sont marqués par une dégradation, du fait de la forte variabilité climatique associée à une plus grande fréquence des phénomènes extrêmes (sécheresse, augmentation des températures, inondation, etc.) au cours des trois (03) dernières

décennies (Ogouwale, 2004 ; Issa, 2012). Ces risques affectent les populations rurales dans la mesure où les modes et moyens de celles-ci sont conditionnés par ces risques (Koumassi, 2014). Les études menées dans la Commune de Toucountouna qui prennent en compte la Commune de Toucountouna, ont montrés que ce bassin est marqué par une tendance générale à la baisse des hauteurs pluviométrique (Idiéti, 2009) et il s'en suit une baisse des débits allant de 30 à 50 % (Kimba, 2011). Au vu de ces constats, l'objectif ici est d'étudier les risques climatiques dans la Commune de Toucountouna, pour réduire la vulnérabilité des populations aux risques liés à la variabilité climatique et leur garantir une bonne gestion des ressources en eau pour le développement agricole. C'est ce qui justifie la présente recherche sur la « *vulnérabilité de l'agriculture familiale aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna* ». Plusieurs hypothèses fondent cette recherche : (i) les risques climatiques se manifestent dans la Commune de Toucountouna ; (ii) l'agriculture familiale est vulnérable aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna et (iii) les producteurs de la Commune de Toucountouna développent des stratégies d'adaptation pour faire face aux risques climatiques. Ainsi, la démarche méthodologique adoptée dans un premier temps a permis d'obtenir des résultats et plus tard, de proposer aux producteurs, des mesures d'adaptation aux risques climatiques afin de réduire leur vulnérabilité.

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE TOUCOUNTOUNA

La Commune de Toucountouna est située au Nord-Ouest du Bénin avec une superficie de 1600 km² soit 1,42 % de la superficie totale du pays. Elle s'étend sur la partie Nord-Ouest du Bénin et est localisée entre les parallèles 10°21' et 10°46' de latitude nord et les méridiens 1°12' et 1°38' de longitude est. Toucountouna est limitée au sud par la Commune de Natitingou, au nord par la Commune de Tanguéta, à l'est par la Commune de Kouandé et à l'ouest par la Commune de Boukoubé (figure 1).

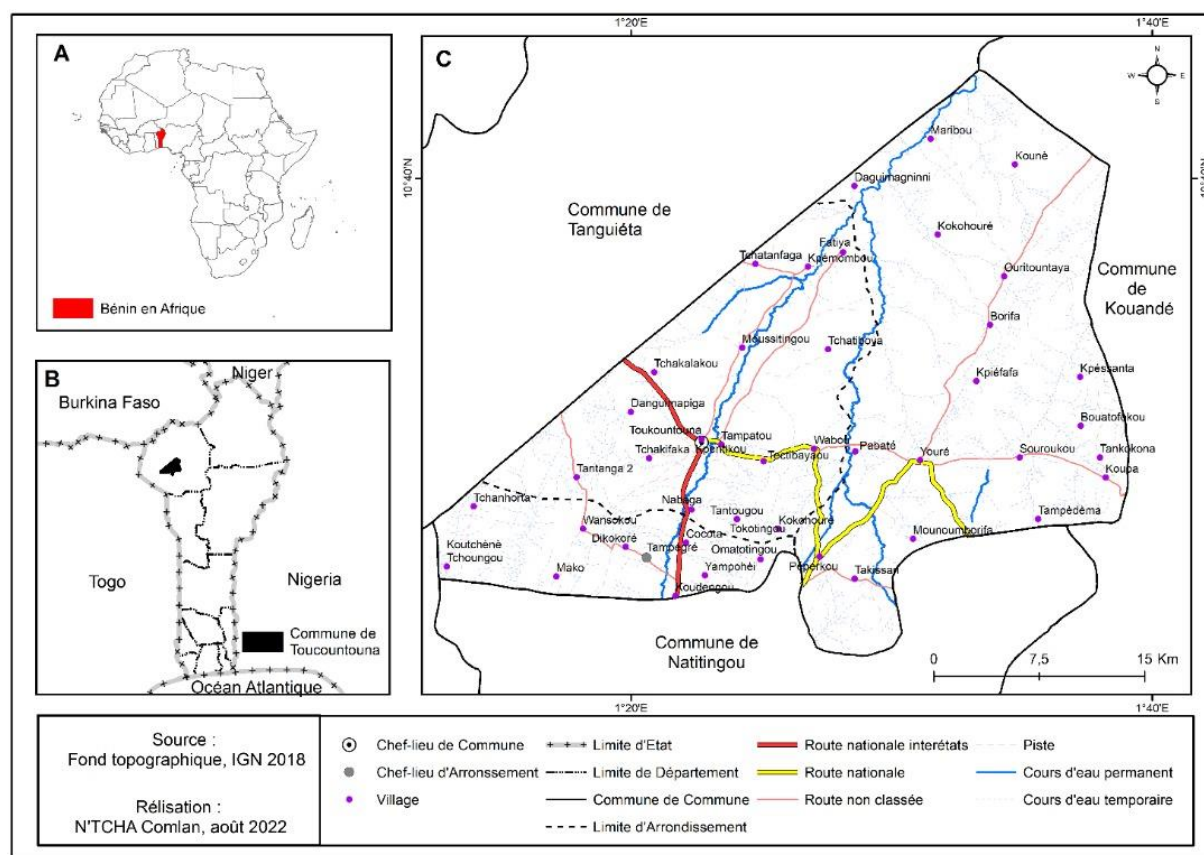


Figure 1 : Localisation de la Commune de Toucountouna

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Données utilisées

Les données collectées et utilisées sont hydrométriques, climatologiques, agricoles, socioéconomiques et démographiques.

- Les données climatologiques : hauteur de pluie (journalières, mensuelles et annuelles) répartie dans la Commune de Toucountouna sur la période 1965-2017, l'évapotranspiration potentielle (1965-2017), les températures maximales et minimales (mensuelles) de la station de Natitingou, ont été tirées de la base de données de Météo-Bénin à Cotonou.
- Les données hydrologiques (débits journaliers et mensuels de la Pendjari sur la période de 1965-2017) de la station de Natitingou ont été tirées des bases de données du Service de l'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau à Cotonou.

- Les statistiques agricoles notamment les rendements des cultures étudiées ont été extraites des compendiums de l'ATDA-Atacora et concerne la Commune de Toucountouna pour les campagnes agricoles de 2007 à 2020.
- Les statistiques démographiques du secteur d'étude, elles ont été collectées dans les bases statistiques de l'INStAD ex-INSAE en considérant les données du RGPH4 de 2013. Ces données ont été complétées par les informations qualitatives d'investigations socio-anthropologiques dans la commune de Toucountouna.
- Les données socio-anthropologiques collectées auprès des populations ont permis d'appréhender les perceptions des populations sur les risques climatiques et leurs influences sur la l'agriculture familiale dans la Commune de Toucountouna.

2.2. Collecte de données

La collecte des données utilisées a été réalisée sur la base d'outils d'investigation comme le questionnaire-ménage, le guide d'entretien et la grille d'observation. Plusieurs techniques ont été mises en œuvre pour procéder à la collecte des données utilisées. Il s'agit essentiellement de la recherche documentaire et des investigations en milieu réel.

Les investigations en milieu réel ont pris en compte les populations installées le long ou aux environs immédiats des cours d'eau et ayant résidé dans le milieu pendant au moins trente (30) ans et donc pourraient avoir vécu ou observé la variation des phénomènes hydrométéorologiques. Ainsi, les critères de choix de ces unités d'investigation sont divers :

- les aires de spéculations vivrières sont les champs privilégiés d'étude des indicateurs agro-environnementaux et de caractérisation des régions vulnérables aux variations climatiques;
- les groupes socioculturels sont investigués pour apprécier les perceptions des différentes modifications observées dans les écosystèmes et les modes de gestion des terres. Les propositions en matière de stratégies d'adaptation ont été analysées pour la réduction des risques climatiques induits par les changements climatiques.

L'échantillon a été déterminé et est composé essentiellement de la population agricole, des présidents d'association agricoles et de développement ayant une connaissance sur la variabilité climatique et la vulnérabilité des populations. A ceux-là, s'ajoutent les agents de développement rural, cadres techniques du ministère de l'agriculture, etc.

Le choix des personnes enquêtées est fait donc sur la base des critères tels que la qualité de chef de ménage agricole, âge (50 ans au moins) et ancienneté continue dans le milieu. Ces critères permettent d'avoir des personnes bien informées sur les perturbations climatiques dans le secteur d'étude.

La taille de l'échantillon au niveau de chaque arrondissement est déterminée suivant le protocole statistique $F = E \cdot T$ avec : **F** la taille de l'échantillon ; **E** l'effectif des ménages ; **T** le taux de sondage fixé à 20 % (suivant les normes du MAEP). En procédant ainsi par arrondissement, un taux d'échantillonnage de 30 % est appliqué au résultat pour déterminer le nombre exact de ménages à enquêter par arrondissement. Le tableau I indique la taille de l'échantillon défini pour les investigations dans la Commune de Toucountouna.

Tableau I : Effectif de la population interviewée par arrondissements

Arrondissements	Effectifs des ménages agricoles	Echantillon	Pourcentage %	Agents du CCeC
Kouarfa	1160	48	31,57	3
Tampègré	1190	49	32,23	
Toucountouna	1541	55	36,2	
Total	3891	152	100	3

Source : Résultats des enquêtes de terrain, 2022

Au total cent cinquante-deux (152) ménages ont été enquêtés et 03 agents du CceC-Toucountouna. Quant au choix des cultures, il concerne les produits cultivés dans la Commune de Toucountouna et classés en cinq (05) catégories : les céréales, les légumineuses, les cultures maraîchères, les racines et tubercules et les cultures de rente (principalement le coton). Dans le cadre de cette recherche, quatre (04) cultures ont été choisies. Il s'agit du maïs (90 jours), du sorgho (150 jours), du riz (90 jours), et de l'igname (270 jours), puisque ces céréales et tubercules sont cultivés dans tous les Arrondissements et villages de la Commune de Toucountouna et occupent une place non négligeable dans l'alimentation. Le tableau II renseigne sur les exigences hydriques et la durée du cycle végétatif desdites espèces.

Tableau II : Exigences hydriques et durée du cycle végétatif par culture

Espèces	Besoin en eau (mm)	Durée du cycle végétatif (en décade)
<i>Zea mays</i> (maïs)	500 à 1000	9
<i>Sorghum vulgare</i> (sorgho)	400	15
<i>Dioscorea cayenensis</i> (igname)	1000 à 1500	27
<i>Oryza sativa</i> (riz)	1000 à 1800	9 à 12

Source : Ogouwalé, 2006

2.3. Méthodes de traitement des données et d'analyse des résultats

2.3.1. Etude des tendances hydro-pluviométriques

Il s'agit de déterminer par la méthode de régression les tendances thermométriques, pluviométriques de 1965-2017 et hydrologiques de 1965 à 2017. Elle consiste en une représentation graphique de droite de régression qui présente l'évolution linéaire et permet de déceler la tendance. L'équation de la droite de tendance est sous la forme : $Y = ax + b$; a est le coefficient directeur et représente la pente et b une constante.

- Si $a > 0$, on a une tendance à la hausse ;
- Si $a < 0$, on a une tendance à la baisse

La mise en évidence de l'indice pluviométrique a permis de caractériser les anomalies et d'identifier les périodes de crues et d'étiages dans la Commune de Toucountouna.

2.3.2. Analyse des paramètres cultureux

Les observations directes et les investigations sur le terrain ont permis d'identifier les techniques culturales, et de procéder à leur analyse.

L'évapotranspiration maximale (ETM), ou le besoin en eau optimum d'une culture est obtenue en faisant le produit de l'ETP et du coefficient cultural K_c (indicateur qui concerne la culture). Le protocole statistique utilisé pour cela est $ETM = K_c \times ETP$. Il a été également réalisé les tests non paramétriques de Kendall qui montrent la significativité des corrélations entre les variables considérées. Ces tests ont permis d'apprécier la liaison entre hauteurs de pluie et rendements. Le protocole statistique utilisé est

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Avec x_i et y_i qui désignent respectivement le nombre de jours et la hauteur de pluie au cours de l'année i ; σ_x et σ_y sont dans l'ordre les écarts-types des séries du nombre de jours et des hauteurs annuelles de pluies.

Soit r le coefficient de corrélation :

- Si $r = 0$, il n'y a pas de corrélation ;
- Si $r < 0$ alors les deux variables évoluent en sens inverse ;
- Si $r > 0$ alors les deux variables évoluent dans le même sens ;

La mise en évidence des tendances pluviométriques faite à partir des courbes de tendances des hauteurs de pluies annuelles et des indices pluviométriques a permis de caractériser les aléas hydro-climatiques.

2.3.3. Caractérisation des aléas hydro-climatiques

Une étude de corrélation des précipitations / débits suivant la période de 1965 à 2010 a permis de mettre en évidence les impacts des écoulements dans la Commune de Toucountouna. Ainsi, plus la corrélation est forte, plus l'aléa est fort et peut induire des risques climatiques contrairement à une corrélation faible indicatrice d'un aléa faible.

Par ailleurs, les aléas de sécheresse et d'inondations, ont été analysés à partir de la valeur de la moyenne et des extrêmes. Ainsi, les périodes dont les valeurs sont en dessous ou au-dessus des seuils sont considérées comme des périodes à risques climatiques avec les conséquences y afférentes.

2.3.4. Indice de précipitations standardisé (SPI)

L'indice standardisé de précipitations « SPI » (Standardised Precipitation Index) peut caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il se fonde d'une part, sur la définition d'un seuil pour se prononcer sur l'état ou non de sécheresse en déclarant la période, objet de l'étude, sèche ou pas et présuppose d'autre part, l'identification de l'année normale ou moyenne. A l'issue de cette opération, il est possible de déterminer le nombre d'années par gamme SPI et la signification correspondante en terme d'ampleur du phénomène climatique (tableau III) à partir du

protocole statistique $SPI = (p_i - p_m) / \sigma$ où p_i est la précipitation de l'année i , p_m la précipitation moyenne et σ la déviation standard ou écart type.

Tableau I : Classification de la sécheresse en rapport avec la valeur du SPI

Classe SPI	Interprétation
$SPI > 2$	Humidité Extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité Forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée
$-1 < SPI < 0$	Sécheresse Modérée
$-2 < SPI < -1$	Sécheresse Forte
$SPI < -2$	Sécheresse Extrême

Source : Bergaoui, Alouini 2001

Les avantages de cet indice résident dans le fait qu'il est simple (utilise seulement les précipitations) et qu'il peut être calculé pour différentes échelles de temps, utilisé dans l'alerte précoce à la sécheresse et aider dans l'évaluation de sa sévérité.

2.3.5. Evaluation de la vulnérabilité agricole aux risques climatiques

Pour analyser la vulnérabilité des modes et moyens d'existences, la matrice de sensibilité aux risques climatiques est dans la pratique utilisée (Badolo, 2009). C'est une approche méthodologique plus simple qui permet d'établir la sensibilité aux risques climatiques. La mise en œuvre recouvre plusieurs étapes à savoir :

Etape 1 : elle consiste à établir la liste des unités d'exposition dans le secteur considéré qui vont être prise en compte dans l'exercice de l'analyse de la vulnérabilité. Ces secteurs ou unités d'exposition font former les lignes de la matrice de sensibilité ;

Etape 2 : la deuxième étape consiste à établir un inventaire des risques climatiques les plus significatifs pour les secteurs ou unités d'exposition dans la région considérée ;

Etape 3 : la troisième étape est celle de l'évaluation du degré de sensibilité de chaque secteur ou unité d'exposition à chacun des risques climatiques retenus.

Pour ce faire, cinq niveaux de sensibilité sont considérés et l'application de la matrice produit trois indicateurs que sont l'indice d'exposition ; le rang en termes d'exposition des unités d'exposition aux risques climatiques et l'indice d'impact des risques climatiques.

3. RESULTAS ET STRATEGIES D'ADAPTATION

Il est présenté ici les risques climatiques majeurs auxquels les producteurs du bassin béninois de la Pendjari sont confrontés ainsi que les différentes stratégies d'adaptation et les suggestions.

3.1. Résultats

3.1.1. Caractérisation des risques climatiques dans la Commune de Toucountouna

3.1.1.1. Variabilité interannuelle des hauteurs de pluie à Toucountouna

Le traitement statistique des données pluviométriques de la Commune de Toucountouna a permis de dresser le profil de la variation interannuelle de la pluviométrie (figure 2) de 1965-2017.

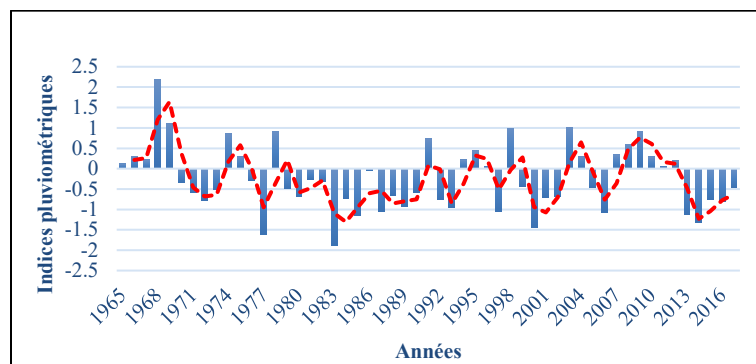


Figure 2 : Indices de précipitations standardisées au cours de la période 1965-2017 dans la Commune de Toucountouna

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, 2022

La figure 2 montre les variations interannuelles de la pluviométrie dans la Commune de Toucountouna de 1965 à 2017. La moyenne annuelle des hauteurs de pluie sur cette période est de 1207 mm avec un écart de 186 mm. Cette figure 2 permet de distinguer trois principales séquences (1965-1969, 1970-1991 et 1992-2017). Ainsi, il est à retenir que sur la période 1965 à 1969, la plupart des anomalies sont positives, ce qui correspond à la période humide. Inversement, sur la période 1970 à 1991, il y a une dominance des anomalies négatives traduisant ainsi les années déficitaires, ce qui correspond à la période sèche. La période 1992 à 2017 est marquée par une alternance d'années déficitaires et excédentaires, correspondant ainsi

à la période de reprise des hauteurs pluviométriques. Le tableau IV présente la classification des années selon les SPI dans le milieu d'étude.

Tableau IV : Classification des années selon les SPI dans le milieu d'étude

Evènements	Types d'années					
	Humidité extrême	Humidité forte	Humidité modérée	Sécheresse modérée	Sécheresse forte	Sécheresse extrême
Années	1968	1969, 2003	1965, 1966 1967, 1974 1975, 1978 1991, 1994 1995, 1996 1998, 2004 2007, 2008 2009, 2010 2011, 2012	1970, 1971 1972, 1973 1976, 1979 1980, 1981 1982, 1984 1986, 1988 1989, 1990 1992, 1993 1999, 2001 2002, 2005 2015, 2016 2017	1977, 1983 1985, 1987 1997, 2000 2006, 2013 2014	Aucune
Effectif	01	02	18	23	09	00
Pourcentage	1,89 %	3,77 %	33,97 %	43,39 %	16,98 %	00 %

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, 2022

De l'analyse du tableau IV, il ressort que la Commune de Toucountouna a enregistré 1,89 % d'années à humidité extrême, 3,77 % d'années à humidité forte, 33,97 % pour les années à humidité modérée, 43,39 % d'années à sécheresse modérée, 16,98 % d'années à sécheresse forte. La Commune n'a pas connu d'années à sécheresse extrême sur la période d'étude. Cette variabilité des années extrêmement sèches et extrêmement humides au niveau de la Commune de Toucountouna peut avoir des impacts négatifs sur certaines activités humaines telles que l'agriculture familiale qui est une source de nourriture très importante pour la population de la Commune.

3.1.1.2. Variabilité thermique dans la Commune de Toucountouna

L'évolution interannuelle des températures maximales et minimales dénote l'ambiance climatique dans lequel évoluent les cultures du secteur d'étude. L'évolution de la température moyenne de la période 1965-2017 a été déterminée (figure 3).

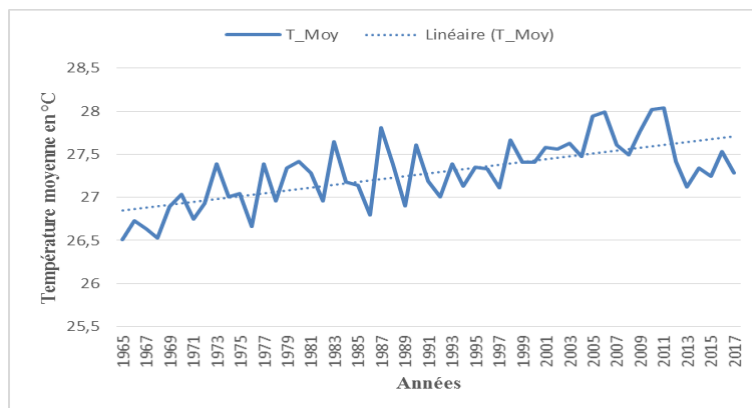


Figure 3 : Evolution de la température moyenne annuelle de 1965 à 2017

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, 2022

Il ressort de l'analyse de la figure 3 que la température moyenne sur la période 1965 à 2017, montre une tendance à la hausse. En effet, on note une augmentation des températures moyennes qui passe de 26,51 °C à 28,04 °C, soit une augmentation de 1,53 °C. Pour identifier entre les températures maximales et minimales, celles qui influenceront plus sur le réchauffement climatique, leur occurrence a été calculée.

Le constat des populations locales tout comme les analyses statistiques des données climatologiques officielles indiquent une augmentation des températures et une baisse des précipitations. L'écart réside au niveau de l'explication des causes des risques. Ces observations permettent d'affirmer donc l'existence des risques climatiques dans la Commune de Toucountouna.

3.1.1.3. Risques climatiques perçus par les populations

Les risques climatiques que l'étude a identifiée à travers la collecte des données à partir des observations et des entretiens sont : les inondations, la mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps des pluies, les pluies tardives, les poches de sécheresse et sécheresse. Ces risques sont conformes à ceux présentés dans la littérature des risques climatiques au Bénin (PANA, 2008). Ces différents risques sont également perçus par les populations dans la Commune de Toucountouna.

La fin précoce des pluies perçue par 15 % des producteurs interrogés est caractérisée par une rupture brutale des saisons des pluies c'est-à-dire un raccourcissement des saisons pluvieuses. La planche 1 présente un champ de maïs victime d'une fin précoce des pluies à Kouba.



Planche photographique 1 : Champs de maïs en phase d'épiaison victime d'une fin précoce des pluies à Kouba

Prise de vue : N'TCHA, octobre 2022.

La planche photographique 1 illustre un champ de maïs en phase d'épiaison dont les feuilles sont fanées à Kouba due au manque de pluie. Ce risque influence le rendement agricole dans la Commune de Toucountouna. En effet, la fin précoce des pluies a entraîné une rupture hydrique du sol ce qui affecte l'état hydrique de ces plantes. L'insuffisance hydrique des plantes et la chaleur excessive font perdre progressivement la couleur verte à ces plantes.

La sécheresse selon 63,32 % des paysans constitue un phénomène stressant pour les populations de Toucountouna. A ce sujet, les informations recueillies lors des enquêtes stipulent que ce phénomène fait partie des éléments qui perturbent gravement les prévisions agricoles tant au niveau des campagnes agricoles initiées par les institutions (CARDER, ATDA, etc.) qu'au niveau des paysans. Il s'est surtout manifesté souvent avec d'autres facteurs climatiques (chaleurs excessives, vents forts, etc.) susceptibles d'accroître la gravité du phénomène. Les sécheresses connues au cours des années 1970, notamment celle de 1977, ont beaucoup plus marqué les populations de Toucountouna.

Les poches de sécheresse d'après 68,42 % des producteurs se caractérisent par les ruptures des pluies en pleine saison pluvieuse. Selon ces producteurs les poches de sécheresse ont des effets dévastateurs sur toutes les cultures puisque le développement et l'achèvement du cycle végétatif dépendent de la disponibilité de l'eau pour la plante. Ce phénomène dû à une irrégularité des pluies

durant la saison pluvieuse, entraîne une croissance irrégulière des plantes et de ce fait perturbe gravement les prévisions agricoles tant au niveau des campagnes agricoles initiées par les institutions publiques (CARDER, ATDA, etc.) qu'au niveau des producteurs.

Les pluies tardives perçues par 23,12 % des producteurs sont caractérisées par une fausse alerte d'une pluie prochaine. Ainsi les pluies tardent à commencer et cela se généralise dans toute la Commune. L'insécurité alimentaire et un mauvais rendement des cultures sont les dégâts causés par le retard des pluies.

Les inondations se caractérisent par des pluies régulières et abondantes sur plusieurs jours à travers toute la Commune et perçues par 76,56 % des producteurs rencontrés. Les producteurs assistent à la perte des récoltes suite à l'inondation des cultures comme l'illustre la planche photographique 2.

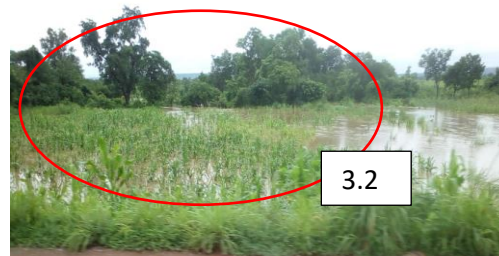


Planche photographique 2 : Inondation des champs de sorgho à Tapatou (3.1) et de maïs à Nabaga (3.2)

Prise de vues : N'TCHA, septembre 2022

Les fortes pluies sont source des pertes de production et des récoltes. En effet, les pertes des cultures produites s'observent lors des inondations des champs provoquées par les fortes pluies d'une part et par les crues du cours d'eau Pendjari et ses affluents d'autre part. Selon les producteurs rencontrés, les eaux de pluies détruisent les cultures en les emportant même parfois.

La mauvaise répartition des pluies selon 19 % des producteurs est un risque qui s'exprime par une inégale répartition de la pluviométrie. En effet, à l'échelle d'une même aire géographique, il a été constaté qu'il ne pleut pas au même moment (répartition temporelle) et que cette pluie n'arrose pas toute la zone. La mauvaise répartition spatiale et temporelle des pluies est un risque réel qui influence également le rendement des cultures dans le milieu d'étude.

3.1.2. Bilan des risques climatiques dans la Commune de Toucountouna

La figure 5 montre la fréquence des différents risques climatiques selon les producteurs rencontrés.

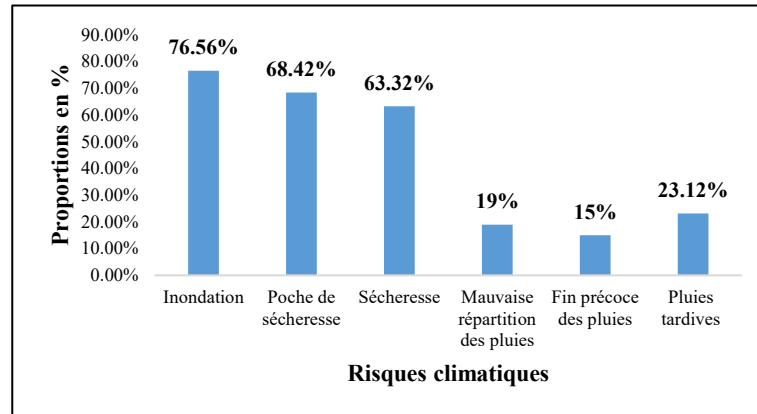


Figure 5 : Perceptions des producteurs aux risques climatiques majeurs dans la Commune de Toucountouna

Source : Résultats des enquêtes de terrain, 2022

De l'analyse de la figure 5, il ressort que la perception des producteurs aux risques climatiques se présente comme suit. 76,56 % pour les inondations, 68,42 % pour les poches de sécheresse, 63,32 % pour la sécheresse, 19 % pour la mauvaise répartition des pluies, 23,12 % pour les pluies tardives, 15 % pour la fin précoce. Ces différents risques climatiques affectent les rendements des cultures dans la Commune de Toucountouna.

3.1.3. Vulnérabilité du système agricole aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna

3.1.3.1. Degré de vulnérabilité de l'agriculture familiale aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna

La figure 6 présente le degré de vulnérabilité de système agricole et les modes d'existence aux risques climatiques dans la Commune de Toucountouna.

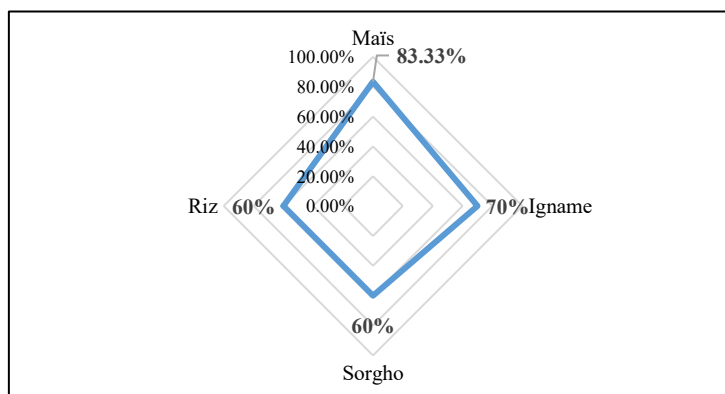


Figure 6 : Diagramme de vulnérabilité du système agricole relatif aux modes d'existence dans la Commune de Toucountouna

Source : Résultats des enquêtes de terrain, 2022

L'examen de la figure 6 permet de retenir que l'indice d'exposition de chaque système agricole est plus de 50 %. Ainsi, les cultures du maïs et d'igname sont les plus vulnérables avec un indice d'exposition de 90 % que les cultures du sorgho et du riz. Le système agricole n'est donc pas à l'abri des effets pervers des risques climatiques dans le bassin béninois de la Pendjari. En plus de l'analyse des diagrammes de vulnérabilité aux aléas climatiques s'ajoute, l'analyse de la Matrice de sensibilité (tableau V).

Tableau II : Matrice de sensibilité des risques majeurs

Unités d'exposition	Risques climatiques						Indice d'exposition
	Inondation	Poches de sécheresses	Sécheresse	Mauvaise répartition des pluies	Fin précoce des pluies	Pluies tardives	
Maïs	5	5	4	4	4	3	83,33 %
Igname	5	3	4	2	2	5	70 %
Sorgho	3	3	3	3	4	2	60 %
Riz	3	4	3	3	3	2	60 %
Indice d'impact	80 %	75 %	70 %	60 %	65 %	60 %	

Source : Résultats des enquêtes de terrain, 2022

Il ressort de l'analyse du tableau VIII que les risques climatiques majeurs sont les inondations 80 %, les poches de sécheresse 75 % et la sécheresse 70 % et que le maïs 83,33 % et l'igname 70 % sont les plus exposées. Il faut donc retenir que le système agricole est vulnérable aux risques climatiques et constituent un handicap pour le développement local dans la Commune de Toucountouna.

Par ailleurs, l'analyse de la variabilité climatique montre que les hauteurs de pluies sont élevées dans les mois d'août et de septembre. Durant cette période, la Commune est souvent confrontée aux crues du cours d'eau Pendjari et ceux de ses affluents notamment la rivière Tikoun. De même, les principales cultures choisies dans le milieu d'étude (maïs, sorgho, igname), atteignent leur maturité, leur croissance et la période de récolte, au cours de cette même période. Avec les crues, ces cultures pourrissent dans l'eau. La différence se trouve au niveau de l'ordre attribué aux risques climatiques suivant leur fréquence et leurs impacts. Les caractéristiques de ces risques sont résumées dans le tableau VI.

Tableau III : Matrice des impacts des risques hydroclimatiques sur les variables

Matrice des impacts	Disponibilité en eau	Sol	Culture	Rendement
Inondations	Excès d'eau	Excès d'eau dans le sol	Excès hydriques pour la culture Destruction des cultures	Perte des cultures et Baisse des rendements
Sécheresse	Disponibilité en eau réduite, Dégradation de la qualité de l'eau	Diminution de l'humidité des couches superficielles du sol, réduction de l'eau du sol disponible pour les plantes, perte de la fertilité du sol	Stress hydrique et thermique accru des plantes, augmentation de l'évapotranspiration	Augmentation des besoins en eau, stress hydrique et thermique accru, baisse des rendements
Mauvaise répartition des pluies	Disponibilité en eau réduite,	Diminution de l'humidité du sol pour la croissance de plantes,	Stress hydrique des cultures, mauvaise croissance des cultures	Baisse des rendements,
Poches de Sécheresses	Disponibilité en eau réduite, Besoin en eau accru	Diminution de l'humidité du sol pour la croissance de plantes,	Stress hydrique des cultures accru	Baisse sévère des rendements,

Pluies tardives	Disponibilité en eau réduite	Baisse accrue de l'humidité du sol	Insuffisance d'eau pour la croissance des cultures	Baisse des rendements
Fin précoce des pluies	Disponibilité en eau réduite	Baisse accrue de l'humidité du sol	Réduction de la quantité d'eaux pour le développement des cultures	Baisse des rendements

Source : Chede, 2012 et Résultats des enquêtes de terrain, 2022

L'analyse du tableau VI montre les différents risques climatiques et les conséquences sur la disponibilité en eau, sur l'état hydrique du sol et des cultures et sur le rendement.

3.1.3.2. Corrélation entre hauteurs pluviométriques et rendement des cultures

Afin de vérifier si les rendements des cultures sont fonctions des hauteurs de pluie, des corrélations ont été effectuées entre pluie et rendement. Ainsi, le calcul du coefficient de corrélation linéaire de Kendall entre les hauteurs de pluie et les rendements sur la période 1965-2017 a permis d'évaluer leur dépendance et leur signification (tableau VII).

Tableau VII : Coefficient de corrélation entre pluie et rendement du test de Kendall

Cultures	Corrélation pluie-rendement	Test de Kendall
Maïs	$r = 0,4$	$p\text{-value} = 0,74 ; \alpha/2 = 0,025$
Sorgho	$r = 0,4$	$p\text{-value} = 0,77 ; \alpha/2 = 0,025$
Igname	$r = 0,17$	$p\text{-value} = 0,22 ; \alpha/2 = 0,025$
Riz	$r = 0,23$	$p\text{-value} = 0,27 ; \alpha/2 = 0,025$

Source : Résultats des enquêtes de terrain, 2022

L'analyse de ce tableau VII révèle que la corrélation entre les hauteurs de pluie et le rendement des cultures est inférieure à 0,5 pour toutes les cultures. Ainsi donc, la corrélation n'est pas significative. Ce constat est confirmé par le test de Kendall où $p\text{-value}$, est supérieure à $\alpha/2$ ($= 0,025$) pour ces cultures. Les rendements des cultures dans la Commune de Toucountouna ne dépendent donc pas seulement des précipitations.

Au vue de l'analyse de la corrélation, entre hauteur pluviométrique et rendement des cultures, la corrélation n'est pas observée pour toutes les cultures sur la période d'étude. Pourtant, ces cultures sont les plus consommées dans la localité. Cette situation permet de dire que la pluie n'est pas le seul facteur déterminant des rendements. Ainsi, pour faire face aux effets causés par les risques climatiques, les producteurs de la Commune de Toucountouna développent plusieurs stratégies.

3.2. Stratégies d'adaptation

3.2.1. Stratégies endogènes proactives

Dans le but de réduire leur vulnérabilité aux inondations et aux sécheresses, les populations agricoles de la Commune de Toucountouna adoptent plusieurs stratégies :

- des récoltes précoces des cultures vivrières, notamment le maïs et le niébé qui sont très sensibles à l'eau. Pour les populations enquêtées, ces récoltes précoces ont lieu dès que les cultures commencent à s'assécher. Cette solution permet d'éviter de perdre toute la production ;
- l'organisation des cérémonies traditionnelles pour conjurer le sort et limiter les dégâts des inondations et des sécheresses. Lors de ces cérémonies, des sacrifices sont offerts aux divinités pour implorer leur clémence et leur protection. Mais, d'après les populations, ces pratiques ne sont pas toujours concluantes.

3.2.2. Stratégies endogènes réactives

- Adoption de variétés à cycle court

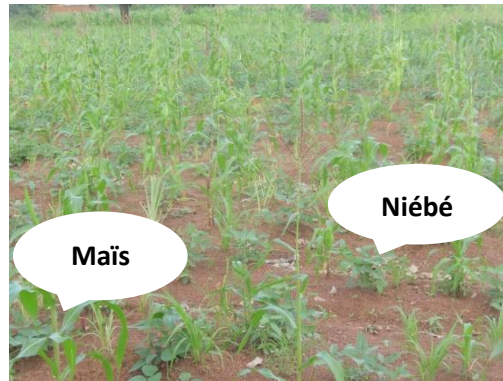
D'après les responsables du Secteur Communal de Développement agricole (SCDA-Toucountouna) interviewés, les variétés à cycle court adoptées par les producteurs sont entre autres : le maïs (DMR-ESR-W-TZB-SR) de 75 et 90 jours en lieu et place du maïs local de 120 jours. Aussi, l'arachide (TS-32-1) de 90 jours est adoptée au détriment de l'arachide (GS-101) de 120 jours. Il en est de même pour le niébé à cycle long qui est délaissé au profit du niébé amélioré de variété (TVX-1850-01-F) de 65 jours.

- Utilisation d'engrais

Dans le but de faire face aux faibles taux des rendements suite à la survenue des risques climatiques, les producteurs utilisent les engrais chimiques. Selon Ousamene (2002) et Ouorou Barré (2007) ; même quand les précipitations sont faibles, si un agriculteur utilise deux (2) gramme de phosphate d'ammonium ou six (6) de NPK en formule 15/15/15 dans les buttes de semis, les rendements sont doubles. Les producteurs des enquêtés affirment avoir utilisé de l'engrais chimique pour leurs cultures, surtout celle du maïs. Ce qui leur a permis d'avoir de bon rendement et une croissance plus rapide.

- Association des cultures

Dans la Commune de Toucountouna, le système d'association des cultures (photo 1) s'est développé au fil du temps avec le manque d'espace cultivable dû au problème foncier et surtout à cause de l'irrégularité des pluies et de l'insistance des poches de sécheresse.



Photographie 1 : Association maïs-niébé à Tampègré

Prise de vue : N'TCHA, août 2022

Les paysans associent les cultures parce-que ce système permet la diversification des produits et la réalisation de plusieurs récoltes sur une même surface.

- Repiquage des cultures

Lorsque le calendrier agricole ne permet pas aux paysans de semer, ils procèdent au repiquage des cultures. Selon les producteurs, de nouveau billons sont réalisés pour faciliter l'implanter dans des cultures dans le sol. Le repiquage concerne généralement les cultures de sorgho selon 67,42 % des enquêtés (planche 4).



Photographie 2 : Repiquage du sorgho à Tchakalakou

Prise de vue : N'TCHA, août 2022

Cette pratique permet aux producteurs, de rattraper le calendrier agricole. En effet, cette stratégie permet aux paysans de se passer de la phase de semis pour permettre à la culture d'amorcer directement la phase de croissance.

- **Mise en valeur des bas-fonds**

La mise en valeur des zones humides est désormais une réalité dans la Commune de Toucountouna. En effet, avec la baisse des pluies et la fin précoce de la saison des pluies, les bas-fonds constituent les meilleures terres de recours à cause de leurs fertilités et de la disponibilité en eau du sol. La planche photographique 3 illustre quelques exploitations faites des bas-fonds à Toucountouna.



Planche photographique 3 : Mise en valeur des bas-fonds dans l'arrondissement de Tchakalakou
Prise de vues : N'TCHA, août 2022

D'après les producteurs rencontrés, l'exploitation des bas-fonds permet d'améliorer la disponibilité des produits agricoles dans les ménages. Les barrages traditionnels et modernes servent à irriguer les champs de riz pendant les périodes de récession pluviométrique.

3.2.3. Mesures préconisées

Les conséquences de la variabilité hydro-pluviométrique sur la production agricole ont conduit les producteurs à mettre en place des stratégies d'adaptation qui restent à être consolidées.

- **Au niveau des structures institutionnelles nationales et locales (DG-Eau, SCDA, ONG)**

Pour les structures institutionnelles nationales et locales, la promotion de la mécanisation et de l'aménagement des plaines d'inondation doit être choses primordiales. En effet, l'aménagement consistera en l'organisation de l'espace en fonction des secteurs d'expansion des crues. Les

secteurs de risque d'inondation élevés feront l'objet d'un aménagement spécial qui autorise la pratique de variété de cultures à cycle courts.

- **Au niveau des agriculteurs**

Il faudra que des techniques et aménagements agricoles endogènes précédemment évoqués soient renforcés et que l'aménagement moderne survienne. Le renforcement des techniques agricoles se rapporte à la promotion des techniques qui favorisent l'apport d'eau aux cultures. Il s'agit entre autres de la canalisation de l'eau de la rivière Pendjari et Magou vers les champs en période de déficit hydrique extrême. De même, il faut la couverture végétale des berges de la rivière ainsi que la formation et l'encadrement de qualité des agriculteurs sur la gestion des risques de catastrophes hydro-climatiques.

La formation des agriculteurs, consistera à l'amélioration des connaissances antérieures sur les modes de prévention et gestion des impacts des extrêmes hydro-climatiques.

- **Autres mesures**

Pour réduire la vulnérabilité des récoltes, il sera nécessaire de :

- de construire des unités de stockages (magasins en matériaux définitifs), de conservation et de transformation des produits agricoles dans les arrondissements afin d'assurer la sécurité alimentaire des populations surtout en période de crue.
- organiser des séances d'informations et de partage sur les risques climatiques à l'endroit des agents du développement rural, des responsables des Organisations Paysannes et autres acteurs du développement agricole en vue d'inculquer une culture agro-météorologique aux agriculteurs.

CONCLUSION

Le système climatique planétaire dans lequel s'inscrit l'Afrique de l'Ouest et la Commune de Toucountouna, subit des modifications à grande échelle qui restent amplifiées par les facteurs naturels et anthropiques tant régionaux, que locaux. Cette recherche contribue à une meilleure connaissance des impacts des risques climatiques sur l'agriculture familiale dans la commune de Toucountouna.

L'étude de la variabilité saisonnière des hauteurs pluviométriques et des températures sur la période 1965-2017 montre que la Commune de Toucountouna est sous la menace des catastrophes climatiques. Par ailleurs, la Commune de Toucountouna est secouée par les impacts des risques climatiques qui se manifestent par les inondations, la mauvaise répartition chaleur excessive, dans l'espace et dans le temps des pluies, pluies tardives, poches de sécheresse et sécheresse. La variation des paramètres climatiques a des conséquences néfastes sur le milieu de vie et sur la production maraîchère dans la Commune. L'analyse de la vulnérabilité de la production familiale aux risques climatiques, montre que les risques climatiques majeurs sont les inondations 80 %, les poches de sécheresse 75 % et la sécheresse 70 % et que le maïs 83,33 % et l'igname 70 % sont les plus exposées. Pour réduire la vulnérabilité de leurs cultures à la survenance des catastrophes climatiques, les producteurs de la Commune de Toucountouna développent plusieurs stratégies de préventions des risques et de gestion des catastrophes climatiques. Il s'agit entre autres de l'adoption des semences à cycle court, du repiquage des cultures notamment le sorgho, de la disposition des billons, de la mise en valeur des bas-fonds etc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agbossou, K. E., (1994) :** Etude de la consommation en eau de la canne à sucre sur le complexe sucrier de Savè au Bénin. Contribution à l'amélioration de l'utilisation de l'irrigation. Thèse de Doctorat, ENGREF Montpellier, 114 pages.
- FAO, (2009) :** Changement climatique et gestion des risques de catastrophes. Rapport, 2 pages.
- GIEC, (2014) :** Conclusion du cinquième Rapport d'évaluation sur l'évolution du climat, 5 pages.
- GIEC, (2001) :** Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Island Press, Washington, 53 pages.
- GIEC, (2007) :** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Équipe de rédaction principale : Pachauri, R.K. et Reisinger, A.). GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- GIEC, (2012) :** Gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique : résumé à l'intention des décideurs. Rapport des Groupes de travail I et II, 32 pages.
- Houndénou, C., (1999) :** Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 390 p.
- Idiédi, M. E., (2009) :** Variabilité hydro-climatique dans le bassin versant de la Pendjari au Bénin (Nord-Ouest du Bénin). Mémoire de DEA, DGAT/FLASH/UAC, 60 pages.
- Issa, M. S., (2012) :** Changements Climatiques et agrosystèmes dans le Moyen Bénin : impacts et stratégies d'adaptation. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, 273 pages.
- Kimba, Y. G., (2011) :** Impact de la variabilité pluviométrique sur les ressources en eau dans la Commune de Toucountouna. Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH, UAC, 67 pages.
- Kodja, D. J., (2011) :** Prévision des crues dans le bassin versant du Zou à Atchérigbé avec le modèle GR2M. Mémoire de Maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 104 pages.
- Kodja, D. J., (2013) :** Etudes des risques hydroclimatiques dans la vallée de l'Ouémé à Bonou. Mémoire de DEA, DGAT/FLASH/UAC, 108 pages.

Koumassi, D. H., (2014) : Risques climatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Couberi. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, 245 pages.

Malgrange, S., (2011) : L'agriculture paysanne face à l'instabilité climatique dans les Andes centrales : des mutations nouvelles et dynamiques d'adaptation dans la région de Huancavelica, Pérou. Mémoire de fin d'études. Ecole supérieure d'Agro-Développement International, 97 pages.

Mahe, G., et Olivry, J. C., (1995) : Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale de 1951 à 1989. Sécheresse, **6** (1), pp 109-117.

Massot Marti, A., (2008) : l'eau et le développement agricole durable. Département thématique Politiques structurelles et de Cohésion Parlement européen. IP/B/AGRI/NT/2008_01, 14 pages.

Nelson, G. C., et al., (2009) : Changement climatique : impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation. IFPRI, 30 pages.

Ogouwale, E., (2004) : Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional. Mémoire de DEA, UAC/EDP/FLASH, 119 pages.

Olivry, J. C., (1983) : Le point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégal et aux îles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XX, n°1, 69 pages.

Olivry, J. C., (1993) : Evolution récente des régimes hydrologiques en Afrique intertropicale. In l'eau, la terre et les hommes, hommage à René Frécaut Ed. Presses Universitaires de Nancy, 67 pages.

Ouassa, P., (2014) : Variabilité hydro-pluviométrique et production agricole dans la Commune de Toucountouna. Mémoire de maîtrise. DGAT/FLASH/UAC, 89 pages.

Ouorou Barrè, I., (2007) : Variabilité climatique et production vivrière dans la commune de Tanguiéta. Mémoire de Maîtrise de géographie, FLASH, UAC, 75 pages.

Ouorou Barrè, I., (2010) : Variabilité climatique et production agricole dans les communes de Matéri et de Tanguiéta. Mémoire de DEA, DGAT, FLASH, UAC, 109 pages.

Vissin, E. W., (2007) : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 280 pages.

Wahlström, M., (2009) : Réduction des risques de catastrophe, gestion des risques climatiques et développement durable. Bulletin de l'OMM 58 (3), 167 pages.