



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI
(UAC)



INSTITUT DE GEOGRAPHIE, D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE
L'ENVIRONNEMENT

(IGATE)

MASTER INTEGRATION REGIONALE ET DEVELOPPEMENT

(MIRD)

MEMOIRE DE MASTER

OPTION : GESTION DES RISQUES ET CATASTROPHES

**VARIABILITE CLIMATIQUE ET RISQUES
AGROCLIMATIQUES DANS LA PREFECTURE
DE LA KOZAH AU NORD DU TOGO**

Réalisé par :

Essosinam KOZOLINE

Sous la direction de :

Prof. Euloge OGOUWALE

Professeur Titulaire (DGAT/FASHS/UAC)

Soutenu publiquement le 25/02/2019

Mention : Très bien

Sommaire

| | |
|---|---|
| Dédicace | 3 |
| Sigles, acronymes et abréviations | 4 |
| Remerciements | 5 |
| Résumé | 6 |
| Abstract | 6 |
| Introduction | 7 |

CHAPITRE I CADRE THEORIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

| | |
|------------------------------------|----|
| 1.1. Cadre théorique | 9 |
| 1.2. Approche méthodologique | 17 |

CHAPITRE II CADRE GEOGRAPHIQUE ET INDICATEURS DE LA VARIABILITE DU CLIMAT DANS LA PREFECTURE DE LA KOZAH

| | |
|---|----|
| 2.1. Situation géographique du secteur de recherche | 33 |
| 2.2. Variation spatio-temporelle des pluies dans le secteur d'étude | 41 |
| 2.3. Evolution des températures dans les stations de Kara et Niamtougou | 51 |

CHAPITRE III RISQUES AGROCLIMATIQUES ET STRATEGIES PREVENTIVES D'ADAPTATION

| | |
|---|----|
| 3.1. Influence de la variabilité pluviométrique sur les rendements | 55 |
| 3.2. Evaluation des risques agroclimatiques et de la vulnérabilité des cultures | 64 |
| 3.3. Stratégies préventives d'adaptation | 75 |
| 3.4. Mesures de renforcement des stratégies | 79 |
| Conclusion | 82 |
| Bibliographie | 84 |
| Liste des figures | 89 |
| Liste des photos | 89 |
| Liste des planches photographiques | 90 |
| Liste des tableaux | 90 |
| Annexes | 91 |
| Table des matières | 97 |

Dédicace

A tous les membres de ma famille

Sigles, acronymes et abréviations

| | |
|-------------------------|---|
| ANPC | : Agence Nationale de la Protection Civile |
| Avr | : <i>Avril</i> |
| CARDER | : Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural |
| CIRAD | : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique |
| DGAT | : Département de Géographie et Aménagement du Territoire |
| DSID | : Direction des Statistiques agricoles de l'information et de la Documentation |
| DRAPAH | : Direction Régionale de l'Agriculture, de la Production Animale et Halieutique |
| FLESH | : Faculté des Lettres et Sciences Humaines |
| GIEC | : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat |
| GIZ | : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| ICAT | : Institut de Conseil d'Appui Technique |
| IGATE | : Institut de Géographie d'Aménagement du Territoire et de l'Environnement |
| INSEED | : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques |
| IPCC | : Inter-governmental Panel on Climate Change |
| MIRD | : Master Intégration Régionale et Développement |
| MIFA | : Mécanisme Incitatif de Financement Agricole |
| Nov | : <i>Novembre</i> |
| Oct | : <i>Octobre</i> |
| FAO | : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture |
| ODEF | : Office de Développement et d'Exploitation des Forêts |
| OMM | : Organisation Météorologique Mondiale |
| PANA | : Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques |
| PCC | : Plan de Contingence Communale |
| PADES | : Programme d'Aide pour le Développement Economique et Sociale |
| REED⁺ | : Reduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des Forets |
| SPPU | : Saison Pluvieuse Potentiellement Utile |
| UAC | : Université d'Abomey- Calavi |

Remerciements

Le présent mémoire est le fruit de plusieurs échanges scientifiques et de collaboration avec des personnes ressources à qui j'exprime ici toute ma reconnaissance.

Je tiens à présenter en premier lieu, toute ma gratitude à mon Directeur de recherche, le Professeur Euloge OGOUWALE, Professeur Titulaire à l'UAC. Sa rigueur dans le travail et ses observations ont été pour moi un atout pour la réalisation de ce travail scientifique.

Je rends un hommage à tous les Enseignants du Master Intégration Régional et Développement (MIRD) de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin) pour m'avoir donné une formation de qualité.

Je suis reconnaissant au Professeur Expédit VISSIN, Professeur Titulaire à l'UAC et Coordonnateur du MIRD, pour son soutien.

Je témoigne toute ma gratitude aux Assistants du Professeur Euloge OGOUWALE, qui m'ont permis d'améliorer mon travail.

Je remercie Monsieur le Professeur Padabô KADOUZA de l'Université de Kara au Togo qui a été mon guide dans le choix de ce Master à l'Université d'Abomey-Calavi.

J'exprime ma reconnaissance à tous mes aînés qui ont accepté apporter une contribution scientifique pour l'amélioration de ce travail.

J'exprime mon entière gratitude à son excellence, Monsieur le Général, Damehane YARK, Ministre de la Sécurité et de la Protection Civile du Togo pour m'avoir offert l'opportunité de faire mon stage à l'Agence Nationale de la Protection Civile (ANPC).

Je suis reconnaissant au Lieutenant-Colonel Yoma BAKA pour ses conseils, son soutien de toute nature et pour m'avoir accepté au sein de l'Agence Nationale de la Protection Civile du Togo en tant que stagiaire.

Je remercie mon Directeur de stage Monsieur Nelson AKIBODE, pour tout son attachement à ma réussite, ses multiples conseils et ses encouragements.

Je témoigne ma gratitude à l'Agence Nationale de la Protection Civile du Togo qui m'a accompagné et assisté dans la réalisation des enquêtes de terrain.

J'exprime mon entière gratitude à tous les agents de l'ANPC Togo pour leurs soutiens et conseils.

Je tiens à remercier Monsieur Kodjo Edouard KAKPOVI, Docteur Héou Maléki BADJANA pour l'encadrement qu'ils m'ont fourni au cours de ce travail.

A tous mes camarades de la sixième promotion du Master en Gestion des Risques et Catastrophes, je dis merci pour les diverses aides et échanges scientifiques qui ont permis la réalisation de ce mémoire.

A ceux qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à ma formation et mon séjour de deux (2) ans au Bénin, je dis merci.

Résumé

Les années qui précédèrent 1970 ont été clémentes par rapport à celles qui ont suivi cette époque jusqu'à nos jours. Cette recherche est une contribution à l'étude sur les risques agro climatiques résultant de l'amplification de la variabilité climatique dans la préfecture de la Kozah au nord du Togo.

L'approche méthodologique adoptée consiste à combiner l'utilisation des données climatiques, agricoles, associées aux études antérieures et aux travaux de terrain, pour atteindre les objectifs fixés. Les entretiens semi-directifs, les focus groupes, la recherche documentaire et internet ont permis de collecter les données pour cette recherche. Plusieurs outils comme la carte topographique, l'appareil photographique numérique, le questionnaire d'enquête, le GPS et le guide d'entretien sont utilisés. 171 agriculteurs sont enquêtés et 9 structures sont visitées. Le modèle Risque, Impact, Vulnérabilité, Adaptation (RIVA) a été utilisé pour l'analyse des données.

Il ressort de l'analyse des résultats que, la tendance générale des hauteurs pluviométriques moyenne sur la période 1988-2017 est à la baisse avec - 9,35 % à la station de Kara et - 13,04 % à la station de Niamtougou. Cette période est caractérisée par une alternance d'années humides et sèches. Les températures moyennes connaissent dans l'ensemble une augmentation de 0,3 ° C par an à Kara et de 0,1 ° C à Niamtougou. Les séquences sèches intra saisonnières de 1 à 3 jours dépassent les 70 %. L'existence des séquences sèches de 4 à 7 et de 7 à 14 jours est confirmée. Les différentes variations des paramètres climatiques exposent l'agriculture vivrière à cinq (5) risques agroclimatiques. Le risque de stress hydrique constitue pour 57 % des agriculteurs enquêtés le risque le plus fréquent, suivi du risque de mauvaise récolte pour 23 %, du risque de destruction des champs par le vent, de resemis (8 % chacun) et enfin du risque de stress thermique pour 4 % des enquêtés. Le maïs et le riz sont plus vulnérables aux risques agroclimatiques. Selon la perception des agriculteurs, le risque de stress hydrique constitue le risque critique de la préfecture de la Kozah.

Mots clés : Préfecture de la Kozah ; risque agroclimatique ; variabilité climatique ; exposition

Abstract

The years before 1970 were lenient compared to those that followed that to the present day. This research is a contribution to the study on the agro-climatic risks resulting from the amplification of climatic variability in the Kozah prefecture in northern Togo.

The methodological approach adopted consists in combining the use of climatic, hydrological, agricultural data, associated with previous studies and field work, to achieve the objectives. Semi-structured interviews, focus groups, documentary and internet research allowed to collect the data for this research. Several tools like topographic map, digital camera, survey questionnaire, GPS and maintenance guide are used. 171 farmers are surveyed and 9 structures are visited. The Risk, Impact, Vulnerability, Adaptation (RIVA) model was used for data analysis.

It appears from the analysis of the results that, the general trend in mean rainfall heights over the period 1988-2017 is down with -9.35% at the Kara station and - 13.04% at the Niamtougou station. This period is characterized by alternating wet and dry years. Average temperatures are generally increasing by 0.3 ° C per year in Kara and 0.1 ° C in Niamtougou. The intra-seasonal dry sequences of 1 to 3 days exceed 70%. The existence of dry sequences of 4 to 7 and 7 to 14 days is confirmed. The different variations in climatic parameters expose subsistence agriculture to five (5) agroclimatic risks. The risk of water stress is 57% of farmers surveyed the most frequent risk, followed by the risk of crop failure for 23%, the risk of destruction of fields by the wind, resemis (8% each) and finally the risk of heat stress for 4% of respondents. Maize and rice are more vulnerable to agroclimatic risks. According to farmers' perception, the risk of water stress is the critical risk of the Kozah prefecture.

Key words : Prefecture of Kozah ; agroclimatic risk ; climatic variability ; exposure

Introduction

Les tropiques sont un moteur très actif de la dynamique de l'eau à la surface de la planète puisqu'une importante quantité d'eau y est précipitée et évaporée dans cette zone (Cassé, 2015). A la variation naturelle du cycle de l'eau s'ajoute depuis plusieurs siècles une forte anthropisation et des rejets atmosphériques qui engendrent un réchauffement global (Cassé *et al.*, 2015).

A l'échelle planétaire, la moyenne des températures en surface a augmenté d'environ 0,6 °C au cours du XXe siècle (Warren, 2004). Selon le 4ème rapport du GIEC (2007), la température moyenne globale va augmenter et pourrait atteindre 4,5 °C d'ici 2100, ce qui modifierait le régime des précipitations et accroîtrait la variabilité climatique. Le réchauffement des températures de la surface du globe, issue des observations induit, entre autres, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes rares par le passé (Vissin, 2007).

Au cours de ces dernières décennies, la variabilité climatique semble s'être accélérée. De ce fait, la variation des régimes pluviométriques saisonniers entraîne une modification des régimes hydrologiques saisonniers (Vissin, 2007). Ces modifications représentent d'énormes risques pour les producteurs agricoles ayant conduit Doukpolo (2014) à affirmer que la production agricole sera fortement compromise par la variabilité accrue des précipitations conjuguée à la hausse des températures et à l'occurrence des phénomènes extrêmes dévastateurs car l'agriculture africaine dépend à plus de 95 % des précipitations.

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que le public s'interroge sur la réalité de ces changements (Chapron, 2010) car, les précipitations sont marquées par une diminution du nombre de jours de pluie et des hauteurs d'eau qui pour Houndakinnou (2005), entraînent une concentration des masses d'eaux parfois génératrices des événements pluvieux extrêmes. Les pays en

développement sont particulièrement menacés du fait qu'ils ont une capacité financière et institutionnelle réduites.

Au Togo, il y a un risque potentiel de retard du début des activités agricoles depuis 1970 dès lors que l'installation des SPPU est plus variable qu'au cours de la période précédente (Adewi et *al.*, 2010).

La préfecture de la Kozah, située dans le Nord du pays n'est pas épargnée par l'influence négative des manifestations de la variabilité climatique. Sachant que le climat conditionne significativement la réussite des saisons agricoles en Afrique et particulièrement au Togo. C'est pour contribuer à une meilleure connaissance des risques agroclimatiques de la zone de recherche, puis évaluer les méthodes préventives afin de minimiser l'impact des risques que cette recherche a été menée.

Le présent mémoire est structuré en trois (3) chapitres :

- le premier chapitre est consacré au cadre théorique et à l'approche méthodologique de la recherche ;
- le deuxième chapitre identifie les indicateurs de la variabilité du climat dans la préfecture de la Kozah ;
- le troisième chapitre analyse les risques agro-climatiques et examine les stratégies préventives d'adaptation.

CHAPITRE I

CADRE THEORIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

Le présent chapitre est constitué du cadre théorique et de l'approche méthodologique adoptée pour la recherche.

1.1. Cadre théorique

Le cadre théorique comprend l'état des connaissances, la clarification des concepts, et la problématique.

1.1.1. Etat des connaissances

La revue de littérature est dédiée à la synthèse des travaux scientifiques déjà réalisés ayant un lien avec la variabilité climatique et les risques agroclimatiques, ainsi que les travaux abordant les stratégies préventives d'adaptation des producteurs agricoles face à la variabilité climatique.

En Afrique tropicale, les populations rurales sont particulièrement concernées par les changements climatiques, car les performances de leurs systèmes de production dépendent étroitement du climat (Boko, 1988). Ceci a été soutenu par le Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières du Togo (2001), qui indique que la manifestation des changements climatiques au Togo se fait sentir par les décalages intra et inter saisonnier avec une réduction de la durée des périodes humides, entraînant une baisse de la productivité. Dans le même domaine, Houndakinnou (2005) souligne par la suite que la diminution du nombre de jours humides entraîne une concentration des masses d'eaux parfois génératrices des événements pluvieux extrêmes. Ces extrêmes pluviométriques exercent une pression sur la production agricole.

De même, les travaux réalisés en Afrique subsaharienne par Janicot (1990), Servat *et al.* (1999), Paturel (1998), Louvet *et al.* (2011) ont montré une évolution du climat caractérisée par une tendance déficitaire à la fin des années 1960 et au début des années 1970.

C'est dans ce contexte que plusieurs travaux ont attiré l'attention de la communauté scientifique sur les enjeux de la variabilité et des changements climatiques en Afrique tropicale (Ogouwalé, 2006 ; Houndénou et *al.*, 1999). Il est alors certain que les populations courent un risque si ces changements se poursuivent dans le temps car, selon le cinquième rapport du GIEC (2014), les changements touchent les précipitations ou la fonte des neiges et des glaces perturbant les systèmes hydrologiques et influent la qualité et la quantité des ressources hydriques dans beaucoup de régions.

Pour mieux comprendre les implications des changements climatiques, Codjo et *al.* (2014) ont analysé les paramètres climatiques qui ont révélé une tendance à la hausse significative des températures.

Dekoula et *al.* (2018) ont analysé l'impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire et font remarquer qu'avant et après la rupture, les cumuls pluviométriques saisonniers montrent des déficits allant jusqu'à 60 %. C'est pourquoi les résultats de simulation de Doukpolo (2014) montrent que la région ouest-centrafricaine pourrait voir la longueur de la saison agricole diminuer de plus de 20 % d'ici 2050 et s'accroître en 2075 atteignant 33 %. Nassourou et *al.* (2018) dans l'étude des principaux risques agroclimatiques de l'agriculture pluviale dans l'Ouest du Niger ont utilisé la matrice hiérarchisée des risques par interview structurée qui a permis de déterminer trois (3) risques agroclimatiques les plus fréquents et les plus perniciose pour l'agriculture pluviale que sont la fin précoce des pluies, le vent qui ensevelit les jeunes pousses de cultures en début de saison des pluies et les séquences sèches.

Les résultats de plusieurs travaux au Bénin attestent d'éventuels impacts de la péjoration climatique sur la production agricole dans les pays du golfe de Guinée (Afouda, 1990 ; Houndénou, 1999 ; Zakari 2012 ; Yabi et *al.*, 2006). L'évolution observée du climat en Afrique de l'Ouest est identique à celle

observée au Togo. L'étude menée par Faya (2014) au Nord du Togo a prouvé le raccourcissement de la saison culturale qui porte inévitablement préjudice à la production agricole. Adewi et *al.* (2010) font remarquer que l'évolution pluviométrique bouleverse les calendriers agricoles dans la région de la Kara, en zone soudanienne où le semis du sorgho se faisait en début d'avril et celui du riz en mai. Par contre aujourd'hui, l'installation tardive des pluies utiles oblige le paysan à faire les deux (2) semis à la même période (mai-juin). De même, Badaméli (2017) relève la sensibilité des cultures saisonnières à la variation climatique.

Pour l'essentiel, les différents ouvrages ont permis de mieux cerner les contours du sujet choisi et les concepts clés. En définitive, aucune étude spécifique n'a directement portée sur la variabilité climatique et les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah d'où l'intérêt de ce sujet.

1.1.2. Clarification des concepts

Pour permettre une bonne compréhension de ce travail, quelques concepts ont été clarifiés.

Exposition : c'est la présence de personnes, de moyens de subsistance, de ressources et de services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu susceptible de subir des dommages (GIEC 2012). C'est aussi la Présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte, susceptibles de subir des dommages (GIEC, 2014).

Cette définition sera retenue pour ce travail tout en considérant les cultures vivrières comme susceptibles de subir des dommages.

Sensibilité : Elle est le degré d'affectation positive ou négative d'un système par une exposition donnée au changement climatique (GIEC 2007b). Dans ce travail il s'agit du degré d'affectation négatif que peut subir la production vivrière à la suite d'une exposition donnée aux aléas qui résultent de l'accroissement de la variabilité climatique.

Variabilité climatique : Elle est la caractéristique inhérente du climat qui se manifeste par des changements et déviations dans le temps (IPCC, 2007). Un des éléments intégrateurs du changement global, l'expression « variabilité climatique » a été définie par plusieurs auteurs dont Boko (1988) cité par Brou (2005) et Doukpolo (2014). Dans le cadre de ce travail, elle constitue les différentes physionomies que présentent l'ensemble des paramètres climatiques dans le temps et dans l'espace ayant des impacts néfastes sur l'agriculture. Pour ce travail, seules les températures et les hauteurs de pluie sont analysées.

Risque agroclimatiques : le risque tient compte non seulement du niveau potentiel de dommage résultant d'un événement ou d'une condition mais aussi la probabilité qu'un tel dommage survienne. Les événements de risques incluent les dangers météorologiques tels que l'averse quotidienne extrême et le gel. Les conditions de risque sont liées au climat et incluent des dangers comme des sécheresses et des ondes de chaleur. Le dommage peut être mentionné de plusieurs manières, telles que la perte de production en tonnes ou le nombre de morts du bétail. Lorsque le dommage peut être dû à plusieurs causes différentes, l'utilisation de ces éléments pour décrire le dommage permet la combinaison de différentes catégories de risque (Hay, 2007 citée par Dostevi, 2017).

$$Risque = \frac{Aléa * Vulnérabilité}{Capacité d'adaptation}$$

Dans le cadre de cette recherche, le risque agroclimatique est la résultante de la probabilité d'occurrence d'un événement climatique (excès de pluie, arrêt précoce des pluies, déficit pluviométrique, faux départ des SPPU, interruption de

saison des pluies intra saisonnière, retard du début de saison agricole, augmentation de la température, précocité des saisons pluvieuses et vents violents) susceptible de causer des dommages aux enjeux (cultures vivrières de la préfecture de la Kozah).

Risque de catastrophe : Potentiel de la catastrophe, en termes de vies humaines, des états de santé, des moyens de subsistance, des biens et services, qui pourraient se produire au sein d'une communauté ou une société, dans le futur (UNISDR, 2009). C'est la probabilité que surviennent, au cours d'une période donnée, de graves perturbations dans le fonctionnement normal d'une population ou d'une société dues à l'interaction de phénomènes physiques dangereux avec des conditions de vulnérabilité faible, qui provoque sur le plan humain, matériel, économique ou environnemental de vastes effets indésirables nécessitant la prise immédiate de mesures pour répondre aux besoins humains essentiels et exigeant parfois une assistance extérieure pour le relèvement. Dans le présent travail, il s'agit des potentielles graves perturbations que peut subir la production agricole dans la préfecture de la Kozah pouvant conduire à la famine.

Vulnérabilité : c'est le niveau auquel un système naturel ou humain peut être affecté puis dégradé ou endommagé par les effets négatifs des changements climatiques et des événements climatiques extrêmes (GIEC, 2007). Elle est la magnitude ou le degré des dommages que subirait un système ou un élément dudit système du fait d'un changement climatique (Ogouwalé, 2001). Au cours de cette recherche, la vulnérabilité est considérée comme le degré auquel une exploitation agricole risque d'être affectée par les effets néfastes d'une variabilité climatique.

Résilience : Capacité que présentent un système et ses éléments constitutifs d'anticiper, d'absorber, ou de supporter les effets d'un phénomène dangereux, ou de s'en relever, avec rapidité et efficacité, y compris par la protection, la remise en état et l'amélioration de ses structures et fonctions de base (GIEC,

2012). La capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base (UNISDR, 2009).

Dans le cas de cette recherche, le système représente la production vivrière de la préfecture de la Kozah. La résilience est alors la capacité des producteurs vivriers à anticiper et ou supporter les effets de la variabilité climatique sur la production vivrière.

1.1.3. Problématique

La problématique se compose de la justification du sujet, des hypothèses de travail et des objectifs de recherche.

1.1.3.1. Justification du sujet

La production agricole des bassins versants sont de plus en plus soumis à de rudes défis. Depuis des millénaires, le climat de la terre varie selon les époques et les lieux. Les changements observés s'étalent généralement sur de longues périodes qui atténuent la perception que l'Homme peut en avoir à un moment donné (Chapron, 2010).

Le climat, ces dernières années est devenu l'une des préoccupations de nombreux chercheurs à travers le monde, parce qu'il est constaté une nette modification des températures et par conséquent des mécanismes hydro-climatiques. Selon les experts de la GIEC (2007), la température moyenne du globe a augmenté d'environ 0,4 à 0,8 °C depuis le XIX^{ème} siècle et pourrait augmenter de 1,5 à 4,5 °C d'ici l'an 2100. A cette tendance au réchauffement de la planète s'ajoutent la pression humaine et la variabilité climatique naturelle impactant inévitablement sur la dynamique du cycle de l'eau nécessaire à la production agricole. La baisse des hauteurs de pluies, associée au

réchauffement thermique ont induit une dégradation du milieu écologique et se sont soldés par des impacts négatifs sur la production agricole (Boko, 1988 ; Afouda, 1990 ; et Houndénou, 1999 cités par Codjo, 2014).

La science peut tenter d'apporter des réponses autorisées aux nombreuses interrogations de l'humanité, même si elles ne sont que partielles ou temporaires, dès lors qu'elles sont guidées par le souci d'objectivité qui doit présider à toutes démarches scientifiques (Chapron, 2010). L'augmentation de la température aux vues de ce qui précède agit sur la stabilité climatique dans sa globalité et par conséquent sur la production agricole. L'étude d'éventuels « changements climatiques » avec les manifestations extrêmes que cela pourrait entraîner et de leurs impacts sur le cycle hydrologique constitue un enjeu important pour la communauté scientifique (Vissin, 2007).

Dans un rapport spécial à l'endroit des décideurs, les experts du GIEC (2012) ont estimé avec un *degré de confiance moyen* que la sécheresse s'intensifiera pendant le XXI^e siècle au cours de certaines saisons et dans plusieurs régions, en raison de la baisse de la pluviosité et/ou de la hausse de l'évapotranspiration. En Afrique tropicale et dans le golfe de Guinée en particulier, les événements hydro-climatiques extrêmes tels que les précipitations violentes, les inondations et les sécheresses ne sont pas sans conséquences sur la production agricole et son environnement socioéconomique conduisant à des risques agroclimatiques. La question de l'évolution future de la fréquence ou de l'intensité de ces événements, sous l'effet notamment de l'accroissement des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, est donc majeure (Mladjic et *al.*, 2011 ; Crédat et *al.*, 2013 cités par Amoussou, 2014).

Au Bénin, les précipitations sont caractérisées par une diminution du nombre de jours de pluie et des hauteurs d'eau (Ogouwalé, 2004) de même qu'au Togo par analogie à la situation qui prévaut dans la sous-région. Cette diminution selon Houndakinnou (2005) entraîne une concentration des masses d'eau et de ce fait,

les pluies surviennent moins mais avec plus d'intensité sur une courte période. Compte tenu de la forme effilée du territoire, le Togo connaît dans l'ensemble deux (2) grands types de climats tropicaux (type guinéen au Sud et type soudanien au Nord) qui subissent une variation dans le temps. L'analyse des données fournies par la Direction Générale de la Météorologie Nationale sur une période d'au moins 30 ans montrent non seulement une variation périodique liée aux aléas climatiques naturels, mais aussi une tendance à la hausse de la température et une baisse progressive de la pluviométrie dans certaines régions du pays (PANA, 2009).

Le Nord du Togo enregistre en moyenne, le début des Saisons des Pluies Potentiellement Utiles (SPPU) entre le 15 avril et 27 Mai. En passant de la période 1950-1969 à 1970-2000, on observe un retard des différentes dates moyennes de début des SPPU. De plus, par rapport à la période 1950-1969, 1970-2000 se distingue par une fin de saison plus précoce (24 septembre au 06 octobre) dans la région des Savanes. De même depuis 1970 la bande située entre Kanté et Atakpamé qui loge la préfecture de la Kozah connaît l'arrêt prématuré des saisons pluvieuses du 07 au 21 octobre (Adewi et *al.*, 2010).

Face à ces constats, il se dégage trois (3) questions fondamentales :

- quels sont les indicateurs de la variabilité climatique dans la préfecture de la Kozah ?
- quels sont les risques agroclimatiques auxquels est exposée la production vivrière de la zone recherche ?
- quelles sont les mesures préventives d'adaptation adoptées pour se protéger contre ces risques ?

C'est pour répondre à ces interrogations que le présent sujet de recherche intitulé « *Variabilité climatique et risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah au nord du Togo* » a été choisi. Il se fonde sur plusieurs hypothèses.

1.1.3.2. Hypothèses de travail

Les hypothèses de la présente recherche se formulent comme suit :

- la fluctuation des hauteurs de pluie et des températures de la préfecture de la Kozah sont des indicateurs de la variabilité du climat ;
- la production vivrière est touchée par les risques agro-climatiques dans la préfecture de la Kozah ;
- l'adoption des cultures à cycle court, la diversification des cultures, le système de prévention des risques agroclimatiques sont mis en œuvre, mais restent peu efficace pour la zone de recherche.

Pour vérifier ces hypothèses, des objectifs ont été fixés.

1.1.3.3. Objectifs de recherche

L'objectif global de ce travail est d'étudier la variabilité climatique et les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah.

De façon spécifique, il s'agit de :

- identifier les indicateurs de la variabilité du climat dans la préfecture de la Kozah ;
- analyser les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah ;
- examiner les stratégies préventives d'adaptation développées par les agriculteurs et celles d'autres acteurs pour minimiser les impacts de la variabilité climatique sur l'agriculture.

1.2. Approche méthodologique

L'approche méthodologique utilisée dans le cadre de cette recherche a consisté en la collecte et le traitement des données puis l'analyse des résultats obtenus.

1.2.1. Données utilisées

Cette recherche est possible grâce à l'utilisation des données de diverses sources que sont :

- les données climatologiques (hauteur de pluies journalières, mensuelles et annuelles, températures moyennes mensuelles et évapotranspiration potentielle, humidité relative, l'insolation) tirées de la base de données de la Direction Générale de la Météorologie Nationale du Togo sur la période de 1988-2017 soit 30 ans, respectivement aux normes d'une étude de variabilité climatique en climatologie ;
- les données démographiques, et culturelles de la préfecture de la Kozah, ont été reçues à l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques (INSEED) ;
- les données agricoles ont été accessibles à la Direction de la Statistique agricole de l'Information et de la Documentation (DSID) et à la Direction Régionale de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche de Kara (DRAPAH) et à l'ICAT ;
- les données socio-anthropologiques issues des enquêtes de terrain ont permis d'appréhender la perception des populations sur les manifestations de la variabilité climatique et les risques agroclimatiques qui y sont associés de même que les modes d'adaptation qu'elles mettent en place.

Ces diverses données ont été collectées grâce à l'utilisation des méthodes appropriées.

1.2.2. Collecte des données

La recherche documentaire et les travaux de terrain constituent les grandes étapes de la collecte des données.

1.2.2.1. Recherche documentaire

Plusieurs travaux scientifiques et ouvrages ont été consultés dans des centres de recherche et laboratoires en lien avec l'objet de cette recherche ainsi que sur les sites internet.

Il est question ici de la bibliothèque de l'Université de Lomé, du centre de documentation de la FLESH de l'Université de Kara, de la bibliothèque URD de l'Université du Bénin à Lomé, du centre de documentation de la FLASH (UAC), de l'Agence Nationale de la Protection Civile du Togo (ANPC), etc...

La recherche documentaire a permis de parcourir les travaux antérieurs se rapportant au sujet afin de mieux cerner la problématique. Pour compléter la recherche documentaire, des travaux de terrain ont été réalisés.

1.2.2.2. Enquêtes de terrain

Les enquêtes de terrain ont permis de recueillir des données historiques relatives à la variabilité climatique de la Kozah d'une part, mais d'autre part de comprendre la sensibilité et le niveau d'exposition des producteurs agricoles vivriers. La pré-enquête et l'enquête approfondi ont été les deux (2) phases de cette étape de travail. Les enquêtes se sont plus intéressées aux populations des cantons à forte dominance agricole de la préfecture. Elles ont été réalisées grâce à la définition préalable d'un échantillon.

➤ Echantillonnage

Le protocole Schwartz a permis de réaliser l'échantillonnage de façon à prendre en compte l'ensemble des localités (Cantons) qui pratiquent réellement les activités champêtres. Ces localités constituent des pôles d'approvisionnement en vivriers pour la ville de Kara. Il s'agit de Atchangbadè, Awendjélo, Djamdè, Kouméa, Kpinzindè, Landa, Lassa, Sarakawa, Tcharè, Tchitchao (cantons).

Des critères ont été retenus dans le choix des individus enquêtés afin de crédibiliser les informations recueillies. Ces critères cumulatifs sont les suivants :

- avoir au moins 30 ans et avoir au moins 10 ans d'expérience dans le domaine de la production vivrière pour la fiabilité des réponses données ;
- être disponible à fournir des réponses aux questions posées ;
- avoir emblavé au moins un espace agricole équivalant au demi hectare, ce qui prouverait l'expérience de l'enquêté dans le domaine de l'agriculture ;
- être une ONG et structures basées dans la Kozah ou à Lomé, et intervenant dans l'agriculture pour obtenir des données complètes et actualisées.

La taille de l'échantillon est déterminée par la formule de Schwartz (1995).

$X = Z\alpha^2 \times p \times q / i^2$; avec :

- X = la taille de l'échantillon ;
- $Z\alpha = 1,96$ Ecart réduit correspondant à un degré de confiance de 95 % ;
- p = rapport du nombre de ménage du village sur le nombre de ménage totale de la zone de recherche ;
- $q = 1 - P$;
- i = marge d'erreur qui est égale à 05 % (0,05) ;
- risque α de 5 % ; $Z\alpha =$ écart fixé à 1,96 correspondant à un degré de confiance de 95 % ;

Le tableau I présenté l'échantillonnage qui a été défini sur la base des données de la Direction des Statistiques Agricoles de l'Information et de la Documentation, appliqué à la formule mathématique de Schwartz (1995) d'avec un pourcentage de 25 %.

Tableau I : Calcul de l'échantillon par canton

| Localités | Ménages agricoles par Canton | Ménages agricoles de la zone d'étude | P | Q | I ² | Z α ² | N | $\frac{N \times 20}{100}$ |
|---------------|------------------------------|--------------------------------------|--------|---------|----------------|-------------------------|--------------|---------------------------|
| Atchangbadè | 1733 | 20388 | 0,085 | 0,9149 | 0.0025 | 3.8416 | 119,5 | 24 |
| Awendjélo | 1566 | 20388 | 0,076 | 0,9231 | 0.0025 | 3.8416 | 108,9 | 22 |
| Djamdè | 800 | 20388 | 0,039 | 0,9607 | 0.0025 | 3.8416 | 57,92 | 12 |
| Kouméa | 1416 | 20388 | 0,069 | 0,9305 | 0.0025 | 3.8416 | 99,31 | 20 |
| Landa | 1224 | 20388 | 0,060 | 0,9399 | 0.0025 | 3.8416 | 86,71 | 17 |
| Kpinzindè | 1619 | 20388 | 0,057 | 0,9426 | 0.0025 | 3.8416 | 83,05 | 17 |
| Lassa | 1676 | 20388 | 0,082 | 0,9177 | 0.0025 | 3.8416 | 115,9 | 23 |
| Sakawa | 910 | 20388 | 0,044 | 0,9553 | 0.0025 | 3.8416 | 65,52 | 13 |
| Tcharè | 674 | 20388 | 0,033 | 0,9669 | 0.0025 | 3.8416 | 49,11 | 10 |
| Tchitchao | 902 | 20388 | 0,0442 | 0,95575 | 0.0025 | 3.8416 | 64,975 | 13 |
| Totale | 12270 | 20388 | | | | | 863,4 | 171 |

Source des données : DSID et travaux de terrain 2018

Tableau II : Nombre de personnes interrogées par canton

| Localités visités | Agriculteurs interrogés | Nombre de champs visités | Structures agricoles visitées | ONG visitées |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|
| Atchangbadè | 24 | 4 | | |
| Awendjélo | 22 | 2 | | |
| Djamdè | 12 | 2 | | |
| Kouméa | 20 | 2 | | |
| Kpinzindè | 17 | 7 | | |
| Landa | 17 | 1 | 5 | 2 |
| Lassa | 23 | 2 | | |
| Sakawa | 13 | 1 | | |
| Tcharè | 10 | 1 | | |
| Tchichao | 13 | 3 | | |
| Total | 171 | 25 | 5 | 2 |

Source des données : Enquête de terrain, 2018

L'effectif totale des ménages de la zone d'étude étant de 12 270, le nombre d'agriculteurs interrogés s'élevé à 171 soit 1,39 % de l'effectif total. L'échantillon étant connu, des méthodes appropriées ont été utilisées pour recueillir les données dans le cadre de ce travail.

➤ Choix des cultures

Les cultures sont choisies en fonction de leur prépondérance dans le milieu d'étude. Elles sont au nombre de sept (7) à savoir le maïs, le mil, l'igname, l'arachide, le sorgho, le haricot et le riz. Le tableau III présente les différentes cultures ainsi que leurs caractéristiques physiologiques.

Tableau III : Caractéristiques physiologiques optimale des cultures choisies

| | Arachide | Haricot | Igname | Maïs | Mil | Riz | Sorgho |
|------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| DSCn (jr) | 90 | 45 | 165 | 90 | 60 | 120 | 60 |
| DSCx (jr) | 150 | 60 | 270 | 120 | 150 | 150 | 120 |
| ETM(mm) | 500-1000 | 400 - 800 | 1000-1500 | 500-1000 | 450-900 | 450-700 | 400-800 |
| FP | L | L | T | NL | NL | NL | NL |
| Ky | 0,7 | | 1,1 | 1,25 | 1,1 | 1,5 | 1,05 |
| PR | C ₃ | | C ₃ | C ₄ | C ₄ | C ₃ | C ₄ |
| PT (°C) | 22-28 | 15-20 | 20-30 | 24-30 | 28 | 22-30 | 32 |
| ZG (°C) | 15 | | 23 | 15 | 12 | 13 | 12 |

Source : Doukpolo (2014) et enquêtes de terrain (2018)

- **DSCn (jr)** : Durée minimale en jour de la saison de croissance (cycle variétal court)
- **DSCx (jr)** : Durée maximale en jour de la saison de croissance (cycle variétal long)
- **ETM** : Besoin maximal en mm d'eau pendant toute la durée de la saison de croissance
- **FP** : Famille des plantes (T = Tubercule ; L = Légumineuse, NL = Non légumineuse)
- **Ky** : Indice de réponse au déficit hydrique
- **PT** : Préferendum thermique
- **ZG** : Zéro de germination (température du sol pour les racines et tubercules)
- **PR** : Photo respiration. Il existe des différences significatives de sensibilité à la température et la réponse au CO₂ chez les plantes en C₃, C₄, et CAM (Larcher, 1995) cité par Doukpolo (2014).

1. 2.2.3. Outils et techniques de collecte des données

Des outils et techniques appropriées sont utilisés pour collecter les données nécessaires à la réalisation du travail.

➤ Outils de collecte des données

Les enquêtes de terrain ont nécessité l'utilisation de plusieurs outils .il s'agit :

- d'une carte topographique et d'une carte pédologique pour appréhender la topographie et les types de sols retrouvés dans la zone ;
- d'un appareil photographique numérique pour la prise des vues instantanées ;
- des questionnaires qui sont élaborés par objectif spécifique ont été adressés aux chefs des ménages agricoles (producteurs agricoles) ;
- d'un GPS (Global Positioning System) pour géo référencer les différents lieux de collecte des données ;
- d'un guide d'entretien qui a porté sur les divers risques agricoles liés aux caprices du climat. Il a été adressé aux Elus locaux, ONG et groupements agricoles.

➤ Techniques de collecte des données

La Méthode Active de Recherche Participative (MARP), les entretiens et les observations directes sont utilisées pour la collecte des données dans le cadre de cette recherche.

La Méthode Active de Recherche Participative (MARP) a permis de toucher les chefs de ménages détenteurs de diverses informations sur la zone d'étude.

Les entretiens sont de deux (2) ordres notamment les entretiens semi-directifs et les entretiens de groupes. Les entretiens semi-directifs ont été réalisés avec des enseignants-chercheurs, les agents et experts en agriculture, en climatologie et en agro-climatologie. Le personnel administratif préfectoral, les agents de

l'ANPC-Togo, du DRAPAH, PADES et du REED + Kara sont également questionnés.

Les entretiens de groupe (focus-group ; entretien direct) ont été réalisés avec les agents des ONG et certains producteurs.

Quant aux observations directes, elles ont consisté en la visite des espaces emblavés dans les cantons concernés par la recherche. Ces observations sont faites à l'aide d'une grille d'observation bien détaillée. Tous les résultats des enquêtes ont subi des traitements spécifiques.

1.2.2.4. Traitement des données et analyse des résultats

Les traitements statistiques à base du tableur Excel ont permis de calculer la moyenne arithmétique et les modalités pour caractériser les états pluviométriques et thermométriques moyens mensuels et annuels du secteur d'étude. Les moyennes ont été calculées pour les statistiques agricoles (production). Elle s'exprime par la formule statistique simple suivante :

$$M = \frac{\sum X_i}{N}$$

Avec M= la moyenne arithmétique ;

N = l'effectif total des modalités ;

X_i = modalités du caractère étudié.

Les questionnaires d'enquêtes sont dépouillés manuellement puis sont traités et analysés à base des logiciels SphinxPlus² (V5), SPSS 16.0 et XLSTAT 2017.

Les cartes sont réalisées grâce au logiciel QGIS 2.18.

Pour analyser la variabilité climatique, l'indice standardisé des précipitations qui en anglais est Standardized Precipitation Index (SPI) de McKee et *al.* (1993) est utilisé dans ce travail pour les précipitations et les températures. Cette méthode consiste à standardiser les données à l'aide d'une transformation centrée réduite qui consiste simplement à centrer les données pluviométriques ou

thermométriques X_i par rapport à la moyenne X_m , et réduire par rapport à l'écart-type σ . Son expression mathématique est :

$$SPI = \frac{X_i - X_m}{\sigma}$$

Cette méthode permet de cibler les années humides ou excédentaires et sèches ou déficitaires de la série étudiée (Amoussou, 2010).

Pour qu'une meilleure observation des fluctuations interannuelles soit obtenue la méthode filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 est utilisée pour éliminer les variations saisonnières. Dans ce cas, les totaux pluviométriques annuels sont pondérés en utilisant les équations suivantes :

$$X_{(t)} = 0,06x_{(t-2)} + 0,25x_{(t-1)} + 0,38x_{(t)} + 0,25x_{(t+1)} + 0,06x_{(t+2)}, \text{ pour } 3 \leq t \leq (n-2)$$

Où : $X(t)$ est le total pluviométrique pondéré du terme t , $x(t-2)$ et $x(t-1)$ sont les totaux pluviométriques des deux termes qui précèdent immédiatement le terme t , et $x(t+2)$ et $x(t+1)$ sont les totaux pluviométriques des deux termes qui suivent immédiatement le terme t . Les totaux pluviométriques pondérés des deux premiers termes ($X(1)$, $X(2)$) et des deux derniers termes ($X(n-1)$, $X(n)$) de la série sont calculés au moyen des expressions suivantes (n étant la taille de la série) :

$$X(1) = 0,54x(1) + 0,46x(2)$$

$$X(2) = 0,25x(1) + 0,50x(2) + 0,25x(3)$$

$$X(n-1) = 0,25x(n-2) + 0,50x(n-1) + 0,25x(n)$$

$$X(n) = 0,54x(n) + 0,46x(n-1)$$

Après pondération des totaux pluviométriques, l'indice standardisés des précipitations est calculé.

Une classification des indices calculés est faite dans le tableau IV.

Tableau IV : Valeur de l'indice SPI

| Classe du SPI | Degré de sécheresse |
|----------------------|----------------------------|
| 2 et plus | Extrêmement humide |
| de 1,5 à 1,99 | Très humide |
| de 1,0 à 1,49 | Modérément humide |
| - 0,99 à 0,99 | Proche de la normale |
| de -1,0 à -1,49 | Modérément sec |
| de -1,5 à -1,99 | Très sec |
| -2 et moins | Extrêmement sec |

Source : OMM (2012)

Le tableau IV montre que la grille d'appréciation va de l'humidité modérée à l'humidité extrême, et de la sécheresse modérée à la sécheresse extrême.

Afin de détecter d'éventuelles ruptures de stationnarités dans les séries chronologiques traitées, les hauteurs de pluies sont utilisées pour le test de rupture permettant d'identifier les années indicatrices d'une notable évolution climatique.

Les tests de rupture sont basés sur la méthode bayésienne de Lee et Heghinian, de Pettitt de Buishand et de la segmentation de Hubert. Leur application est effectuée à l'aide du logiciel KhronoStat 1.01 développé par l'IRD en 2002. La segmentation de Hubert est priorisée dans la confirmation des ruptures obtenues sur une série chronologique de données (Dotsevi, 2017). Le calcul des variations moyennes des hauteurs pluviométriques a été possible grâce à l'utilisation des points de rupture comme années pivots.

Le même processus est suivi pour analyser les températures car les deux (2) paramètres étudiés dans ce travail sont les températures et les précipitations.

Les points de ruptures ont été utilisés comme année pivot pour calculer les variations moyennes des hauteurs pluviométriques grâce à l'indice de déficit hydrique. Il a servi surtout à caractériser les variations moyennes de part et d'autre de la rupture pour les variables climatiques dont la série présente une

rupture (Ouédraogo, 2001 ; Ardoin-Badin, 2004 ; Totin, 2010 cités par Dotsevi, 2017). L'IDH exprimé en pourcentage se calcule suivant la formule :

$$\text{IdH (\%)} = \left(\frac{\bar{x}_2}{\bar{x}_1} - 1 \right) * 100$$

La rupture d'une variable climatique observée dans une série chronologique peut renseigner une tendance à la baisse ou à la hausse en fonction de l'indice calculé.

Pour se rendre compte de la variation moyenne annuelle de la température avant et après les points de rupture l'indice de variation des températures est calculé en suivant la formule suivante :

$$Iv = \frac{Va}{Vd} * vd$$

Va, représente la valeur d'arrivée (température moyenne après la rupture) et *Vd* est la valeur de départ (température moyenne avant la rupture)

L'autre indice utilisé dans ce travail est celui des dates de début, de fin et de longueur de saison de pluie potentiellement utile.

La méthode d'analyse de démarrage de la saison culturale tient toujours compte du domaine climatique dont il s'agit. Dans cette étude, la préfecture de la Kozah est située dans un domaine climatique uni modale avec une saison sèche et une saison pluvieuse.

Contrairement à Sivakumar et Awesso (1996) qui utilisent un cumul pluviométrique de 25 mm sur trois (3) jours consécutifs pour déterminer le début de la SPPU, il est considéré dans ce travail que la SPPU commence dès qu'on enregistre une hauteur pluviométrique de 20 mm sur deux (2) jours consécutifs non suivis pendant les 20 jours prochains par une séquence sèche de plus de sept (7) jours (Adewi *et al.*, 2010). Au-delà de sept (7) jours, les plantes cultivées commencent à accuser le manque d'eau et, de plus, comme l'ont souligné Tchiadeu *et al.* (1999) cités par Adewi *et al.* (2010), la fréquence relativement

réduite des séquences sèches de plus de sept (7) jours après la chute d'une telle quantité des précipitations pendant la période considérée joue en faveur de l'adoption de ce critère. Pour contrôler l'effectivité du démarrage de la saison, la période de 20 jours est adoptée en guise de validation. Le critère précédemment défini est applicable à partir des mois reconnus comme début des pluies potentiellement utiles au Togo (avril en climat soudanien) (Adewi *et al.*, 2010).

Selon Adewi *et al.* (2010), la fin des SPPU est soumise à la même incertitude que le début de celles-ci. Le choix d'un seuil de détermination de la fin de la SPPU doit tenir compte de l'occurrence des pluies isolées, faibles et/ou tardives qui allongent artificiellement la saison. Il est aussi adopté le seuil de moins d'un (1) millimètre durant deux (2) jours consécutifs, et suivi d'une période d'au moins six (6) jours sans pluies, ou quand leur total est inférieur à 10 mm à partir de la deuxième décennie d'octobre (Nord-Togo).

Pour déterminer les classes de séquences sèches, les travaux de Sané *et al.* (2008), Zakari *et al.* (2012) et Sare *et al.* (2016) ont permis d'avoir une typologie des séquences sèches (Ss) citée par Dotsevi (2017).

S1 = classe de Ss de durée 1 à 3 jours ; S2 = classe de Ss de durée 4 à 7 jours ;

S3 = classe de Ss de durée 8 à 14 jours ; S4 = classe de Ss de durée >14 jours.

Ces différentes séquences retenues ont permis d'apprécier la qualité des saisons de types humides, normales, secs.

Les jours de pluie reçoivent des précipitations > 1 mm, par contre les jours secs reçoivent des précipitations <1 mm (Ozer et Erpicum, 1995).

Le logiciel XLSTAT 2017 a été utilisé pour apprécier la corrélation entre au moins deux (2) variables en termes de significativité de la relation. Le calcul des SPI de production a permis de réaliser des figures illustrant le rapport entre les hauteurs de pluies annuelle et les rendements.

$$SPI = \frac{Xi - Xm}{\sigma}$$

Pour les rendements de chaque culture : X_i , valeur annuelle de rendement à l'hectare et X_m et σ respectivement la moyenne et l'écart types interannuels de la série de rendements considéré.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est faite grâce à ce même logiciel. Elle est une méthode factorielle qui est utilisée dans ce travail pour analyser les résultats d'enquête avec pour but de résumer les réponses des agriculteurs des dix cantons parcourus sur la gravité des risques agroclimatiques dans chaque milieu. Il s'agit d'un test de dépendance entre les lignes (risques) et colonnes (cantons). Les écarts standardisés de pluies et des productions ont permis d'apprécier la relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et la production vivrière ainsi que les rendements sur la période de 1990-2017.

Les investigations en milieu réel sont utilisées. La méthode d'évaluation du risque de catastrophe agroclimatique est utilisé et permet l'élaboration du diagramme de Farmer (1967) et la matrice de sensibilité. Pour une hiérarchisation et une classification des risques agroclimatiques suivant leur gravité, la matrice de criticité est réalisée.

Quant au niveau de vulnérabilité des cultures aux risques agroclimatiques, il est déterminé par la matrice de sensibilité à travers les indices d'exposition et d'impact (Dotsevi, 2017).

Les indices d'exposition (IE) des cultures vivrières ont été calculés suivant la formule :

$$IE = \sum \frac{\text{Niveau de sensibilité (risque)}}{20} \times 100$$

Les indices d'impact (II) des risques écologiques ont été calculés suivant la formule :

$$II = \sum \frac{\text{Niveau de sensibilité (Ressources naturelles)}}{28} \times 100$$

Selon Farmer (1967), la détermination de l'ampleur du risque est faite en fonction du degré de vulnérabilité.

Tableau V : Ampleur du risque en fonction du degré de vulnérabilité

| Echelle de grandeur | Ampleur du risque |
|---------------------|-------------------|
| 1 | Faible |
| 2 | Moyen |
| 3 | Elevée |
| 4 | Très élevée |

Source : Travaux de terrain, 2018

Matrice d'impact : La matrice d'impact est composée des aléas agroclimatiques identifiés et des cultures vivrières choisis pour l'étude. Il s'agit ici de déterminer les impacts qu'ont les aléas agroclimatiques sur les sept (7) cultures vivrières pré choisies. Cette matrice présente différentes couleurs en fonction du degré d'impact du risque.

Tableau VI : Matrice d'impact des aléas sur les cultures vivrières (élaboration)

| Cultures Aléas | Maïs | Sorgho | Riz | Mil | Igname | Haricot | Arachide |
|-------------------|------|--------|-----|-----|--------|---------|----------|
| Aléa 1 | | | | | | | |
| Aléa 2 | | | | | | | |
| Aléa 3 | | | | | | | |
| Aléa 4 | | | | | | | |
| Aléa 5 | | | | | | | |
| Aléa 6 | | | | | | | |
| Aléa 7 | | | | | | | |
| Aléa 8 | | | | | | | |
| Aléa 9 | | | | | | | |

Sources : Travaux de terrain, 2018

Matrice de criticité : La matrice de criticité permet de hiérarchiser et de classer les risques en fonction de leur degré de significativité. La courbe de Farmer permet de déterminer le niveau de significativité. Elle différencie les risques acceptables des risques inacceptables. Il est important de montrer que, pour la matrice de criticité l'échelle de probabilité doit est égale à l'échelle de gravité.

Tableau VII : Elaboration de la matrice de criticité

| | | | | | | |
|--------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| Probabilité | Très probable | 1 | | | Risques inacceptables | |
| | Probable | 0,75 | | | | |
| | Assez probable | 0,50 | Risques acceptables | | | |
| | Peu probable | 0,25 | | | | |
| | | | Valeur 1 | Valeur 2 | Valeur 3 | Valeur 4 |
| | | Faible | Assez grave | Grave | Très grave | |
| | | Gravite de l'impact | | | | |

Courbe de Farmer

Source : Travaux de terrain, 2018

Les indicateurs socio-anthropologiques extraits des informations fournies par les populations enquêtées et issus des observations sur le terrain ont servi aussi pour ce travail.

Les données après traitement, ont fourni des résultats qui ont été analysés via le modèle RIVA représenté par la figure 1.

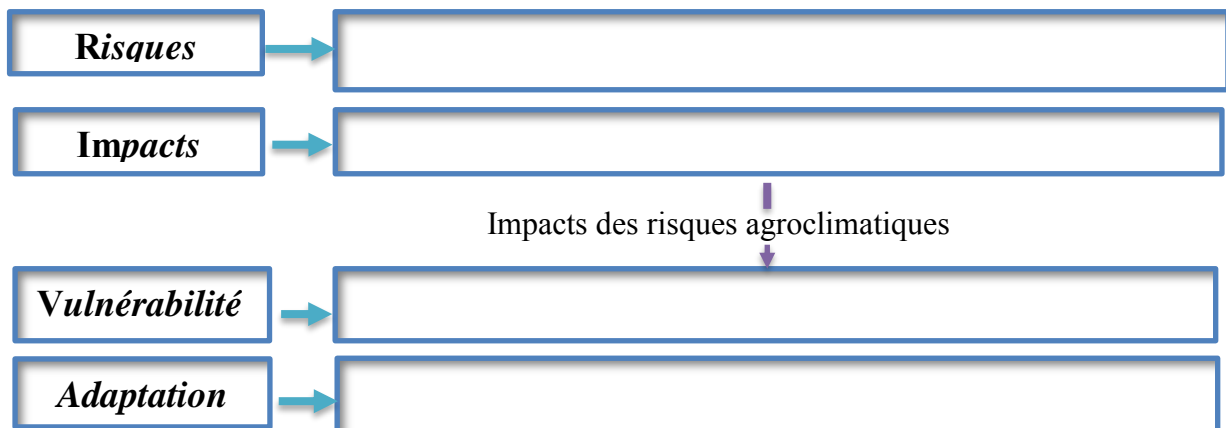


Figure 1 : Modèle d'analyse de la vulnérabilité

Source : Traitement des données, septembre 2018

L'analyse de la figure 1 montre que le modèle Risques/Impacts/Vulnérabilité/Adaptation appliqué à l'évaluation de la vulnérabilité des cultures vivrières dans la préfecture de la Kozah a principalement quatre compartiments. Le premier

compartiment est le Risque ; le deuxième compartiment est l'Impact que les aléas qui causent le risque ont sur la production vivrière ; le troisième compartiment est l'évaluation de la Vulnérabilité des cultures vivrières face à la pression des aléas climatiques ; enfin, le quatrième compartiment est composé de l'ensemble des stratégies préventives développées par les agriculteurs et acteurs intervenant dans le domaine de l'agriculture pour réduire l'exposition au risque.

En somme, l'état des connaissances, la clarification des concepts, ont permis de cerner les contours et limites des recherches antérieures. La problématique à travers la justification du sujet a permis de comprendre le problème central que pose le sujet de recherche. A travers l'approche méthodologique, plusieurs techniques et méthodes ont été utilisées pour analyser la variabilité climatique à savoir : le calcul des indices et cumuls pluviométriques, la détection de ruptures, les dates de début, fin et longueur de la saison culturale, le nombre de jours secs et pluvieux des saisons, la détermination des classes de séquences sèches, les indices thermiques. Les variables centrées réduites des précipitations et rendements sont également calculées. Les différents résultats sont analysés par la corrélation linéaire (r) de Pearson, la Méthode Factorielle de Correspondance de XLSTAT, les matrices de sensibilité, d'impact et de criticité comportant la courbe de Farmer (1967) tous en suivant la déclinaison du modèle RIVA. Cette approche méthodologique permet de débiter en chapitre II dans ce travail par l'analyse des indicateurs de la variabilité du climat dans la préfecture de la Kozah.

CHAPITRE II

CADRE GEOGRAPHIQUE ET INDICATEURS DE LA VARIABILITE DU CLIMAT DANS LA PREFECTURE DE LA KOZAH

Le présent chapitre est consacré à la présentation du secteur de recherche et aux indicateurs de la variabilité du climat dans la préfecture de la Kozah.

2.1. Situation géographique du secteur de recherche

La situation géographique prend en compte la délimitation du secteur de recherche, les données biophysiques et humaines.

2.1.1. Présentation de la Kozah

La préfecture de la Kozah est logée dans le bassin versant de la rivière Kara. Elle est située entre le 9° 22' à 9° 45' de latitude nord et entre 0° 54' à 1° 23' de longitude est. Chef-lieu de la région de la Kara, elle est limitée au Nord par la préfecture de Doufelgou, au Sud par la préfecture d'Assoli, à l'Est par celle de la Binah et à l'Ouest par les préfectures de Bassar et de Dankpen puis se compose de quinze cantons. Ce secteur bien qu'urbanisé en partie, conserve de nombreux cantons agricoles qui alimentent la ville en produits vivriers. La figure 2 représente la situation géographique et administrative de la zone de recherche.

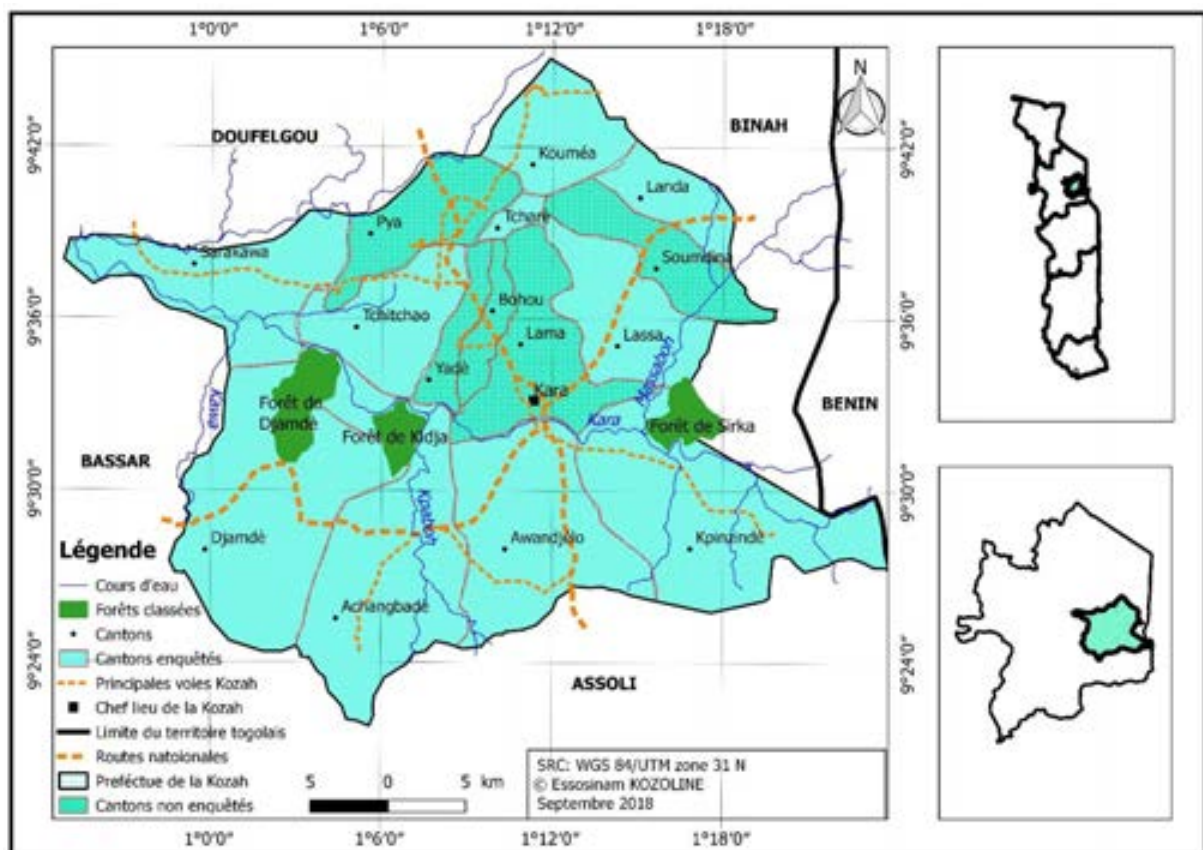


Figure 2 : Présentation de la zone de recherche

La figure 2 illustre la localisation, le découpage administratif, les cantons enquêtés et non enquêtés de la préfecture de la Kozah. La ville a pris corp au centre de la préfecture, laissant pour le moment les cantons périurbains s’investir dans l’agriculture.

2.1.2. Caractéristiques physiques de la Kozah

Il s’agit ici de présenter le climat, le réseau hydrographique, le relief, les sols et la végétation de la zone d’étude.

2.1.2.1. Contexte climatique

Le contexte climatique dans ce travail prend en compte le régime pluviométrique, l’évapotranspiration potentielle, le bilan climatique moyen et la température de la préfecture de la Kozah.

➤ Régime Pluviométrique

La préfecture de la Kozah jouit d'un climat soudano-guinéen soumettant ladite zone à un régime pluviométrique uni modale caractérisé par une grande saison sèche et une grande saison pluvieuse. La succession des saisons rime avec l'alternance de l'harmatan et de la mousson. La saison pluvieuse commence le plus souvent en avril et prend fin en octobre avec une hauteur pluviométrique annuelle moyenne relativement élevée (1309,43 mm par an à la station synoptique de Kara) pour la série considérée. Ces pluies sont inégalement réparties sur l'ensemble de la saison. En effet, les fortes pluies sont enregistrées au cours des mois d'août et de septembre. La bonne répartition de cette quantité moyenne de pluie est une condition essentielle à la réussite de l'agriculture vivrière pluviale.

➤ Evapotranspiration potentielle (ETP)

Elle est très importante d'octobre à mai. Une croissance progressive des valeurs moyennes d'évapotranspiration est remarquable. Elle suit le comportement des deux (2) principales saisons de la zone. D'octobre à avril, une hausse progressive d'évapotranspiration moyenne est perceptible, puis relayée par une baisse de mai à septembre qui correspond à la période de la saison des pluies. Le tableau VIII présente les évapotranspirations moyennes mensuelles de la Kozah de 1988 à 2017.

Tableau VIII : Evapotranspirations moyennes mensuelles de 1988 à 2017

| Mois | J | F | Mr | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ETPM | 170,5 | 173,5 | 200,2 | 184,5 | 176,1 | 154,4 | 145,3 | 143,7 | 148,8 | 162,5 | 167,0 | 166,4 |

Source : DGMN, 2018

Après une analyse du tableau VIII, il est constaté qu'en réalité jusqu'au mois de mai, l'évapotranspiration moyenne mensuelle reste toujours forte et baisse en juin, juillet et août pour recroître progressivement les mois qui suivent.

➤ Bilan climatique moyen

La figure 3, montre le bilan hydrique entre pluie - ETP dans la Kozah de 1988 à 2017. Il prend en compte les précipitations, l'ETP, et 1/2 ETP. La représentation graphique de ce bilan permet de déterminer les différentes périodes (période humide et poste humide).

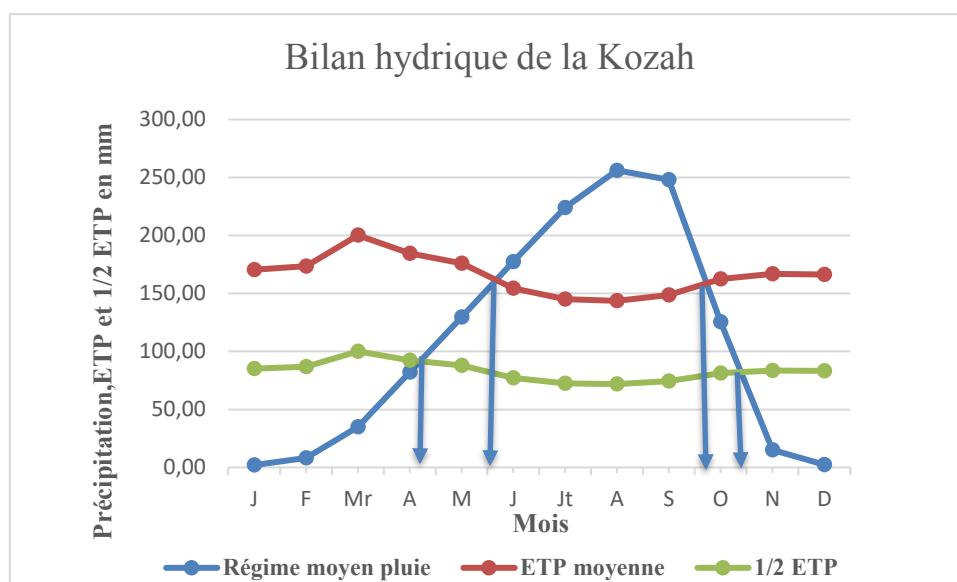


Figure 3 : Bilan hydrique entre pluie - ETP dans la Kozah de 1988 à 2017

Source : DGMN, 2018

L'analyse de la figure 3, permet de percevoir la période pré humide d'avril à mai (quantité de pluie inférieure à l'évapotranspiration), la période humide de juin à septembre (pluie supérieure à l'évapotranspiration potentielle et celle post humide d'octobre à novembre (moment où la pluie redevient inférieure à l'évapotranspiration). Ces variations constituent souvent des facteurs de stress pour l'agriculture vivrière de la zone de recherche. La saison sèche couvre la période qui s'étend de novembre à début avril.

➤ Température

Les températures de la préfecture de la Kozah varient en fonction des mois ou des saisons de l'année. Conformément aux données de la Direction Générale de la Météorologie Nationale, le mois d'août enregistre la température moyenne

mensuelle la plus basse de l'année (26,17 °C) et le mois de mars la plus haute (31,33 °C) donnant une amplitude thermique de 5,16 °C avec un écart type de 0,52 °C sur la période 1988 à 2017. Les températures maximales varient entre 30,43 °C en août et 38,60 °C en mars avec une amplitude thermique de 8,17 °C. Les températures minimales oscillent entre 18,64 °C en décembre et 24,68 °C en avril donnant une amplitude thermique de 6,04 °C. L'analyse de ce qui précède montre que l'amplitude thermique des températures maximales est plus élevée que celle des températures minimales. Cette instabilité de température pourrait constituer un danger pour l'agriculture de la Kozah.

2.1.2.2. Réseau hydrographique

Tous les cours d'eau de la préfecture de la Kozah ont un régime tropical pur, calqué sur les deux (2) grandes saisons : l'une pluvieuse et l'autre sèche. Le réseau hydrographique est hiérarchisé dont l'axe principal, la rivière Kara, prend sa source dans la chaîne d'Atacora à Sèmèrè au Bénin, à 400 m d'altitude, traverse ensuite la préfecture de la Kozah du Sud-Est au Nord-Ouest en passant par la ville de Kara (Mélila, 2014). La rivière Kara est entourée par plusieurs marigots qui viennent grossir les eaux de cette dernière. Elle se jette enfin dans l'Oti sur la frontière entre le Togo et le Ghana après un parcours de 260 km sur le sol togolais (Panawaï, 2001). Selon Panawaï (2001) cité par Mélila (2016) ses affluents sont :

- Tchinelow, Tomdéboua, Kpimbo, Pang, Kpelou (rive droite) ;
- Kokolou, Kpih, Agnaramlow, Kpélouwaï, Kpaboh, Klikpen, Kawa (rive gauche). Ces cours d'eau constituent des potentialités pour la pratique de l'irrigation.

2.1.2.3. Sols et relief

Du point de vue pédologique, la préfecture de la Kozah présente des sols aux caractéristiques et possibilités d'utilisation variées permettant la pratique de

plusieurs cultures. Mais ces sols sont aujourd'hui dégradés et ne répondent plus aux exigences socio-économiques de la préfecture. Cette situation constitue un poids pour le développement optimal des activités agricoles de la préfecture. Les formations géologiques rencontrées sont constituées de roches basiques ultrabasiques du protérozoïque supérieur du massif Kabyè et les micaschistes et quartzites de l'orogénèse panafricaine de l'unité structurale de l'Atakora. Les formes pédologiques rencontrées sont diverses à savoir :

- les sols à minéraux bruts issus des roches basiques ;
- les sols ferrugineux tropicaux concrétionnés lessivés, aussi pauvres en matières organiques et en éléments nutritifs. Ils sont soumis à un engraissement chimique constant ;
- les sols ferrugineux hydromorphes et les vertisols souvent rencontrés dans les dépressions ;
- les sols ferralitiques du plateau de Soumdina par le processus de lessivage et d'érosion, sont devenus indurés (apparition de cuirasse à faible profondeur) ou complètement cuirassés ou latéritiques et ne peuvent être productifs que grâce à l'utilisation d'engrais chimiques ;
- les sols de la chaîne de Lama sont peu évolués, d'érosion lithiques ou des sols à minéraux bruts issus des roches basiques. Ils ne sont pas profonds et ont de fortes proportions de cailloux et de fragments de roches ;
- les sols peu évolués d'érosion lithique présentent des roches basiques dont ils sont issus qui, en se désagrégant, libèrent les éléments nutritifs à ces sols d'où leur fertilité satisfaisante.

La figure 4 présente les types de sols rencontrés dans la préfecture de la Kozah.

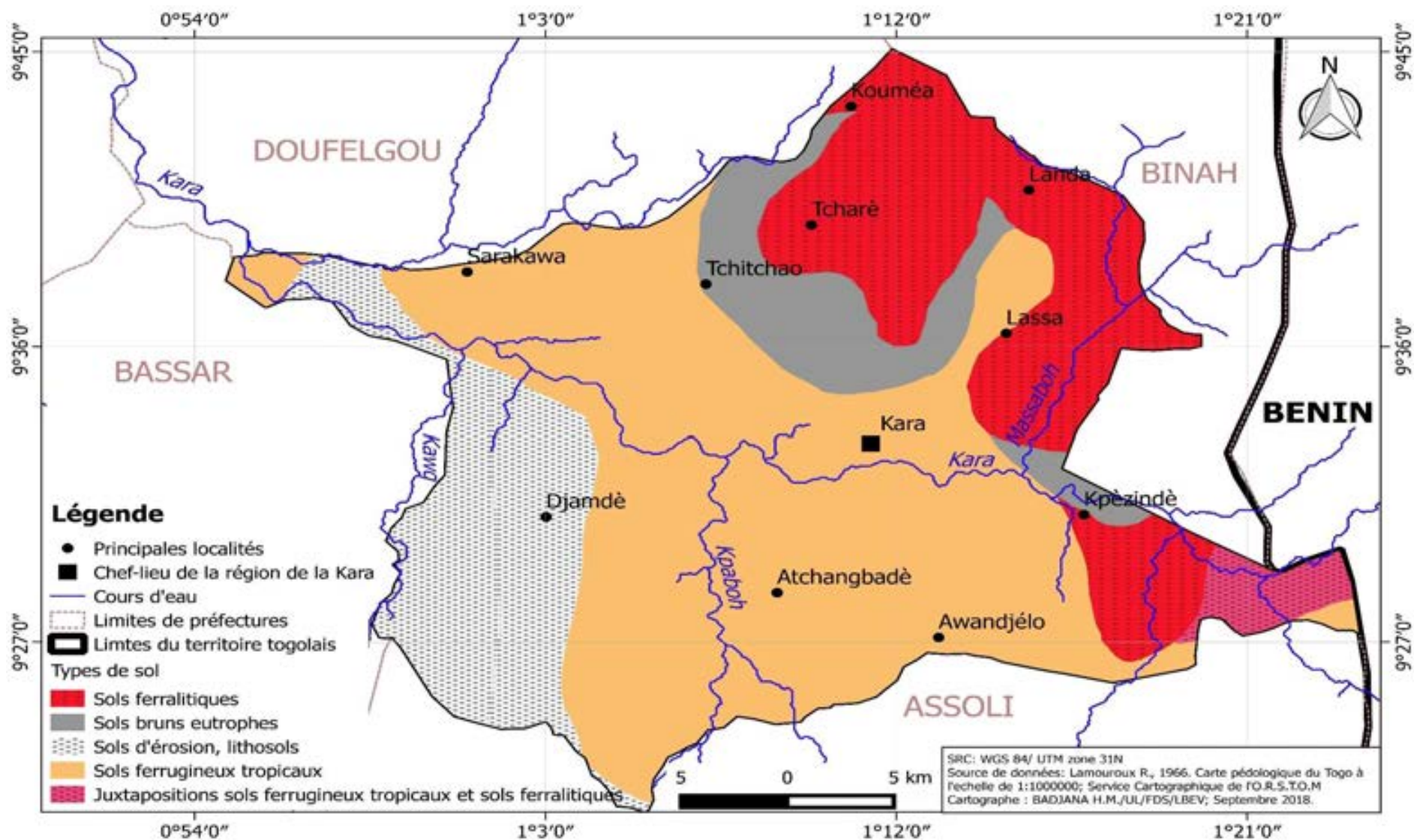


Figure 4 : Structure pédologique de la Préfecture de la Kozah

La figure 4 après analyse laisse comprendre que la Kozah dispose de plusieurs types de sols représentant un atout pour la diversification de la production vivrière. L'existence de différents types de sols dans un milieu offre une large possibilité de produire plusieurs sortes de cultures surtout lorsque le climat est favorable. Les sols de la zone de recherche sont soumis à une forte dégradation ces dernières décennies et menace ainsi l'agriculture vivrière.

2.1.2.4. Richesses végétales

La végétation de la préfecture de la Kozah est celle d'une savane de type soudano-guinéen plus ou moins arborée, marquée par quelques forêts galeries le long de certains cours d'eau. Les essences fréquemment rencontrées sont : le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) qui pousse à l'état naturel, alternant avec les manguiers (*Mangifera indica*), le baobab (*Adansonia digitata*) et le rônier (*Borassus aethiopicum*) ; le karité (*Vitellaria paradoxa*), le néré (*Parkia biglobosa*), le Terminalia, le kapokier (*Bombax costatum*), les Caïlcédra (*Khaya senegalensis*), le Cacia, le Fucus, le *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeisus leiocarpus*. L'existence de la végétation dans la préfecture de la Kozah est un atout pour la régulation du climat de la zone. Mais malheureusement elle est détruite de nos jours au profit d'une forte anthropisation, amplifiant la manifestation de la variabilité climatique.

2.1.3. Aspects humains de la Kozah

Selon le RGPH en 2010, la population de la préfecture de la Kozah est de 225 259 habitants. Avec une densité de 66 habitants au km², elle est la préfecture la plus peuplée de la région de la Kara. Elle est passée de 200 000 en 2000 à 220 200 habitants en 2008 puis à 225 259 en 2010 avec un taux d'accroissement annuel de 2,04 %. Le canton de Lama est le plus peuplé avec 105 882 tandis que celui de Tcharè est le moins peuplé avec 3 028 habitants. La population agricole a connu une croissance passant de 134 977 agriculteurs en 2012 à 145 194 en 2017 selon les données de la DSID prouvant que, plus de la moitié de la

population est agricole. Au total, on dénombre 20 388 ménages agricoles dans la préfecture. L'agriculture vivrière de subsistance est la plus dominante.

2.2. Variation spatio-temporelle des pluies dans le secteur de recherche

L'analyse de la variation spatio-temporelle des pluies est faite pour les stations de Kara, Niamtougou et Pagouda. Il est question dans un premier temps d'examiner les régimes pluviométriques moyen ; dans un second temps de déterminer les dates de début et de fin, de longueur et de nombre de jour pluvieux et non des SPPU. Pour terminer, les fréquences de séquences sèches intra saisonnière sont aussi déterminées.

2.2.1. Régimes pluviométriques des stations

La figure 5, présente les régimes pluviométriques moyen des stations de Kara, de Niamtougou et de Pagouda sur la période 1988 à 2017.

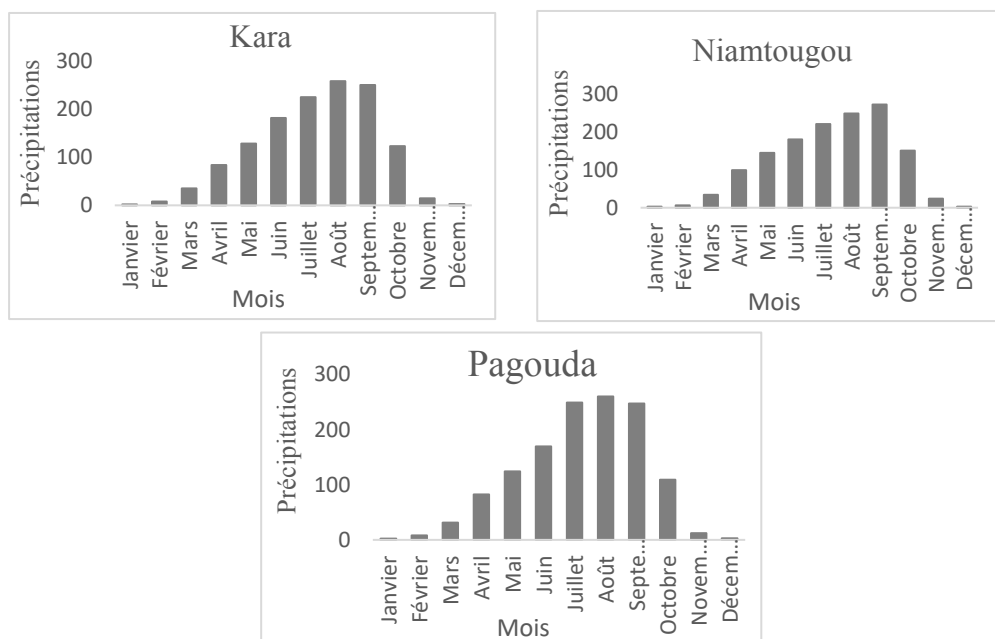


Figure 5 : Régimes pluviométriques moyen de Kara, Niamtougou et Pagouda
Source : DGMN 2018

La figure 5, montre que la préfecture de la Kozah et ses alentours bénéficient d'un régime pluviométrique unimodale. Les mois de juillet, août et septembre

sont les plus humides sur la série d'étude à Kara, Niamtougou et Pagouda. La station de Kara enregistre en moyenne 224 mm en juillet, 257 mm en août et 249 mm en septembre. Celle de Niamtougou bénéficie en moyenne de 249 mm en juillet, 260 mm en août et 247 mm en septembre. La station de Pagouda en fin reçoit en moyenne 221 mm en juillet, 248 mm en août et 273 mm en septembre. Ces hauteurs de pluies enregistrées en ces périodes de l'année constituent un atout pour l'agriculture s'il existe une bonne répartition journalière des pluies.

2.2.1.1. Variation interannuelle des indices de précipitations standardisés et pondérés

L'analyse de la variabilité pluviométrique à partir des valeurs de l'indice de Nicholson et du filtre passe-bas de Hanning a permis d'observer les grandes variations de pluies dans le secteur d'étude depuis 1988 à 2017. La figure 6, montre les variations observées à la station de Kara à travers les indices de précipitations standardisés et pondérés standardisés du filtre passe-bas de Hanning.

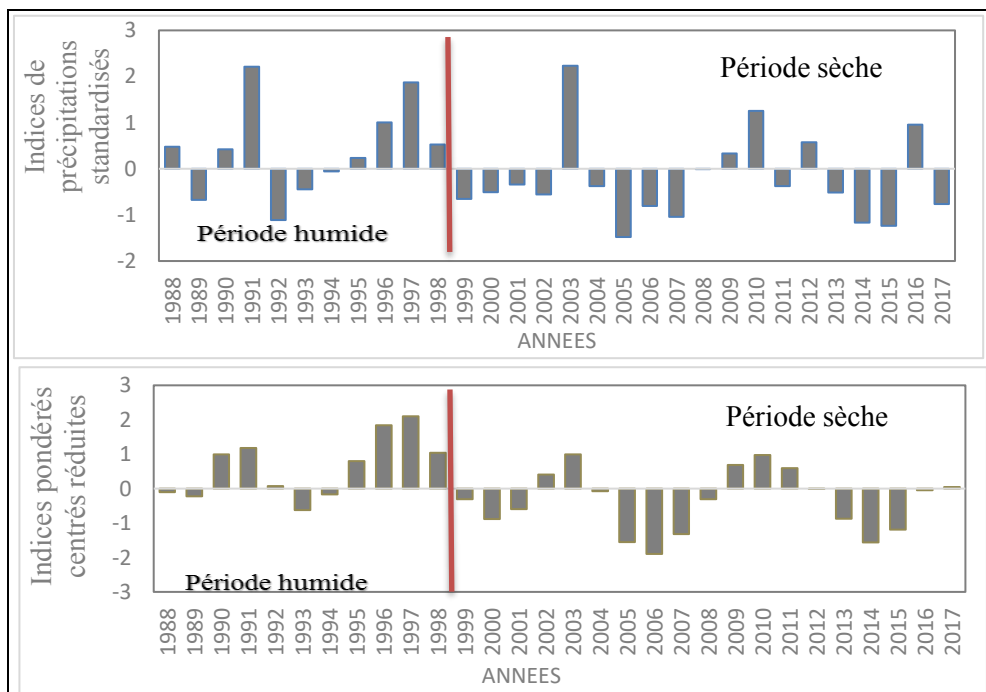


Figure 6 : Evolution des indices de précipitation standardisés à Kara (1988-2017)

Source : DGMN 2018

L'observation de la figure 6, renseigne sur le comportement des pluies à la station de Kara. 53,33 % d'années sont déficitaires, 40 % sont excédentaires et 6,66 % d'années très proches de la moyenne sur la série pluviométrique 1988-2017. Deux (2) périodes sont observées. La première est humide de 1988 à 1998 avec une moyenne de 1390,2 mm suivie d'une période sèche de 1999 à 2017, au court de laquelle se succèdent les années sèches et humides avec une moyenne pluviométrique de 1260,19 mm. La présence de périodes sèches contribue inévitablement à un stress hydrique subit par les cultures vivrières en fonction de leur besoin en eau.

La figure 7 illustre la fluctuation interannuelle des pluies dans la station de Niamtougou.

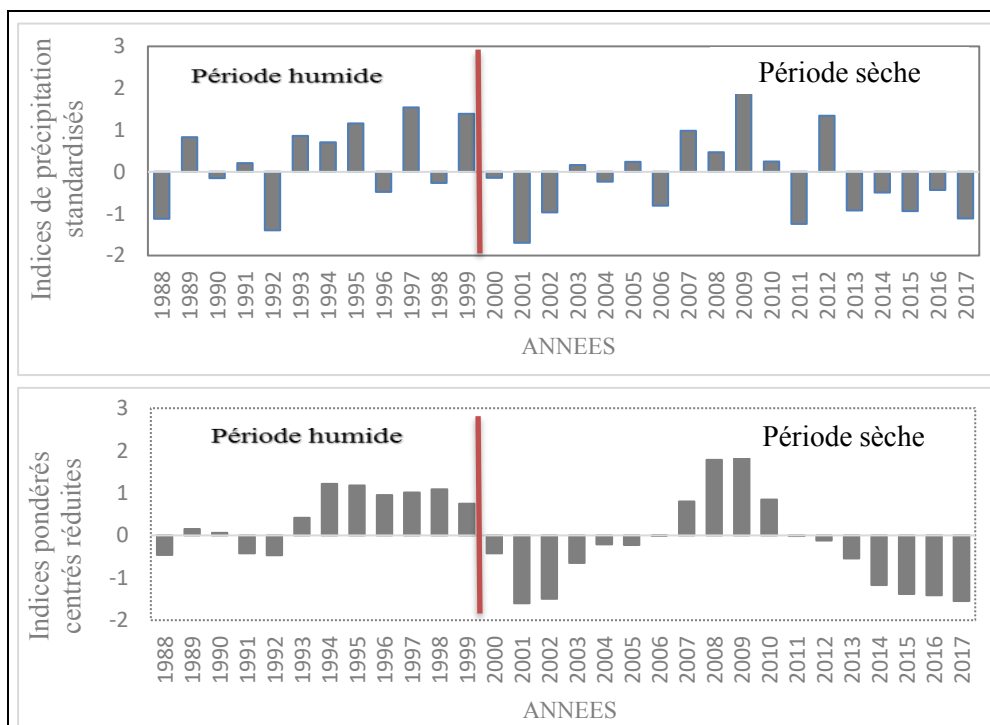


Figure 7 : Evolution des indices de précipitation à Niamtougou (1988-2017)

Source : DGMN 2018

La station de Niamtougou, comme le présente la figure 7 enregistre beaucoup d'années déficitaires depuis l'an 2000 conformément à la série considérée. Dans l'ensemble de 1988 à 2017, 46,66 % des années sont déficitaires, 43,33 % des années sont excédentaires et celles très proche de la moyenne ne représentent

que 10 %. La période de 1988 à 1999 constitue pour la station de Niamtougou une période humide avec une moyenne pluviométrique de 1422,73 mm tandis que la période de 2000 à 2017 enregistre une baisse des précipitations entraînant la baisse de la moyenne pluviométrique de cette période considérée comme sèche (1330,16 mm). Dans l'ensemble, la station enregistre des hauteurs de pluies capables de satisfaire les besoins hydriques des cultures vivrières. La mauvaise répartition intra et inter saisonnière des pluies est un handicap pour l'agriculture.

La figure 8 présente trois périodes successives dans la station de Pagouda

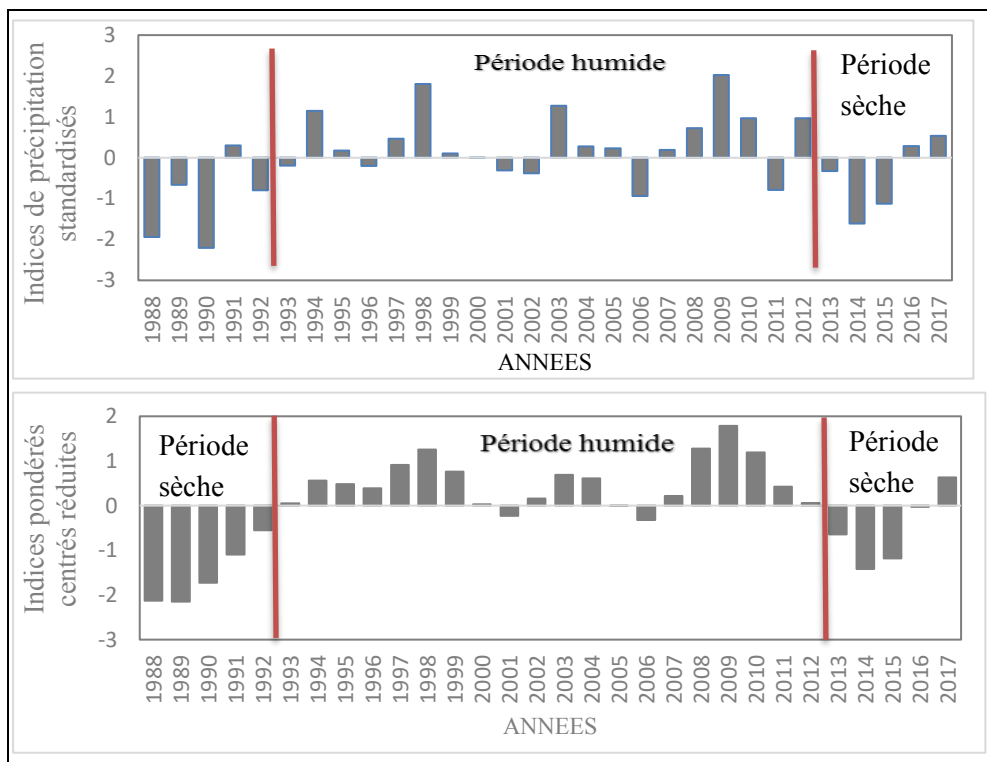


Figure 8 : Evolution des indices de précipitation à Pagouda (1988-2017)

Source : DGMN 2018

L'analyse de la figure 8 montre deux (2) courtes périodes sèches et une (1) longue période humide à la station de Pagouda. La première, commence de 1988-1992 et est sèche (1079,74 mm). La seconde est une période humide qui totalise une moyenne pluviométrique de 1368,50 mm sur la période 1993-2012. Depuis 2013, les déficits pluviométriques annuelles sont nombreux faisant

baisser la moyenne de la période (1203,13 mm) 2013-2017. Les trois sous périodes qu'a connu la station peuvent toutes satisfaire les besoins hydriques des cultures si l'analyse portent sur les moyennes pluviométriques annuelles. La mauvaise répartition des précipitations cause un préjudice aux cultures vivrières.

Le tableau IX fait une classification des états pluviométriques secs et humides des stations de Kara, Niamtougou et Pagouda.

Tableau IX : Etats pluviométriques secs et humides (%) de 1988-2017

| Stations | Classes des indices de précipitations standardisées (SPI) | | | | | | |
|-------------------|---|--------|---------|----------------------|------------|--------|---------|
| | Humidité | | | Proche de la normale | Sècheresse | | |
| | Extrême | Sévère | Modérée | | Modérée | Sévère | Extrême |
| Kara | 7 | 3 | 7 | 66 | 17 | - | - |
| Niamtougou | 3 | 3 | 10 | 67 | 13 | 4 | |
| Pagouda | 4 | 3 | 7 | 73 | 3 | 7 | 3 |

Source : DGMN 2018

Selon la classification de McKee et al. (1993), la station de Kara ne connaît pas de sécheresse sévère et extrême sur la période 1988-2017 après analyse du tableau IX. Par contre celle de Pagouda a enregistré 3 % d'années extrêmement sèches. Les années proches de la normale sont nombreuses mais ne signifie pas qu'il n'existe pas de risques. La mauvaise répartition spatiotemporelle des précipitation et l'augmentation de la température sont des facteurs qui influencent le secteur agricole de la zone de recherche.

2.2.1.2. Détermination des ruptures dans les séries chronologiques de précipitation

Les résultats des différents tests sont récapitulés dans le tableau X.

Tableau X : Tests de rupture dans les séries de précipitations (1988-2017)

| Stations | Test de Pettitt | Teste de Lee Heghinian | Segmentation d'Hubert | Moyenne Avant la rupture | Moyenne après la rupture | Différence en % |
|-------------------|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Kara | - | 1998 | - | 1390,2 | 1260,19 | - 9,35 % |
| Niamtougou | - | 2012 | - | 1388,9 | 1207,7 | -13,04 % |
| Pagouda | - | 1990 | 1988-1990 1991-2017 | - | - | - |

Source : DGMN 2018

Les tests d'éventuelles ruptures de stationnarités sont faits dans les trois stations considérées tout au long de ce travail de recherche grâce au logiciel KhronoStat de l'IRD. L'analyse du tableau X montre que les résultats des tests varient d'une station à une autre. La station de Kara connaît une rupture en 1998, détectée par le test de Lee Heghinian et est exprimée par le mode de fonction de densité de probabilité " à posteriori " de la position de rupture : 0,069 sur la série considérée. Mais les autres méthodes n'ont détecté aucune rupture dans ladite station. Ceci conforte les conclusions de Adewi (2010) qui avait trouvé une rupture en 1998 pour les moyennes de coutes série puis est arrivée à la conclusion qu'il existe une non concordance des résultats selon les méthodes utilisées pour cette station. A Niamtougou et Pagouda, seul le test de Lee Heghinian exprime des ruptures. La station de Kara connaît une baisse de 9,35 % de la moyenne pluviométrique après la rupture tandis que Niamtougou enregistre une baisse de 13,04 %. Cette baisse progressive des hauteurs de pluie pourrait se combiner à plusieurs autres facteurs pour influencer négativement les rendements des cultures vivrières de la zone de recherche.

2.2.2. Dates de début, fin et longueur, nombres de jours pluvieux et non pluvieux des SPPU

La longueur de la SPPU, le nombre de jours pluvieux, le nombre de jours non pluvieux, sont présentés dans les tableaux XI pour les années humide, normale et sèche.

Tableau XI : Début, fin, longueurs et nombre de jour de pluies et sans pluies à Kara

| Type de SPPU | Caractéristiques de la saison | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Début de la SPPU | Fin de la SPPU | Longueur de la SPPU | Nombre de jours pluvieux | Nombres de jours sans pluies |
| Humide (2003) | 15 Avril | 13 Novembre | 213 jours | 92 jours | 121 jours |
| Normale (2008) | 23 Avril | 19 Octobre | 180 jours | 98 jours | 82 jours |
| Sèche (2005) | 7 Mai | 5 octobre | 152 jours | 68 jours | 84 jours |

Source : DGMN 2018

L'analyse du tableau XI, permet de comprendre que les années sèches ont des nombres de jours pluvieux réduit par rapport aux années normales et humides. L'année humide 2003 bien qu'elle soit humide, a enregistré un grand nombre de jours sans pluies. Cette situation explique la mauvaise répartition des pluies dans la station. Les pluies sont ainsi mal réparties accentuant la présence de séquences sèches intra saisonnière.

Les dates de début et de fin de Saison Pluvieuse Potentiellement Utile sont représentées par la figure 9 pour la station de Kara.

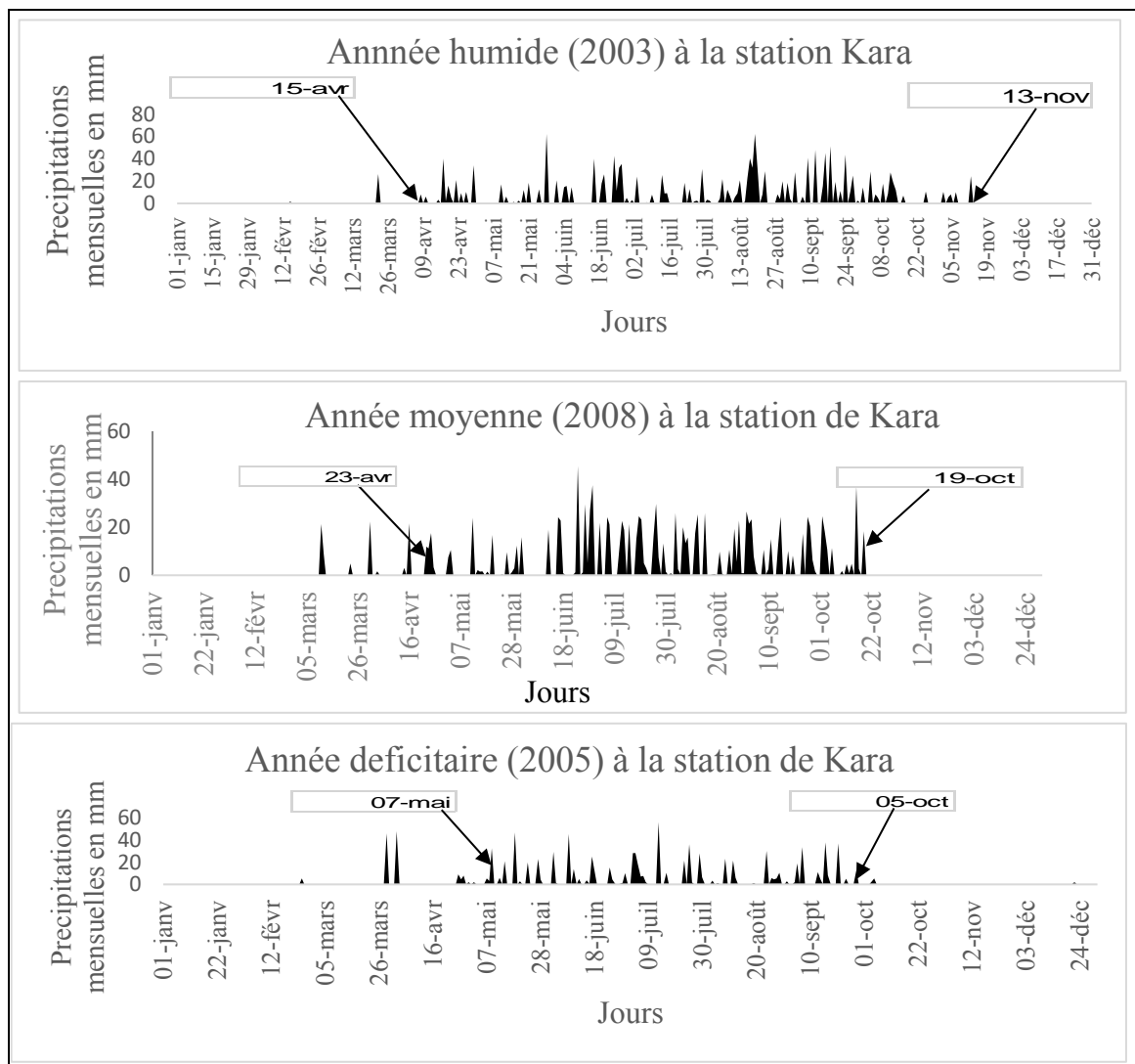


Figure 9 : Régime pluviométrique et date de début et de fin de saison a la station de Kara

Source : DGMN 2018

Les débuts et fins des Saisons Pluvieuses Potentiellement Utiles à la station de Kara après examen de la figure 9, connaissent des variations significatives selon les années. Mis à part l'année humide de 2003 qui connaît une fin de saison en novembre, les années normales et déficitaires de 2008 et 2005 connaissent une fin de saison en octobre confortant les enquêtes menées auprès des agriculteurs de la Kozah en 2018. Le début des SPPU est retardé pour les années sèches passant d'avril à mai.

Les caractéristiques saisonnières des années humide, normale et sèche à Niamtougou sont présentées dans le tableau XII.

Tableau XII : Début, fin, longueurs et nombre de jours de pluies et sans pluies à Niamtougou

| Type de SPPU | Caractéristiques de la saison | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Début de la SPPU | Fin de la SPPU | Longueur de la SPPU | Nombre de jours pluvieux | Nombres de jours sans pluies |
| Humide (2009) | 12 Avril | 14 Novembre | 217 jours | 130 jours | 87 jours |
| Normale (2004) | 20 Avril | 5 Novembre | 200 jours | 123 jours | 77 jours |
| Sèche (1992) | 17 Avril | 22 Octobre | 197 jours | 111 jours | 86 jours |

Source : DGMN 2018

Le tableau XII, après analyse montre que la saison des pluies commence généralement en avril à la station de Niamtougou et fini soit en octobre ou en novembre selon les années. La fin de la saison en octobre intervient au cours de l'année sèche ici considérée (1992).

Les figures 10 illustrent graphiquement lesdites dates, ainsi que le régime pluviométrique journalier des années humide, normales et sèches.

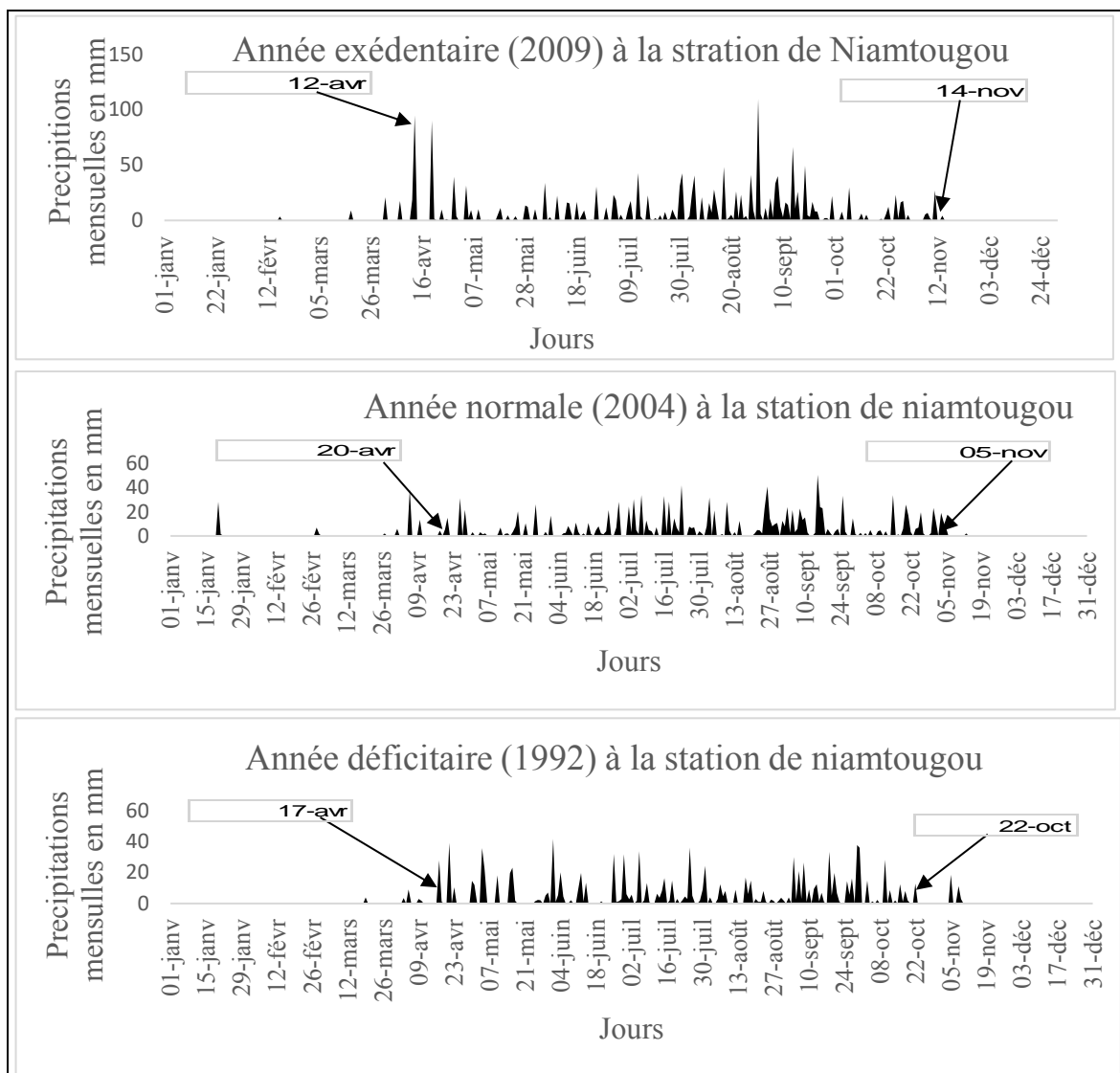


Figure 10 : Régime pluviométrique et date de début et de fin de saison à la station de Niamtougou

Source : DGMN 2018

Après analyse de la figure 10, il est remarqué qu'à la station de Niamtougou, les débuts de Saisons Pluvieuses Potentiellement Utiles sont relativement concentrés en avril quelle que soit l'année considérée. L'année 1992 est la seule à connaître une fin de saison précoce (22 octobre).

L'occurrence de la survenue des années sèches ces dernières années, expose les cultures essentiellement pluviales au risque de stress hydrique causé par le retard dans le démarrage et la fin des saisons. La fréquence des séquences sèches intra saisonnières est un facteur qui influence considérablement l'agriculture pluviale.

2.2.3. Fréquence des séquences sèches intra saisonnières

Les séquences sèches intra saisonnières représentent un risque pour la production vivrière. La présence de longues séquences sèches met l'agriculture en difficulté.

La fréquence des séquences sèches intra saisonnières est mise en évidence par la figure 11 et 12.

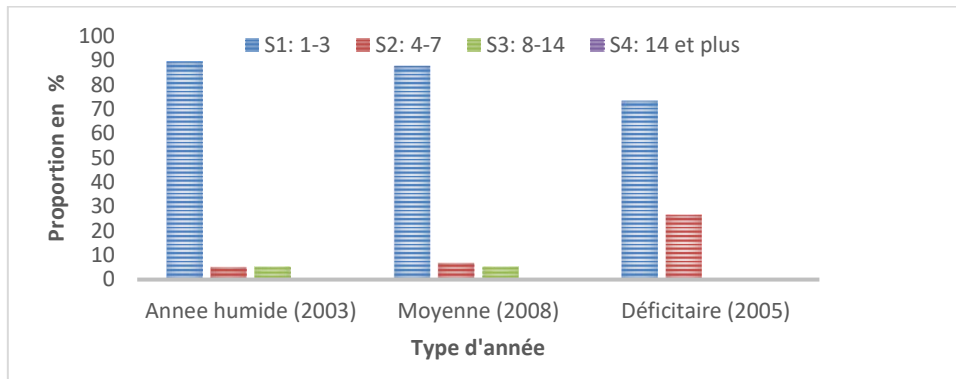


Figure 11 : Fréquence de survenue des jours secs à la station de Kara

Source : DGMN 2018

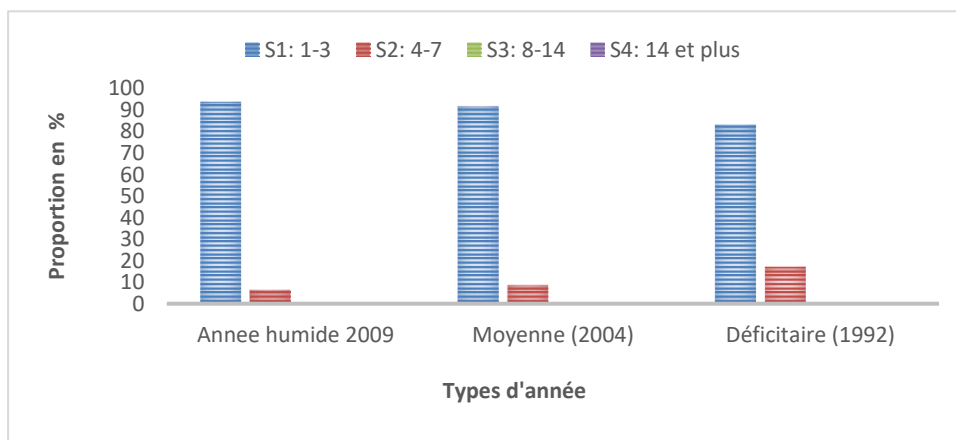


Figure 12 : Fréquence de survenue des jours secs à la station de Niamtougou

Source : DGMN 2018

L'analyse des figures 11 et 12, montrent une dominance de la fréquence d'apparition des séquences sèches allant de 1 à 3 jours pour les stations de Kara et de Niamtougou. Les années déficitaires enregistrent plus (26,5 % en 2005 et 17 % en 1992 %) des séquences sèches allant de 4 à 7 jours. A la station de Kara, les séquences sèches allant de 4 à 7 jours représentent 5,1 % pour l'année

normale (2008) et 5,12 % pour l'année humide (2003) démontrant ainsi le caractère imprévisible de l'occurrence des séquences sèches et qui sont préjudiciables à l'agriculture. Les séquences de 14 jours et plus ne sont pas présentes dans les années considérées mais peuvent se retrouver dans d'autres années de la série étudiées dans ce travail.

2.3. Evolution des températures dans les stations de Kara et Niamtougou

Les températures jouent un rôle déterminant dans la stabilité du climat. La figure 13, illustre les écarts centrés réduits et les courbes d'évolution des températures maximales et minimales à Kara sur la période 1988-2017.

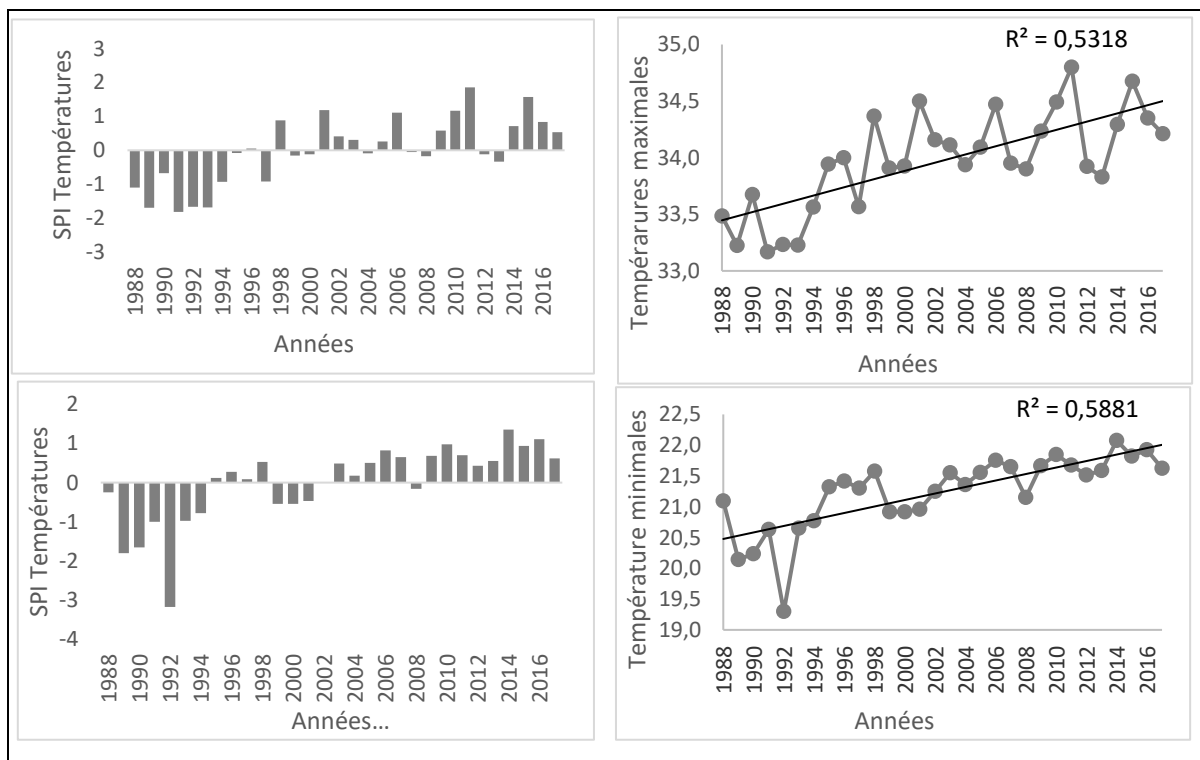


Figure 13 : Indices standardisés et évolution des températures à la station de Kara

Source : DGMN 2018

La figure 13 laisse percevoir une hausse des températures dans l'ensemble à la station de Kara. Mais surtout l'évolution des températures maximales est évocatrice avec $r = 0,72$. L'année 1998, constitue l'année à partir de laquelle les températures maximales ont pris une grande ascension. De même les températures minimales ont commencé par croître à partir de l'année 2002.

Cette situation est dangereuse d'autant plus qu'une tendance à la hausse des températures, augmente le risque de stress thermique que peut subir des cultures. La figure 14 illustre l'évolution des température maximales et minimales à la station de Niamtougou sur la période 1988-2017.

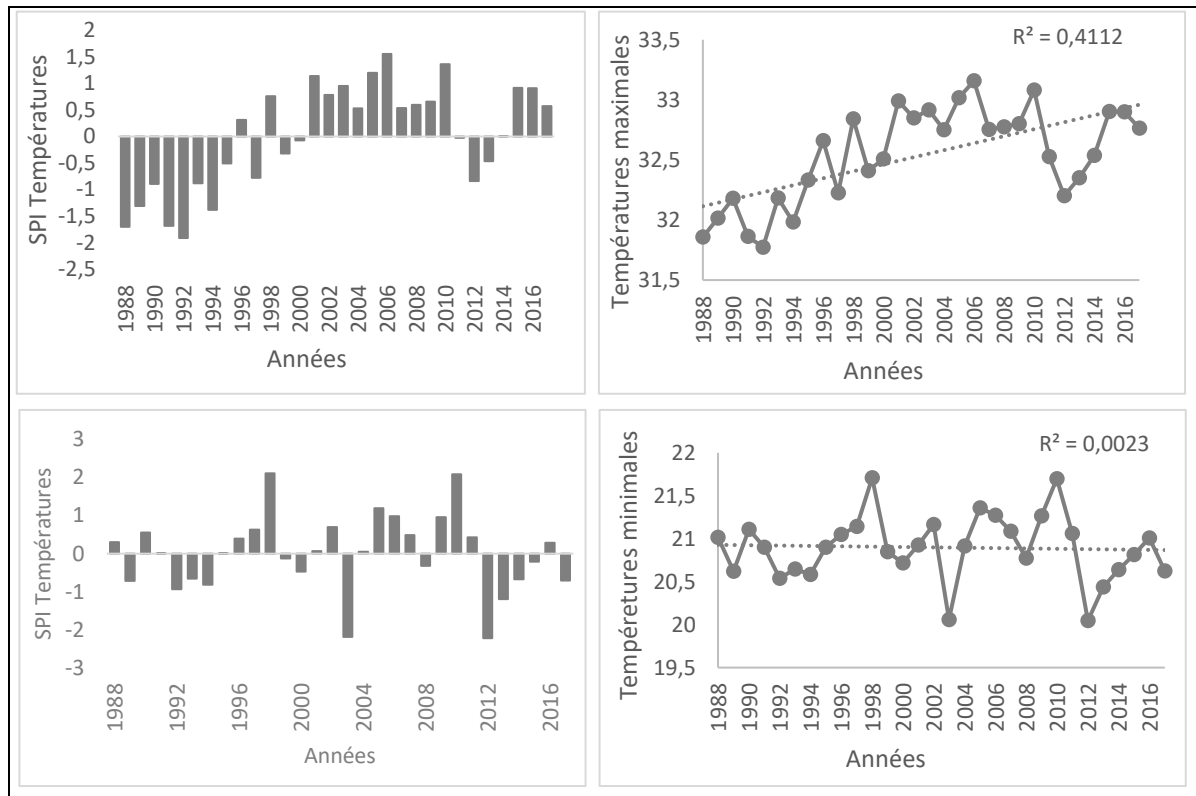


Figure 14 : Indices standardisés et évolution des températures à la station de Niamtougou

Source : DGMN 2018

La station de Niamtougou enregistre une augmentation des températures maximales et une légère baisse des températures minimales traduite par la droite de tendance qui a une valeur $r = 0,047$ comme le montre la figure 14. L'augmentation des températures favorise baisse de l'humidité contenue dans le sol, exposant les cultures à un risque de stress hydrique.

2.3.1. Tests de rupture au sein des séries de températures Moyennes

Les tests de ruptures sont réalisés sur les températures moyennes des stations de Kara et celles de Niamtougou pour la série 1988-2017. Les résultats de ces tests sont récapitulés dans la tableau XIII.

Tableau XIII : Récapitulatif des ruptures de températures des station étudiées

| Stations | Test de Buishand | Teste de Pettitt | Segmentation d'Hubert | Moyenne Séquence °C | Ecart type | Indice de Variation °C |
|------------|------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------|------------------------|
| Kara | 2002 | 2002 | 1988-1994 | 26,85 | 0,29 | 0,02 |
| | | | 1995-2008 | 27,55 | 0,37 | |
| | | | 2009-2017 | 28,02 | 0,21 | |
| Niamtougou | 1995 | 1995 | 1988-1994 | 26,37 | 0,12 | 0,01 |
| | | | 1995-2017 | 26,80 | 0,31 | |

Source : DGMN 2018

De l'analyse du tableau XIII, l'année 2002 est détectée par le test de Pettit et de Buishand comme année de rupture de la série 1988-2017 à la station de Kara. Ainsi la segmentation d'Hubert montre trois sous périodes que sont 1988-1994, 1995-2008, 2009-2017. Ces périodes ont pour moyennes et écart types respectif 26,85 et 0,29 ° C ; 27,55 et 0,37° C puis 28,02 et 0,21° C avec une variation moyenne annuelle de 0,3 sur la série. La station de Niamtougou quand a elle connaît une rupture de température en 1975 avec une variation moyenne annuelle de 0,1 ° C par an.

La figure 15, illustre graphiquement le test de températures de Buishand par l'ellipse de Bois à 99, 95, 90 %

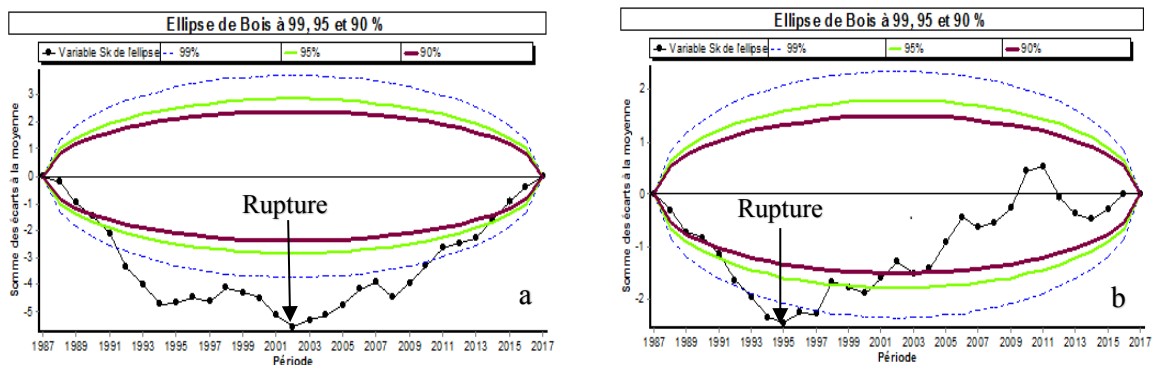


Figure 15 : Ellipse de Bois à 99, 95, 90 % des températures moyennes de Niamtougou (a) et de Kara (b)

Source : Traitement de données 2018

Conformément au test de Buishand, la figure 15 présente en (a) l'ellipse de Bois à 99, 95, 90 % des températures moyennes de Kara et en (b) celui de Niamtougou avec les points de rupture indiqués qui se situent respectivement en

2002 et 1995. A partir de ces dates, il est constaté une évolution progressive des courbes vers le haut traduisant ainsi, une augmentation des températures moyennes au fur et à mesure que les années passent.

L'augmentation anormale des températures moyennes bouleverse le système climatique de la zone de recherches contribuant à une mauvaise répartition des pluies dans le temps et dans l'espace. Cette mauvaise répartition des pluies causée directement ou indirectement par l'augmentation des températures de la zone, impact négativement l'agriculture vivrière pluviale.

A travers ce chapitre, l'analyse des paramètres climatiques des stations de la zones d'étude renseigne sur l'effectivité de la variabilité climatique qui s'accroît. La station de Kara enregistre une baisse de 9 % des moyennes pluviométriques tandis que celle de Niamtougou enregistre une baisse de 13 %. Les températures sont en général à la hausse. Neuf aléas (9) de risques sont retenus à la suite de cette analyse. Il s'agit des excès de pluies, de l'arrêt précoce des pluies, du déficit pluviométrique, le faux départ des SPPU, l'interruption de saison des pluies intra saisonnière, le retard du début de saison agricole, l'augmentation de la température, la précocité des saisons pluvieuses et les vents violents. Le chapitre qui suit traite des risques agroclimatiques et les stratégies préventives d'adaptation dans la préfecture de la Kozah.

CHAPITRE III

RISQUES AGROCLIMATIQUES ET STRATEGIES PREVENTIVES D'ADAPTATION

Ce chapitre présente l'influence de la variabilité pluviométrique sur les cultures, l'évaluation des risques agroclimatiques, la vulnérabilité des cultures et les stratégies préventives d'adaptation.

3.1. Influence de la variabilité pluviométrique sur les rendements

La variabilité pluviométrique au-delà d'un seuil, soumet les cultures à un stress hydrique. Les rendements à l'hectare sont alors affectés.

3.1.1. Influence de la variabilité pluviométrique sur les cultures

L'influence de la variabilité pluviométrique sur les cultures du maïs, du sorgho, du mil, du riz, de l'igname, du haricot et de l'arachide est étudiée dans cette partie.

3.1.1.1. Maïs

Le maïs est produit par 98 % des agriculteurs de la préfecture de la Kozah.

La figure 16 présente la corrélation et la relation interannuelle qui existe entre les précipitations et les rendements de maïs.



Figure 16 : Corrélation (a) et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements (b) de maïs de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

L'analyse de la figure 16 (b), montre une baisse des rendements de maïs en concordance avec la baisse des hauteurs pluviométriques de 2011-2017,

exceptée l'année 2012 qui enregistre une baisse de rendement bien que, l'année soit humide. Les années à moyennes pluviométriques déficitaires connaissent dans l'ensemble une baisse de rendements (1996, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2017). Une faible corrélation existe entre les précipitations et les rendements de maïs. Les rendements augmentent pour un (1) hectare de 0,16 kg/mm. D'autre part, la faible corrélation s'explique par la multiplicité de facteurs qui contribuent à la production du maïs. La disponibilité de l'eau en quantité raisonnable n'est qu'un des nombreux facteurs favorisant la production du maïs. La planche 1 montre des plans de maïs en présence de bonnes conditions climatiques (1.1), et d'autres qui se fanent à cause du soleil et du manque d'eau (1.2).



Planche 1 : Champ de maïs en bonne condition climatique (1.1) à Lassa et jeunes plants de maïs souffrant du stress hydrique à Kpinzindè (1.2)

Prise de vues : Kozoline, juillet 2018

Il ressort de l'analyse de la planche 1, que la bonne condition climatique favorise une bonne production du maïs. Le manque d'eau (1.1) perturbe la croissance du maïs et favorise l'apparition des chenilles. Cette situation est illustrée par la planche 2. Après une observation faite par les agriculteurs, lesdites chenilles ne supportent pas la pluie. L'année 2013 a enregistré des rendements de maïs de 1,51 tonnes à l'hectares, en 2014 de 1,85 tonnes à l'hectare, de 1,81 tonnes par hectare en 2015, de 1,47 tonnes par hectare en 2016 et de 1,40 tonnes à l'hectare en 2017. Ces statistiques montrent une baisse de rendement juste après l'apparition des chenilles dans la zone de recherche.



Planche 2 : Plans de maïs attaqués par le *Spodoptera frugiperda* à Landa (2.1) et à Awandjélo (2.2)

Prise de vue : Kozoline, juillet 2018

La chenille *Spodoptera frugiperda* (planche 2.1 a et 2.2) fait son apparition lorsque les séquences sèches intra saisonnières sont récurrentes au cours d'une saison. Cette chenille a fait son apparition dans la préfecture de la Kozah il y a trois (3) ans selon les informations recueillies sur le terrain et détruit la partie de floraison des plants de maïs. Cette situation rend les exploitations de maïs improductives.

3.1.1.2. Sorgho

Le sorgho est moins exigeant en eau mais a besoin d'une quantité acceptable pour sa croissance. La figure 17 montre en (a) la corrélation et en (b) la relation interannuelle qui existe entre les rendements et les précipitations.

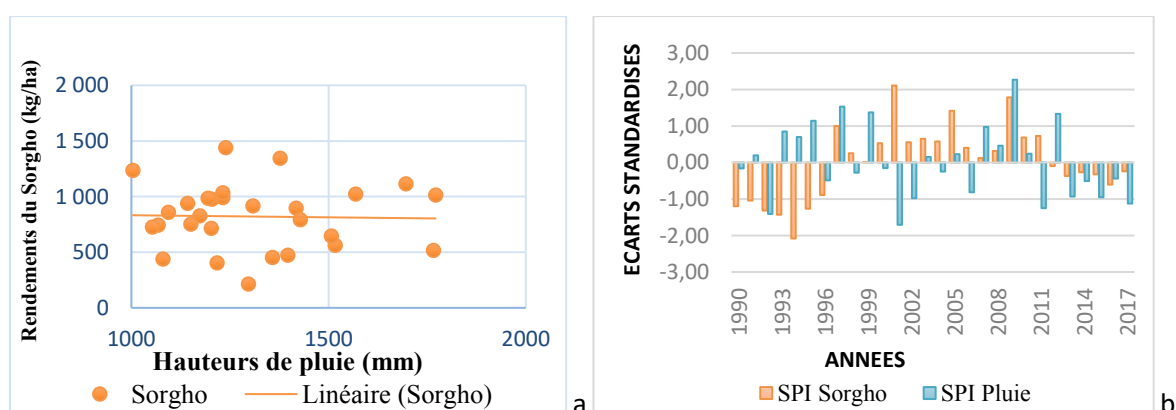


Figure 17 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements du sorgho de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

La figure 17 (b) montre une baisse de rendements entre 1990-1996, une hausse de 1997 à 2011 et à nouveau une baisse depuis 2012. La baisse des rendements de 1992, 1996, et de 2012 à 2017, concorde avec la baisse des hauteurs pluviométriques des années correspondantes. Dans l'ensemble, les années normales ont un rendement excédentaire. Une faible corrélation existe entre les rendements et les précipitations comme le présente la figure 17 (a). Cette situation s'explique par la multitude de facteurs qui interviennent dans la production du sorgho.

La photo 1, illustre un champ de jeunes plants de sorgho dans le canton d'Atchangbadè.



Photo 1 : Jeunes plans de sorgho en conditions climatiques normales à Atchangbadè

Prise de vue : Kozoline, août 2018

Le champ de sorgho présenté par la photo 1 est verdoyant d'autant plus que cette culture est très peu exigeante en eau et réussit sur des sols peu fertiles.

3.1.1.3. Mil

La production du mil bien qu'en perte de vitesse occupe toujours une place de choix dans la production vivrière de la préfecture de la Kozah.

La figure 18 présente la corrélation et la relation interannuelle qui existe entre les précipitations et les rendements.

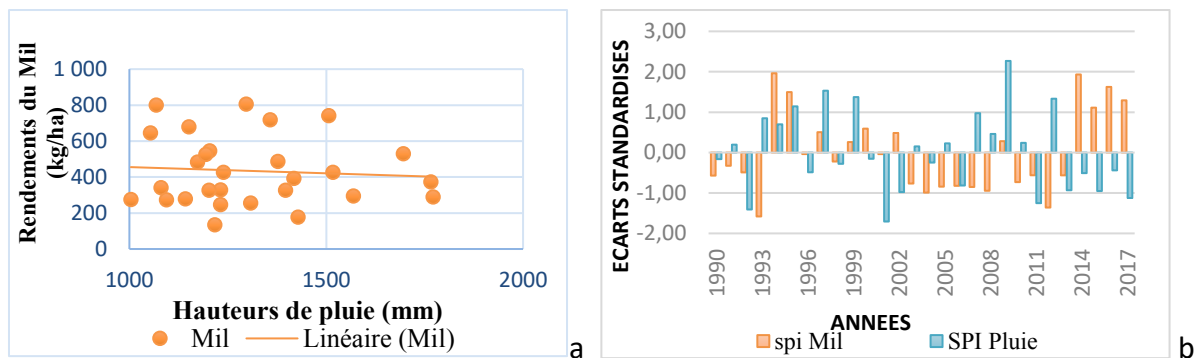


Figure 18 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements du mil de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

La figure 18 (b) laisse voir des rendements excédentaires de 2014 à 2017 bien que les hauteurs pluviométriques soient déficitaires. Le mil est une plante qui n'est pas exigeante en eau. Il a besoin de 450 à 900 mm d'eau pour réussir. Des années sèches ou humides, ont des rendements excédentaires ou parfois déficitaires. La corrélation entre les pluies et les rendements traduite par la dispersion des points autour de la droite est faible (figure 18 a) démontrant l'inexistence d'une corrélation directe entre les rendements de mil et les précipitations.

3.1.1.4. Riz

Le riz est cultivé pour les besoins de la famille et est produit par 26,9 % des personnes interrogées au cours des enquêtes. La figure 21 montre la corrélation et la relation entre les précipitations et les rendements de riz dans la Kozah

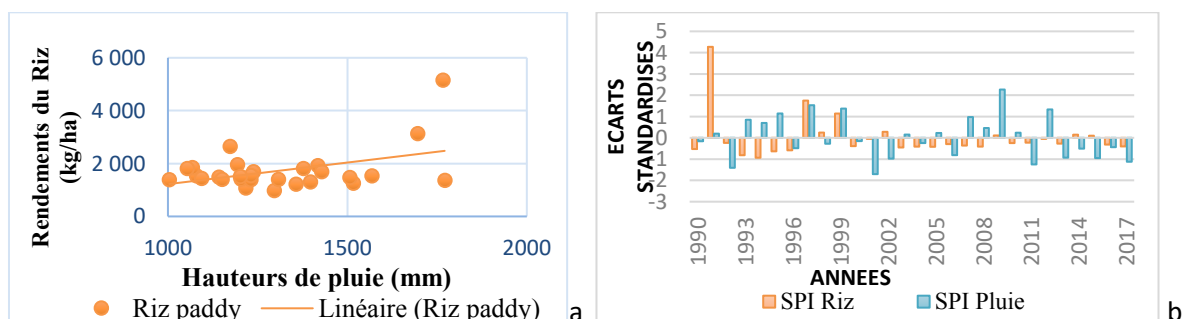


Figure 19 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements du riz de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

La corrélation entre les précipitations et les rendements est faible après analyse de la figure 19 a. La figure (19 b) montre que les rendements du riz sont restés en majorité déficitaires sur la période 1990-2017 à l'exception des années 1991, 1997, 1999. L'année 1991 se démarque de toutes les autres par son fort rendement.

La photo 2 présente un champ de riz paddy produit dans une rizière du canton de Kouméa.



Photo 2 : Champ de riz bénéficiant des conditions normales de croissance à Kouméa

Prise de vue : Kozoline, juillet 2018

La rizière présentée par la photo 2 est un exemple d'exploitation des Bas-fonds dans la Kozah afin de se mettre à l'abri des variations brusques du climat.

3.1.1.5. Igame

L'igame est classée parmi les tubercules. Sa production exige la conception de buttes. C'est une culture exigeante en eau. La figure 20 illustre la corrélation et la relation interannuelle entre cette culture et les précipitations.

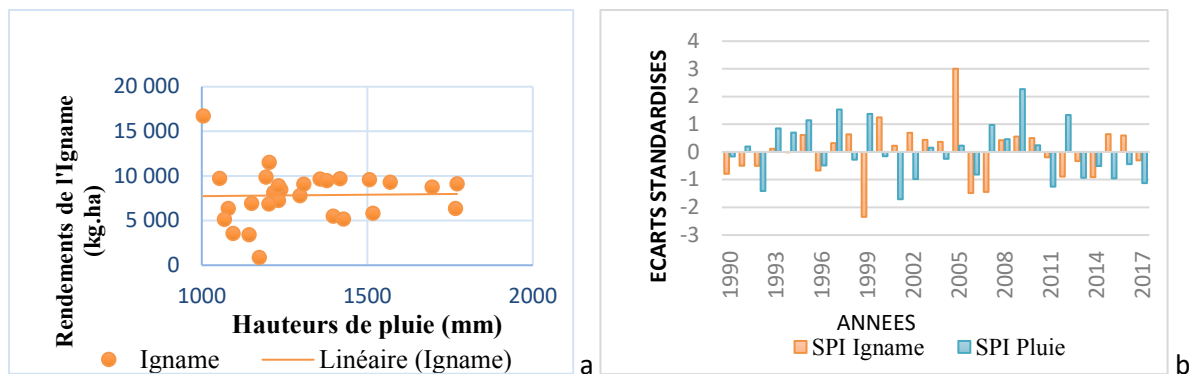


Figure 20 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements d’igname de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

La figure (20 a) montre une faible corrélation. Les années 1990, 1992, 1996, 1999, 2006, 2013 et 2014, montrent une baisse de rendements et des précipitations, surtout pour l’année 2006 lorsqu’on observe la figure (20 b). Par contre, d’autres années ont des rendements qui ne respectent pas les fluctuations pluviométriques. La photo 3 présente un champ d’igname



Photo 3 : Champ de butes d’ignames à awandjelo

Prise de vue : Kozoline, juillet 2018

Il ressort de l’analyse de la photo 3 que les agriculteurs ont réduit la forme des butes pour s’adapter à l’accroissement de la variabilité climatique dans la zone.

3.1.1.6. Haricot

L’excès d’eau n’est pas favorable à la culture du haricot. Quarante-trois pourcent (43 %) des personnes enquêtées produisent du haricot. Ces dernières

années, cette culture prend de l'ampleur dans la préfecture de la Kozah.

La figure 21 présente la corrélation et la relation interannuelle entre les précipitations et les rendements de haricot.

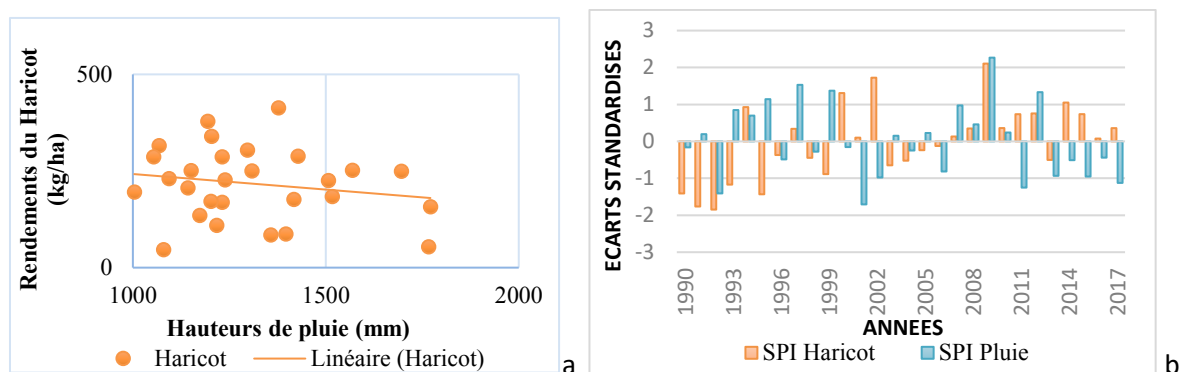


Figure 21 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements du haricot de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

Les années humides (figure 21 b) 1994, 2009, et 2012, enregistrent un excédent de rendement. De 1990 à 2006, les rendements sont déficitaires. Depuis 2007, les rendements sont excédentaires bien que la tendance des hauteurs pluviométriques soit à la baisse. La photo 4 présente un champ de haricot à maturité.



Photo 4 : Champs de haricot à maturité à Awandjélo

Prise de vue : Kozoline, juillet 2018

La photo 4 présente un champ de haricot à maturité dans le canton d'Awandjélo. Cette variété est spéciale car elle produit sur la plante et non à même le sol, diminuant sensiblement son niveau de vulnérabilité face aux excès de pluie.

3.1.1.7. Arachide

L'arachide est une culture prisée par les agriculteurs. Face aux contraintes climatiques, la variété locale tend à disparaître. La figure 22 présente la corrélation et la relation entre les précipitations et les rendements d'arachide.

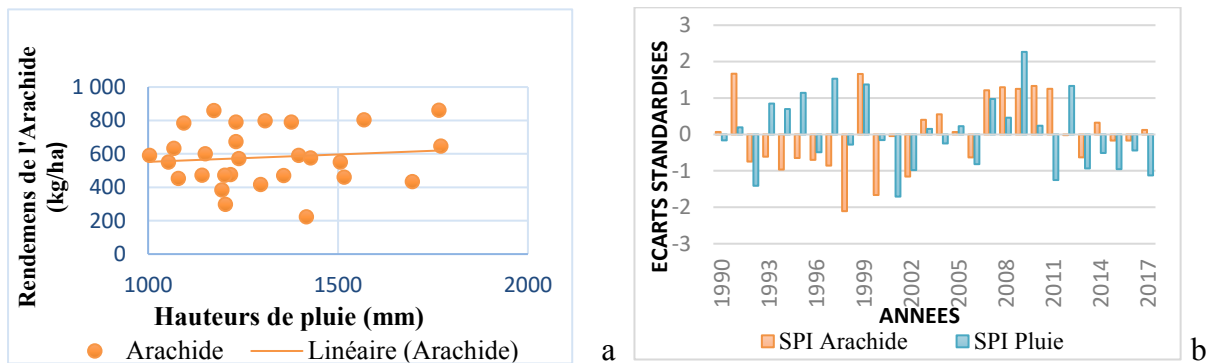


Figure 22 : Corrélation et relation interannuelle entre les précipitations et les rendements d'arachide de 1990-2017 dans la Kozah

Source : Résultats du traitement statistique des données, DSID et DGMN, 2018

La relation entre les rendements et la précipitation (figure 22 a) est faible car plusieurs facteurs entrent en jeu dans la production de l'arachide comme entre autres la nature du sol, la végétation, les techniques culturales. Il est observé une baisse généralisée des rendements entre 1990 et 2002, suivie d'une période de rendements excédentaires. Mais une légère baisse des rendements est observée à nouveau depuis 2012 (figure 22 b). La photo 5 présente des plans d'arachide.



Photo 5 : Sillons comportant des plans d'Arachide à Tcharè en zone de montagne

Prise de vue : Kozoline, juillet 2018

L'analyse de la photo 5, renseigne sur la technique de mise en valeur des terres dans les zones de montagne. Les cordons de pierres mélangés à la terre permettent de retenir l'eau et éviter le lessivage ou l'érosion du sol.

3.2. Evaluation des risques agroclimatiques et de la vulnérabilité des cultures

Cette partie est consacrée à l'évaluation des risques agroclimatiques et des cultures face aux risques agroclimatiques.

3.2.1. Evaluation et identification des risques

Pour identifier les risques auxquels sont exposés les cultures vivrières, la connaissance des aléas de la zone est importante. Neuf (9) aléas et Cinq (5) risques agroclimatiques sont identifiés dans la préfecture de la Kozah après investigation sur le terrain.

3.2.1.1. Evaluation des risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah

L'exposition des cultures vivrières aux aléas climatiques sommet ces dernières aux risques agroclimatiques. Le tableau XIV présente les aléas, les enjeux et les probable effets des risques agroclimatiques associés.

Tableau XIV : Aléas, enjeux et risques agroclimatiques associés

| Aléas de risques | Enjeux | Effets probables des risques agroclimatiques |
|--|---|---|
| Excès de pluies | Cultures vivrières (Maïs, Sorgho, Mil, Haricot, Riz, Igname, et Arachide) | Pourrissement des cultures, mauvaise croissance des plantes sauf le riz |
| Arrêt précoce des pluies | | Assèchement des cultures, production incomplète |
| Déficits pluviométriques | | Assèchement des feuilles, ralentissement de la croissance des plantes, levée retardée et mauvaise récolte surtout pour le maïs et le riz |
| Faut départ des SPPU | | Assèchement des cultures, resemis des cultures, |
| Interruption de saison des pluies intra saisonnières | | Apparitions des chenilles qui détruisent les plants de maïs, Assèchement des cultures, défloraison, stress hydrique généralisé pour toutes les cultures |
| Retard du début de saison agricole | | Mauvaise production des cultures à longue période végétative |
| Augmentation de la température | | Jaunissement des feuilles, mauvaise germination, trouble de croissance des cultures, assèchement des feuilles |
| Précocité des saisons pluvieuses | | Risque de resemis, de mauvaise épiaison |
| Vents violents | | Destruction des cultures à tiges comme le maïs, le sorgho, le mil |

Source : Résultats d'enquête de terrain, juillet 2018

Le décryptage du tableau XIV permet de comprendre la notion d'aléas, d'enjeux et de risques agroclimatiques. Ces trois notions sont intrinsèquement liées.

3.2.1.2. Identification des risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah

Des neuf (9) aléas climatiques, cinq (5) risques agroclimatiques sont identifiables. Les travaux de terrain viennent confirmer la présence des risques déterminés dans la préfecture de la Kozah. Les risques agroclimatiques à savoir le risque de resemis, le risque de stress hydrique, le risque de stress thermique, le risque de mauvaises récoltes, le risque de vent violent ont des degrés de gravité différents les uns des autres selon la perception des agriculteurs.

La figure 23 est une représentation en camembert de la perception des agriculteurs sur les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah.

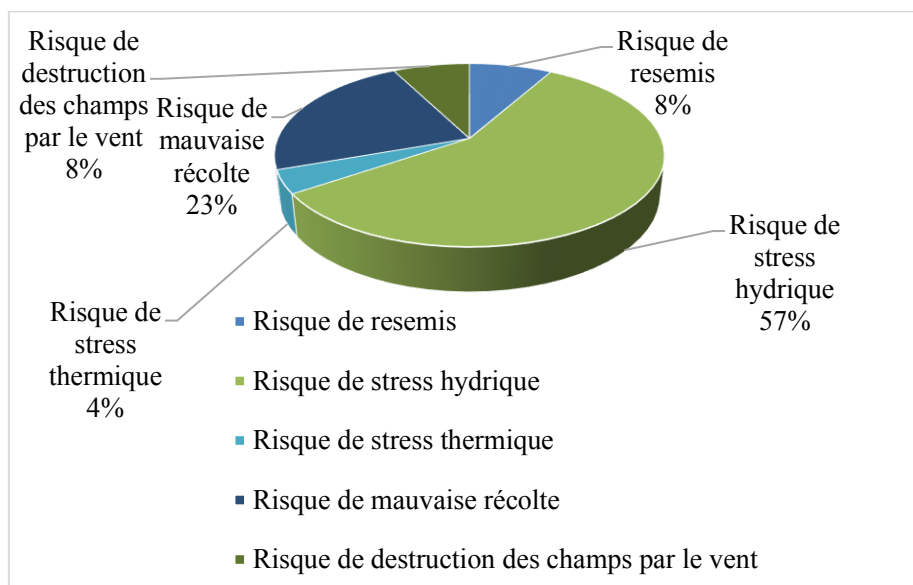


Figure 23 : Perception du degré de gravité des risques par les agriculteurs

Source : Enquêtes et traitement de données de terrain, juillet 2018

L'analyse de la figure 23 montre que le risque de stress hydrique constitue le risque agroclimatique majeur avec 57 % suivi du risque de mauvaise récolte 23 %. Les risques de resemis et de destruction des champs par le vent ont chacun 8%. Le risque le plus faible est celui du stress thermique mais est non négligeable car, les fortes températures font parfois pourrir les semences d'arachide, d'ignames et de maïs. Cela témoigne de l'influence des températures sur les cultures.

3.2.2. Evaluation de la vulnérabilité des cultures soumises aux risques agroclimatiques

L'évaluation de la vulnérabilité consiste à définir le degré par lequel une culture peut être affectée négativement par les effets néfastes de la variabilité climatique. Cette vulnérabilité est déterminée par la matrice de sensibilité (tableau XV) qui est réalisée dans cette étude grâce aux méthodes de jugement d'expert, de mesure de terrain et par analogie.

Tableau XV : Matrice de sensibilité des cultures dans la Kozah

| Cultures | Risques agroclimatiques | | | | | Indicateurs d'exposition (%) |
|----------------------------------|-------------------------|------------------|-----------|-------------------------|------------------|------------------------------|
| | stress hydrique | stress thermique | resemis | destruction par le vent | mauvaise récolte | |
| Maïs | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 85 |
| Sorgho | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 50 |
| Riz | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 65 |
| Igname | 3 | 2 | 2 | 0 | 3 | 50 |
| Mil | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 | 55 |
| Haricot | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 30 |
| L'arachide | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 45 |
| Indicateurs d'impacts (%) | 71 | 43 | 50 | 50 | 57 | |

Source : Enquêtes et traitement de données de terrain, 2018

Pour comprendre le tableau XV, une échelle de 1 à 4 est considérée pour cette évaluation. Le maïs, le riz et l'igname sont les cultures les plus exposées aux risques agroclimatiques. Le sorgho et l'arachide ont un même niveau d'exposition. Le stress hydrique, est le risque qui impact plus les cultures vivrières.

L'impact des risques de stress hydrique et de mauvaise récolte est plus élevé que celui de resemis et de stress thermique. Le faible impact du risque de destruction des champs par le vent est dû aux caractéristiques de certaines cultures qui ne sont pas toutes en tiges.

La figure 24 présente la répartition spatiale des risques agroclimatiques identifiés dans la préfecture de la Kozah

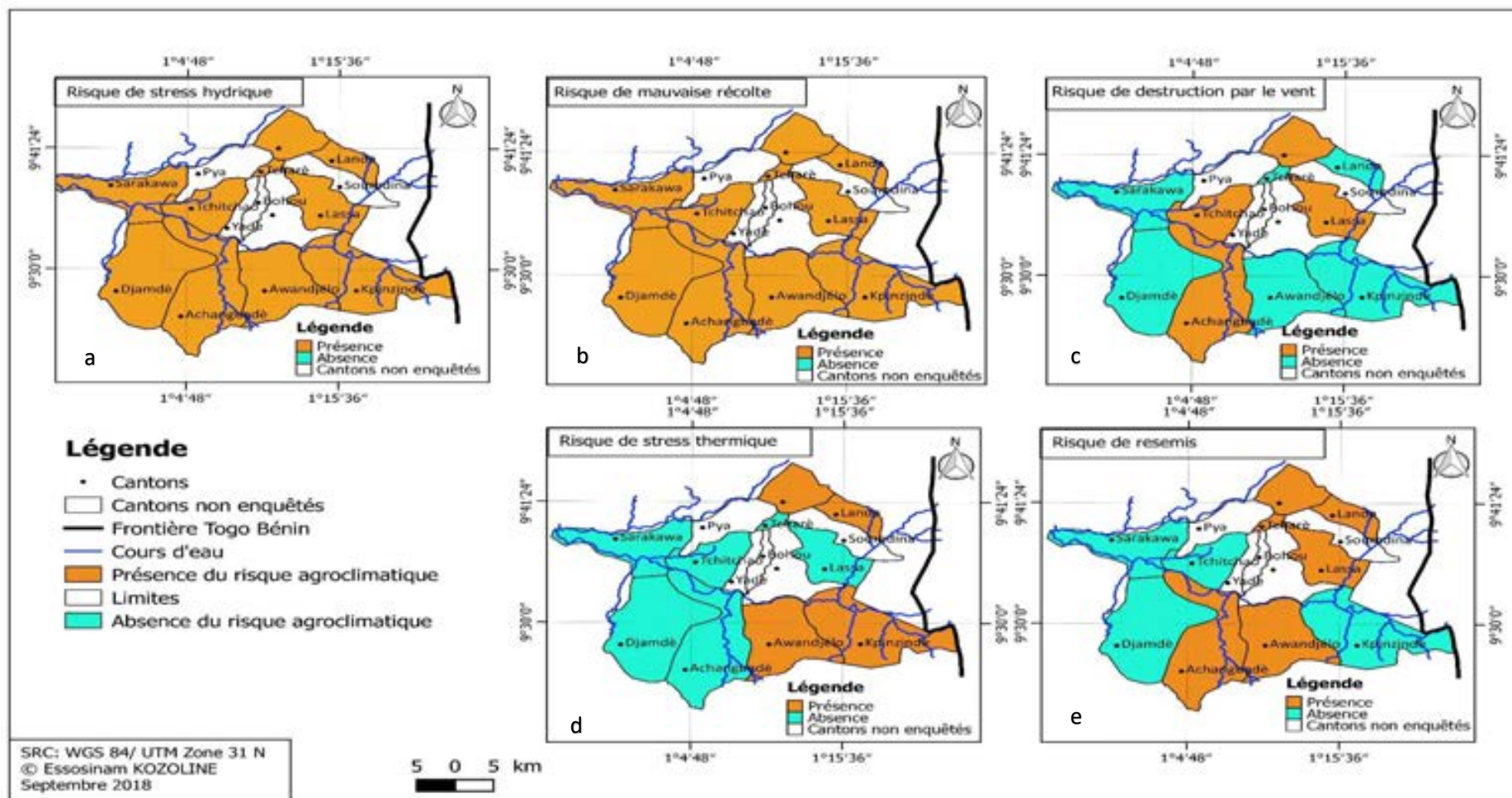


Figure 24 : Répartition spatiale des risques agroclimatiques par canton

Source : Travaux de terrain, juillet 2018

L'analyse de la figure 24 renseigne sur la spatialisation des risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah. Les cantons représentés par la couleur blanche sont ceux qui n'ont pas été enquêtés. La présence de risque est représentée par la couleur orange tandis que l'absence est représentée par la couleur verte. La spatialisation des risques agroclimatiques permet de comprendre que deux (2) risques sont présents dans tous les cantons enquêtés (10 cantons). Les trois autres risques ne se retrouvent pas forcément dans tous les cantons à l'issue de la recherche. Le risques de stress hydrique et celui de mauvaises récoltes sont présents dans tous les cantons enquêtés. Par contre, le risque de resemis, de stress hydrique et de stress thermique ne se retrouvent pas dans tous les cantons enquêtés.




3.2.2.1. Elaboration de la matrice d'impact

L'élaboration de la matrice d'impact est le fruit des témoignages des agriculteurs croisés avec les aléas climatiques identifiés dans la préfecture. La recherche documentaire a contribué d'une part à la réalisation de cette matrice.

Le tableau XVI présente la matrice d'impact.

Tableau XVI : impact des aléas climatiques sur les cultures vivrières

| Cultures Aléas | Maïs | Sorgho | Riz | Mil | Igname | Haricot | Arachide |
|---|--|--|---|--|---|--|--|
| Excès de pluies | Retard de croissance | Retard de croissance | Inondation des rizières | Croissance ralentie | Butes et ignames emportées par ruissèlement | Noircissement du haricot, défloraison | Jaunissement des feuilles et pourrissement |
| Arrêt précoce de pluies | Assèchement du maïs, Mauvaise épiaison | Baisse de production des grains | Défaut de production des grains | Défaut de formation de grains | Réduction de la taille, de la grosseur des tubercules | Assèchement, manque de production | Assèchement de la culture |
| Déficit pluviométrique | Jaunissement des feuilles, Mauvaise épiaison | Jaunissement des feuilles | Mauvaise floraison, baisse de la masse de grain | Jaunissement des feuilles | Réduction de la taille, du volume des tubercules | Baisse de production | Reduction de la forme des grains |
| Faux départ des SPPU | Assèchement des jeunes plants, resemis | Assèchement des jeunes plants, resemis | Assèchement des jeunes plants, resemis | Assèchement des jeunes plants, resemis | Pourrissement de têtes d'ignames plantées | Assèchement des jeunes plants, resemis | Assèchement des jeunes plants, resemis |
| Interruption momentanée de la SPPU | Assèchement, apparition d'insectes | Jaunissement et retard de croissance | Jaunissement et baisse de récoltes | Retard de floraison | Reduction de la taille des tubercules | Baisse de production | Diminution de la masse de grains |
| Retard du début de SPPU | Mauvaise récolte susceptible | Effets négligeables | Levée retardée | Perturbation des semences | Raccourcissement du stade de croissance | Effets négligeables | Récoltes retardées |
| Augmentation de température | Assèchement ou perturbation des plants | Perturbation de la croissance | Jaunissement des feuilles | Perturbation de la croissance | Pourrissement des boutures, assèchement | Assèchement sur la montagne | Pourrissement à la semence |
| Précocité de la saison pluvieuse | Resemis, mauvaise floraison | Effets négligeables | Probable resemis | Effets négligeables | Effets négligeables | Effets négligeables | Risque accru de resemis |
| Vents violents | Destruction des plants à tiges | Destruction des plants à tiges | Destruction à maturité | Destruction des plants à tiges | Effets négligeables | Effets négligeables | Effets négligeables |

Légende : Extrême  Elevé  Moyen  Faible 

Source : Enquêtes de juillet 2018

Le tableau XVI, permet de comprendre qu'en réalité, les cultures vivrières de la préfecture de la Kozah sont différemment affectées par les risques agroclimatiques.

3.2.2.2. Elaboration de la matrice de criticité ou du diagramme de Famer

Les résultats d'enquêtes sur la gravité des risques agroclimatiques dans les Cantons choisis sont consignés dans le tableau XVII.

Tableau XVII : Récapitulatif des réponses des agriculteurs sur la gravité des risques

| Risques Cantons | Risque de stress hydrique | Risque de stress thermique | Risque de resemis | Risque de destruction par le vent | Risque de mauvaises récoltes | Total |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|------------------------------------|-------|
| Atchangbadè | 11 | 0 | 3 | 2 | 8 | 24 |
| Awendjélo | 12 | 1 | 3 | 0 | 6 | 22 |
| Djamdè | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Kouméa | 12 | 1 | 2 | 2 | 3 | 20 |
| Kpinzindè | 12 | 2 | 0 | 0 | 3 | 17 |
| Landa | 11 | 3 | 1 | 0 | 2 | 17 |
| Lassa | 8 | 0 | 4 | 8 | 3 | 23 |
| Sarakawa | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 13 |
| Tcharè | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 | 10 |
| Tchichao | 9 | 0 | 0 | 1 | 3 | 13 |
| Total | 98 | 7 | 14 | 13 | 39 | 171 |

Source : Enquêtes et traitement de données de terrain juillet 2018

L'analyse factorielle des correspondances est faite à partir des informations du tableau XVII. Les résultats de cette analyse montrent que l'hypothèse H0 est rejetée ce qui revient à la validation de l'hypothèse Ha car la p-value (0,002) est inférieure au niveau de significativité alpha = 0,05. Ceci permet d'affirmer que les risques et les cantons ont une liaison. La figure 25 présente le résumé de cette analyse.

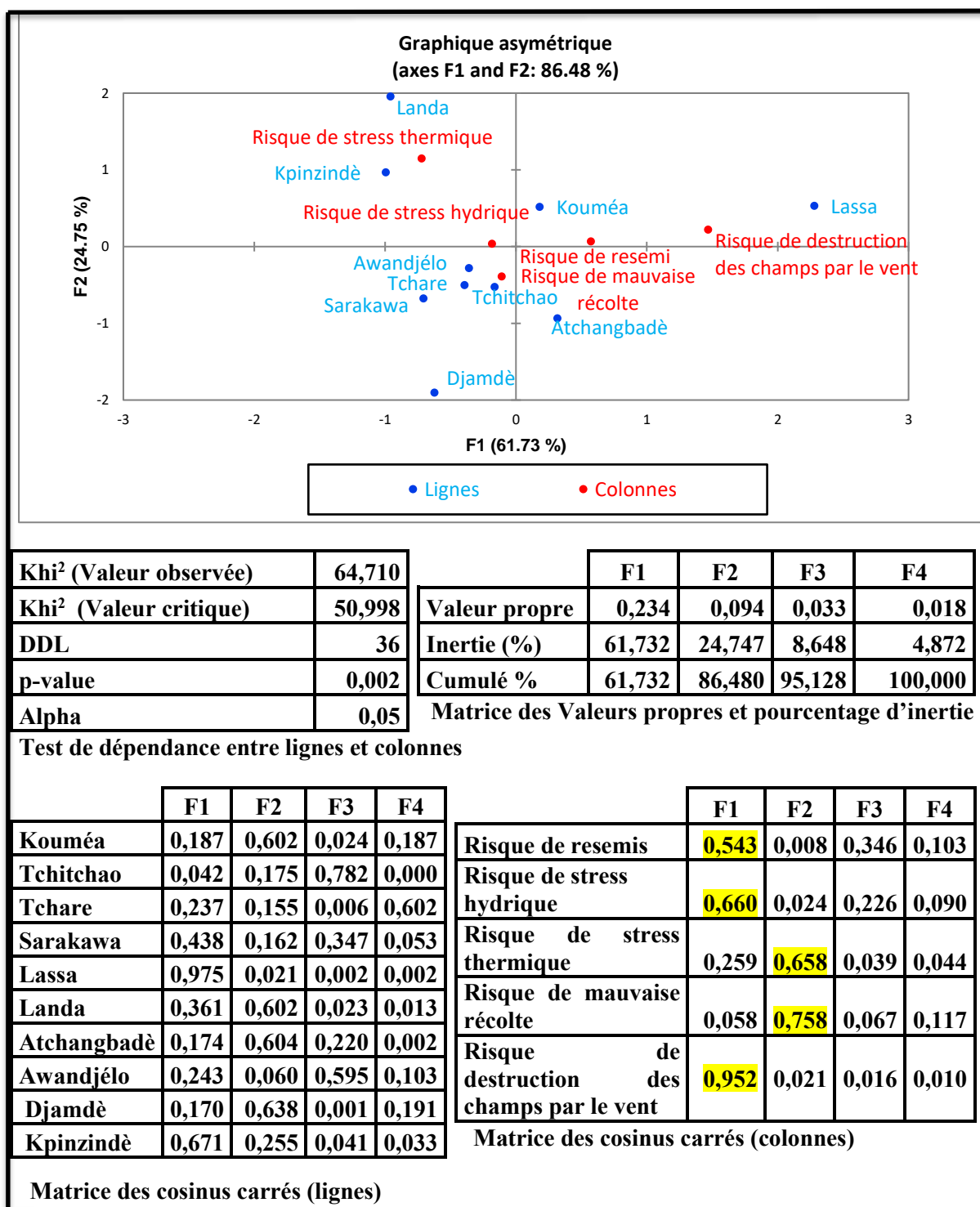


Figure 25 : Analyse factorielle des correspondances des cantons et des risques

Source : Analyses statistiques d'août et enquêtes de juillet 2018

Les cantons d'Atchangbadè, de Djamdè, de Tchithao, de Kouméa et de Landa sont plus assujettis aux risques de mauvaises récoltes et de stress thermique qui appartiennent à l'axe F1 alors que les risques de vents violents, de resemis et de stress hydrique sont ressentis par les cantons de Lassa, Awandjélo, Tchare,

Sarakawa, et Kpinzindè. Cette liaison de dépendance entre lignes et colonnes est moyenne car, la p-value est sensiblement inférieur au niveau de significativité alpha (figure 25).

La hiérarchisation des risques permet de les prioriser afin d’avoir une idée claire des politiques à mener en vue d’une anticipation sur ces risques, mettant ainsi l’agriculteur à l’abri des conséquences néfastes des catastrophes agro-climatiques. La perception des agriculteurs a permis de réaliser la matrice de criticité. Le tableau XVIII présente la matrice de criticité.

Tableau XVIII : Matrice de criticité des risques agroclimatiques de la Kozah

| | | Courbe de Farmer | | | | |
|--------------------|----------------|----------------------------|--------|-------------|-------|------------|
| Probabilité | Très Probable | 1 | 24,5 | 49 | 73,5 | 98 |
| | Probable | 0,75 | 18,37 | 36,75 | 55,12 | 73,5 |
| | Assez probable | 0,50 | 13,72 | 27,44 | 41,16 | 54,88 |
| | Peu probable | 0,25 | 6,12 | 12,25 | 18,37 | 24,5 |
| | | | 24,5 | 49 | 73,5 | 98 |
| | | | Faible | Assez grave | Grave | Très grave |
| | | Gravité de l'impact | | | | |

Légende : Risque critique ● Risque significatif ●
 Risque modéré ● Risque limité ●

Source : Enquêtes et traitement de données de terrain 2018

Le degré de significativité de chaque risque a permis de faire cette hiérarchisation. Le risque de stress hydrique est le premier risque critique de la préfecture de la Kozah après analyse de la matrice, avec une significativité de (98) car les séquences sèches intra saisonnières sont de plus en plus longues et

fréquentes dans la zone d'étude. Il est suivi par le risque de mauvaises récoltes avec une significativité de (36,75). Les trois risques restants sont faibles. Il s'agit du risque de resemis (13,72), le risque de destruction par le vent (12,25) et celui de stress thermique (6,12).

La préfecture de la Kozah est plus exposée aux risques de stress hydrique et de mauvaise récolte. Ce résultat est obtenu grâce à l'évaluation des risques agroclimatiques de la zone. Dans la prise de décisions, les actions prioritaires iront en direction des risques dit critiques. La prévention et l'adaptation des agriculteurs aux occurrences des risques agroclimatiques constituent les actions phares à mener dans la Kozah pour minimiser les éventuels impacts de ces risques.

3.2.2.3. Analyse des résultats par le modèle RIVA

Les résultats quantitatifs et qualitatifs après traitements ont servi à nourrir le modèle RIVA, utilisé en science sociale pour l'évaluation des risques de catastrophes. Le modèle est représenté par la figure 1.

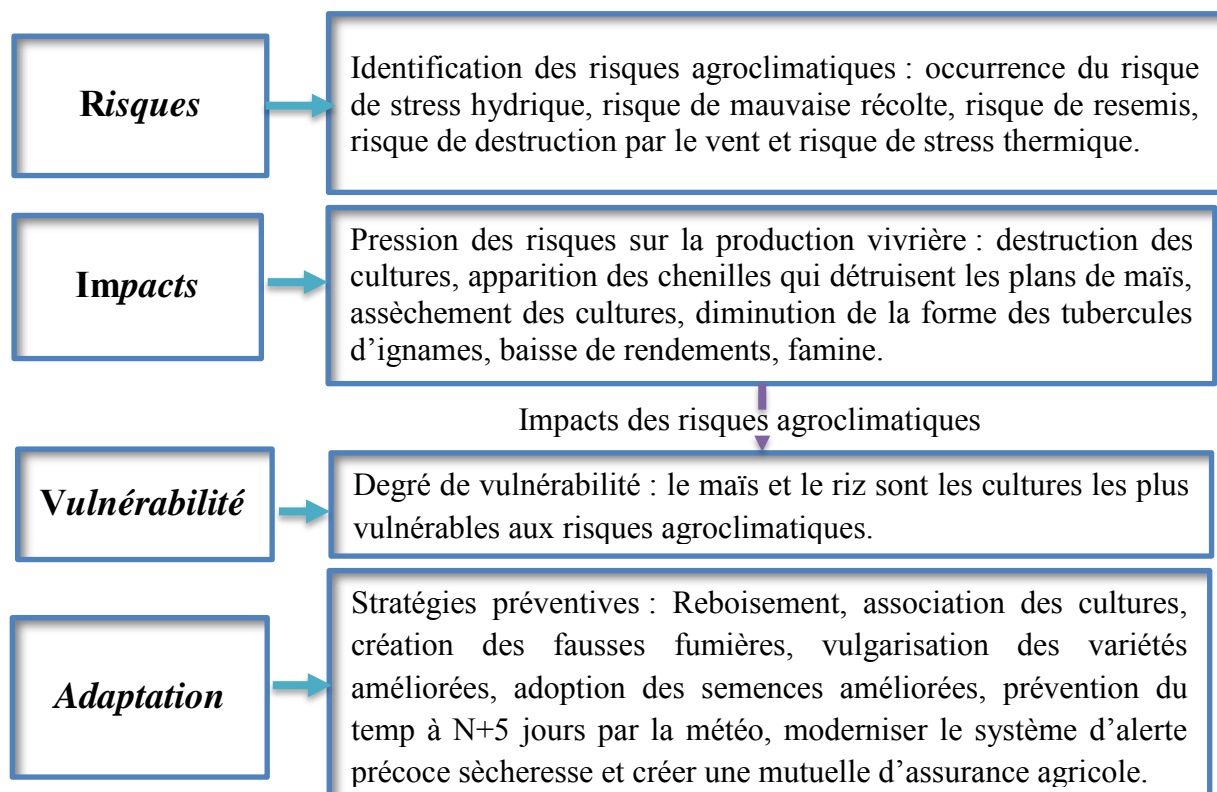


Figure 26 : Modèle d'analyse de la vulnérabilité

Source : Traitement des données, septembre 2018

Il ressort de l'analyse de la figure 26 que les risques agroclimatiques présents dans la zone de recherche sont susceptibles d'impacter les cultures vivrières. Ces cultures n'ont pas un même degré de vulnérabilité. Le maïs et le riz sont les cultures les plus vulnérables. Face à cette situation des stratégies préventives d'adaptation sont mises en œuvre pour augmenter le niveau de résilience des agriculteurs face à l'occurrence des risques.

3.3. Stratégies préventives d'adaptation

Face à l'évolution du climat, la variabilité climatique devient de plus en plus sévère. Cette situation impacte négativement la production vivrière. La méthode de gestion des risques doit être appliquée. Elle se résume en la prévention et la protection. Tous les acteurs intervenant dans la production agricole mobilisent leurs efforts, afin de se préparer contre d'éventuelles variations extrêmes du climat. Cette partie présente les stratégies préventives d'adaptation aux occurrences des risques agroclimatiques issues des sévères manifestations de la variabilité climatique sur la production vivrière.

3.3.1. Semis à la bonne date

Les dates de début de saison pluvieuse potentiellement utiles varient considérablement ; d'où une meilleure appréhension de la date de semis. Selon l'ICAT, les semences de maïs en mai ont des problèmes de nos jours. Elle préconise par le biais de ses spécialistes les semis retardés pour s'assurer de l'effectivité du début de la saison agricole. Cette pratique réduit la probabilité que les cultures soient exposées aux longues périodes de stress hydrique et au risque de resemis.

3.3.2. Adoption des semences améliorées

Les sécheresses combinées aux retards des pluies engendrent la substitution des cultures à cycle long par de nouvelles cultures à cycle court et plus résistantes aux nouvelles conditions climatiques actuelles. La stratégie préventive d'adaptation se

fait dans ce cas par le changement d'espèces préférées des agriculteurs en fonction de leur résistance au climat ou par le développement de nouvelles cultures résistantes aux nouvelles conditions (Tassou, 2013). L'introduction des variétés améliorées (icéné, AB 11, sotobouca) permet de se préparer à l'aléa de raccourcissement de saison agricole. Mais semer à la bonne date est très important pour escompter réussir la saison.

3.3.3. Vulgarisation des variétés adaptées aux contraintes climatiques

Les techniciens de l'ICAT cherchent, testent et vulgarisent les semences adaptées aux différentes contraintes du climat actuel.

3.3.4. Production du compost

Pour lutter contre les mauvaises récoltes, le fumier et le compost sont produits afin de fertiliser le sol de la préfecture qui est extrêmement pauvre en azote, phosphore et calcium d'une part et d'autre part de retenir l'humidité dans le sol. Les engrais chimiques appauvrissent d'avantage le sol qui devient dépendant. Au fur et à mesure que les années avancent, les agriculteurs sont contraints d'augmenter les doses d'engrais dans les champs pour escompter faire une bonne production. Ce phénomène montre les limites des engrais chimiques, d'où la nécessité d'utiliser l'engrais organique. Plusieurs fosses fumières servent ainsi à produire du fumier. Les éleveurs de petit ruminant sont dès lors mis à contribution.

3.3.5. Appui du service de météorologie au monde agricole

Le service de la météorologie fournit aux services intervenant dans l'encadrement du monde agricole les bulletins trimestriels de prévention sur le temps qu'il fera. Les informations fournies par la Direction générale de la météorologie nationale sont précieuses pour les agriculteurs. La prévision des saisons, et du temps qu'il fera à N + 5 jours permettront de fournir des informations décisionnelles au monde agricole. Compte tenu de

l'analphabétisme de certains producteurs agricoles, les services qui s'impliquent dans le domaine de la production agricole doivent se charger de faire parvenir ces informations préventives à toutes les couches de producteurs. La communication du temps qu'il fera à N + 5 apportera une solution cruciale aux agriculteurs qui se plaignent des périodes sèches, juste après l'engraissement des champs. Pour relever ce défi, la construction de stations agro météorologiques est plus qu'indispensable. La communication des informations météorologiques de prévention du temps serait efficace si les radios communautaires sont mises à contribution pour la diffusion des informations.

3.3.6. Sensibilisation des agriculteurs sur l'évolution du climat

L'ICAT, la direction régionale de l'environnement, le PADES, le REED +, travaillent de façon coordonnée afin de sensibiliser les populations sur l'évolution actuelle du climat. Le climat varie naturellement, mais les variations de ces dernières décennies paraissent brutales. Ces structures, soucieuses de l'avenir agricole de la zone d'étude sensibilisent les populations y compris les agriculteurs sur les bonnes pratiques agricoles. L'agression de la nature ne peut qu'entraîner l'accroissement de la variabilité climatique dans la Kozah et par extension dans tout le pays. Les populations prennent conscience à travers ces sensibilisations que rien n'est plus comme avant car les anomalies climatiques s'accroissent de jour en jour.

3.3.7. Diversification et l'association des cultures

Pour prévenir les risques, les agriculteurs diversifient la production vivrière. Chaque agriculteur possède deux, trois ou quatre différents espaces de production. Ces espaces ne sont pas si grands d'autant plus que, la préfecture de la Kozah ne possède pas de vastes plaines cultivables. Cette pratique permet à l'agriculteur de gagner au moins une des cultures céréalières en fin de saison même si celle-ci a été émaillée d'irrégularités. La majeure partie des

producteurs de la Kozah produisent plusieurs cultures sur différents espaces à la fois.

L'association des cultures est une technique prisée des producteurs. Le résultat de cette technique est le même que celui de la diversification des cultures sur différents espaces cultivables. Cette pratique se heurte de nos jours aux orientations de l'ICAT, qui conseille la monoculture. Face à la réticence des agriculteurs, l'ICAT préconise de nos jours l'association des cultures vivrières et des légumineuses ou des légumes.

La photo 6 présente un champ d'association de trois (3) cultures



Photo 6 : Association de trois (3) culture vivrières (maïs, igname, riz)

Prise de vue : Kozoline, Juillet 2018

L'analyse de la photo 6 laisse comprendre que l'agriculteur, pour minimiser le risque, pratique trois cultures sur un même espace car pour lui, ces cultures n'ont pas les mêmes exigences physiologiques. La différence entre les trois (3) cultures constitue un atout d'autant plus qu'à la fin de la saison, l'agriculteur sera en mesure de gagner une des cultures même si la saison a été mauvaise.

3.3.8. Intervention des ONG dans la préfecture de la Kozah

Le programme d'aides pour le développement économique et social (PADES) est une ONG implantée dans la région de Kara qui opère en partie dans la

prévention et la réduction des risques agroclimatiques. Le projet REED⁺ et l'ODEF militent aussi dans le même sens par la promotion du reboisement intensif. Le PADES, basé dans la préfecture de la Kozah, lutte contre les changements et variabilités climatiques. Depuis 2002, plus de 100 (cent) hectares sont reboisés avec pour but de réguler la température et les précipitations dans les différents cantons. Les collines et montagnes sont mis à profit pour la réussite de cette politique de reboisement. La croissance des arbres reboisés crée des microclimats dans les différentes zones touchées par la politique.

Le PADES forme les populations à la base sur le système amélioré de carbonisation. Des activités génératrices de revenus pour les femmes sont initiées, ainsi décourageant peu à peu la destruction des forêts pour la confection du charbon de bois. La politique de Produit Gaz pour tout Ménage ou PGM contribue également à la réduction de la production et de la consommation du charbon de bois qui est préjudiciable au climat. La protection des terres et leurs fertilisations permet, de juguler les mauvaises récoltes. La production du compost et du fumier par les groupements permet non seulement de fertiliser le sol mais aussi de retenir l'humidité dans le sol comme dit plus haut.

3.4. Mesures de renforcement des stratégies

Cette partie est dédiée à l'apport des contributions pour mieux prévenir et gérer les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah et par extension dans tout le pays en fonction des risques critiques décelés dans chaque localité.

3.4.1. Création d'une mutuelle d'assurance agricole

En 2018, par décret présidentiel N° 2018-090/PR du 25 avril 2018, le Mécanisme Incitatif de Financement Agricole (MIFA) a vu le jour. Il est constitué en établissement public à caractère économique et social (EPES). Il est un mécanisme innovant de financement du secteur agricole basé sur le partage

de risque. Ce mécanisme, part de la demande pour organiser la chaîne de valeur nécessaire à la satisfaction des besoins. Toute la chaîne de valeur agricole est prise en compte par ce mécanisme. Grâce au MIFA, les agriculteurs recevront des crédits plus élevés, avec des taux d'intérêts bas de 7,5 à 10,5 % au lieu de 15 % comme par le passé. Mais le secteur agricole est un secteur risqué surtout face aux contraintes climatiques qui s'accroissent de jour en jour. La création d'une mutuelle d'assurance agricole est préconisée pour couvrir les risques agroclimatiques critiques tels que le risque de stress hydrique et de mauvaises récoltes qui sont pour l'instant les plus ressentis dans la zone de recherche. Cette mutuelle constituera une stratégie de protection pour les agriculteurs, après une phase de sensibilisation. Ils devront souscrire à une assurance contre les aléas climatiques afin de bénéficier d'un dédommagement en cas de situation délicate ou extrême. La bonne nouvelle c'est qu'à l'unanimité, les agriculteurs interrogés dans la Kozah reconnaissent l'avènement d'une instabilité accrue du climat qui est préjudiciable à leurs productions et sont alors favorables à la création d'une mutuelle d'assurance agricole. La mutuelle d'assurance peut réussir son pari si elle est intégrée au MIFA.

La mutuelle d'assurance africaine (African Risk Capacity) de l'Union Africaine en cours d'adhésion par le Togo couvre les risques de sécheresses et d'inondations. Cette mutuelle sera aussi une solution à la problématique des risques agroclimatiques.

3.4.2. Action de l'ANPC en direction du monde agricole

L'Agence Nationale de la Protection Civile du Togo par le biais du système d'alerte précoce doit être en mesure de participer à la prévention des risques agroclimatiques comme elle le fait pour les autres risques. Elle le fera par l'intermédiaire des services agricoles spécialisées telle que l'ICAT, le MAPAH la DSID et les DRAPAH qui ont mis à nos jours sur pied un système d'alerte précoce pour la sécheresse. La collaboration de la direction générale de la

météorologie nationale, de la direction des ressources en eau, de l'ANPC et des diverses structures en charge de l'agriculture contribuera à communiquer de façon efficace les informations aux agriculteurs. Lors de l'élaboration des plans de contingences communales, les risques agroclimatiques critiques doivent être pris en compte. La prise en compte de ces risques dans les PCC permettra de mieux faire la veille permanente aidant ainsi la mutuelle d'assurance à mener ses activités. De plus, les collectivités locales se sentiront associées au processus de prévention, répondant à l'approche participative qui est prônée de nos jours.

A travers ce chapitre, la corrélation et la relation entre les précipitations et les rendements des cultures ont été mises en évidence. La corrélation est faible entre les deux variables pour toutes les cultures. Cet état de chose s'explique car, les précipitations ne sont qu'un des paramètres favorisant la production vivrière. Les risques de stress hydrique et de mauvaises récoltes sont retenus comme les risques critiques de la préfecture de la Kozah. La création d'une mutuelle d'assurance pour les risques agroclimatiques et l'implication effective et concertée de l'Agence Nationale de la Protection Civile dans la prévention des risques de catastrophes agroclimatiques constituent les actions à mener pour renforcer ce qui est actuellement fait sur le terrain. La mise en place d'un système d'alerte précoce multirisques est souhaitée.

Conclusion

La variation des paramètres climatiques dans la préfecture de la Kozah s'amplifie au fur et à mesure que les années passent. L'analyse des précipitations, des températures associées aux enquêtes de terrains en milieu réel ont permis d'identifier les risques agroclimatiques auxquels sont exposés les cultures vivrières dans la Kozah. Ces risques sont affilés à neuf (9) aléas, présent dans la zone de recherche à savoir, les excès de pluies, l'arrêt précoce des pluies, le déficit pluviométrique, le faux départ des SPPU, l'interruption de saison des pluies intra saisonnière, le retard du début de saison agricole, l'augmentation de la température, la précocité des saisons pluvieuses et les vents violents.

La méthode filtre passe-bas de hanning d'ordre 2 a permis d'observer deux sous périodes distinctes à la station de Kara, deux sous périodes à la station de Niamtougou et trois sous périodes à la station de Pagouda. A Kara par exemple, la première période de 1988 à 1998 est humide avec une moyenne de 1390,2 mm suivie d'une période sèche de 1999 à 2017, au court de la quelles se succèdent années sèches et humides avec une moyenne pluviométrique de 1260,19 mm soit une baisse de 9 %. La station de Niamtougou a enregistré après 2012, une baisse des moyennes pluviométriques annuelles de 13 %. La fréquence de survenu des séquences sèches de 4 à 7 jours est en moyenne de 22 % pour la station de Kara et Niamtougou sur la série 1988-2017. Dans l'ensemble, les totaux pluviométriques annuelles peuvent pour l'instant satisfaire les exigences physiologiques des cultures vivrières étudiées, mais notons qu'il existe une forte mauvaise répartition des pluies associée à l'augmentation généralisée des températures.

Les températures sur l'ensemble des stations considérées sont à la hausse sur la série 1988-2017. A la station de Kara la température augmente de 0,03 °C par an et de 0,01 °C à la station de Niamtougou. L'ensemble des analyses ont

permis de déceler les excès de pluies, l'arrêt précoce des pluies, les déficits pluviométriques, le faux départ des SPPU, l'interruption de saison des pluies intra saisonnière, le retard du début de saison agricole, l'augmentation de la température, la précocité des saisons pluvieuses et les vents violents comme étant les aléas responsables du risque de stress hydrique, de mauvaises récoltes, de vents violents, de resmis et stress thermique. Les risques de stress hydrique et de mauvaises récoltes sont critiques dans la préfecture de la Kozah. La création d'une mutuelle d'assurance pour la couverture des risques agroclimatiques et l'implication effective et concertée de l'Agence Nationale de la Protection Civile et des autres structures dans la prévention des risques de catastrophes agroclimatiques constituent les actions à mener pour renforcer ce qui est entrepris sur le terrain. La mise en place d'un système d'alerte précoce multirisques est souhaitée.

La grande problématique du lessivage, de la médiocrité et de l'érosion des sols n'a pas été abordée dans ce travail mais sera abordée au cours des recherches futures sur le sujet portant sur les changements climatiques et les risques agroclimatiques dans la région de la Kara au Nord du Togo.

Bibliographie

1. **Adewi Essotalani., Kossi M. S., Badameli et Vincent Dubreuil., 2010** : Evolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000. Article, Kara-Togo, pp. 90-104
2. **Afouda F., 1990** : L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Paris IV Sorbonne, France, 312 p.
3. **Amani Michel Kouassi., Koffi Fernand Kouamé., Yao Blaise Koffi., Kouakou Bernard Dje., Jean Emmanuel Paturel et Sekouba Oulare., 2010** : Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, revue européenne de Géographie, Côte d'Ivoire 57 p.
4. **AMCEN-15-REF-11., 2014** : Stratégie africaine sur les changements climatique. 84 p.
5. **Amoussou E., 2010** : Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat, l'Université de Bourgogne, France, 315 p.
6. **Amoussou E., 2014** : Évolution des précipitations extrêmes dans le bassin versant du Mono. (Benin-Togo en contexte de variabilité/ changement climatique, XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie Dijon, France, pp. 343-347.
7. **Amoussou E., Boko M., Camberlin P., et Mahé G., 2012** : Variation spatiotemporelle des flux sédimentaires dans la basse vallée Mono-Couffo (Golfe de Guinée). In « Les climats régionaux : observation et modélisation », XXVème colloque de l'association Internationale de Climatologie (AIC), Grenoble, France, pp. 69-74.
8. **Amoussou E., Camberlin P., Totin Vodounon S. H., Trambly Y., Houndénou C., Mahé G., Paturel J.-E., Boko M., 2014** : Évolution des précipitations extrêmes dans le bassin versant du Mono (Bénin-Togo) en contexte de variabilité / changement climatique. In « Climat : Système & Interactions », XXVIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), Dijon, France, pp. 343 -349.
9. **Badaméli P. A., 2017** : Changements climatiques au Togo et leurs impacts sur les activités agricoles. Thèse de Doctorat unique de Géographie, Université de Lomé, Togo, 236 p.
10. **Badjana H. M., Batawila K., Wala K., Akpagana K., 2012** : Evolution des paramètres climatiques dans la plaine de L'Otí (Nord-Togo) : Analyse statistique, perceptions locales et mesures endogènes d'adaptation. African Sociological Review, 15(2), pp. 77-95.
11. **Bergaoui M. et Alouini A., 2001** : caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. In Sécheresse, vol 12, pp. 205-213.
12. **Boko M., 1988** : Climats et communautés rurales au Bénin : rythmes climatiques et rythmes du développement. Thèse de Doctorat d'Etat, 2 tomes, CRC, URA 909 CNRS, Université de Bourgogne, Dijon 601 p.
13. **Brou Y. T., 2005** : Climat, mutations socio - économiques et paysages en Côte d'Ivoire ; HDR, Université des Sciences et Technologies de Lille. 25 p.
14. **Cassé Claire., 2015** : Impact du forçage pluviométrique sur les inondations du fleuve Niger à Niamey : Etude à partir de données satellitaires et in-situ. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France. 269 p.

15. **CepED** : Modélisation des impacts économiques des changements climatiques par secteur de développement : secteur ressource en eau. Benin, 36 p.
16. **Chapron J-Y., 2010** : Le changement climatique. Rapport, Academie des Sciences, Institut de France, 21 p.
17. **Codjo H. T., 2014** : Aménagement hydro-agricole pour la réduction de la vulnérabilité et l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans la commune d'Adjohoun. Mémoire de Master, Université d'Abomey-Calavi, 95 p.
18. **Crétat J., Vizy K.E. and Cook H.K., 2013** : How well are daily intense rainfall events captured by current climate models over Africa ? *Climate Dynamics*, DOI 10.1007/s00382-013-1796-7.
19. **Dekoula C. S., Kouame B., N'goran E. K., Yao F. G., Ehounou J-N., Soro N., 2018** : Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* April 2018 édition Vol. 14, No 12 ISSN : 1 857-7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, pp. 143-159.
20. **Donou T. B., 2007** : Dynamique pluviométrique et manifestation des crues dans le bassin du fleuve Ouémé à Bonou. Mémoire de Maîtrise, DGAT, Abomey-Calavi, Bénin, 106 p.
21. **Dotsevi Akou Dola., 2017** : Variabilité spatio-temporelle des pluies et risques agroclimatiques dans le sud-Ouest de la région des plateaux. Mémoire de Master, MIRD-GRC, Université d'Abomey Calavi, Bénin, 91 p.
22. **Doukpolo B., 2014** : changements climatiques et productions agricoles dans l'ouest de la république centrafricaine. Thèse de doctorat, UAC, 338 p.
23. **Encarta, 2009** : Encyclopédie Microsoft © 1993-2003 Microsoft Corporation.
24. **Faya L., 2014** : Dynamique climatique et production agricole dans la région de la Kara (Nord-Togo). Thèse de Doctorat unique de Géographie, Université de Lomé, Togo, 308 p.
25. **GIEC., 2007** : Les impacts du changement climatique et les vulnérabilités en Afrique
26. **GIEC., 2007** : *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, 996 p.
27. **GIEC., 2012** : La gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique. Rapport spécial, 32p.
28. **GIEC., 2014** : *Changements climatiques 2014. Rapport de synthèse*, 180 p.
29. **GIZ., 2015** : Guide de référence sur la vulnérabilité, Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées. Allemagne, 180 p.
30. **Guide destinée aux acteurs locaux, Volet activités agricoles de la république française., 2014** : Prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation. Guide, France, 135 p.
31. **Hay J., 2007** : Extreme weather and climate events and farming risks. In Sivakumar M. V. K., Motha M. (Eds) *Managing weather and climate risks in agriculture*, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 1-19.
32. **Houedakor K.Z., 1997** : La dynamique de l'environnement dans le sud-est du Togo : essai et cartographie. Mémoire de maitrise de géographie, Université de Lomé (Togo), 108 p.
33. **Houndakinnou R., 2005** : Fréquence des événements pluvieux extrêmes et leurs impacts environnementaux dans la ville de Cotonou. Mémoire de DEA, UAC. 60 p.

34. **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.
35. **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.
36. **IPCC, 2007** : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the fourth Assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, pp 391-431.
37. **Janicot S., 1990** : Variabilité des précipitations en Afrique de l'Ouest et circulations quasi-stationnaire durant une phase de transition climatique. Thèse de Doctorat d'Etat, université de Paris VI, France, 600 p.
38. **Louvet S., Paturel J. E., Mahe G., Vigaud N., Roucou P., Rouche N., Koite M., 2011** : Variabilité spatio-temporelle passée et future de la pluie sur le bassin du Bani en Afrique de l'ouest, Hydro-climatology. Variability and Change (Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011) (IAHS Publ. 344, 2011), pp. 125-130.
39. **Mc Kee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993** : The relationship of drought frequency and duration to time scale. Report of the eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim (California), 6 p.
40. **Mélila S., 2014** : Impacts des étiages de la rivière Kara sur les usages de la ressource en eau dans la préfecture de la Kozah (nord-Togo). Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université de Kara (Togo), 84 p.
41. **Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières au Togo, 2001**.
42. **Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, 2009** : plan d'action nationale au d'adaptation aux changements climatiques. Togo, 119 p.
43. **Mladjic B., Sushama L., Khaliq M.N., Laprise R., Caya D., Roy R., 2011** : Canadian RCM Projected Changes to Extreme Precipitation Characteristics over Canada. Journal of Climate, 24(10), 565-2 584. Doi :10.1175/2010JCLI3937.1.2.
44. **Nassourou L. M., Sarr B., Alhassane A., Traoré., et Balla Abdourahamane., 2018** : « Perception et observation : les principaux risques agro-climatique de l'agriculture pluviale dans l'ouest du Niger », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 18 numéro 1 | mai 2018, mis en ligne le 25 mai 2018, consulté le 16 août 2018.
45. **Ogouwalé E., 2001** : Vulnérabilité/Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans le département des collines. Mémoire de maîtrise de géographie, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 119 p.
46. **Ogouwalé E., 2006** : Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 302 p.
47. **Ogouwalé E., Boko M., 2007** : Evolution des climats et risques agricoles dans le Bénin méridional et central. In climat et Développement, 3 : 34 – 43.
48. **OMM., 2006** : Gestion intégrée des crues : aspects sociaux et participation des parties prenantes. APFM, politiques de gestion des crues, 106 p.
49. **OMM., 2009** : Gestion intégré des crues : document de fond, Suisse, 32 p.

50. **OMM., 2012** : Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé. N° 1090 Genève 2 Suisse, 17 p.
51. **Ozer P., Erpicum M., 1995** : Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. Sécheresse, vol. 6, N°. 1, pp. 103-106.
52. **PANA., 2009** : Plan national d'adaptation aux changements climatiques, 113 p.
53. **Panawaï M., 2001** : Climat, hydrologie et problèmes liés à la mise en valeur des ressources en eau dans le bassin de la rivière Kara (Nord Togo). Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université de Lomé (Togo) 120 p
54. **Paturel J. E., Servat E., Lubès-Niel H., Delattre M. O., 1997** : Variabilité climatique et analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne. Compte rendu de l'académie des sciences- séries IIA Earth and Planetry Science, Volume 325, pp. 779-782.
55. **Paturel J.E., Servat E., Delattre M.O., 1998** : « Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique », Journal des Sciences Hydrologiques, 43(.3), 937-945.
56. **Sané T., Diop M., Sagna P., 2008** : Etude de la qualité de la saison des pluieuses en Haute-Casamance (Sud Sénégal). Sécheresse, 19 (1), pp. 23-28.
57. **Sané T., Diop M., Sagna P., 2008** : Etude de la qualité de la saison des pluieuses en Haute-Casamance (Sud Sénégal). Sécheresse, 19(1), pp. 23-28.
58. **Sare B.A., Totin V.S.H., Houssou C.S., Sinsin B., 2015** : Variation du régime pluviométrique de la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W au Bénin. Actes de XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, 1-4 juillet 2015, pp. 603-608
59. **Sare B.A., Totin V.S.H., Houssou C.S., Sinsin B., 2016** : Qualité de la saison pluvieuse dans la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du W (Bénin), Actes du Colloque en hommage aux Professeurs Michel BOKO et Fulgence AFOUDA : Risques et catastrophes climatiques : Vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest, Abomey-Calavi (Bénin), Septembre 2016. ISBN-10 : 978-99919-2-469-4, pp. 384-392.
60. **Schwartz D., 1995** : Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4è édition, Editions médicales, Flammarion, Paris, 314 p.
61. **Servat E., Paturel J.E., Lubès-Niel H., Kouamé B., Masson J.M., Travaglio M., Marieu B., 1999** : De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne. Revue des Sciences de l'Eau, 12 (2), pp. 363-387.
62. **Sivakumar M. V. K., Awesso T., 1996** : L'analyse pluviométrique du Togo pour une planification à long terme. Centre sahélien de l'ICRISAT, 158 p.
63. **SNACR, 2014** : Schéma National d'Analyse et de Couverture des Risques au Togo. 83 p.
64. **Tassou Moussibaou., 2013** : Variabilité climatique et production agricole dans la commune de Bassila. Mémoire de maîtrise, Université d'Abomey Calavi, Bénin. 88 p.
65. **Tchiadeu G., tsalefac M. et mbayi R., 1999** : Délimitation de la saison des pluies dans le Nord-Cameroun (6°-11° Nord). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 12, pp. 151-158.
66. **UNISDR., 2009** : Terminologie pour la prévention des risques de catastrophes. ISDR, Genève, Suisse, 34 p.

67. **Vissin E. W., 2001** : Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin versant du fleuve Niger. Mémoire de DEA, Université de Bourgogne. Dijon, France, 52 p.
68. **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, l'Université de Bourgogne, France. 310 p.
69. **Warren F. J., 2004** : Impact et adaptation lié aux changements climatiques : perspective canadienne. (Canada) 219 p.
70. **Yabi I., 2008** : Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de doctorat unique de géographie, UAC/FLASH/EDP, 239 p.
71. **Yabi I., Boko M., 2006** : Répartition spatio-temporelle des pluies au Bénin en 2005 : Analyse, implications agricoles et sociales. Publication de l'Association Internationale de Climatologie, n°21, 673-678.
72. **Zakari S., Yabi. I., Ogouwalé E., Boko M., 2012** : Analyse de quelques caractéristiques de la saison des pluies dans le Département du Borgou (Bénin, Afrique de l'ouest). Actes de XXVème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Grenoble, France, 5-8 septembre 2012, pp 693-698

Bibliographie web

<https://fr.informationvine.com/index?q=Analyse+Risques+Agroclimatiques+Riziculture+Pluviale&qo=relatedSearchNarrow&o=605562&l=sem> consulté en Juin 2018

https://wikimonde.com/article/Agriculture_vivri%C3%A8re en Juillet 2018

<http://agriculture.gouv.fr/la-gestion-des-risques-en-agriculture> en Juillet 2018

https://issuu.com/conseilregional/docs/acclima_livre-rapportbd_ok_avec_cou en Août 2018

<https://journals.openedition.org/vertigo/20003> en Août 2018

https://www.wascal.org/fileadmin/user_upload/Research/Further_Projects/Variabilite_CC_Sahel_MLy.pdf Août 2018

<http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/3220> en Septembre 2018

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Modèle d'analyse de la vulnérabilité..... | 31 |
| Figure 2 : Présentation de la zone de recherche..... | 34 |
| Figure 3 : Bilan hydrique entre pluie - ETP dans la Kozah de 1988 à 2017..... | 36 |
| Figure 4 : Structure pédologique de la Préfecture de la Kozah | 39 |
| Figure 5 : Régimes pluviométriques moyen de Kara, Niamtougou et Pagouda | 41 |
| Figure 6 : Evolution des indices de précipitation standardisés à Kara (1988-2017)..... | 42 |
| Figure 7 : Evolution des indices de précipitation à Niamtougou (1988-2017)..... | 43 |
| Figure 8 : Evolution des indices de précipitation à Pagouda (1988-2017) | 44 |
| Figure 9 : Régime pluviométrique et date de début et de fin de saison a la station de Kara..... | 47 |
| Figure 10 : Régime pluviométrique et date de début et de fin de saison à la station de Niamtougou . | 49 |
| Figure 11 : Fréquence de survenue des jours secs à la station de Kara..... | 50 |
| Figure 12 : Fréquence de survenue des jours secs à la station de Niamtougou | 50 |
| Figure 13 : Indices standardisés et évolution des températures à la station de Kara..... | 51 |
| Figure 14 : Indices standardisés et évolution des températures à la station de Niamtougou..... | 52 |
| Figure 15 : Ellipse de Bois à 99, 95, 90 % des températures moyennes de Niamtougou (a) et de Kara (b)..... | 53 |
| Figure 16 : Corrélacion (a) et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements (b) de maïs de 1990-2017 dans la Kozah..... | 55 |
| Figure 17 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements du sorgho de 1990-2017 dans la Kozah | 57 |
| Figure 18 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements du mil de 1990-2017 dans la Kozah | 59 |
| Figure 19 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements du riz de 1990-2017 dans la Kozah | 59 |
| Figure 20 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements d'igname de 1990-2017 dans la Kozah | 61 |
| Figure 21 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements du haricot de 1990-2017 dans la Kozah..... | 62 |
| Figure 22 : Corrélacion et relation interannuelle entre les précipitations saisonnières et les rendements d'arachide de 1990-2017 dans la Kozah..... | 63 |
| Figure 23 : Perception du degré de gravité des risques par les agriculteurs | 66 |
| Figure 24 : Répartition spatiale des risques agroclimatiques par canton | 68 |
| Figure 25 : Analyse factorielle des correspondances des cantons et des risques | 72 |
| Figure 26 : Modèle d'analyse de la vulnérabilité..... | 74 |

Liste des photos

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Jeunes plans de sorgho en conditions climatiques normales à Atchangbadè..... | 58 |
| Photo 2 : Champ de riz bénéficiant des conditions normales de croissance à Kouméa | 60 |
| Photo 3 : Champ de butes d'ignames à awandjélo | 61 |
| Photo 4 : Champs de haricot à maturité à Awandjélo | 62 |
| Photo 5 : Sillons comportant des plans d'Arachide à Tcharè en zone de montagne | 63 |
| Photo 6 : Association de trois (3) culture vivrières (maïs, igname, riz)..... | 78 |

Liste des planches photographiques

- Planche 1** : Champ de maïs en bonne condition climatique (1.1) à Lassa et jeunes plants de maïs souffrant du stress hydrique à Kpinzindè (1.2) 56
- Planche 2** : Plans de maïs attaqués par le *Spodoptera frugiperda* à Landa (2.1) et à Awandjélo (2.2).57

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I : Calcul de l'échantillon par canton | 21 |
| Tableau II : Nombre de personnes interrogées par canton..... | 21 |
| Tableau III : Caractéristiques physiologiques optimale des cultures choisies | 22 |
| Tableau IV : Valeur de l'indice SPI | 26 |
| Tableau V : Ampleur du risque en fonction du degré de vulnérabilité..... | 30 |
| Tableau VI : Matrice d'impact des aléas sur les cultures vivrières (élaboration)..... | 30 |
| Tableau VII : Elaboration de la matrice de criticité | 31 |
| Tableau VIII : Evapotranspirations moyennes mensuelles de 1988 à 2017..... | 35 |
| Tableau IX : Etats pluviométriques secs et humides (%) de 1988-2017 | 45 |
| Tableau X : Tests de rupture dans les séries de précipitations (1988-2017)..... | 45 |
| Tableau XI : Début, fin, longueurs et nombre de jour de pluies et sans pluies à Kara..... | 46 |
| Tableau XII : Début, fin, longueurs et nombre de jours de pluies et sans pluies à Niamtougou..... | 48 |
| Tableau XIII : Récapitulatif des ruptures de températures des station étudiées..... | 53 |
| Tableau XIV : Aléas, enjeux et risques agroclimatiques associés..... | 65 |
| Tableau XV : Matrice de sensibilité des cultures dans la Kozah..... | 67 |
| Tableau XVI : impact des aléas climatiques sur les cultures vivrières..... | 70 |
| Tableau XVII : Récapitulatif des réponses des agriculteurs sur la gravité des risques | 71 |
| Tableau XVIII : Matrice de criticité des risques agroclimatiques de la Kozah..... | 73 |

Annexes

Questionnaire

Numéro.....

*Ce questionnaire est établi dans le cadre des travaux de recherche sur :
"La variabilité climatique et risques agroclimatiques dans la préfecture de la
Kozah au nord du Togo "
Groupe cible : producteurs agricoles*

Identité de l'enquêté

1. Nom :

2. Prénoms :

3. Sexe :

4. Village :

5. Canton :

6. Ancienneté :

Identité de l'enquêteur

7. Nom :

8. Prénoms :

9. Date :

Objectif 1 : Identifier les indicateurs de la variabilité du climat dans la préfecture de la Kozah

Perception des variations :

10. Comment évoluent les pluies dans votre localité ? 1 2 3

11. Comment évoluent les températures dans votre localité ? 1 2 3

A la hausse (1), à la baisse (2), pas de changement (3)

12. S'il y a évolution, Qu'est ce qui peut expliquer selon vous, cela pour les pluies et les températures ? 1 2 3

Aucune idée (1), Variation naturelle (2), Activités humaines (3).

13. Quel est le mois de début de saison de pluie potentiellement utile avant 1970 ?

(Citer)

14. Quel est le mois de fin de saison de pluie potentiellement utile avant 1970 ?

(Citer)

15. Quel est le mois de début de saison de pluie potentiellement utile après 1970 ?

(Citer)

16. Quel est le mois de fin de saison de pluie potentiellement utile après 1970 ?

(Citer)

17. Y a-t-il de + en + des périodes sèches anormales pendant la saison des pluies ?

1. Oui

2. Non

18. Si oui donner les séquences sèches remarquables
 1. 3 jours 2. 1 Semaine 3. 2 Semaines
 4. plus de 2 Semaines

Deux au plus

19. A-t-on de +en + de vents violents
 1. oui 2. non

20. Si oui en quels mois ces vents sont fréquents

(Citer)

21. L 'harmattan est-il de plus en plus rude ces dernières années par rapport au passé ?

1. Oui 2. Non

22. Si oui quelles sont ses manifestations ?

(Citer)

Objectif 2 : Analyser les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah

23. Quelles sont les principales cultures vivrières de votre localité ?

1. Igname 2. Maïs 3. Sorgho 4. Arachide 5. haricot
 6. Riz 7. le mil

3 principales

24. Des sept (7) cultures, certaines sont-elles menacées de disparition ?

1. Oui 2. Non

25. Si oui ; quelles peuvent être les causes

1. Excès de pluies 2. Retard du début de saison agricole
 3. Arrêt précoce de pluies 4. Augmentation de Température
 5. Déficit pluviométrique 6. Préciosité de la saison pluvieuse
 7. Faux départ des saisons de pluie 8. Vents violents
 9. Interruption de saison pluvieuse

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

26. Quelle est en moyenne la superficie de votre champ ?

- 0,5 ha 1 ha 1,5 ha 3 ha 4 ha +5 ha

Cocher une seule case

27. Quel est l'état des sols dans votre localité ?

1. Médiocre 2. peu fertile 3. Fertile 4. Très fertile

Cocher une seule case

Les aléas qui influencent plus les différentes cultures :

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 28. Quels aléas influencent plus l'igname ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29. Quels aléas influencent plus le maïs ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30. Quels aléas influencent plus le Riz ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 31. Quels aléas influencent plus le Sorgho ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32. Quels aléas influencent plus le haricot ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33. Quels aléas influencent plus l'Arachide ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 34. Quels aléas influencent plus le mil ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Excès de pluies (1), Retard du début de saison agricole (2), Arrêt précoce de pluies (3), Augmentation de Température (4), Déficit pluviométrique (5), Préciosité de la saison pluvieuse (6), Faux départ des saisons de pluie (7), Vents violents (8), Interruption de saison pluvieuse (9).

35. À quel risque faites-vous plus face dans votre canton en agriculture ?

- 1. Risque de resemis
- 2. Risque de stress hydrique
- 3. Risque de stress thermique
- 4. Risque de mauvaise récolte
- 5. Risque de destruction des champs par le vent

36. Votre champ est-il de plus en plus attaqué par des insectes ?

- 1. Oui
- 2. Non

37. Quels sont les impacts du déficit pluviométrique sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....
 le Sorghole haricot.....l'Arachide.....
 le mil.....

38. Quels sont les impacts des excès de pluies sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....
 le Sorghole haricot.....l'Arachide.....
 le mil.....

39. Quels sont les impacts du Retard du début de la saison agricole sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....
 le Sorghole haricot.....l'Arachide.....
 le mil.....

40. Quels sont les impacts des arrêts précoces de pluies sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....
 le Sorghole haricot.....l'Arachide.....
 le mil.....

41. Quels sont les impacts des arrivées précoces de la saison des pluies potentiellement utiles sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....

le Sorghole haricot.....l'Arachide.....
le mil.....

42. Quels sont les impacts des augmentations de températures sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....

le Sorghole haricot.....l'Arachide.....

le mil.....

43. Quels sont les impacts des faux départs des saisons pluvieuse sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....

le Sorghole haricot.....l'Arachide.....

le mil.....

44. Quels sont les impacts des vents violents sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....

le Sorghole haricot.....l'Arachide.....

le mil.....

45. Quels sont les impacts des interruptions momentanées de pluie en pleine saison pluvieuse sur :

l'Igname..... le Maïs.....le Riz.....

le Sorghole haricot.....l'Arachide.....

le mil.....

46. Quels sont les autres risques auxquels vous êtes exposés lorsque la saison agricole n'est pas bonne ?

1. Risque psychosocial 2. Risque économique 3. Risque sociale

4. Risque sanitaire

Possibilité de tout cocher

Objectif 3 : Examiner les stratégies préventives d'adaptation développées par les agriculteurs et celles d'autres acteurs pour faire face aux impacts de la variabilité climatique.

| | 1 | 2 |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 47. Utilisez-vous les variétés à cycle court ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 48. Utilisez-vous les variétés améliorées ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---|--------------------------|--------------------------|

| | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 49. Utilisez-vous les engrais ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 50. Utilisez-vous le traitement phytosanitaire ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 51. Exercez-vous d'autres activités hormis | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|

l'agriculture ?

| | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 52. Etes-vous assuré contre les aléas climatiques ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---|--------------------------|--------------------------|

| | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 53. Développez- vous des cultures maraichères ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|---|--------------------------|--------------------------|

Oui (1), Non (2).

54. Comment appréciez-vous dans l'ensemble les stratégies mises en œuvre ?

-
- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Inefficace | 2. <input type="checkbox"/> Moyennement efficace |
| <input type="checkbox"/> 3. Efficace | 4. <input type="checkbox"/> Très efficace |
-

Cocher une seule case

55. Avez-vous les moyens pour appuyer vos stratégies

1. Oui 2. Non
-

56. Quels types de moyens désirez-vous si des organismes veulent vous appuyer ?

1. Appui technique 2. appui financier

Les deux choix sont possibles

57. Selon vous qui doit donner ces moyens ?

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| 1. Le Gouvernement | 2. le Maire |
| 3. le Chef de canton | 4. le Chef de village/quartier |
-

GUIDE D'ENTRETIEN

Ce questionnaire est établi dans le cadre des travaux de recherche sur les variabilités climatiques et risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah au nord du Togo.

Cible : Autorités administratives, Responsable d'ONG ou de Projets

1. Caractérisation des risques agroclimatiques

Niveau des connaissances sur les manifestations des risques agroclimatiques

2. Evaluation de la sensibilité et de l'exposition de la production vivrière aux risques agroclimatiques

- Cultures et superficies emblavées touchée
- Superficies de terre inexploitées à cause des risques agroclimatiques
- Les statistiques agricoles de 1961 à 2017
- Participation de l'agriculture dans l'économie du pays et des ménages agricoles

3. Examen de l'efficacité des stratégies d'adaptation développé par les populations et mode de prévention des risques agroclimatiques à des fins agricoles

- Stratégies développées par les populations agricoles
- Stratégies développées par les institutions
- Efficacité des stratégies
- Nouvelles stratégies envisagées

4. Proposition de nouvelles stratégies de prévention pour une meilleure préparation des populations contre les risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah au nord du Togo.

Table des matières

| | |
|---|---|
| Sommaire | 2 |
| Dédicace | 3 |
| Sigles, acronymes et abréviations | 4 |
| Remerciements | 5 |
| Résumé | 6 |
| Abstract | 6 |
| Introduction | 7 |

CHAPITRE I

CADRE THEORIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

| | |
|--|----|
| 1.1. Cadre théorique | 9 |
| 1.1.1. Etat des connaissances | 9 |
| 1.1.2. Clarification des concepts | 11 |
| 1.1.3. Problématique..... | 14 |
| 1.1.3.1. Justification du sujet..... | 14 |
| 1.1.3.2. Hypothèses de travail | 17 |
| 1.1.3.3. Objectifs de recherche | 17 |
| 1.2. Approche méthodologique | 17 |
| 1.2.1. Données utilisées | 18 |
| 1.2.2. Collecte des données | 18 |
| 1.2.2.1. Recherche documentaire | 19 |
| 1.2.2.2. Enquêtes de terrain | 19 |
| 1.2.2.3. Outils et techniques de collecte des données | 23 |
| 1.2.2.4. Traitement des données et analyse des résultats | 24 |

CHAPITRE II

CADRE GEOGRAPHIQUE ET INDICATEURS DE LA VARIABILITE DU CLIMAT DANS LA PREFECTURE DE LA KOZAH

| | |
|---|----|
| 2.1. Situation géographique du secteur de recherche | 33 |
| 2.1.1. Présentation de la Kozah | 33 |
| 2.1.2. Caractéristiques physiques de la Kozah | 34 |
| 2.1.2.1. Contexte climatique | 34 |
| 2.1.2.2. Réseau hydrographique | 37 |
| 2.1.2.4. Richesses végétales | 40 |

| | |
|--|----|
| 2.1.3. Aspects humains de la Kozah..... | 40 |
| 2.2. Variation spatio-temporelle des pluies dans le secteur d'étude | 41 |
| 2.2.1. Régimes pluviométriques des stations..... | 41 |
| 2.2.1.1. Variation interannuelle des indices de précipitations standardisés et pondérés..... | 42 |
| 2.2.1.2. Détermination des ruptures dans les séries chronologiques de précipitation..... | 45 |
| 2.2.2. Dates de début, fin et longueur, nombres de jours pluvieux et non pluvieux des SPPU | 46 |
| 2.3. Evolution des températures dans les stations de Kara et Niamtougou..... | 51 |

CHAPITRE III

RISQUES AGROCLIMATIQUES ET STRATEGIES PREVENTIVES D'ADAPTATION

| | |
|---|----|
| 3.1. Influence de la variabilité pluviométrique sur les rendements..... | 55 |
| 3.1.1. Influence de la variabilité pluviométrique sur les cultures | 55 |
| 3.1.1.1. Maïs..... | 55 |
| 3.1.1.2. Sorgho | 57 |
| 3.1.1.3. Mil..... | 58 |
| 3.1.1.4. Riz | 59 |
| 3.1.1.5. Igname..... | 60 |
| 3.1.1.6. Haricot..... | 61 |
| 3.1.1.7. Arachide | 63 |
| 3.2. Evaluation des risques agroclimatiques et de la vulnérabilité des cultures..... | 64 |
| 3.2.1. Evaluation et identification des risques..... | 64 |
| 3.2.1.1. Evaluation des risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah..... | 64 |
| 3.2.1.2. Identification des risques agroclimatiques dans la préfecture de la Kozah..... | 66 |
| 3.2.2. Evaluation de la vulnérabilité des cultures soumises aux risques agroclimatiques | 67 |
| 3.2.2.1. Elaboration de la matrice d'impact | 69 |
| 3.2.2.2. Elaboration de la matrice de criticité ou du diagramme de Famer..... | 71 |
| 3.2.2.3. Analyse des résultats par le modèle RIVA..... | 74 |
| 3.3. Stratégies préventives d'adaptation..... | 75 |
| 3.3.1. Semis à la bonne date | 75 |
| 3.3.2. Adoption des semences améliorées..... | 75 |
| 3.3.3. Vulgarisation des variétés adaptées aux contraintes climatiques..... | 76 |
| 3.3.4. Production du compost..... | 76 |
| 3.3.5. Appui du service de météorologie au monde agricole | 76 |
| 3.3.6. Sensibilisation des agriculteurs sur l'évolution du climat..... | 77 |

| | |
|---|----|
| 3.3.7. Diversification et l'association des cultures..... | 77 |
| 3.3.8. Intervention des ONG dans la préfecture de la Kozah..... | 78 |
| 3.4. Mesures de renforcement des stratégies..... | 79 |
| 3.4.1. Création d'une mutuelle d'assurance agricole | 79 |
| 3.4.2. Action de l'ANPC en direction du monde agricole | 80 |
| Conclusion | 82 |
| Bibliographie | 84 |
| Liste des figures | 89 |
| Liste des photos | 89 |
| Liste des planches photographiques | 90 |
| Liste des tableaux | 90 |
| Annexes..... | 91 |
| Table des matières..... | 97 |